CONTENIDO

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL. 2

I.1. Datos generales del proyecto. 2
I.1.1. Nombre del proyecto. 2
I.1.2. Ubicación del proyecto. 2
I.1.3. Duración del proyecto. 10

I.2. Datos generales del promovente. 11
I.2.1. Nombre o razón social. 11
I.2.2. Registro Federal de Contribuyentes del promovente. 11
I.2.3. Nombre y cargo del representante legal. 11
I.2.4. Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones. 11
I.2.5. Nombre del responsable técnico del estudio. 12
I.2.6. Dirección del responsable técnico del estudio. 12

Índice de Tablas

Tabla I. 1 Erosión de la playa Paraíso. 5
Tabla I. 2 Erosión de la playa Boca Este (Río Seco). 5

Índice de Figuras

Figura I. 1 Localización general de la Refinería Dos Bocas 2
Figura I. 2 Peligro por erosión en la Región de la Chontalpa. 4
Figura I. 3 Peligro por erosión en la Región de la Chontalpa. 6
Figura I. 4 Regionalización sísmica del Estado de Tabasco. 7
Figura I. 5 Peligro volcánico en la Región de la Chontalpa. 8
Figura I. 6 Peligro por inundación en la Región de la Chontalpa. 9

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

I.1. Datos generales del proyecto.

I.1.1. Nombre del proyecto.

Construcción de la Refinería Dos Bocas

I.1.2. Ubicación del proyecto.

La Refinería Dos Bocas se ubicará en el municipio de Paraíso, Tabasco, colindando al norte con el Golfo de México y la Terminal Marítima "Dos Bocas"; al sur con las localidades urbanas de Paraíso y Puerto Ceiba, al oriente con la localidad de Nuevo Torno Lago. Ver Figura I. 1.

Figura I. 1 Localización general de la Refinería Dos Bocas



Fuente: Elaboración IMP

El domicilio de la Refinería Dos Bocas es Carretera Federal No. 187, Paraíso – Villa, Km 179+500, sección Suroeste del predio de la Terminal Marítima Dos Bocas, en el municipio de Paraíso, en el Estado de Tabasco, Código Postal 86610. Este domicilio está sujeto a la realización del trámite de lineación y número oficial correspondiente.

El polígono se integra principalmente por tres predios, con una superficie total de 704.34 hectáreas, siendo su localización geográfica con las siguientes coordenadas de acuerdo con la Figura I.1

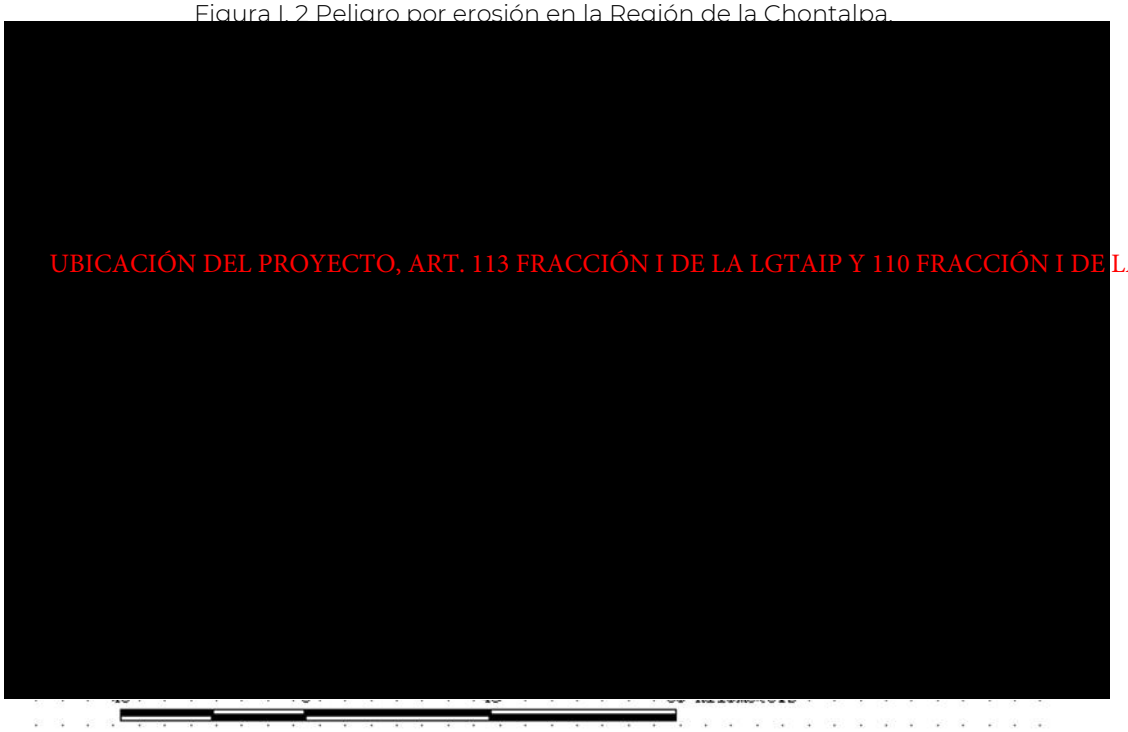
COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

Según lo especificado en el Atlas de Peligros por Fenómenos Naturales del Estado de Tabasco (2013), el polígono del proyecto está ubicado en el municipio de Paraíso, región de la Chontalpa y presenta los peligros por fenómenos naturales que se describen a continuación:

Peligro por erosión.

Paraíso, Tabasco está dentro de una zonificación de peligro muy bajo de erosión hídrica concentrada. Este fenómeno se asocia con la erosión antropogénica en suelos y vegetación natural y debida también a la intensa deforestación para el aprovechamiento de tierras de cultivo de temporal.

Figura I.2 Peligro por erosión en la Región de la Chontalpa.



Fuente: Elaboración IMP

Peligro por erosión de la playa.

Debido a que la playa que se encuentra dentro del polígono del proyecto está en el área asignada a la Administración Portuaria Integral (API) Dos Bocas, la información que se presenta son de playas contiguas.

Playa Paraíso. Ubicada al oeste del espigón oriental del puerto, es una playa turística, en una costa depositacional, con playa amplia y dunas bajas tipo montículos, el cordón no está bien desarrollado; la vegetación es de pastos y de rastrera temporal. La playa es de pendiente suave, con oleaje de baja energía, rompe a unos 100 m afuera. Presenta mega cuspiditos, la berma es baja, lo que está relacionado al oleaje de baja energía. El oleaje erosiona hacia el noreste con 23°, lo que favorece que la playa quede protegida por el espigón del puerto y presenta las siguientes características:

Tabla I. 1 Erosión de la playa Paraíso.

Exposición a peligro	Nulo	Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto	Observaciones
Inundación fluvial		X					
Inundación marina					X		La playa no presenta un cordón de dunas, por lo que la marea de tormenta puede causar inundación.
Erosión			X				Únicamente con huracanes y nortes, se observa escarpes de erosión de tormentas.

Fuente: Elaboración IMP

Playa Boca Este (Río Seco). Es una playa en proceso de erosión intensa, protegida débilmente por palmeras; la erosión es de varios cientos de metros en los últimos 20 años (playa reducida de 125 m), con pendiente de la cara moderada a fuerte; berma con escarpe de erosión de 12 cm. En la trasplaya el escarpe de erosión es de 70 cm; no hay desarrollo de montículos eólicos y no hay cordón de dunas. La terraza en la trasplaya es horizontal. Hacia la punta en la margen oriental de la bocana, la erosión es más intensa, alcanzando la comunidad de manglar. El suelo es de un huerto de cocoteras, cubierto por una capa de arena eólica y presenta las siguientes características:

Tabla I. 2 Erosión de la playa Boca Este (Río Seco).

Exposición a peligro	Nulo	Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto	Observaciones
Inundación fluvial					X		Área expuesta a descargas de los ríos.
Inundación marina						X	La marea de tormenta y el oleaje de alta energía pueden causar inundación.
Erosión						X	Erosión con oleaje de alta energía, el espigón incrementa la turbulencia.

Fuente: Elaboración IMP

Peligro de inestabilidad de laderas.

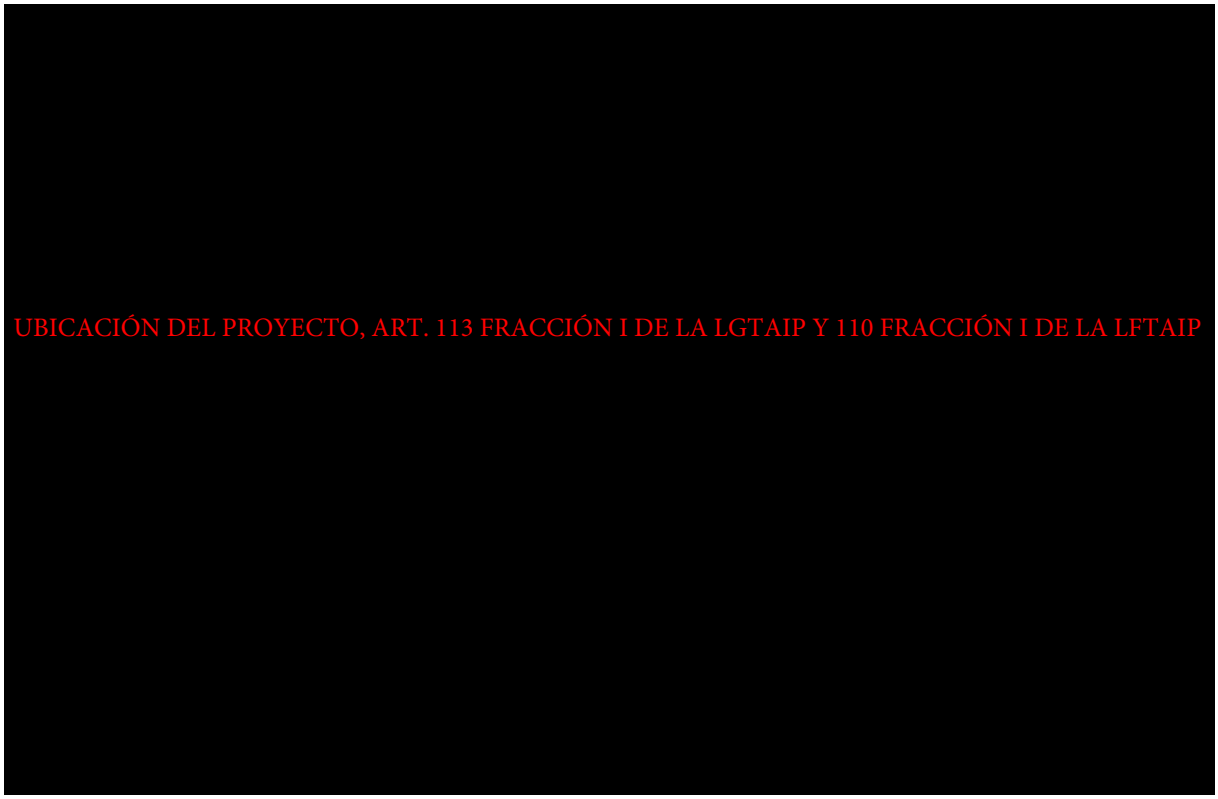
En el municipio de Paraíso, Tabasco se identificó con peligro bajo por inestabilidad de laderas. Lo anterior, ya que no existen sitios con rocas sedimentarias que se erosionan con facilidad y tampoco existen condiciones de fuerte pendiente del terreno.



Fuente: Elaboración IMP

Peligro sísmico.

La regionalización sísmica del Estado de Tabasco muestra que los valores más altos, en la escala de Mercalli, entre V y VIII grados, se presentan en la porción central del estado, principalmente en las regiones Centro y en parte de la Chontalpa (donde se ubica Paraíso, Tabasco) y Pantanos, lo que sugiere que en estas regiones la disipación de energía sísmica es alta.



Peligro volcánico.

En el municipio de Paraíso, Tabasco se presenta el peligro volcánico que proviene de las zonas del volcán Chichonal, con una erupción de tipo pliniano y material volcánico de composición de andesita. El nivel de peligro es muy bajo, debido a la caída de ceniza de materiales volcánicos piroclásticos si se tienen vientos dominantes hacia el norte y todos los municipios de la región Chontalpa se verían afectados. Bajo estas condiciones, la caída de material volcánico es del orden de 4 cm de espesor. Los periodos de actividad volcánica del Chichonal registrada en un intervalo aproximado de 80 años siguieren periodos de retorno de 100 a 300 años, sin embargo, es muy pobre el registro histórico para definir un periodo de retorno y tasa de excedencia.

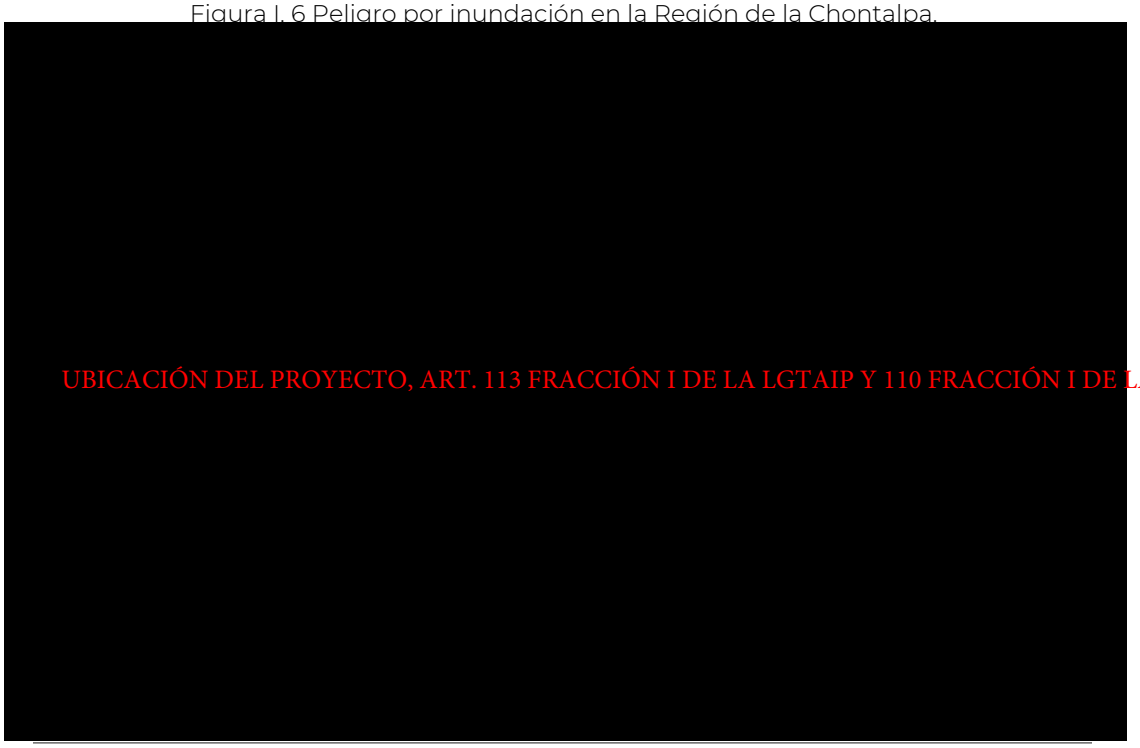


Fuente: Elaboración IMP

Peligro por inundación.

En la región de la Chontalpa y particularmente en el municipio de Paraíso, Tabasco por ubicarse en la costa del Golfo de México el peligro por inundación es alto por marea de tormenta y el oleaje de alta energía.

Figura I. 6 Peligro por inundación en la Región de la Chontalpa.



Fuente: Elaboración IMP

De la descripción anterior, el **área del proyecto está sujeta a riesgo alto por inundación marina, riesgo alto por inundación fluvial, riesgo muy alto por inundación causado por marea de tormenta, riesgo muy alto por erosión causado por oleaje de alta energía y riesgo alto por sismicidad**. Sin embargo, se han tomado las siguientes consideraciones para disminuir los riesgos naturales:

El IMP realizó el Estudio Hidrológico Costero (2019) en el cuál se calcularon las cotas de inundación con un modelo hidrodinámico basado en el código Telemac que considera los aspectos más relevantes de las fuerzas hidrodinámicas en la zona de estudio. Las condiciones de cálculo del modelo se determinaron bajo los siguientes criterios:

- Lluvia – Escurrimiento. Evento con un período de retorno de 500 años correspondiente a 0.365 m de precipitación sobre toda la cuenca hidrológica.
- Marea astronómica. Marea semi-diurna con una diferencia media entre pleamar y bajamar de 0.60 m.
- Marea de Tormenta. Con un periodo de retorno de 500 años correspondiente a una sobreelevación de 1.85 m.

- Sobre-elevación del nivel del mar por cambio climático. Nivel del mar con un incremento proyectado a 100 años correspondiente a un valor de 0.83 m.
- Aporte del caudal derivado del río González. Caudal derivado del río González por la laguna Señora para un evento con un periodo de retorno de 500 años correspondiente a de 194 m^3/s.

Los resultados recomiendan llevar el nivel de desplante de toda el área del proyecto a 3 m con respecto del nivel medio del mar (nmm) para incorporar la incertidumbre ligada al método de cálculo.

La definición de los riesgos naturales del Sistema Ambiental Regional (SAR) seleccionado para el proyecto, se puede consultar en el capítulo IV.

I.1.3. Duración del proyecto.

El plazo solicitado para la realización del proyecto es de 3 años para la etapa de preparación del sitio y construcción; para la etapa de operación y mantenimiento se estima una vida útil de 20 años, sin embargo, éste podrá incrementarse al realizar inspecciones y mantenimiento adecuado a las mismas, de acuerdo con los programas de mantenimiento que se establezcan.

Si por razones de estrategia productiva, económica, ambiental o alguna otra, se decide acortar o alargar el tiempo de vida útil del proyecto, se podrá tomar la decisión de sacar de operación las obras o alguno de sus componentes sin abandono del sitio; para lo cual, se realizará una planeación detallada y especifica de las actividades a realizar para dar cumplimiento a la normatividad ambiental vigente; así mismo, se notificará por escrito dicha situación a la autoridad competente, previo a la aplicación de dichos cambios.

I.2. Datos generales del promovente.

I.2.1. Nombre o razón social.

Pemex Transformación Industrial

I.2.2. Registro Federal de Contribuyentes del promovente.

PTI151101TE5

I.2.3. Nombre y cargo del representante legal.

Ing. Carlos Oscar Baltazar Parrales

Cargo: S.P.A. Subdirección de Desarrollo Sustentable, Seguridad Industrial, Salud en el Trabajo y Protección Ambiental

Pemex Transformación Industrial

[redacted]
CORREO ELECTRÓNICO DEL REPRESENTANTE LEGAL
ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

I.2.4. Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones.

[redacted]
DOMICILIO Y TELÉFONO DEL REPRESENTANTE LEGAL
ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

I.2.5. Nombre del responsable técnico del estudio.

M. en C. José Abraham Cabrera Feregrino.

RFC Y CURP DEL RESPONSABLE TÉCNICO
ART. 116 PRIMER PARRAFO DE
LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

Cedula Profesional: 2373280.

I.2.6. Dirección del responsable técnico del estudio.

DOMICILIO, TELÉFONO Y CORREO ELECTRÓNICO DEL RESPONSABLE TÉCNICO ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

En el Anexo 1, se encontrará la documentación legal correspondiente del representante legal, del responsable técnico del estudio, la declaración y responsiva solicitada en la Guía.

Contenido

II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y, EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO. 3

II.1. Información general del proyecto, plan o programa. 3
II.1.1. Naturaleza del proyecto, plan o programa. 3
II.1.2. Justificación. 4
II.1.3. Ubicación física y dimensiones del proyecto. 5
II.1.4. Inversión requerida. 6

II.2. Características particulares del proyecto, plan o programa. 7
II.2.1. Programa de trabajo. 18
II.2.2. Representación gráfica regional. 19
II.2.3. Representación gráfica local. 20
II.2.4. Preparación del sitio y construcción. 21
II.2.5. Operación y mantenimiento. 45
II.2.6 Desmantelamiento y abandono de las instalaciones. 113
II.2.7. Residuos. 113
II.2.8. Generación de gases de efecto invernadero (GEI). 116
II.2.9. Generación de aguas residuales. 123

Índice de Figuras

Figura II. 1 Polígonos del proyecto. 6
Figura II. 2 Localización de instalaciones. 9
Figura II. 3 Procesos de refinación. 11
Figura II. 4 Diagrama de flujo conceptual de Refinería Dos Bocas. 17
Figura II. 5 Plano de representación gráfica regional del municipio de Paraíso, Tabasco. 20
Figura II. 6 Plano de representación gráfica local del sitio del proyecto. 21
Figura II. 7 Planta de Destilación Combinada (UDC) 48
Figura II. 8 Planta Hidrotratadora de Naftas (HDN) 51
Figura II. 9 Planta Isomerizadora de Pentanos-Hexanos (PNX) 53
Figura II. 10 Planta Reformadora de Naftas (REF) 55
Figura II. 11 Planta Hidrotratadora de Destilados Intermedios (HDDI) 58
Figura II. 12 Planta Hidrotratadora de Gasoleos (HDTGO) 61
Figura II. 13 Planta de Desintegración Catalitica Fluidizada (FCC) 66
Figura II. 14 Planta de Recuperación de Azufre (PARA) 72
Figura II. 15 Plantas de Tratamiento de Aguas Amargas (PAA) 77
Figura II. 16 Plantas de Regeneración de Amina (URA) 82
Figura II. 17 Planta Isomerizadora de Butanos (IC-4) 85
Figura II. 18 Planta de Alquilación (ALKY) 87
Figura II. 19 Planta de Coquización Retardada (PCR) 90
Figura II. 20 Planta Productora de Hidrogeno (PH) 94

Índice de Graficas

Gráfica I. 1 Personal requerido 44

Índice de Tablas

Tabla II. 1 Coordenadas UTM del perímetro de los polígonos que conforman el proyecto 5
Tabla II. 2 Plantas de Proceso 7
Tabla II. 3 Infraestructura de Servicios 7
Tabla II. 4 Capacidad de diseño de plantas de proceso 12
Tabla II. 5 Capacidad de almacenamiento de productos 13
Tabla II. 6 Dispositivos de seguridad en tanques de almacenamiento atmosféricos y sujetos a presión para los productos manejados 14
Tabla II. 7 Listado de plantas de proceso 18
Tabla II. 8 Programa de trabajo del proyecto 19
Tabla II. 9 Vegetación estimada por remover 23
Tabla II. 10 Plantas de proceso 30
Tabla II. 11 Producción estimada de plantas de proceso 109
Tabla II. 12 Capacidad máxima de almacenamiento de sustancias 110
Tabla II. 13 Tanques de Almacenamiento 111
Tabla II. 14 Estimación del volumen de demoliciones a realizar. 114
Tabla II. 15 Generación de residuos sólidos urbanos, ... 115
Tabla II. 16 Estimación de generación de residuos de la refinería durante la operación 115
Tabla II. 17 Factores de emisión de equipo y maquinaria de obra civil 117
Tabla II. 18 Emisiones de GEI's generados durante la etapa de desarrollo del proyecto. 118
Tabla II. 19 Plantas de proceso del proyecto. 118
Tabla II. 20 Emisiones estimadas de GEI's de plantas de proceso. 119
Tabla II. 21 Tanques de almacenamiento de intermedios del proyecto. 121
Tabla II. 22 Tanques de almacenamiento de productos del proyecto. 121
Tabla II. 23 Tanques de otros almacenamientos del proyecto. 122
Tabla II. 24 Emisiones estimadas de GEI's de fuentes no convencionales del proyecto. 122
Tabla II. 25 Generación de aguas residuales domésticas en la etapa de preparación del sitio y construcción. 123
Tabla II. 26 Generación de aguas residuales domésticas en la etapa de operación y mantenimiento. 124
Tabla II. 27 Generación de aguas residuales de proceso en la etapa de operación y mantenimiento. 124

II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y, EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO.

II.1. Información general del proyecto, plan o programa.

II.1.1. Naturaleza del proyecto, plan o programa.

El Plan Nacional de Refinación, considera la rehabilitación de las seis refinerías del país y la construcción de una más en Dos Bocas, Municipio de Paraíso, Tabasco, con lo que se planea alcanzar la soberanía energética de la Nación a través del incremento de la producción de combustibles de alto valor, la mejora de los procesos de refinación y la renovación de la infraestructura instalada incorporando tecnología de punta.

La reducción presupuestal para el desarrollo de proyectos de inversión y el mantenimiento, en los últimos años, han llevado a Petróleos Mexicanos a reducir el proceso de crudo que trae como consecuencia la disminución de la producción de combustibles y la necesidad de incrementar las importaciones para el suministro de la demanda de petrolíferos en el país.

En este sentido, con la construcción de la Refinería Dos Bocas en Paraíso, Tabasco, se estima que será posible incrementar la oferta de producción nacional de gasolina y diésel con 172.2 MBD de gasolinas terminadas, 125.41 MBD de diésel ultra bajo azufre, 9.38 MBD de propileno, 9.25 MBD de propano y 8.40 Mtd de coque, pudiendo disminuir proporcionalmente la importación de gasolinas y diésel. El esquema preliminar contempla el proceso de 340 MBD de crudo tipo Maya, en una configuración de coquización para convertir los residuales en productos de mayor valor.

El alcance preliminar para la Refinería Dos Bocas, incluye 17 plantas de proceso, así como servicios auxiliares y la infraestructura de almacenamiento e integraciones necesarias.

Los objetivos del proyecto de la construcción de la Refinería Dos Bocas, son los siguientes:

- Contribuir en la recuperación de la autosuficiencia energética de México para maximizar el beneficio económico y social.
- Detonar el desarrollo económico en el Sureste de México.
- Garantizar el abasto permanente, eficiente, oportuno y sustentable de petrolíferos de calidad a los consumidores finales.

- Aumentar la producción de gasolinas y diésel a nivel nacional, mediante la incorporación de capacidad adicional de refinación.
- Contar con combustibles más limpios, al poder procesar gasolinas de Ultra Bajo Azufre (UBA).

II.1.2. Justificación.

La política energética del Gobierno Federal en materia de petrolíferos está articulada alrededor de la recuperación de soberanía y seguridad energética que servirá además como apalancamiento del desarrollo económico de México. Con lo cual, es prioritario realizar proyectos para garantizar el abasto permanente, eficiente, oportuno y sustentable de petrolíferos de calidad a los consumidores finales. El crecimiento del parque vehicular en los últimos años, consecuencia del crecimiento económico y poblacional del país, se ha traducido en una mayor demanda por gasolinas. Para satisfacer dicha demanda, las importaciones han incrementado. Es por ello que el Gobierno Federal, en línea con su compromiso de garantizar la seguridad energética del país, ha llevado a cabo acciones que permitirán aumentar la producción de gasolinas a nivel nacional, mediante la incorporación de capacidad adicional de refinación, tal es el caso del proyecto de construcción y operación de la Refinería Dos Bocas.

La construcción de la Refinería Dos Bocas, en el municipio de Paraíso, Tabasco, permitirá contar con un mejor aprovechamiento del petróleo crudo proveniente de la Región Sur e incrementará la capacidad de producción nacional de gasolinas y diésel entre otros destilados del Sistema Nacional de Refinación. Esta refinería forma parte del Plan Nacional de Refinación.

Por otro lado, en materia de sustentabilidad energética, el proyecto toma en consideración los elementos más importantes de la evolución en el mercado de petrolíferos que permitirán reducir el impacto ambiental del sector. En primer lugar, el aumento en la capacidad de refinación permitirá contar con combustibles más limpios, al poder procesar gasolinas de Ultra Bajo Azufre (UBA) y también se destaca la disminución en el uso de combustóleo y diésel para la generación de electricidad.

De acuerdo con lo indicado en el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México SCIAN 2018, del INEGI, el sector de la economía a que se inscribe el proyecto corresponde al sector 31-33 Industrias manufactureras, rama 342 Fabricación de productos derivados del petróleo y carbón, de la clase de actividad económica 324110 Refinación del petróleo.

II.1.3. Ubicación física y dimensiones del proyecto.

El área donde se pretende construir el proyecto de la Refinería Dos Bocas es de una superficie 704.34 hectáreas, conformado por 3 polígonos, los cuales se encuentran en el municipio de Paraíso, Tabasco; las coordenadas UTM del perímetro de estos polígonos 1, 2 y 3 son las que se muestran en la tabla que siguiente.

Tabla II. 1 Coordenadas UTM del perímetro de los polígonos que conforman el proyecto

Cuadro Constructivo Polígono Predio No. 1				Cuadro Constructivo Polígono Predio No. 2				Cuadro Constructivo Polígono Predio No. 3	
Coordenadas				Coordenadas				Coordenadas	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

Cuadro Constructivo Polígono Predio No. 1				Cuadro Constructivo Polígono Predio No. 2				Cuadro Constructivo Polígono Predio No. 3	
Coordenadas				Coordenadas				Coordenadas	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y

[redacted]
COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

Figura II. 1 Polígonos del proyecto.

[redacted]
UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

II.1.4. Inversión requerida.

[redacted]
INFORMACIÓN PATRIMONIAL DE LA PERSONA MORAL, ART 116 PÁRRAFO CUARTO DE LA LGTAIP Y 113 FRACCIÓN III DE LA LFTAIP

II.2. Características particulares del proyecto, plan o programa.

La Refinería Dos Bocas constará de las siguientes plantas de proceso e infraestructura de servicios de acuerdo con las Tablas II.2, II.3 y Figura II.2.

Tabla II. 2 Plantas de Proceso

Núm	Planta de proceso
1	Planta de Destilación Combinada (UDC)
2	Planta Hidrotratadora de Naftas (HDN)*
3	Planta Isomerizadora de Pentanos y Hexanos (PNX)
4	Planta Reformadora de Naftas (REF)
5	Planta Hidrotratadora de Diésel (HDDI) *
6	Planta Hidrotratadora de Gasóleos (HDTGO) *
7	Planta de Desintegración Catalítica Fluidizada (FCC)
8	Planta de Recuperación de Azufre (PARA) *
9	Planta de Tratamiento de Aguas Amargas Fenólicas (PAA) *
10	Planta de Tratamiento de Aguas Amargas No Fenólicas (PAA) *
11	Planta de Regeneradora de Amina sin CO_2 (URA) *
12	Planta de Regeneradora de Amina con CO_2 (URA) *
13	Planta Isomerizadora de Butanos (I-C4)
14	Planta de Alquilación (ALKY)
15	Planta de Coquización Retardada (PCR)
16	Planta de Recuperación y Tratamiento de Gases (PTRG)
17	Planta Productora de Hidrógeno (PH)

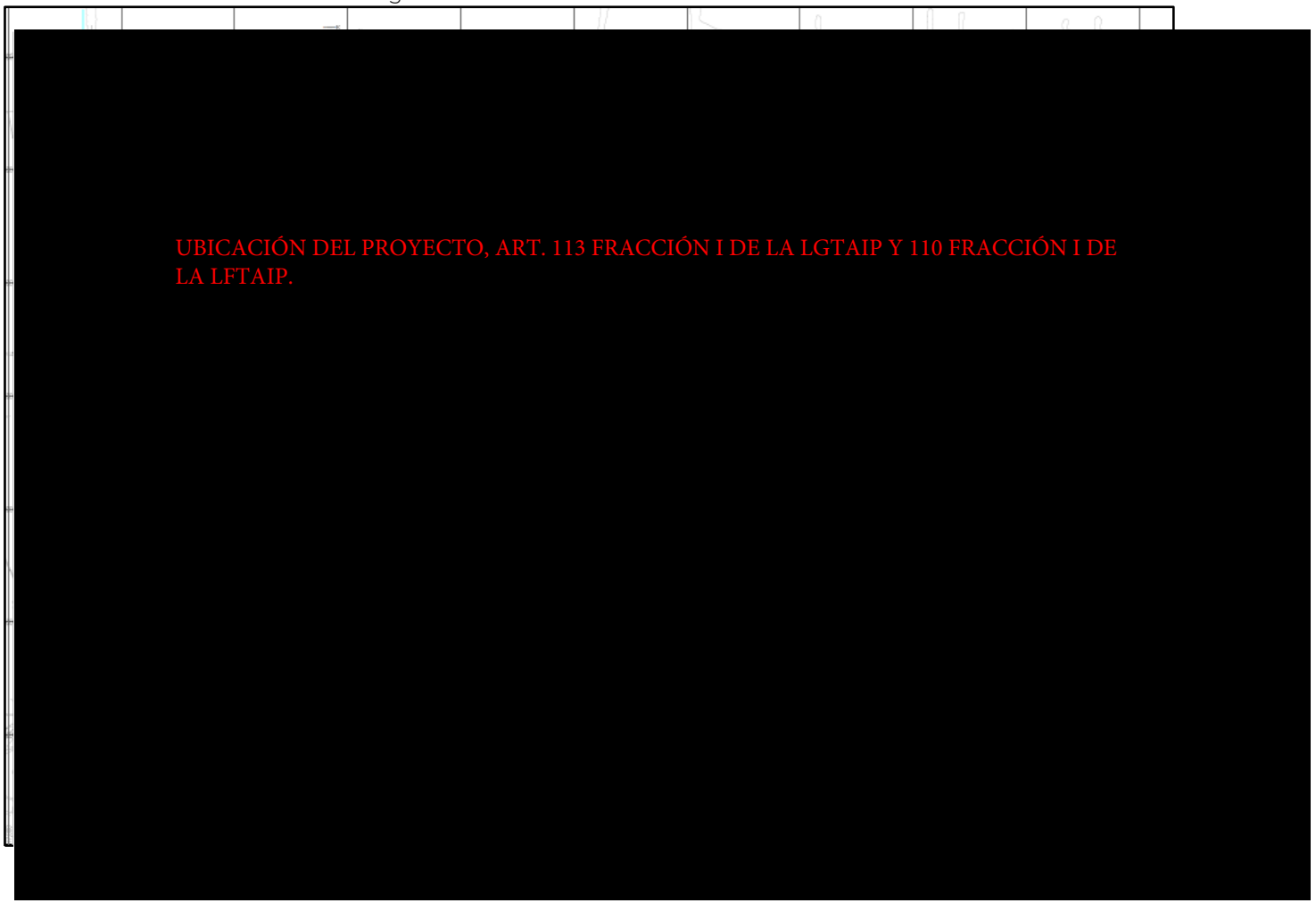
Nota.* Plantas con dos trenes de proceso.

Tabla II. 3 Infraestructura de Servicios

Núm	Infraestructura de Servicios
18	Planta de Cogeneración
19	Planta de Suministro de agua
20	Planta de Pretratamiento de agua
21	Planta Desmineralización de agua
22	Suministro de gas combustible y gas natural
23	Mezclado en línea
24	Casas de bombas
25	Tanques de Almacenamiento
26	Trampas de Diablos
27	Desfogues
28	Sistema Contraincendio

Núm	Infraestructura de Servicios
29	Aire de instrumentos y de planta
30	Torres de agua de enfriamiento
31	Recuperación y tratamiento de condensado
32	Almacenamiento y recibo de ácido sulfúrico y sosa caustica
33	Tratamiento de efluentes
34	Edificaciones

Figura II. 2 Localización de instalaciones.



En el Anexo 1 se puede ver el Plano de Localización General de la Refinería Dos Bocas (PLG-V-8) y los planos de Localización general por instalación.

En el proceso de refinación propuesto el crudo tipo maya se alimentará a la planta de destilación combinada (destilación/vacío), obteniéndose como productos intermedios gas seco, gas licuado, naftas, queroseno, diésel, gasóleo pesado atmosférico, gasóleos ligero y pesado de vacío y residuo de vacío; el gas obtenido se enviará a la planta de tratamiento con metil dietanolamina y posteriormente a la sección de fraccionamiento para obtener gas combustible, gas ácido y gas licuado (LPG).

Las naftas primarias se enviarán a las plantas de hidrotratamiento de naftas y al eliminar el azufre se enviarán al “pool” de naftas para reformación.

De manera similar, el diésel se enviará a la planta hidrotratadora de diésel para remover el azufre y producir diésel UBA.

El gasóleo pesado atmosférico y los gasóleos de vacío se enviarán a la planta hidrotratadora de gasóleos y posteriormente a la planta de desintegración catalítica fluidizada para producir gasolina UBA.

Los residuos de vacío, a diferencia del esquema en configuración FCC en el que se utilizan para la producción de combustóleo, se enviarán a la planta de coquización retardada en donde se producirán naftas, gasóleos y coque.

En este proceso propuesto, las naftas de coquización se hidrotratarán en plantas hidrotratadoras con capacidad para procesar una mezcla de nafta de la planta de coquización retarda y de la planta primaria correspondiente a la planta combinada. El tratamiento de naftas de coquización, la cuales tienen alto contenido de sílice y olefinas, no pueden ser procesadas en las hidrotratadoras de naftas convencionales ya que requieren guardas de sílice y saturador de olefinas.

Los gasóleos procedentes de coquización se enviarán a la planta hidrotratadora de gasóleos para su endulzamiento; de esta planta también se obtendrá una corriente para el mezclado de diésel.

Posteriormente, estos gasóleos se cargarán como complemento con gasóleo pesado atmosférico, ligero y pesado de vacío a la planta de desintegración catalítica fluidizada de las que se obtendrán gasolinas catalíticas de alto octano, olefinas, aceites cíclico ligero y aceite decantado.

Las olefinas, mezclas de propano-propileno y butanos-butilenos, se enviarán a las áreas de fraccionamiento y a la planta de alquilación; el alquilado producido se enviarán al "pool" de gasolinas para mejorar las especificaciones de las mismas.

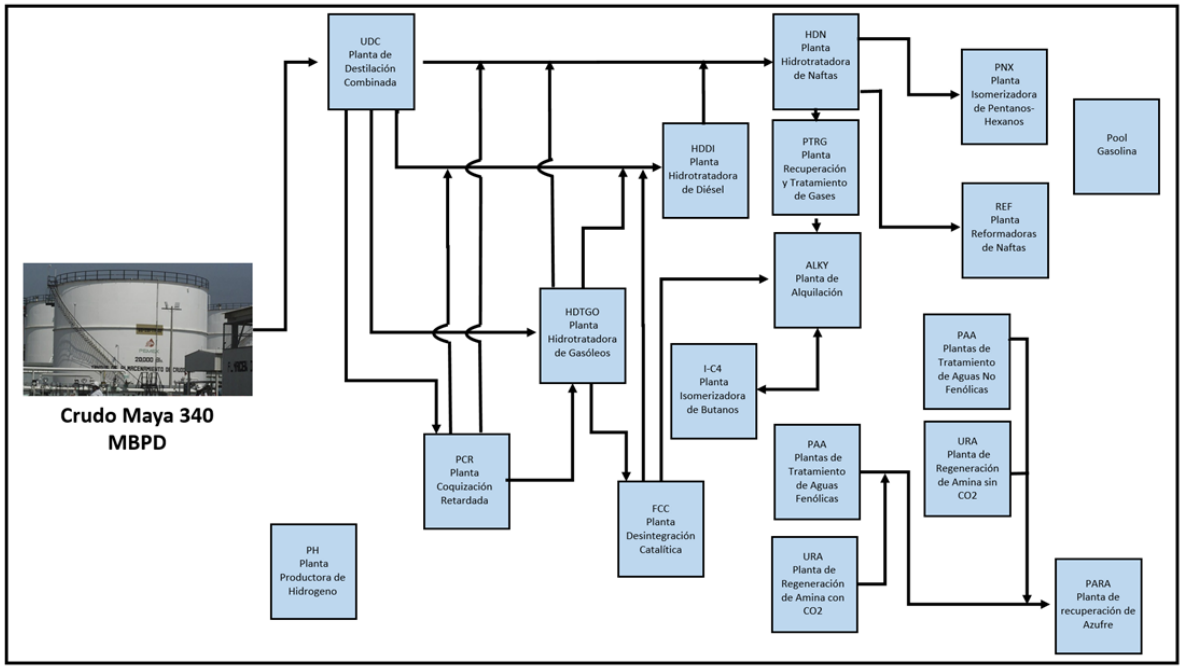
El aceite cíclico ligero será hidrotratado y se empleará en la elaboración de diésel; y el aceite decantado se enviará a la planta de coquización retardada.

Las plantas hidrotratadoras de diésel obtenidos de la destilación atmosférica, procesarán diésel y cumplirán con las especificaciones en contenido de azufre del diésel 10 ppm.

El coque producido se retirará para su almacenamiento y disposición posterior.

El proceso de refinación propuesto es el siguiente de acuerdo con la Figura II.3.

Figura II. 3 Procesos de refinación.



Capacidad de operación de la Refinería Dos Bocas.

La capacidad de diseño de las diversas plantas de proceso para la obtención de productos se muestra en la Tabla II.4.

Tabla II. 4 Capacidad de diseño de plantas de proceso

Num	Planta de proceso	Capacidad de diseño
1	Planta de Destilación Combinada (UDC)	340.0 MBPD
2	Planta Hidrotratadora de Naftas (HDN) Tren I y Tren II	52.0 MBPD
3	Planta Isomerizadora de Pentanos y Hexanos (PNX)	21.0 MBPD
4	Planta Reformadora de Naftas (REF)	82.0 MBPD
5	Planta Hidrotratadora de Diésel (HDDI) Tren I y Tren II	68.0 MBPD
6	Planta Hidrotratadora de Gasóleos (HDTGO)	105.0 MBPD
7	Planta de Desintegración Catalítica Fluidizada(FCC)	94.0 MBPD
8	Planta de Recuperación de Azufre (PARA) Tren I y Tren II	640 TPD
9	Planta de Tratamiento de Aguas Amargas Fenólicas (PAA) Tren I y Tren II	2 x 200 m^3/h
10	Planta de Tratamiento de Aguas Amargas No Fenólicas (PAA) Tren I y Tren II	2 x 120 m^3/h
11	Planta de Regeneradora de Amina sin CO_2 (URA) Tren I y Tren II	830 m^3/h
12	Planta de Regeneradora de Amina con CO_2 (URA) Tren I y Tren II	850 m^3/h
13	Planta Isomerizadora de Butanos (I-C4)	8.9 MBPD
14	Planta de Alquilación (ALKY)	20.0 MBPD
15	Planta de Coquización Retardada (PCR)	130.0 MBPD
16	Planta de Recuperación y Tratamiento de Gases (PTRG)	--
17	Planta Productora de Hidrogeno (PH)	120 MMSCFD

Capacidad de almacenamiento de la Refinería Dos Bocas.

La capacidad total de almacenamiento para cada uno de los productos obtenidos de las diversas plantas de proceso se muestra en la Tabla II.5.

Tabla II. 5 Capacidad de almacenamiento de productos

Tanques de almacenamiento	Capacidad (BLS)
Crudo	3,000,000
Nafta Amarga de Coquer	300,000
Nafta Amarga Virgen	300,000
Reformado	400,000
Turbosina Amarga	110,000
Nafta Desulfurada	450,000
Gasóleos Amargos Craqueados	1, 000, 000
Gasóleos Amargo Virgen	400,000
Gasóleos Desulfurados	700,000
Gasolina Catalítica	400,000
MTBE	110,000
Aceite Cíclico Ligero	20,000
Alquilado	110,000
Residuos de Vacío	450,000
Slop Seco	30,000
Slop Húmedo	30,000
Gasolina Magna ZMVM	400,000
Gasolina Premium ZMVM	200,000
Gasolina Magna resto del país	450,000
Gasolina Premium resto del país	300,000
Diesel Ultra Bajo Azufre	800,000
Slurry FCC	20,000
Diesel Amargo Virgen	400,000
Diesel Amargo Craqueado	400,000
Sosas Gastadas	10,000
Azufre Liquido	110,000
Isobutano	40,000
Butano Butileno de FCC	60,000
Isomeros	120,000
LPG	60,000
Propileno	80,000
Butanos	20,000
Mezcla de Butanos	40,000
Mezcla de propano-propileno de Coquer y FCC	80,000
Butano Butileno de Coquer	80,000
Pentanos Hexanos	100,000
Butano Butileno de FCC	20,000

Características de tanques de almacenamiento.

Las características de capacidad, dimensiones y equipos de seguridad en tanques de almacenamiento se indican en las Tablas II.6. II.7, II.8 y II.9.

Tabla II. 6 Dispositivos de seguridad en tanques de almacenamiento atmosféricos y sujetos a presión para los productos manejados

Producto	Capacidad (bls)	Diámetro, altura y perímetro (m)	Cámaras de espuma	Sistema de aspersión	F&G
Tanques atmosféricos (API-650)					
Crudo	500,000	D=85.34 H=14.63 P=268.12	12	si	si
MTBE	55,000	D=30.48 H=12.192 P=95.75	3	si	si
Gasolina Magna ZM	100,000	D=40.843 H=14.62 P=128.31	3	si	si
Gasolina Premium ZM	100,000	D=40.843 H=14.63 P=128.31	3	si	si
Gasolina Magna RP	100,000	D=40.843 H=14.62 P=128.31	3	si	si
Gasolina Premium RP	100,000	D=40.843 H=14.63 P=128.31	3	si	si
Diésel producto	200,000	D=54.864 H=14.63 P=172.35	6	si	si
Residuo de vacío caliente	150,000	D=45.72 H=14.63 P=143.63	4	si	si
Aceite decantado (Slurry FCC)	10,000	D=12.95 H=12.192 P=40.69	1	si	si
Diésel amargo	200,000	D=54.864 H=14.63 P=172.35	6	si	si
Gasóleo amargo	200,000	D=54.864 H=14.63 P=172.35	6	si	si
Gasóleo hidrodesulfurado	200,000	D=54.864 H=14.63 P=172.35	6	si	si
Nafta amarga	150,000	D=45.72 H=14.63 P=143.63	4	si	si
Nafta HDS a Reformadora	150,000	D=45.72 H=14.63 P=143.63	4	si	si
Alquilado	55,000	D=30.48 H=12.192 P=95.75	3	si	si
Nafta reformada	200,000	D=54.864 H=14.63 P=172.35	6	si	si
Nafta catalítica	200,000	D=54.864 H=14.63 P=172.35	6	si	si
Tanques sujetos a presión (ASME Secc. VIII Div. 1 y API 620) (Esferas con sistema de enfriamiento automático, válvulas de aislamiento remoto y válvulas a pie de tanque)					

Isobutano	20,000	18.44	si	si	si
Mezcla de butanos	20,000	18.44	si	si	si
Propileno	20,000	18.44	si	si	si
Gas LP	20,000	18.44	si	si	si
C_5-C_6 Carga a isomerizadora	20,000	18.44	si	si	si
Propano	20,000	18.44	si	si	si
Butano butileno	20,000	18.44	si	si	si
Isómero	20,000	18.44	si	si	si

En la Refinería Dos Bocas se procesará una carga de 340 MBD de aceite crudo pesado, tipo Maya, de 22°API, a fin de obtener diversos productos, principalmente gasolina y diésel con las especificaciones necesarias para ser utilizados en motores de combustión interna. Además de los combustibles, y como parte natural del proceso, se obtendrán diversos productos tales como gas LP, turbosina, propileno para ser utilizado en la industria petroquímica, butilenos y algunos otros productos como coque y azufre.

El objetivo de la Refinería Dos Bocas, es obtener los petrolíferos de mayor consumo como gasolina y diésel y evitar la producción de residuales líquidos como combustóleo y asfalto; por medio del esquema de fondo de barril, que incluye la instalación de una Planta de Coquización Retardada, con lo que se obtendrá un combustible sólido llamado coque, que puede ser utilizado como combustible en los hornos en las plantas cementeras del país, como insumo para plantas de gasificación (IGCC) o en otros procesos. El esquema de refinación de la ingeniería conceptual para la Refinería Dos Bocas puede ser descrito como sigue:

El petróleo crudo se alimenta a la Planta de Destilación Combinada, donde se realiza la destilación atmosférica y al vacío, de esta planta se obtienen como productos intermedios gas seco, gas licuado, naftas, turbosina, queroseno, diésel, gasóleo pesado atmosférico, gasóleos ligero y pesado de vacío y residuo de vacío; el gas obtenido se envía a la planta de endulzamiento con amina y posteriormente a fraccionamiento para obtener gas combustible, gas ácido y gas licuado (LPG).

Las naftas primarias se envían a tratamiento y fraccionamiento a las Plantas Hidrotratadoras, en seguida, la nafta ligera se envía a isomerización y la nafta pesada a reformación. De manera similar la turbosina y el diésel se envían a la Planta Hidrotratadora de Diésel o de destilados intermedios, donde se eliminan los

contaminantes, principalmente azufre, para producir diésel ultra bajo azufre (UBA) y turbosina. El gasóleo pesado atmosférico y los gasóleos de vacío se envían a la Planta Hidrotratadora de Gasóleos y posteriormente a la Planta de Desintegración Catalítica Fluidizada para producir propileno, butilenos, nafta catalítica y aceite cíclico ligero (ACL).

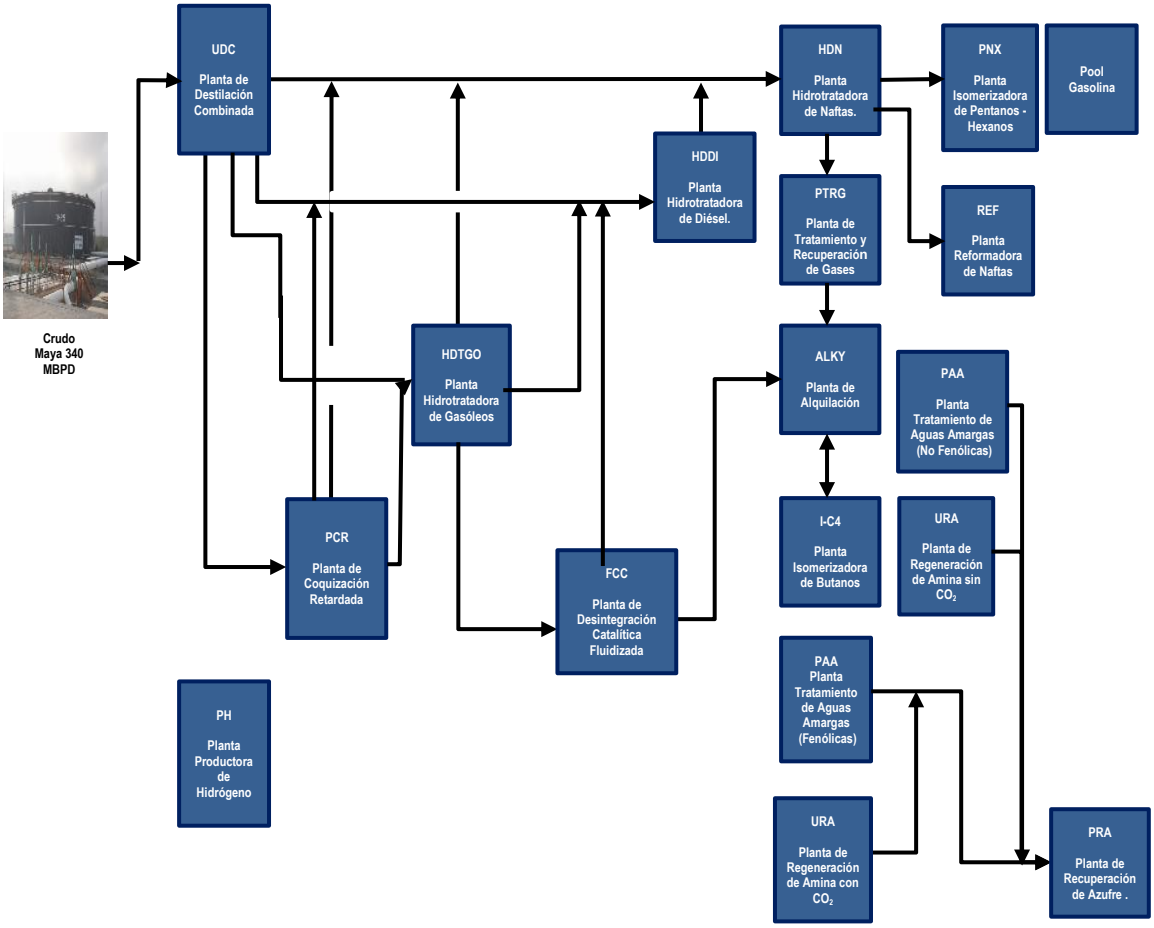
Los residuos de vacío se envían a la Planta de Coquización Retardada, en donde se producirán gas, nafta, gasóleo y coque.

En el esquema propuesto, la nafta de coquización se hidrotratará en las Plantas Hidrotratadoras con capacidad para procesar la mezcla de naftas de coquización y primaria. Los gasóleos procedentes de coquización se mezclan con los gasóleos de destilación combinada y se envían a la Planta Hidrotratadora de Gasóleos, para tratamiento; de esta planta también se puede obtener una corriente de diésel. Posteriormente, los gasóleos tratados se envían como carga a la Planta de Desintegración Catalítica Fluidizada, donde se obtendrán gas, propano-propileno, nafta catalítica, olefinas, aceite cíclico ligero y aceite decantado.

La mezcla de propano-propileno se envía a la Planta de Alquilación; el alquilado producido (de alto octano), es otra base de alta calidad para producir gasolina. El aceite cíclico ligero se mezcla con destilados intermedios para hidrotratarse y emplearse en la elaboración de diésel; y el aceite decantado se enviará a la Planta de Coquización Retardada, para su aprovechamiento. Una vez obtenidas las bases para gasolina (nafta catalítica, reformado, isómero, alquilado) se mezclarán en el pool para obtener gasolinas regular y Premium, cumpliendo con las especificaciones que indica la normatividad vigente.

Por otro lado, los productos de hidrotratamiento de destilados intermedios se mezclan en su respectivo pool, para producir diésel de ultra bajo azufre y turbosina. Ver a continuación el diagrama de flujo conceptual de la Refinería Dos Bocas.

Figura II. 4 Diagrama de flujo conceptual de Refinería Dos Bocas.



Fuente: Elaboración IMP

La Refinería Dos Bocas contará con los procesos de acuerdo a lo indicado en la siguiente tabla:

Tabla II. 7 Listado de plantas de proceso

Acrónimo	Descripción
UDC	Planta de Destilación Combinada
PCR	Planta de Coquización Retardada
HDN	Planta Hidrotratadora de Naftas
HDDI	Planta Hidrotratadora de Diésel.
HDTGO	Planta Hidrotratadora de Gasóleos
FCC	Planta de Desintegración Catalítica Fluidizada
REF	Planta Reformadora de Naftas
PNX	Planta Isomerizadora de Pentanos - Hexanos
I-C4	Planta Isomerizadora de Butanos
ALKY	Planta de Alquilación
PTRG	Planta de Tratamiento y Recuperación de Gases
PARA	Planta de Recuperación de Azufre
PH	Planta Productora de Hidrógeno
URA	Planta de Regeneración de Amina, sin CO_2
URA	Planta de Regeneración de Amina, con CO_2
PAA	Plantas de Tratamiento de Aguas Amargas Fenólicas
PAA	Plantas de Tratamiento de Aguas Amargas No Fenólicas

Fuente: Elaboración IMP

La infraestructura externa para suministro de crudo y desalojo de productos terminados y otros servicios requeridos, será realizada por terceros, por lo que no se encuentra dentro del alcance de este documento y quienes las ejecuten deberán dar cumplimiento con la Evaluación de Impacto Ambiental correspondiente para las obras que realicen, entre las que se encuentran:

- Oleoducto para el suministro de crudo.
- Gasoducto para el suministro de gas natural o LPG.
- Infraestructura para el suministro de agua cruda.
- Tratamiento de aguas municipales.
- Interconexión y sincronización con la red eléctrica de Comisión Federal de Electricidad (CFE) como suministro de respaldo.
- Infraestructura ferroviaria (para el suministro de catalizadores y el desalojo de productos como el Coque y Azufre).
- Muelle (materia prima y salida de productos).
- Integración con vías de comunicación (carreteras, servicios, derecho de vía).

II.2.1. Programa de trabajo.

El programa de trabajo para el proyecto de construcción de la Refinería Dos Bocas se muestra a continuación:

Tabla II. 8 Programa de trabajo del proyecto

Etapa / Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Trabajos preparativos y de acondicionamiento del terreno																							
Construcción																							
Operación y mantenimiento																							

Fuente: Elaboración IMP

Para la etapa de operación y mantenimiento se estima una vida útil de 20 años, sin embargo, éste podrá incrementarse al realizar inspecciones y mantenimiento adecuado a las mismas, de acuerdo con los programas de mantenimiento que se establezcan.

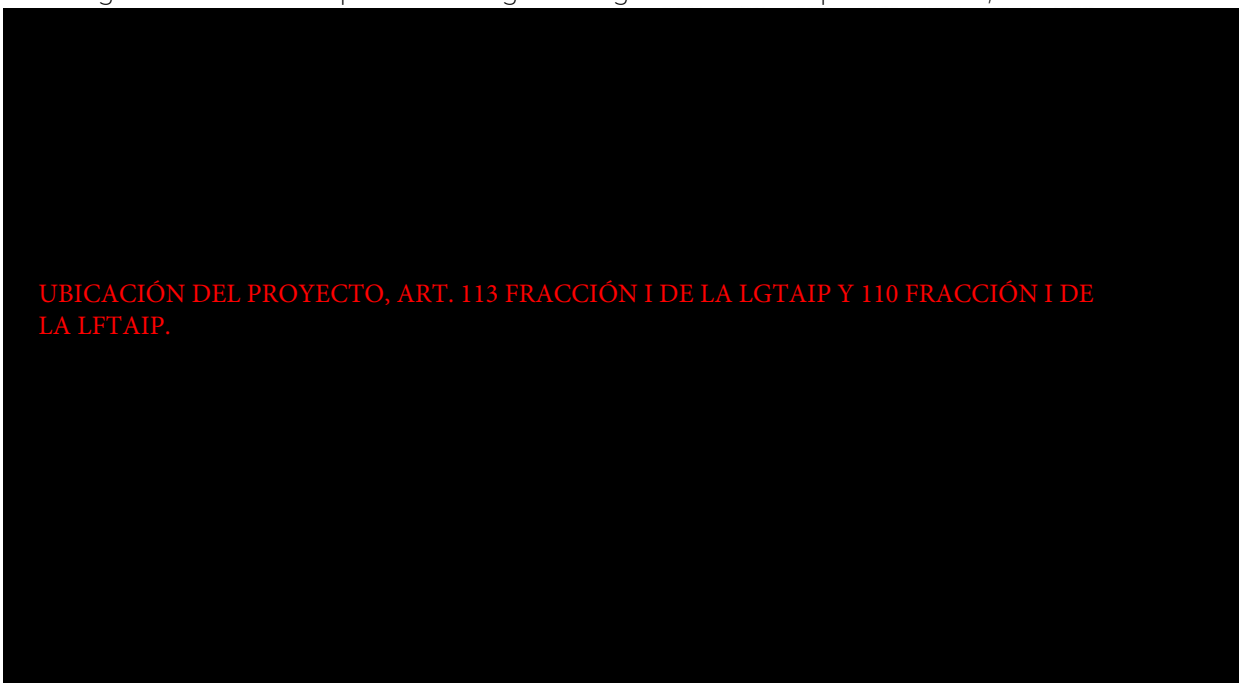
Si por razones de estrategia productiva, económica, ambiental o alguna otra, se decide acortar o alargar el tiempo de vida útil del proyecto, se podrá tomar la decisión de sacar de operación las obras o alguno de sus componentes sin abandono del sitio; para lo cual, se realizará una planeación detallada y especifica de las actividades a realizar para dar cumplimiento a la normatividad ambiental vigente; así mismo, se notificará por escrito dicha situación a la autoridad competente, previo a la aplicación de dichos cambios.

II.2.2. Representación gráfica regional.

El municipio de Paraíso se localiza en la región del río Grijalva en la subregión conocida como Chontalpa en el estado de Tabasco. Debido a la posición geográfica que tiene en el mapa de la República Mexicana, se encuentra situado entre las coordenadas: 18° 24' 00" latitud norte y entre 93° 13' 59" longitud oeste. Es importante saber que de acuerdo a las diferentes elevaciones que hay en dicho municipio, se encuentra situado a una altura promedio de 10 metros sobre el nivel del mar (msnm). Presenta una superficie territorial de aprox. 377.55 kilómetros cuadrados.

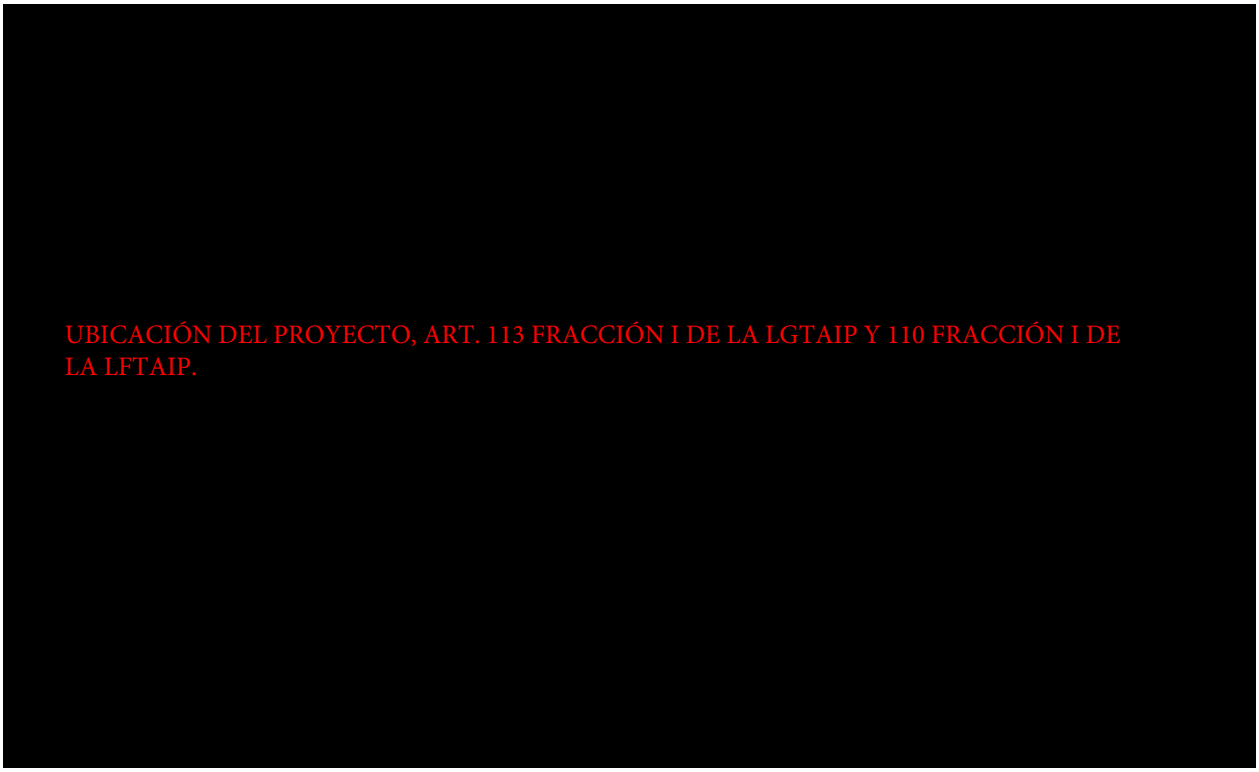
El municipio Paraíso tiene colindancias territoriales al norte con el Golfo de México y el municipio de Centla, al sur con Jalpa de Méndez, Comalcalco y Cárdenas, al este una vez más con los municipios de Centla y Jalpa de Méndez y al oeste nuevamente con Cárdenas y con el Golfo de México.

Figura II. 5 Plano de representación gráfica regional del municipio de Paraíso, Tabasco.



II.2.3. Representación gráfica local.

El sitio donde se planea construir el proyecto de la Refinería Dos Bocas, localmente se encuentra en el municipio de Paraíso, estado de Tabasco, sobre la parte sur del Golfo de México, destaca por la buena ubicación geográfica, pues tiene comunicación inmediata con las empresas, con los principales centros de consumo y las ciudades petroleras más importantes de la región, a través de su sistema de carreteras y su proximidad al aeropuerto internacional de la ciudad de Villahermosa, Tabasco. Su ubicación en el litoral del Golfo de México es estratégica por la cercanía a las zonas de producción petrolera.



II.2.4. Preparación del sitio y construcción.

Para la administración de este proyecto se planea su división en tres componentes principales:

- Componente 1: Trabajos preparativos y de acondicionamiento del terreno.
- Componente 2: Construcción de la Refinería Dos Bocas.
- Componente 3: Construcción de infraestructura externa.

Es de resaltar que este estudio se circunscribe únicamente a las instalaciones de la Refinería Dos Bocas (componente 1 y 2) debido a que la infraestructura externa será realizada por terceros. Estas obras externas se refieren al oleoducto para el suministro de crudo; poliducto para el desalojo de productos; gasoducto para el suministro de gas natural o LPG; infraestructura para el suministro de agua cruda, tratamiento de aguas municipales, interconexión y sincronización con la red eléctrica de Comisión Federal de Electricidad (CFE) como suministro de respaldo; infraestructura ferroviaria (para el suministro de catalizadores y el desalojo de productos como el coque y el azufre), muelle para la carga y descarga de materia prima y salida de productos y obras de integración con vías de comunicación (vialidades, servicios, derechos de vía).

Comentar que una vez que se definan los responsables de la ejecución de las obras externas, estos deberán elaborar y presentar su propia Manifestación de Impacto Ambiental correspondiente.

a) Trabajos preparativos y de acondicionamiento del terreno.

Esta etapa incluye el desarrollo de actividades, estudios y trabajos en donde el predio se preparará para alojar las instalaciones del proyecto, de acuerdo con los resultados que se obtengan de los estudios de batimetría, detección de ductos e instalaciones subterráneas, geotécnico, de caracterización de contaminantes, si es el caso, así como de inundación, entre otros, y en consistencia con el programa de ejecución.

Estas actividades incluyen:

Barda perimetral. La construcción de barda perimetral es para resguardo de las instalaciones durante las etapas de construcción y operación de la refinería, que incluye la instalación de dispositivos de vigilancia en el perímetro, así como contar con aberturas de acceso adecuadas en tamaño y cantidad para la etapa de construcción, así como las definitivas para la operación, tanto para el personal de supervisión y administración del proyecto, como para proveedores y contratistas y las suficientes para el manejo de productos finales al exterior por diferentes medios de transporte. Su construcción considera los diseños institucionales de Petróleos Mexicanos y el diseño estructural será a prueba de vandalismo considerando el MDOC de la CFE en sus capítulos de Sismo y Viento. Los materiales por utilizar serán de la región. La ubicación final de la barda debe considerar las obras exteriores requeridas para la integración del proyecto con el entorno (calles, corredores de tubería, vías de FFCC, entronques carreteros, obras de drenaje, etc.).

Desmonte. El proyecto incluye el desarrollo de los trabajos de desmonte, los cuales cumplirán con la especificación elaborada para tales efectos. Se entiende por desmonte el retiro de la vegetación en el derecho de vía para la construcción de caminos y ductos, en áreas de préstamos de bancos de materiales (previo a los cortes) y en áreas de construcción de instalaciones y plantas industriales. De forma general, en el área de proyecto, se observan zonas de palmar inducido, vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, vegetación secundaria de acahual y manchones de dunas.

El desmonte considera las actividades de tala, roza, desenraice y limpia. Los criterios de medición están establecidos en la especificación para el desarrollo de los trabajos. Se contará con un programa de actividades tal que permita ir liberando áreas, con el objeto de que una vez que se concluyan en un área

específica los trabajos de desmonte, se inicien los correspondientes a despalme; es decir, existirá una clasificación de áreas en función de los diferentes frentes de trabajo que se establezcan para el proyecto.

Para la remoción de esta vegetación, en el caso del estrato arbóreo, se emplearán motosierras, y sólo en el caso de que esto pueda representar riesgo para el personal que realiza estas labores, se buscarán otras alternativas. En ningún caso se permitirá la quema de material producto de estos trabajos, ni el uso de material agroquímico para erradicarlo del predio.

La vegetación estimada a remover es de 131.169 hectáreas distribuidas como a continuación se indica:

Tabla II. 9 Vegetación estimada por remover

Tipo de vegetación	Polígono 1	Polígono 2	Polígono 3	Total
Palmar inducido (Ha)	0.523	15.936	0.000	16.459
Vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia (Ha)	31.571	14.930	39.040	85.541
Vegetación secundaria de acahual (Ha)	9.462	0.000	0.000	9.462
Dunas	19.707	0.000	0.000	19.707
Total	61.263	30.866	39.04	131.169

La solicitud para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales de los polígonos 2 y 3 (vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia), se realizó incluyendo 18.02 hectáreas en el polígono 2., que fueron removidas por un tercero.

En cuanto a la solicitud de cambio de uso de suelo en terrenos forestales del polígono 1 (vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia) se encuentra en desarrollo.

Es necesario destacar que en el caso particular del predio del polígono 2, este sitio perdió casi la totalidad de la cubierta vegetal por una actividad imputable a un tercero, misma que ya fue sancionada por la autoridad competente, Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos (ASEA).

A continuación se presenta un resumen de los comunicados difundidos por la ASEA a este respecto[1]:

[1] https://www.gob.mx/asea#557

- Derivado de las denuncias presentadas ante la ASEA, en el mes de noviembre de 2018, ésta inicio un substanciación contra quien resulte responsable por el desmonte de un terreno ubicado en el municipio de Paraíso, Tabasco, presuntamente propiedad de Petróleos Mexicanos (Pemex), por lo que se solicitó a Pemex información sobre los trabajos de desmonte; así mismo la ASEA reunió información de instituciones federales o estatales que tenían conocimiento de los hechos señalados, con el fin de identificar posibles irregularidades y presuntas responsabilidades.
- Derivado de lo anterior, la ASEA inició un deslinde de responsabilidades, y la empresa responsable fue emplazada, después de que se realizó una visita de inspección conducida por inspectores adscritos a dicha agencia.
- En el mes de diciembre de 2018, la ASEA ordenó la aplicación de medidas correctivas derivadas de los trabajos de desmonte del predio en cuestión. Por lo que la empresa probable responsable deberá implementar el rescate de las especies de vida silvestre que se observen en el sitio para procurar su supervivencia.
- Finalmente, el pasado 24 de enero del presente la ASEA, presentó un comunicado de prensa, en el que impone medidas compensatorias y multas a la empresa responsable por desmonte en el terreno ubicado en Dos Bocas, Tabasco. Adicional a las multas impuestas, correspondientes a la compensación por la violación en materia forestal, la empresa deberá de implementar un programa de reforestación de mangle de 82.8 hectáreas, así como un programa de preservación de flora y fauna, ambos fijando montos mínimos de inversión.

Despalme. Una vez culminados los trabajos de desmonte, se iniciará con los trabajos de despalme, los cuales se definen como la extracción y el retiro de la capa superficial del terreno natural, que por sus características sea inadecuada para la construcción de terracerías. Dichos trabajos están estimados en aproximadamente 5,600,000 m^3 y se ejecutarán en cortes, préstamos, bancos de materiales y desplante de terraplenes para el derecho de vía y para la construcción de caminos y tuberías de transporte, así como las áreas de construcción de instalaciones y plantas industriales.

La ejecución de los trabajos de despalmes de áreas destinadas al desplante de terraplenes para la construcción de caminos, se fijará en cada caso la longitud del tramo por despalmar adelante del frente de trabajo de las terracerías.

Todo el material producto de los trabajos antes mencionados será depositado en los sitios autorizados para tal efecto. El proyecto cumplirá con los requisitos establecidos en la especificación elaborada para tales efectos.

Mejoramiento masivo de suelos. Como parte de las conclusiones del Estudio Geotécnico debe contemplarse la posibilidad de la ejecución de trabajos de mejoramiento masivo de suelos dadas las condiciones estratigráficas de los materiales subyacentes en el sitio propuesto. Se debe verificar que el Estudio Geotécnico determine si es necesario ejecutar tales trabajos e incluir cuál o cuáles podrían ser las metodologías por emplear, dadas las particularidades y condiciones de la estratigrafía del sitio.

De manera inicial se contempla el desarrollo de una plataforma de trabajo hasta el nivel de subrasante con material de relleno, compactado al 90% de la prueba de Porter estándar, conformado con material de relleno mediante un procedimiento de relleno hidráulico.

Asimismo, se contempla el desarrollo de una plataforma de las capas finales con material de relleno compactado al 90% de la prueba Porter estándar, conformado con material de relleno mediante un procedimiento de relleno hidráulico, estimado en aproximadamente 12,000,000 m^3.

El mejoramiento de suelos mediante compactación dinámica (CD) se podrá desarrollar en un programa de 4 fases y una fase final de planchado y nivelado con motoconformadora y rodillo liso en huellas contiguas, mediante el empleo de masa a base de placa metálica de 15 toneladas, susceptible de ser modificada a 20 toneladas.

Asimismo, para el desarrollo del proyecto será necesario construir una serie de vialidades temporales al interior de los predios donde se construirá el proyecto, estos caminos deberán permitir la comunicación interna de todas las áreas que comprenden el proyecto. Estas vialidades considerarán los requerimientos necesarios para que la Terminal Marítima de Dos Bocas y el puerto de API tengan libre tránsito y acceso tanto en la etapa de construcción, como en la operación definitiva de la refinería.

Se deben considerar dentro de estos trabajos, la construcción de un camino interno paralelo a la barda perimetral. Si por conveniencia del proyecto, las vialidades temporales serán definitivas, la superficie de rodamiento definitiva deberá ser construida hasta el final del proyecto, esto con el fin de evitar daños. El diseño debe cumplir la normativa aplicable.

Terracerías. Se deben efectuar todos los trabajos requeridos para garantizar un desplante óptimo y seguro de las terracerías y plataformas de trabajo (terraplenes) para la construcción de las plantas industriales. Se define como terracerías y terraplenes a las estructuras de tierra formadas con materiales producto de cortes o de préstamos.

La construcción de terracerías y terraplenes se deberá ejecutar con base en las especificaciones técnicas, para las que se debe poner máximo énfasis en el cumplimiento de las características de los materiales a emplear, así como el grado de compactación prescrito. Se proporcionarán los drenajes temporales necesarios durante la construcción de las terracerías y terraplenes a fin de evitar el deterioro de las mismas.

Conformación de plataformas. Para la conformación de plataformas se requiere la realización de actividades preliminares, tal es el caso del trazo y nivelación topográfica, la limpieza y desmonte del terreno, liberando de materiales de construcción, residuos industriales no peligrosos actualmente existentes en el sitio que incluyen basura, troncos, ramas, capa vegetal, entre otros.

Considerando la configuración topográfica del área disponible, se requiere el desarrollo de un esquema de plataformas horizontales que conserven ciertos niveles de funcionamiento hidráulico, superficial, subterráneo y regularidad, maximizando el aprovechamiento de los desniveles naturales.

En caso de que el material de relleno producto del corte de las plataformas no sea suficiente por sus características, se utilizarán bancos de préstamo viables y autorizados por las instalaciones federales, estatales y/o municipales correspondientes, para la obtención del material faltante.

El material para la construcción de terraplenes en las áreas de las plataformas cumplirá con las especificaciones requeridas en la ingeniería. El control de los niveles del terreno y de los volúmenes de relleno se realizará de acuerdo con los requerimientos particulares cumpliendo con las especificaciones de ingeniería hasta la entrega de la capa del terraplén en construcción.

En las plataformas, una vez escarificada, compactada y limpiada la superficie, se procederá a realizar el relleno hidráulico hasta lograr los niveles requeridos.

Las capas deberán conformarse de acuerdo con los alineamientos y niveles indicados en el proyecto, el material se extenderá adicionándole agua y homogeneizándolo hasta obtener una humedad óptima, posteriormente, se extenderá y se compactará con maquinaria, dando una cantidad de pasadas

necesarias hasta lograr un 90% de su peso volumétrico seco máximo de la prueba PORTER.

Una vez terminada la compactación se realizarán pruebas de laboratorio para su verificación. En caso de haber degradación del material, se tendrá que realizar escarificado en un espesor de 5 cm antes de la construcción de la siguiente capa y para compensar la pérdida de humedad por evaporación, se darán riegos superficiales en forma homogénea compactando la superficie hasta lograr el grado requerido.

De manera similar, para la capa subrasante se deberá acamellonar el material de banco sobre la superficie y se extenderá humedeciéndola con agua en forma homogénea sobre el terraplén en estaciones de 20 metros hasta alcanzar un espesor de 15 cm y se compactará con rodillo vibratorio de tambor liso. El número de pasadas será el necesario para alcanzar el grado de compactación indicado en los planos constructivos, para mantener un grado de humedad óptima, se darán riegos superficiales para compensar las pérdidas por evaporación. Este procedimiento se realizará hasta lograr un espesor de 40 cm.

Con el objeto de preservar la integridad de las terracerías ante la acumulación de agua pluvial y la erosión de sus taludes, se acondicionará un sistema de drenaje superficial a base de parteaguas y vías de desagüe. Los parteaguas se trazarán y construirán una vez alcanzados los niveles finales de las terracerías en las plataformas, los niveles de bajada desembocarán en canales revestidos construidos al eje de las vialidades internas en la refinería.

Pavimentos. Para la definición de los pavimentos se debe tomar en cuenta y de acuerdo a su importancia el uso o requerimiento específico del área que se trate, considerando los diversos tipos de pavimento como son: pavimento de concreto hidráulico en calles, accesos y explanadas con tránsito pesado, calles, accesos y explanadas con transito ligero, explanadas sin tránsito, interiores de diques, áreas libres, taludes, etc., así como los diversos tipos de juntas de construcción, contracción, y expansión que se deben utilizar en los diferentes casos según lo requiera el proyecto.

En las zonas donde un sistema subterráneo cruce una vialidad o acceso, este deberá ir encamisado o reforzado de manera que se resguarde la integridad estructural de estos sistemas.

Las calles y vialidades deben contar con señalamientos rotulados de acuerdo con las Especificaciones técnicas, así como de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y

de la Normatividad de la SCT, de acuerdo con la Especiación Particular que se desarrollará para estos trabajos.

Residencia de obra. Para las instalaciones temporales, se desarrollará inicialmente la construcción de las edificaciones de apoyo tales como la Residencia de Obra, la oficina de contratista, los talleres y almacenes y los comedores de empleados y paralelamente se iniciará la construcción de la refinería y la infraestructura requerida para la correcta operación de los procesos.

Para el funcionamiento de los servicios en oficinas, se instalarán sanitarios portátiles y se llevará a cabo el manejo de todos los residuos generados en el área de trabajo durante la etapa de construcción, así mismo, se instalará una acometida eléctrica para alimentar todas las instalaciones temporales como son; Oficinas, almacenes, talleres de prefabricado de tuberías, comedores, entre otras.

La función primordial del edificio para la Residencia de Obra será alojar de forma temporal al personal técnico-administrativo quienes estarán a cargo de la Supervisión y Administración de la construcción del proyecto. El edificio será autónomo y contará con los servicios al personal, espacios de trabajo, guarda, servicios y complementarios requeridos para un correcto desarrollo de las actividades al interior de este.

Las áreas que integran el edificio son: acceso principal, registro y control, oficina para Residencia de Obra por proyecto, estaciones de trabajo, área de secretarias, áreas de servicios, núcleos sanitarios (mujeres y hombres), comedor-cocina, cuarto de telecom, cuarto eléctrico, salas de juntas, oficinas para atender a proveedores, bodega para artículos de papelería, bodega general.

La Residencia de Obra alojará al personal técnico-administrativo. Esta edificación servirá para que el personal en la etapa de construcción tenga un lugar requerido para la supervisión de la Refinería Dos Bocas.

La estructura principal del edificio para la Residencia de Obra se desarrollará a base de perfiles estructurales de acero para columnas y trabes, así como para la estructura secundaria a base de perfiles de acero rolado en frío, sujetos soldados a la estructura principal del edificio en donde se fijarán los muros y cubiertas a base de paneles metálicos prefabricados con aislamiento.

Mejoramiento de cauce de río. Se consideran las obras necesarias para verificar que los cuerpos de agua existentes funcionen correctamente, y en caso de ser requerido derivado del aprovechamiento del espacio al interior del predio, o por riesgos de que las instalaciones presenten un peligro de inundación, se realizarán

las obras necesarias para asegurar la seguridad y aprovechamiento del sitio de la refinería, verificando y realizando todas aquellas obras complementarias que garanticen que la disposición de las aguas de los cuerpos existentes y las corrientes que los alimenten tengan una disposición segura, evitando cualquier incidente o riesgo que comprometa la seguridad y funcionamiento de la cuenca hidráulica de la refinería.

De acuerdo con el plan de desarrollo para la fase de ejecución del proyecto se tiene la etapa de construcción del proyecto conformado por el componente 2, toda vez que se ha concluido los trabajos preparativos y de acondicionamiento del terreno.

b) Construcción de la Refinería Dos Bocas.

La etapa de construcción considera instalaciones tales como las plantas de proceso, tanques de almacenamiento, servicios auxiliares y obras de integración, las cuales a su vez comprenden las actividades como cimentaciones, soportes elevados para tuberías, edificios de procesos para soporte, operación y mantenimiento de equipos, estructuras misceláneas; así como otros edificios y cobertizos.

La construcción iniciará con las obras civiles prioritarias, tales como, la fabricación de pilas y marcos de soportes de tubería y construcción de fosas, estructuras y cimentaciones principales. Así mismo, se buscará iniciar con los trabajos de obras de integración, preparando el precolado de racks para poder iniciar los procesos de cimentación y montaje en cuanto se liberen las áreas permitiendo adelantar los trabajos de colocación de tubería, red contra incendio y obras subterráneas correspondientes a las áreas que dan servicio, pero sobre todo a la ruta del rack principal , que por el volumen de material , equipo y trabajo que requieren, son los que generalmente llevan más tiempo y están también en la ruta crítica.

Continuará la secuencia de ejecución de las plantas que permita tener concluidas las de servicio previamente a las de proceso, así mismo, los sistemas de servicios auxiliares, almacenamiento y manejo de producto, deberán estar terminados y probados de manera previa a las de proceso y entre estas, deberán estar disponibles primero, las de aguas arriba a fin de estabilizar la producción total en el menor tiempo. Las obras de edificación deben estar disponibles a fin de dar servicio durante la etapa de ejecución del proyecto.

Las plantas de procesamiento, así como plantas e infraestructura de servicios de la refinería se indican a continuación:

Tabla II. 10 Plantas de proceso

Acrónimo	Descripción
UDC	Planta de Destilación Combinada
PCR	Planta de Coquización Retardada
HDN	Planta Hidrotratadora de Naftas
HDDI	Planta Hidrotratadora de Diésel.
HDTGO	Planta Hidrotratadora de Gasóleos
FCC	Planta de Desintegración Catalítica Fluidizada
REF	Planta Reformadora de Naftas
PNX	Planta Isomerizadora de Pentanos - Hexanos
I-C4	Planta Isomerizadora de Butanos
ALKY	Planta de Alquilación
PTRG	Planta de Tratamiento y Recuperación de Gases
PRA	Planta de Recuperación de Azufre
PH	Planta Productora de Hidrógeno
URA	Planta de Regeneración de Amina, sin CO_2
URA	Planta de Regeneración de Amina, con CO_2
PAA	Plantas de Tratamiento de Aguas Amargas Fenólicas
PAA	Plantas de Tratamiento de Aguas Amargas No Fenólicas

Fuente: Elaboración IMP

Adicional a las plantas citadas, en la Refinería Dos Bocas se tendrá infraestructura para la planta de cogeneración, suministro de agua, pretratamiento de agua, desmineralización de agua, recuperación y tratamiento de condensado, planta potabilizadora de agua, almacenamiento y distribución de nitrógeno, almacenamiento y recibo de ácido sulfúrico y sosa cáustica, tratamiento de efluentes, sistema de contra incendio, torres de agua de enfriamiento, suministro de gas combustible y gas natural, aire de instrumentos y de planta, mezclado en línea, sistema de desfogues, sistema de telecomunicaciones, casas de bombas, trampas de diablos y patines de medición/regulación, la integración entre plantas, integración hacia servicios, racks y machetería, vialidades, vías férreas, infraestructura, sistemas enterrados y drenajes.

Durante el desarrollo de la ingeniería básica los licenciadores de los procesos determinarán los flujos de alimentación a cada planta en una secuencia corriente arriba – corriente abajo, lo que permitirá definir las capacidades de diseño que deban considerarse. A partir de estas capacidades y de la caracterización de las corrientes de entrada, así como de la información de las condiciones climatológicas del sitio, cada licenciador determinará la posibilidad de mantener su diseño o realizar los ajustes que resulten necesarios, debiendo, en cualquier caso, mantener las garantías del proceso.

Cimentaciones. Las cimentaciones deben ser de concreto reforzado, desplantadas a las profundidades que se recomienden en el Estudio Geotécnico, y del tipo recomendado en dicho estudio, basándose en los reglamentos y normas, topografía, planificación, proyectos arquitectónicos de las edificaciones, datos

mecánicos y eléctricos de equipos, tanques, recipientes, ductos y registros que se indican en estas bases de diseño.

Debido a las características del suelo donde se construirá la refinería y tomando en consideración los asentamientos máximos permisibles de las mismas, se prevé que las cimentaciones de estructuras y equipos principales puedan ser de tipo profundo por medio zapatas aisladas o corridas apoyadas sobre pilas o pilotes, y que las cimentaciones de equipos menores como las bombas y algunos equipos paquete, y de estructuras ligeras como podría ser el caso de cobertizos puedan ser de tipo superficial.

Se establecen los siguientes criterios aplicables al diseño de estas cimentaciones:

Se deben dimensionar los elementos estructurales (losas, zapatas, contra trabes, muros, trabes de liga y pilas o pilotes) que se requieran, en función de los datos proporcionados por el análisis, de tal manera que no se transmitan al terreno esfuerzos de compresión superiores a las capacidades de carga del mismo a las profundidades de desplante especificadas en el estudio de Mecánica de Suelos.

A menos que se especifique de otra manera, la sobreelevación de losas de piso, dados de apoyo de estructuras de acero y cimentaciones de equipo, en su tope superior con respecto al nivel de piso terminado serán como se indica a continuación:

a) Parte superior de la cimentación de equipo, intercambiadores, torres de proceso, calentadores, recipientes verticales u horizontales, bombas, compresores, equipos paquete, de 30 cm (excepto que se indique un valor mayor por las disciplinas de proceso, tuberías o mecánico).

b) Losas de piso de edificios que albergan equipo eléctrico, tales como subestaciones, y cuarto de control, 30 cm.

c) Bases de columnas de acero (asiento de la placa base), 30 cm.

d) Escalón de desplante de escaleras marinas y de alfarda, 20 cm.

Cimentaciones para equipos verticales. Las cimentaciones para equipos verticales serán de concreto reforzado compuestas por un pedestal apoyado sobre una zapata. En el caso de las torres de proceso más grandes y las de peso importante, será necesario apoyar la zapata sobre pilas o pilotes debido a la magnitud de las cargas del equipo, las limitaciones de espacio debido a la cercanía con otras estructuras o equipos y por las características del terreno de cimentación.

El pedestal de concreto reforzado, podrá ser de sección octogonal o cuadrado, se recomienda que pedestales mayores a 1.80 metros sean octogonales. El arreglo de anclas deberá ser indicado en los planos del proveedor del equipo, sin embargo, éste deberá ser revisado y confirmado por el ingeniero que diseña la cimentación.

Cimentaciones para equipos horizontales. Las cimentaciones para equipos horizontales e intercambiadores de calor serán de concreto reforzado y estarán compuestas por un arreglo de zapatas aisladas con pedestales. Dependiendo de las cargas y dimensiones del equipo, el arreglo de zapatas aisladas podrá sustituirse por una zapata corrida, donde se desplantarán los dos pedestales que darán apoyo a las silletas del equipo. En el caso de los equipos horizontales que se requiere sean instalados a nivel de piso y dentro del área que ocupan los edificios de proceso, estos podrán desplantarse sobre la cimentación del edificio de proceso, teniendo en cuenta las consideraciones necesarias para no afectar la integridad estructural de dicha cimentación. Para equipos grandes y pesados se podría requerir de una cimentación profunda.

Para todos los casos, aun para los casos de recipientes estacados, para el diseño en el sentido longitudinal de los recipientes, se incluirá un apoyo fijo en el cual se concentrará toda la fuerza horizontal debida a viento, sismo o temperatura, y un apoyo móvil en el cual la silleta del equipo debe estar apoyada sobre una placa de deslizamiento de teflón o acero en su contacto con el murete de concreto de apoyo. La silleta del apoyo móvil del recipiente debe llevar agujeros oblongos y el apriete de las tuercas de las anclas, para este apoyo debe permitir el deslizamiento de la silleta. Para el análisis en sentido transversal la fuerza horizontal se repartirá en todos los apoyos de acuerdo con el análisis correspondiente.

El arreglo de anclas deberá ser indicado en los planos del proveedor del equipo, sin embargo, éste deberá ser revisado y confirmado por el ingeniero que diseña la cimentación. En todas las cimentaciones para equipos horizontales, se tendrá un soporte fijo y un soporte móvil. El apoyo móvil deberá llevar una placa de acero galvanizada o placas de teflón para permitir el libre deslizamiento de este apoyo.

Cimentaciones para equipos paquete. Las cimentaciones para equipos paquete serán de concreto reforzado y estarán compuestas por un dado de cimentación sobre el que se soportará el bastidor de apoyo del equipo. Dependiendo de la magnitud del peso y dimensiones del equipo paquete, el dado de cimentación podría requerir de una cimentación profundad por medio de pilas o pilotes. El arreglo de anclas deberá ser indicado en los planos del proveedor del equipo, sin embargo, éste deberá ser revisado y confirmado por el ingeniero que diseña la cimentación.

Cimentaciones para equipo dinámico. Los equipos dinámicos se definen como equipos que tienen maquinaría rotatoria o reciprocante, como es el caso de motores, ventiladores, bombas, agitadores, extrusores, compresores, turbinas y generadores. Las cimentaciones para maquinaria rotativa centrífuga o reciprocante de más de 500 caballos de fuerza deben ser diseñadas por medio de procedimientos de análisis dinámico que tomen en cuenta las frecuencias de operación de la maquinaría y las amplitudes de desplazamiento de las mismas, garantizando que no se presentarán problemas por resonancia.

Para unidades centrífugas de menos de 500 caballos de fuerza, debe verificarse que el peso de la cimentación no sea menor que 3.5 veces el peso total de la maquinaria, para unidades reciprocantes el peso de la cimentación no debe ser menor de 5 veces el peso total de la maquinaría, a menos que el Fabricante lo especifique de otra manera.

Debe garantizarse que la relación de frecuencias naturales de vibración entre la cimentación y el equipo, sean menores que 0.75 y mayores de 1.25 para evitar problemas de resonancia.

Las cimentaciones para bombas centrífugas y compresores estarán compuestas por bloques rectangulares de concreto reforzado, que soportan el bastidor (skid) sobre el cual se encuentra la bomba o el compresor. El arreglo de anclas deberá ser indicado en los planos del proveedor del equipo, sin embargo, éste deberá ser revisado y confirmado por el ingeniero que diseña la cimentación.

Cimentación de edificios, estructuras de proceso y cobertizos. Las cimentaciones para edificios, estructuras de proceso y cobertizos serán de concreto reforzado pudiendo ser superficiales por medio de zapatas aisladas o corridas ligadas con contratrabes si es conveniente, o profundas por medio de zapatas aisladas o corridas apoyadas sobre pilas o pilotes. El tipo de cimentación a usar para estas edificaciones dependerá de la magnitud de las descargas a la cimentación, y de acuerdo con las recomendaciones del Estudio Geotécnico.

Cimentación de torres de enfriamiento. La cimentación de las torres de agua de enfriamiento debe ser por medio de un bacín de cimentación de concreto reforzado, incluyendo el canal de distribución y su cárcamo de bombeo, apoyado superficialmente o sobre pilas o pilotes en caso de ser necesario, tomando en consideración las recomendaciones del Estudio Geotécnico.

El diseño del cárcamo de bombeo debe garantizar su hermeticidad y considerar las acciones estáticas y dinámicas de las bombas y bajo las condiciones de operación más desfavorables. El diseño del cárcamo debe contemplar evitar toda

posible vibración que dañe otras instalaciones y su operación misma. Para evitar la posible filtración de aguas freáticas al interior del cárcamo, el colado del concreto deberá ser monolítico, no se permitirán juntas frías en el colado.

Cimentación de quemadores elevados. La cimentación de los quemadores elevados será de concreto reforzado pudiendo ser mediante una losa de cimentación superficial o profunda apoyando la losa de cimentación sobre pilas o pilotes de acuerdo con las recomendaciones del Estudio Geotécnico del proyecto.

Cimentación de Tanques Atmosféricos API. Las cimentaciones de tanques atmosféricos tipo API serán de concreto reforzado, de tipo superficial por medio de un anillo apoyado sobre una zapata o profunda por medio de una losa circular apoyada sobre pilotes de acuerdo con las recomendaciones del Estudio Geotécnico del proyecto. El tipo de cimentación a usar estará en función de los asentamientos admisibles.

Cimentación para postes de alumbrado. La cimentación debe ser superficial de concreto reforzado, se diseñará de acuerdo con las solicitaciones de viento indicadas en el Manual de Diseño de *Obras* Civiles de la CFE, las características, ubicación y altura de los postes las define el área de diseño eléctrico.

Soportes elevados para tuberías

Racks de tuberías. Los racks de tuberías estarán formados por marcos de concreto reforzado, prefabricados en patio o a pie de obra para ser transportados al sitio de colocación. La cimentación de los marcos será de concreto reforzado, pudiendo ser superficial por medio de zapatas aisladas o corridas o profunda por medio de zapatas con pilas o pilotes, ligadas en caso de ser necesario por medio de contratrabes de concreto reforzado, de acuerdo con las recomendaciones del Estudio Geotécnico que se efectuará para el proyecto.

En la parte superior de las columnas de concreto de los racks, se colocarán placas base que servirán de desplante para la estructura metálica de soporte de aeroenfriadores y plataformas de mantenimiento, de acuerdo con los lineamientos de la especificación técnica aplicable. La geometría y número de marcos, separación longitudinal entre ellos, separación entre columnas y trabes de marcos, alturas libres y cargas de diseño aplicables, deben estar de acuerdo con lo indicado en la especificación técnica.

La localización y dimensiones definitivas de los soportes, se debe determinar durante el desarrollo de la Ingeniería de Detalle. Las magnitudes de las cargas permanentes de tuberías a incluir en el diseño estructural de los racks, por cama

de tuberías dentro de unidades de proceso y en corredores de integración, serán conforme a lo indicado en la especificación técnica aplicable.

Puentes elevados para tuberías. Deben considerarse puentes para tuberías en cruce de calles, avenidas y vías de ferrocarril entre otros, los puentes serán construidos con perfiles estructurales de acero, a base de armaduras laterales unidas entre sí por trabes conectadas a diferentes niveles que a su vez servirán de camas de apoyo de las tuberías, los puentes se deben desplantar sobre marcos de concreto reforzado.

Su geometría, número de camas de tuberías, separación entre camas, niveles y cargas entre otros quedan determinados por el número de camas del rack al que pertenecen y por los requerimientos indicados en la especificación técnica aplicable y lo indicado en las Bases de Diseño de Tuberías y de Planificación. Este tipo de puentes debe ser diseñado independiente de la estructura de los racks, es decir no debe estar ligado a la estructura de los racks.

Soportes misceláneos. Los soportes misceláneos serán construidos de perfiles de acero estructural, con diversas geometrías, entre las más comunes las del tipo “T”, columpio, ménsulas y trabes entre otros, usados para soportar charolas de cables, tuberías conduit de instrumentación, telecomunicaciones o eléctrico, y para el apoyo de tuberías de proceso en cambios de dirección y para llegar a los puntos de interconexión entre tuberías y equipos.

Los soportes pueden quedar desplantados a nivel de piso, sobre racks de tuberías, o sobre edificios de estructura metálica o concreto, según las necesidades del proyecto.

Para el caso de soportes de tuberías de proceso o servicios, la geometría de los racks, su separación, niveles y localización quedarán determinadas por los requerimientos indicados en las Bases de Diseño de Tuberías.

Soportes de tuberías tipo mocheta. La estructura parcialmente enterrada, formada por un murete desplantado sobre una zapata, es construida de concreto reforzado, el murete sobre el cual se apoyarán las tuberías debe sobresalir del nivel de piso terminado o nivel del terreno natural.

Las características, longitud, espaciamiento entre mochetas, niveles y cargas entre otros quedan determinados por los requerimientos indicados en la especificación técnica correspondiente.

Edificios de proceso para soporte, operación y mantenimiento de equipos.

Edificios compuestos por diferentes niveles de plataformas, los cuales son determinados por los requerimientos de las disciplinas de Proceso, Tuberías, Mecánico, Seguridad e Instrumentación, por la operación y mantenimiento de los equipos; los edificios de proceso serán estructurados por medio de marcos rígidos de acero a base de perfiles IR de alma abierta en una de sus direcciones, y marcos contraventeados verticalmente en su otra dirección (dirección débil), la rigidez de las plataformas de operación de todos los niveles con que cuente el edificio se proporcionará por medio de un sistema de contraventeo horizontal. Los edificios serán diseñados para resistir las cargas de tuberías y las cargas de operación de los equipos que vayan a estar ubicados en las diferentes plataformas de operación del edificio.

En sus diferentes niveles el sistema de piso debe ser de rejilla electrosoldada con su respectivo barandal perimetral de protección, debiendo contar con escaleras de alfarda, descanso y escalones de rejilla electrosoldada con barandal de protección de estructura de acero, así mismo debe contar con escaleras marinas con jaulas y puertas de seguridad, para acceso a los diferentes niveles. Debe proveerse a la estructura de acero, protección contra fuego de tipo intumescente. Los elementos y alturas a las que se debe proveer esta protección serán conforme la especificación técnica aplicable.

La cimentación de estos edificios será de concreto reforzado de tipo superficial o profunda, según sea requerido por el diseño del edificio y de acuerdo con las recomendaciones del Estudio Geotécnico del proyecto, por medio de zapatas aisladas unidas con contratrabes, zapatas corridas, o losas de cimentación de concreto reforzado apoyadas sobre pilas o pilotes si es necesario. En el diseño de la cimentación de los edificios de proceso también se deberán tomar en consideración los equipos de proceso que se requiera sean desplantados sobre la misma cimentación.

Estructuras misceláneas.

Fosas. Estas estructuras están compuestas por muros perimetrales, losa de fondo y en algunos casos con losa tapa, todo de concreto reforzado, comúnmente estas estructuras quedan parcialmente enterradas y son requeridas para alojar equipos o para contener líquidos, sus dimensiones y profundidad serán las adecuadas de manera que permitan el fácil acceso para su operación y mantenimiento, cumpliendo con los requerimientos de proceso de la planta y del equipo mecánico, asimismo, deben contar con todas las instalaciones necesarias como son: escaleras, plataformas de operación, cobertizo (si es requerido), barandal perimetral de protección, entradas hombre, venteos, drenes, etc.

Plataformas de operación y mantenimiento de válvulas. Pueden ser de uno o varios niveles, según sea la complejidad para el acceso del personal hacia las válvulas, con elementos estructurales (columnas, trabes, diagonales, escaleras y barandales) a base de perfiles de acero, con cimentación de concreto reforzado para aquellas plataformas desplantadas a nivel de piso. Este tipo de estructuras pueden quedar desplantadas a nivel de piso, sobre racks o en edificios de proceso.

Sus dimensiones, niveles y localización quedarán determinadas por los requerimientos de espacio para la ejecución correcta y segura de los trabajos de operación y mantenimiento de las válvulas, con base a lo indicado en las Bases de Diseño de Instrumentación y de Tuberías. El sistema de piso debe ser a base de rejilla electrosoldada, se debe instalar barandal perimetral de protección. Para el acceso a sus diferentes niveles se deben instalar escaleras marinas con jaulas y puertas de seguridad.

Tanques de almacenamiento. La capacidad de las instalaciones de almacenamiento de productos considera los tiempos de residencia establecidos por la Subdirección de Producción de: 7 (siete) días para crudo, 4 (cuatro) días para productos para mezclado, 3 (tres) días para productos intermedios y 5 (cinco) para productos terminados.

a) Tanques de almacenamiento atmosféricos: (para líquidos)
   Para materias primas
   Productos intermedios
   Productos terminados
   Tanques de agua cruda
   Tanques de agua contra incendio
   Tanques de agua tratada

b) Tanques de almacenamiento esféricos: (para gases licuados)
   Materias primas (Ejemplo: Isobutano)
   Productos intermedios (Ejemplo: Butano –Butileno)
   Gas Licuado producto. De alta y baja presión
   Propileno producto

Los tanques cumplirán con los requerimientos técnicos establecidos en la norma STD-API-650 Edición Vigente. Las cargas por viento y sismo a utilizar para el diseño de los tanques de almacenamiento se determinarán de acuerdo con las

condiciones del sitio y los requerimientos del Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad, Secciones de Diseño por sismo (C.1.3) y Diseño por viento (C.1.4).

Los materiales utilizados en la construcción de tanques deben cumplir con las especificaciones indicadas en la norma aplicable. El contratista/fabricante deberá identificar las especificaciones del material a utilizar. Todas las placas deben cumplir conforme la especificación de material ASTM, siempre que las placas estén dentro de los límites establecidos.

Los tanques se deben suministrar con protección mecánica anticorrosiva exterior/interior de acuerdo con los requerimientos técnicos. Los tanques que almacenan productos terminados como Pemex-Magna, Pemex-Premiun, Pemex-Diésel y aquellos tanques de almacenamiento con servicio identificado para venta de producto, requieren un control de la medición exacta del volumen contenido; por lo anterior, se debe ejecutar una calibración volumétrica por el método húmedo de acuerdo con los requerimientos técnicos y normativos aplicables.

En los tanques se deben instalar los sistemas de seguridad necesarios, incluyendo en su caso, sistemas de agua contra incendio para anillos de enfriamiento y sistema de espuma contra incendio para cámaras de espuma y/o inyección subsuperficial, en caso necesario. Para el caso de suministro de materiales, equipos, instrumentos y accesorios, deben entregarse manuales de operación, hojas de datos técnicos, certificados, pruebas y/o cualquier información del fabricante que certifique la calidad de los materiales, equipos y accesorios instalados.

Casas de Bombas. Los cobertizos requeridos por el proyecto para protección ambiental de equipos deben ser a base de marcos de acero estructural, con cubierta con pendiente a una o dos aguas dependiendo de sus dimensiones, con lámina galvanizada acanalada pintro o similar. Su cimentación será por medio de zapatas aisladas. Las losas de piso de los cobertizos deben ser de concreto reforzado y antes de su colado, se debe asegurar el haber concluido la construcción de todas las instalaciones subterráneas que entran y salen del cobertizo y las cimentaciones de equipos.

Sus dimensiones deben estar de acuerdo con las características físicas y la distribución de los equipos a instalar en el mismo, considerando espacios para todas las instalaciones requeridas, como son: bases para equipo, áreas de mantenimiento al equipo, polipastos, accesos, pasillos, barandales, escaleras y plataformas para mantenimiento. En la definición de las dimensiones en planta y en elevación, se deben considerar las maniobras para el mantenimiento de equipo.

Las casas de bombas deben contar con una grúa viajera para el mantenimiento de equipos con acceso a las áreas de mantenimiento dentro y fuera de la casa de compresores, las trabes carril deben sobresalir de la estructura de la casa de compresores con la longitud requerida para la realización adecuada y segura de las actividades de izaje. Las cadenas del polipasto deben tener desplazamiento libre a lo largo de los equipos y soportes de la red contra incendio y cualquier estructura que interfiera en su trayectoria.

Servicios auxiliares y obras de integración.

Edificios y Subestaciones eléctricas.

Las subestaciones eléctricas estarán conformadas por las siguientes instalaciones:

Edificio principal. Los edificios para las subestaciones eléctricas estarán formados por marcos rígidos a base de columnas y trabes de concreto reforzado. Debe ser de dos niveles, con una losa de entrepiso y una losa de cubierta, ambas de concreto reforzado. Las columnas estarán desplantadas sobre zapatas aisladas, y estarán unidas con contratrabes, si es necesario. Los muros interiores y exteriores serán de block de barro vitrificado confinados con castillos y dalas de concreto reforzado, con las características definidas por la especialidad de Arquitectura. Debe reforzarse el perímetro de los vanos y de las aberturas si éstas tienen dimensiones por lado iguales o mayores a 50 cm, en el muro que da hacia el exterior del cuarto de baterías se debe construir una sección con bloques de vidrio transparente. Los muros, estarán desligados de la estructura principal por medio de juntas de material compresible en ambos lados y en la parte superior del muro tanto por el interior como por el exterior del mismo, por lo cual no tomarán cargas verticales ni laterales. Tomando en consideración la longitud que puedan tener las subestaciones; para su diseño se dividirán en módulos estructuralmente independientes.

Para el acceso a plantas superiores, el edificio debe contar con dos escaleras de rampa de concreto reforzado, con barandal perimetral de protección de estructura de acero empotrados lateralmente a la estructura de la escalera, en el primer nivel en la entrada para equipos al cuarto de tableros, el edificio debe tener un volado de dimensiones suficientes que permita la apertura total de puertas, el apoyo de equipos y el espacio para la realización de maniobras para introducir los equipos; se deben instalar módulos de barandal removible en el lado del volado asignado para acceso de equipos.

La losa de entrepiso entre planta baja y el primer nivel, debe ser plana e incluir los huecos necesarios para el paso de cables a tableros y para paso de ductos de aire

acondicionado, en la zona de huecos para tableros se deben proporcionar trabes secundarias para refuerzo de los huecos y para apoyo de tableros. Las losas de azotea deben ser con pendiente a dos aguas y en todo su perímetro deben llevar un pretil perimetral de concreto reforzado. Se deben instalar escaleras marinas con jaulas y barras de seguridad para acceso a azoteas.

Cuarto para equipos de aire acondicionado y presurización (HVAC). Es una estructura independiente y contigua al edificio principal, debe ser de un nivel, estará formada por marcos rígidos a base de columnas y trabes de concreto reforzado, con muros perimetrales e interiores de block hueco de concreto reforzados con castillos y dalas y desligados de la estructura principal.

Se debe incluir sobre la cubierta de la planta de azotea, la construcción de las bases de concreto reforzado para instalación de equipos del sistema de condensación del aire acondicionado, el acero de refuerzo de las bases debe quedar embebido en la losa de azotea.

La losa de azotea debe ser con pendiente a un agua y en todo su perímetro debe llevar pretil de concreto reforzado. Se deben instalar escaleras marinas para acceso a la azotea.

Cobertizo para transformadores. Estructura independiente y contigua al edificio principal, construida de elementos estructurales principales (cimentación y columnas) de concreto reforzado, con muros laterales de mampostería confinada con castillos y dalas de concreto. La losa de piso debe ser de concreto reforzado con pendiente hacia el exterior y antes de su colado, se debe asegurar el haber concluido la construcción de todas las cimentaciones de los transformadores e instalaciones subterráneas que entran y salen de los equipos. La estructura de apoyo de la cubierta debe ser de acero con conexiones atornilladas de tal forma que permita su desmontaje, la cubierta debe ser de lámina metálica acanalada tipo pintro, con pendiente a un agua.

Cobertizo para los cilindros del sistema de supresión de incendio. Estructura independiente de un nivel, construida contigua al edificio principal, de elementos estructurales principales (cimentación, dalas y castillos) de concreto reforzado. Tres de sus muros deben construirse de celosía confinada, es decir reforzada con castillos y dalas de concreto. La losa de piso debe ser de concreto reforzado con pendiente hacia el exterior. La estructura de apoyo de la cubierta debe ser de acero con lámina metálica acanalada tipo pintro, con pendiente a un agua.

Cuartos de Control Satélite.

Edificio principal. La estructura de los cuartos de control debe ser de un nivel de diseño tipo "bunker", lo cual significa que debe ser resistente a explosión. Se debe realizar un análisis dinámico que tome en cuenta cargas de alta intensidad aplicadas en un periodo de tiempo muy corto, las cargas deben ser generadas por la sobrepresión de una explosión resultado de un análisis de riesgo que especifique un valor mínimo.

Estos edificios serán estructurados por medio de muros perimetrales, columnas y losas de concreto reforzado, con muros interiores de mampostería confinada. Dependiendo de su diseño, la cimentación podrá ser por medio de zapatas corridas perimetrales y zapatas aisladas para las columnas interiores, ligadas por medio de contratrabes, o por medio de una losa de cimentación o, un cajón de cimentación si es necesario. La cimentación podrá ser superficial o profunda de acuerdo con las cargas que se transmitan al terreno y en base a las recomendaciones del Estudio Geotécnico del proyecto.

En las áreas de gabinetes del sistema de fuerza interrumpible y de telecomunicaciones se les debe considerar el espacio para alojar la cámara plena conservando el mismo nivel de piso terminado. Los huecos para ductos eléctricos y de instrumentación, deberán ser subterráneos, considerar dejar huecos disponibles para el paso de ductos para cualquier conexión de ductos futura. Los muros interiores deben construirse de mampostería confinada reforzada con castillos y dalas de concreto reforzado y deben estar desligados de la estructura principal por medio de juntas de material compresible en ambos lados y en la parte superior del muro tanto por el interior como por el exterior del mismo, por lo cual no tomarán cargas verticales ni laterales, de igual manera debe reforzarse el perímetro de los vanos y aberturas si éstas tienen dimensiones iguales o mayores a 550 mm. Se debe instalar una escalera marina con jaula y puerta de seguridad para acceso a la azotea.

Cobertizo para los cilindros del sistema de supresión de incendio. Estructura independiente de un nivel, construida contigua al edificio principal, debe ser de estructura metálica, con cimentación de concreto reforzado. Tres de sus muros deben construirse de celosía confinada, es decir reforzada con castillos y dalas de concreto, desplantados sobre un rodapié. La losa de piso debe ser de concreto reforzado con pendiente hacia el exterior del cobertizo. La estructura de apoyo de la cubierta debe ser de acero la cubierta debe ser de lámina metálica acanalada tipo pintro, con pendiente a un agua.

Cuarto de Control Central (CCC) y Centro de Operaciones de Emergencias (COE).

Edificio principal. La estructura del cuarto de control central debe ser diseñada de acuerdo con el estudio de análisis de riesgos, con elementos estructurales (cimentación, contratrabes, columnas, trabes y losa de azotea) de concreto reforzado. La cimentación podrá ser superficial o profunda de acuerdo con las cargas que se transmitan al terreno y con base en las recomendaciones del Estudio Geotécnico del proyecto.

En las áreas de gabinetes del sistema de fuerza interrumpible y de telecomunicaciones se les debe considerar el espacio para alojar la cámara plena conservando el mismo nivel de piso terminado. Los huecos para ductos eléctricos y de instrumentación, deberán ser subterráneos, considerar dejar huecos disponibles para el paso de ductos para cualquier conexión de ductos futura.

Los muros interiores deben construirse de mampostería confinada reforzada con castillos y dalas de concreto reforzado y deben estar desligados de la estructura principal por medio de juntas de material compresible en ambos lados y en la parte superior del muro tanto por el interior como por el exterior del mismo, por lo cual no tomarán cargas verticales ni laterales, de igual manera debe reforzarse el perímetro de los vanos y aberturas si éstas tienen dimensiones iguales o mayores a 550 mm. Se debe instalar una escalera marina con jaula y puerta de seguridad para acceso a la azotea.

Cobertizo para los cilindros del sistema de supresión de incendio. Estructura independiente de un nivel, construida contigua al edificio principal, debe ser de estructura metálica, con cimentación de concreto reforzado. Tres de sus muros deben construirse de celosía confinada, es decir reforzada con castillos y dalas de concreto, desplantados sobre un rodapié. La losa de piso debe ser de concreto reforzado con pendiente hacia el exterior del cobertizo. La estructura de apoyo de la cubierta debe ser de acero la cubierta debe ser de lámina metálica acanalada tipo pintro, con pendiente a un agua.

Casetas de operadores.

Edificios de un nivel a base de cubierta y muros perimetrales de concreto reforzado, que debe ser diseñado contra explosión y sin ventanas. La losa de piso debe ser de concreto reforzado, con el recubrimiento o acabado que se defina en las Bases de Diseño de Arquitectura". La presión de diseño debe ser definida en función del análisis de riesgo que se elaborará para el proyecto. El diseño de este edificio debe garantizar que sus dimensiones, puertas, materiales de construcción y acabados, sean de acuerdo con lo indicado en las Bases de Diseño de Arquitectura".

Edificios Administrativos y de Servicios.

La estructuración y tipo de cimentación para los edificios administrativos y de servicios cuyas características arquitectónicas, dimensiones y requerimientos se especifican en las Bases de Diseño de Arquitectura, serán los necesarios para dar el servicio de:

- Centro de Desarrollo Infantil (CENDI)
- Centro de Entretenimiento y Capacitación Interna
- Tecnologías de Información
- Partida Militar
- Inventarios y Receptoría
- Rehabilitaciones, Modificaciones y Licitaciones
- Almacén General Techado
- Casa de Cambio
- Oficinas de Sector
- Casetas para Básculas
- Oficina de Recursos Humanos y Oficinas del Sindicato
- Comedor
- Control de Acceso Primario
- Caseta de Acceso de Personal
- Portones de Vehículos (Entrada y Salida)
- Pórtico de Acceso Principal
- Casetas de Emergencia
- Caseta de Acceso para Contratistas
- Casetas de Pesaje (Auto tolva y carro tolva)
- Planta de tratamiento de aguas residuales (tratamiento de efluentes, sanitarios y aceitosos)
- Prácticas Contra Incendio
- Centro de Supervisión de Seguridad Física (CSSF)

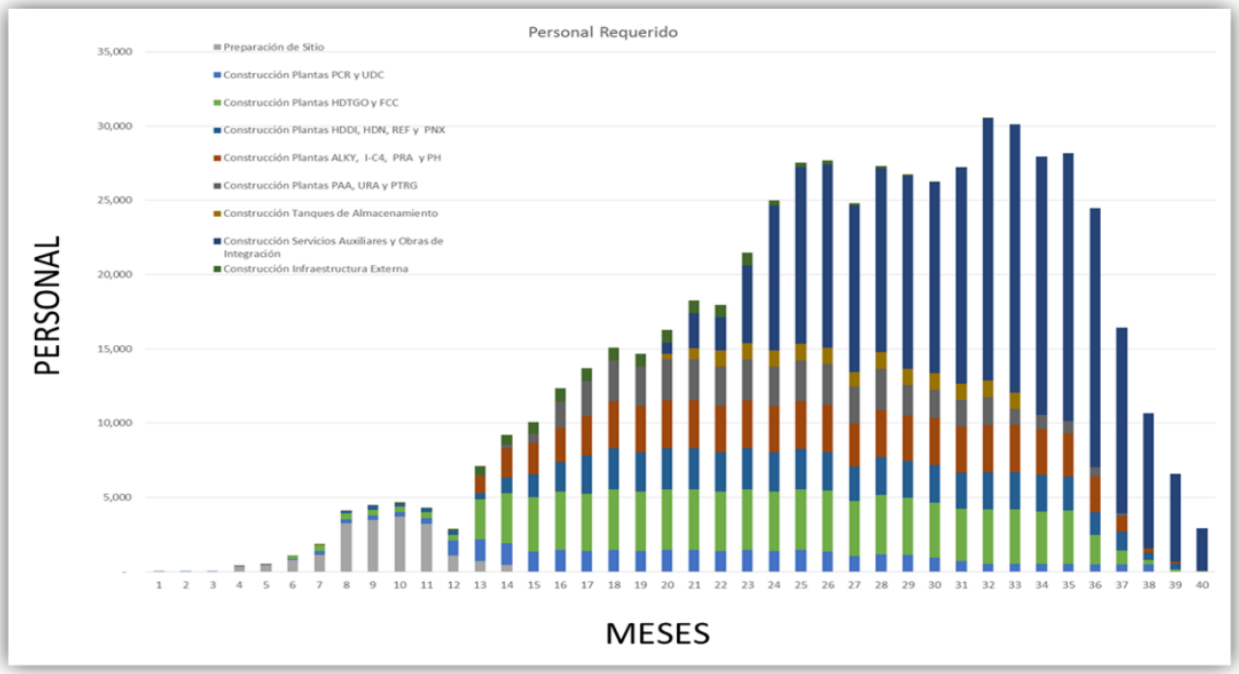
Se construirán de uno o dos niveles de acuerdo con a los requerimientos especificados por Arquitectura, con elementos estructurales de concreto reforzado (cimentación, contratrabes, columnas, trabes y losa de azotea), su estructuración debe ser a base de marcos rígidos en ambas direcciones. Todos los muros interiores y exteriores deben ser de mampostería y estar desligados de la estructura principal por medio de juntas de material compresible tanto por el interior como por el exterior del mismo, por lo cual no tomarán cargas verticales ni laterales.

Los muros interiores deben construirse de mampostería confinada reforzada con castillos y dalas de concreto, igualmente deben reforzarse el perímetro de los vanos y de las aberturas si éstas tienen dimensiones iguales o mayores a 55 cm. La losa de piso debe ser de concreto reforzado y antes de su colado, se debe asegurar el haber concluido la construcción de todas las instalaciones subterráneas que entran y salen del edificio. Las losas de azotea pueden ser planas o con pendiente y en todo su perímetro deben de llevar un pretil de concreto reforzado. como lo especifique arquitectura. Se debe instalar una escalera marina con puerta de seguridad para acceso a la azotea.

Mano de obra requerida.

A continuación, se muestra la estimación de la mano de obra requerida por el proyecto durante las etapas de trabajos preparativos y de acondicionamiento del sitio y construcción, para lo cual se prevé conformar paquetes de trabajos por plantas e instalaciones:

Gráfica I. 1 Personal requerido



Fuente: Elaboración IMP

Cabe resaltar que, para la estimación de la mano de obra, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se tomaron como referencia los proyectos de reconfiguración de la refinería de Minatitlán y la estimación del proyecto de la Nueva Refinería de Tula.
- Se tomó como base la carga inicial de datos del presupuesto de estimado de costo Clase IV, por lo que las consideraciones de recursos pueden considerarse en ese mismo rengo de estimación.
- La cantidad de recursos no considera diferentes especialidades, se basa en montos.
- No considera personal de administración de Pemex.
- Se consideraron trabajos en dos turnos continuos.
- Una vez establecido el programa como definitivo, se requerirá revisar los datos y actualizar conforme el avance en la definición de ingeniería.

En cuanto a la mano de obra requerida durante la operación se estima que podrían ser 1000 trabajadores.

II.2.5. Operación y mantenimiento.

Etapa de operación.

Debido a la naturaleza del crudo a procesar, se establece que, para alcanzar los objetivos del proyecto de maximizar la producción de gasolina ultra bajo azufre y diésel ultra bajo azufre, es necesario aplicar el esquema de procesamiento de conversión profunda, también conocido como conversión de fondo de barril. Este esquema permite la trasformación de residuos en destilados ligeros, de mayor valor. Las Tecnologías que se consideran para el proyecto son tecnologías probadas:

Plantas de Proceso.

1. U-11000. Planta de Destilación Combinada (UDC).

Es el primer proceso en la refinación del petróleo crudo para separar sus componentes, por medio de sus diferencias en sus puntos de ebullición. Los productos obtenidos requieren tratamientos posteriores.

La Planta de Destilación Combinada consiste en una Unidad de Destilación Atmosférica y una de Destilación de Vacío integrados térmicamente.

La Planta de Destilación Combinada procesará 340,000 BPSD de crudo tipo Maya, efectuando un corte óptimo de las fracciones del crudo mediante destilación y agotamiento con vapor de las extracciones laterales obteniendo gas amargo, nafta, diésel y gasóleo pesado atmosférico en la sección atmosférica; mientras que el residuo atmosférico se destilará en una torre al alto vacío obteniendo gasóleos ligeros, gasóleo pesado y residuo de vacío. La columna de vacío cuenta con la tecnología necesaria para efectuar un corte profundo.

Las principales secciones son las siguientes.

- Precalentamiento de crudo (1ª parte) (1).
- Desalado de crudo (2).
- Precalentamiento de crudo desalado (2ª parte) (3).
- Despunte de crudo (opcional, dependiendo del tipo de crudo a procesar).
- Calentamiento de crudo despuntado (3ª parte) (4).
- Destilación atmosférica (5) - La torre de destilación es multicomponente. A esta torre se le alimenta también vapor de agua de agotamiento para disminuir la presión parcial de los hidrocarburos, para mantener la temperatura y presión adecuadas en la zona de vaporización de la torre y para contribuir como agente de arrastre de los productos ligeros.
- Para realizar el balance de productos y de energía, se efectúan numerosas extracciones a diferentes alturas de la torre. Para completar el sistema de destilación atmosférica, se tienen los siguientes equipos: Domo de la fraccionadora (6), Agotadores de nafta pesada o turbosina (7), querosina (8), gasóleo ligero primario o diésel (9) y gasóleo pesado

primario (10).

Todos los productos serán entregados en límite de baterías (LB) para su procesamiento aguas abajo o a almacenamiento intermedio. Como subproductos se obtendrán salmuera desgasificada y agua amarga, que también se entregarán en LB para su posterior tratamiento.

Las plantas deberán tener una capacidad mínima de operación del 50% y flexibilidad para operar en forma continua durante cuatro años con un periodo final de 35 días para mantenimiento.

La Unidad de Destilación al Vacío, es el complemento de la Planta Primaria. Es el proceso para extraer, del residuo atmosférico, el gasóleo usado como carga a las Plantas de Desintegración Catalítica Fluidizada (FCC). Después de separar los gasóleos de vacío, permanece un subproducto, el residuo de vacío, el cual servirá de carga a los procesos de fondo de barril (Planta de Coquización Retardada).

La sección de vacío del proceso permite extraer o exprimir una mayor cantidad de hidrocarburos de mediano valor comercial a partir del residuo atmosférico.

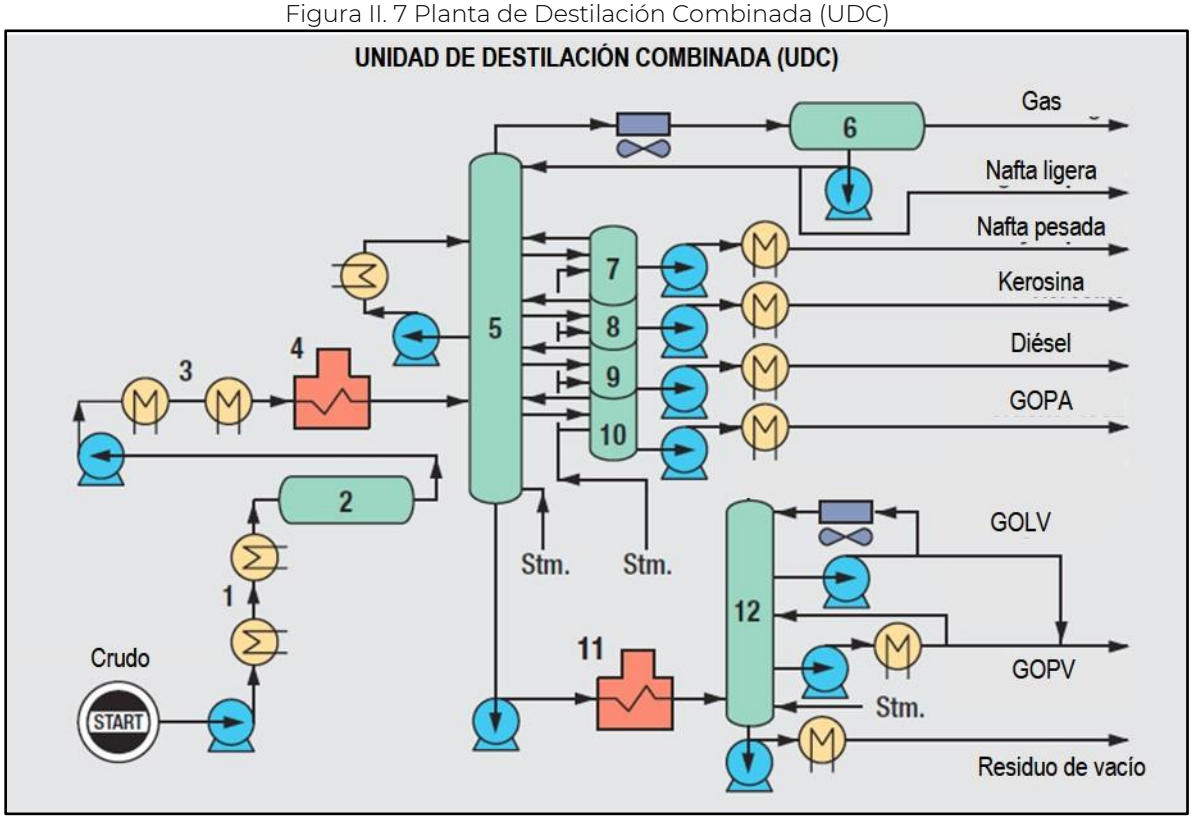
Los productos intermedios son:

- Gasóleo ligero de vacío GOLV
- Gasóleo pesado de vacío GOPV
- Residuo de vacío

Las secciones de la planta son las siguientes:

- Precalentamiento de residuo atmosférico o crudo reducido.
- Calentamiento de residuo en el horno.
- Destilación en la torre de vacío.
- Sistema de vacío
- Agotamiento de GOLV.
- Agotamiento de GOPV.
- Enfriamiento y envío de gasóleos de vacío a desulfuración o a plantas FCC.
- Enfriamiento y envío de residuo de vacío a procesos de fondo de barril.

Figura II. 7 Planta de Destilación Combinada (UDC)



2. U-61000/U-62000. Plantas Hidrotratadoras de Naftas (HDN).

Las dos Plantas Hidrotratadoras de Naftas estarán diseñadas para procesar 52 Mbd cada una, de una mezcla de alimentación de nafta primaria de la Planta de Destilación Combinada y Nafta de Coquización de la Planta de Coquización Retardada, de las Plantas Hidrotratadoras de Diésel y de Gasóleos y de la Planta de Tratamiento y Recuperación de Gases.

La finalidad de las Plantas Hidrotratadoras de Naftas es mejorar la calidad de la nafta total de alimentación, mediante la eliminación azufre y nitrógeno, retención de metales y sílice, y la saturación de diolefinas y olefinas presentes en dicha corriente, para producir nafta ligera de alimentación a la Planta Isomerizadora de Pentanos-Hexanos y nafta pesada de carga a la Planta Reformadora de Naftas.

El hidrotratamiento es el proceso de refinación catalítica de naftas en combinación con una corriente de gas rica en hidrógeno, para descomponer los compuestos de azufre, oxígeno, nitrógeno, cloruros y compuestos metálicos, así como saturar las olefinas presentes en las gasolinas. También se elimina agua obteniéndose un producto seco y libre de impurezas.

Los productos de estas plantas son: Gas combustible, Gas LP, Nafta ligera (pentanos y hexanos) que se enviará a la Planta de isomerización y Nafta pesada de bajo octano que se enviará a reformación.

Las secciones de la planta son:

- Sección de precalentamiento de carga (vaporización).
- Reactor de di olefinas
- Guarda de Sílice
- Sección de reacción. Enfriamiento del efluente de reacción.
- Sección de compresión.
- Estabilización en la debutanizadora. Domo-separación a 3 fases. Fondo - uso de horno como rehervidor.
- Separación de pentanos y hexanos en la deisohexanizadora.

Para las etapas del proceso que requieran tratamiento con amina, se recibirá en L.B. la amina pobre, enviándose la amina rica obtenida fuera de límites de batería para su regeneración.

El proceso consiste en las tres etapas de reacción siguientes:

- Hidrogenación selectiva de diolefinas. En esta etapa se saturan todas las diolefinas y parte de las olefinas contenidas en la corriente mezcla de naftas amargas.

- Retención de sílice. Funcionará en base al paso del flujo en dos Reactores guarda arreglados en serie Primario/Secundario (“Lead/Lag”) con lechos para adsorber la sílice contenida en naftas de coquización diseñados para un ciclo de vida de catalizador de 4 años.

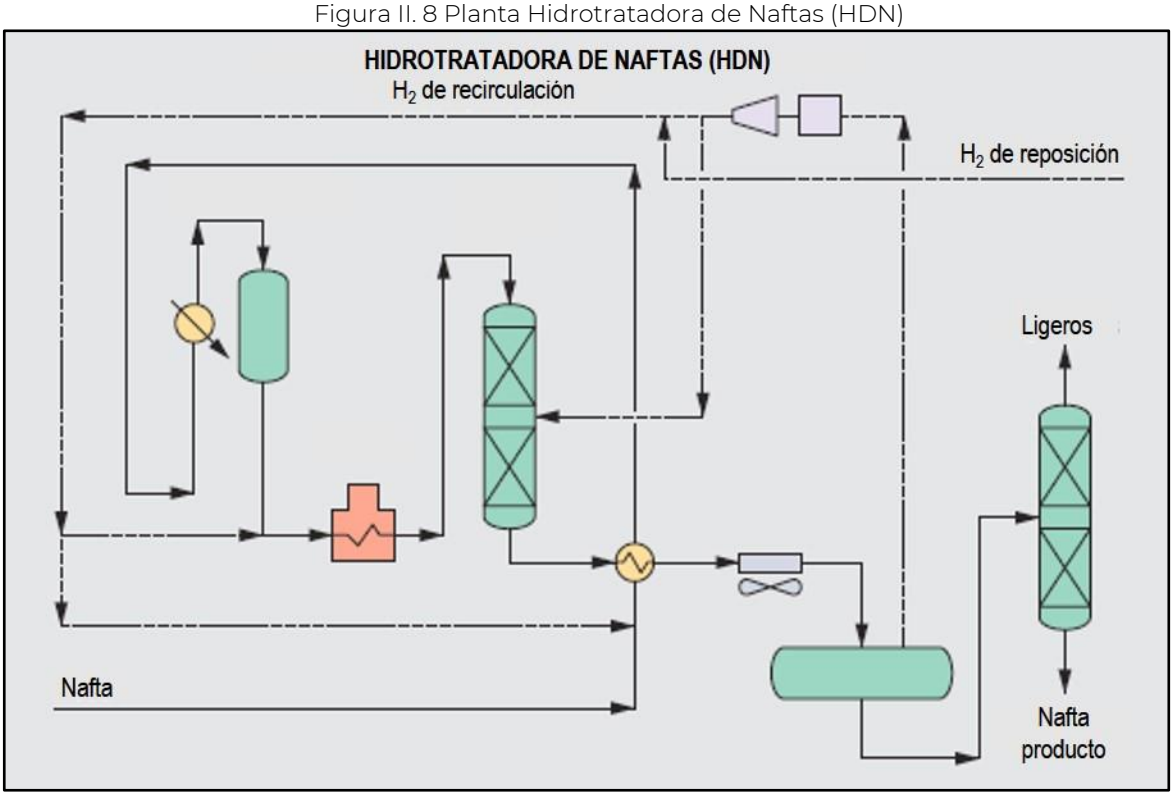
- Hidrodesulfuración de los compuestos de azufre, hidrodesnitrificación de los compuestos de nitrógeno e hidrogenación de olefinas. En esta etapa, se saturan las olefinas presentes y se reduce el contenido de azufre y nitrógeno a un valor máximo de 0.5 ppm en peso, para ambos contaminantes, para la nafta pesada producto y de 0.1 ppm peso para la nafta ligera producto.

El proceso continúa con el fraccionamiento de la mezcla de reacción, obteniéndose como productos nafta pesada y nafta ligera, y como subproductos LPG amargo, gas residual amargo, además de la recuperación de agua amarga utilizada en el proceso.

El Gas LP y el gas amargo, se enviarán fuera de LB para su procesamiento a la Planta tratadora y recuperadora de gases (PTRG). Así mismo, las aguas amargas se enviarán fuera de LB para su tratamiento.

Las plantas tendrán una capacidad mínima de operación del 60% y flexibilidad para operar en forma continua durante cuatro años.

Figura II. 8 Planta Hidrotratadora de Naftas (HDN)



3. U-72000. Planta Isomerizadora de Pentanos y Hexanos (PNX).

La Planta Isomerizadora de Pentanos-Hexanos estará diseñada para procesar 21 Mbd de Naftas Ligeras, la isomerización de pentanos-hexanos es un proceso para elevar el octano de la gasolina ligera (pentanos C_5 y hexanos C_6) proveniente de la Planta Hidrotratadora de Naftas e hidrógeno de alta pureza, la cual también es utilizada para la preparación de las gasolinas terminadas.

El propósito de la isomerización de pentanos/hexanos es mejorar el RONC de la gasolina ligera mediante el cambio de estructura molecular de las parafinas lineales de la corriente hacia parafinas ramificadas, es decir a través de una isomerización, lo cual se efectúa utilizando un catalizador promovidos por cloruro de alta actividad.

La mayoría de la legislación local exige una limitada concentración de benceno en las gasolinas comerciales. Esto ha incrementado la demanda de contar con plantas de isomerización de C_5/C_6 que hidrogenen el benceno, pero sin dejar de aumentar el octano de la mezcla.

Los productos y subproductos son: Isómero producto de alto octano y gas combustible a la red de refinería.

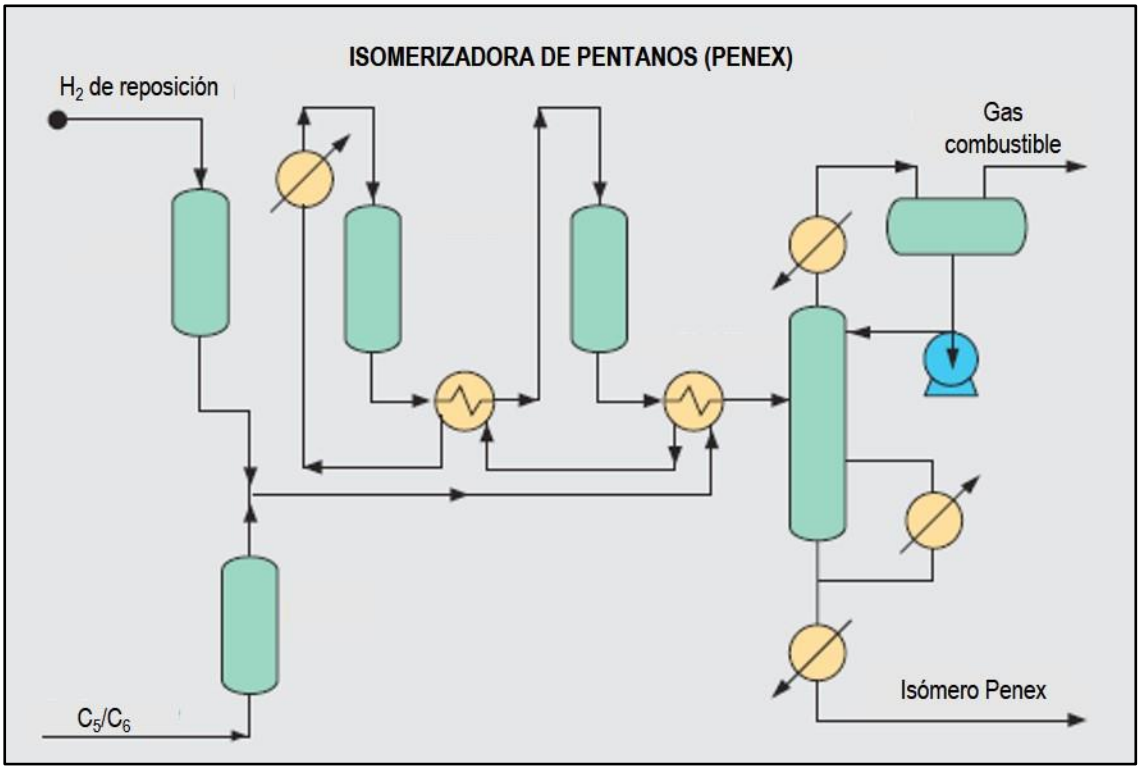
Las secciones de la planta son las siguientes:

- Acondicionamiento de la carga: Calentamiento y eliminación del posible azufre (guarda de azufre), hasta conseguir una concentración máxima de 0.1 ppm, enfriamiento y secado de pentanos y hexanos, enfriamiento, separación de líquidos y secado de hidrógeno.
- Sección de reacción: Inyección de cloro, precalentamiento y calentamiento de la mezcla de reacción, paso por el primer reactor (entrada 125°C y salida 154°C) y enfriamiento del efluente con la carga y paso por el segundo reactor (entrada 127°C, salida 131°C).
- Enfriamiento y estabilización de isómero.
- Lavado cáustico de gases del domo de la estabilizadora.
- Enfriamiento de isómero y envío a almacenamiento.

El diseño de la planta alcanzará un rendimiento volumétrico mínimo del 97% a Isomerizado en relación con la carga de naftas ligeras y una pureza del 93% vol, considerando que el hidrógeno de reposición será de alta pureza.

La planta tendrá una capacidad mínima de operación del 40% y flexibilidad para operar en forma continua durante cuatro años con un periodo final de 25 días para mantenimiento.

Figura II. 9 Planta Isomerizadora de Pentanos-Hexanos (PNX)



4. U-71000. Planta Reformadora de Naftas (REF).

La Planta Reformadora de Naftas estará diseñada para procesar 82 Mbd, de una alimentación de nafta pesada hidrotratada proveniente de la Planta Hidrotratadora de Naftas.

La Planta Reformadora de Naftas contará con tecnología de regeneración continua de catalizador y se diseñará para procesar una mezcla de naftas desulfuradas de coquización y naftas vírgenes y otras fuentes; producirá una gasolina reformada con un octano RON de 97 que será incorporada directamente al sistema de mezclado de gasolinas finales; también, como subproducto, producirá hidrógeno de alta pureza, LPG y gas combustible (seco).

La reformación catalítica es el proceso para convertir gasolinas de bajo octano a alto octano. La tecnología propuesta consiste en reactores de lecho fijo y con sistema de regeneración continua de catalizador. Esto permite la flexibilidad de operar la sección de reacción a condiciones de alta severidad.

La regeneración continua de catalizador se hace en 4 etapas: Quemado controlado de carbón, Oxicloración para dispersar los metales y ajustar el contenido de cloro (se hace con compuesto clorado como el percloroetileno), Secado del catalizador con N_2, Reducción (pasar o cambiar los metales al estado reducido).

Los productos intermedios son: Gasolina reformada, hidrógeno de baja pureza, gas LP y gas combustible con alto contenido de H_2.

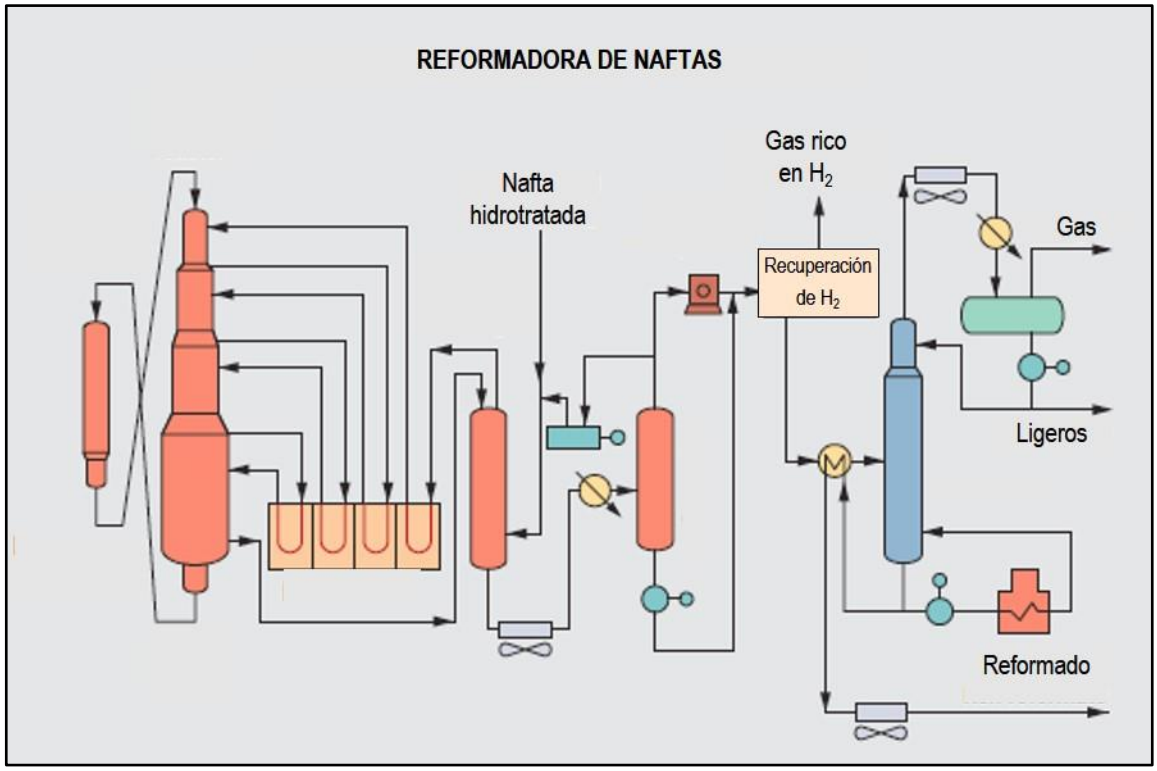
Las secciones de la planta son las siguientes:

- Sección de precalentamiento: Con vapor, entrada al cambiador carga – efluente junto con el H_2 de recirculación (465°C) y calentamiento en el horno, celda 1 (salida 504-540°C).
- Sección de reacción: Paso por el primer reactor, calentamiento en el horno, celda 1, paso por el segundo reactor, calentamiento en el horno, celda 2, paso por el tercer reactor, calentamiento en el horno, celda 3 e intercambio de calor en el cambiador carga – efluente.
- Sección de compresión: Separación de gas y compresor de recirculación, compresor de gas neto.
- Sección de estabilización, Sección de tratadores de cloro y Regeneración

de catalizador.

La planta tendrá una capacidad mínima de operación del 40% y flexibilidad para operar en forma continua durante cuatro años con un periodo final de 25 días para mantenimiento.

Figura II. 10 Planta Reformadora de Naftas (REF)



5. U-51000/U-52000. Plantas Hidrotratadoras de Diésel (HDDI).

Las dos Plantas Hidrotratadoras de Diésel o de Destilados Intermedios estarán diseñadas para procesar 68 Mbd cada una, de una mezcla de alimentación de gasóleo ligero primario de la Planta de Destilación Combinada y gasóleo ligero de coquización de la Planta de Coquización Retardada, siendo las dos unidades de hidrotratamiento de destilados intermedios, U-51000 y U-52000 gemelas.

El hidrotratamiento de diésel es el proceso de refinación catalítica de hidrocarburos en combinación con una corriente de gas rica en hidrógeno, para descomponer los compuestos de azufre, oxígeno, nitrógeno, así como saturar las olefinas presentes en la carga, para obtener como producto final un diésel de bajo contenido de azufre y metales. La reacción se lleva a cabo en reactores de lechos fijos.

Los productos de estas plantas son:

- Gas combustible
- Gasolina
- Diésel UBA (producto final para venta).

Las secciones de la planta son las siguientes:

- Sección de precalentamiento de carga.
- Sección de reacción.
- Enfriamiento del efluente de reacción.
- Sección de compresión.
- Sección de agotamiento de diésel.
- Sección de estabilización: Domo – separación de 3 fases. Fondo – uso de horno como rehervidor.
- Intercambio, enfriamiento y salida de productos finales.
- Sección de adición de aditivos al diésel UBA.

Se realizará la remoción de los compuestos de azufre, nitrógeno, sílice y metales, así como también se llevará a cabo la saturación de las olefinas y

compuestos aromáticos en la mezcla de hidrocarburos de la corriente de carga a las plantas, para obtener como producto principal Diésel de Ultra Bajo Azufre de 10 ppm en peso máximo de azufre y con un índice de cetano de 45 unidades como mínimo y como subproductos: nafta sin estabilizar, gas amargo, agua amarga y amina rica.

Estas plantas podrán procesar de forma alterna las corrientes de diésel procedentes de la Planta de Destilación Combinada. Los productos y los subproductos son enviados a L.B. para su envío e integración a otras unidades de proceso y/o a almacenamiento.

El proceso propuesto está fundamentado en el uso de tecnología plenamente establecida y probada a nivel comercial que utiliza catalizadores de mayor actividad y de nueva generación especiales para la producción de Diésel de Ultra Bajo Azufre.

El proceso de hidrotratamiento fundamentalmente considera 2 etapas:

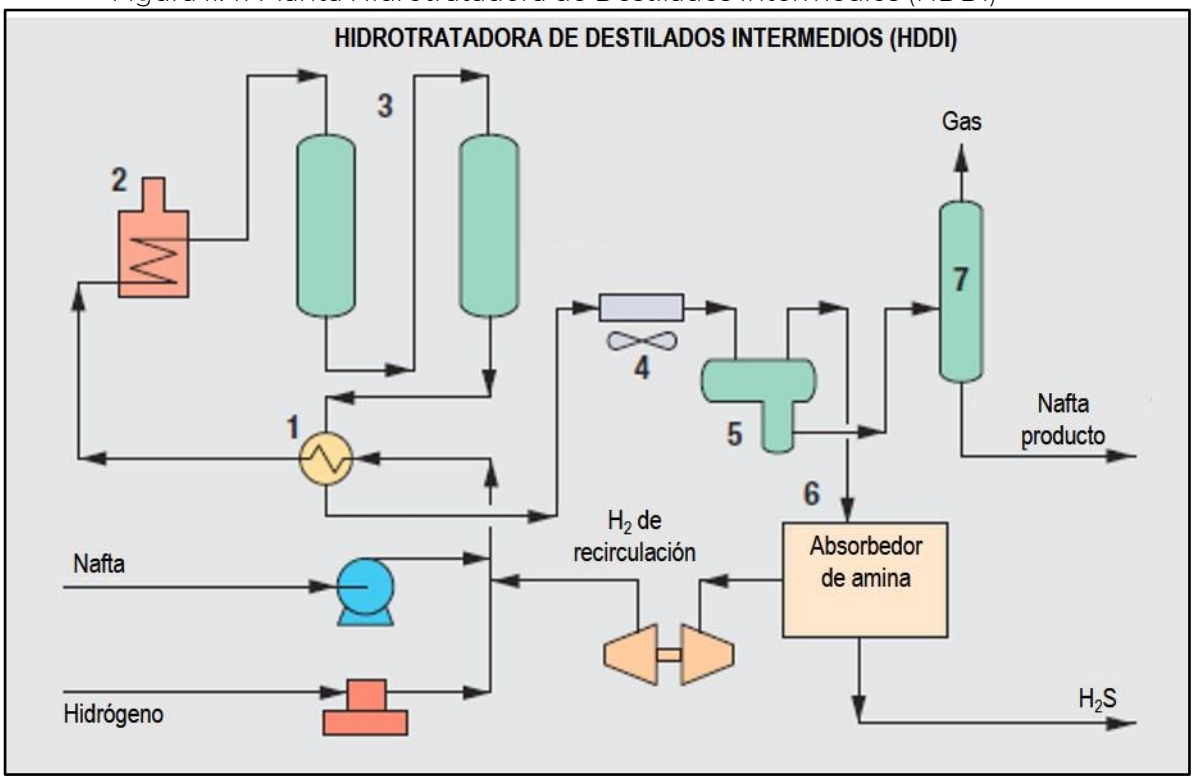
- Primera etapa. Considera la sección de reacción, en donde primeramente el hierro y sílice contenidos en la alimentación se remueven por adsorción en el reactor guarda (HDM) para posteriormente en un segundo reactor (HDT) llevar a cabo el hidrotratamiento para la remoción de los compuestos de azufre y nitrógeno y la saturación de los aromáticos, olefinas y diolefinas por las reacciones catalíticas de hidrodesulfuración (HDS), hidrodesnitrogenación (HDN) e hidrogenación (HDO) respectivamente.

- Segunda etapa. Incluye la sección de separación donde se fracciona la mezcla de reacción, obteniéndose como producto final diésel de ultra bajo azufre (10 ppm), y como subproductos nafta sin estabilizar, gas amargo, y agua amarga.

En esta sección como tratamiento, se incluye el absorbedor de gases amargos del hidrógeno de recirculación, recibiéndose en L.B., amina pobre y entregando amina rica a regeneración fuera de L.B.

Las plantas tendrán una capacidad mínima de operación del 60% y flexibilidad para operar en forma continua durante cuatro años con un periodo final de 30 días para mantenimiento.

Figura II. 11 Planta Hidrotratadora de Destilados Intermedios (HDDI)



6. U-41000/U42000-U-40000. Plantas Hidrotratadoras de Gasóleos (HDTGO).

Las Plantas Hidrotratadoras de Gasóleos estarán diseñadas para procesar 105 Mbd, de una mezcla de alimentación de gasóleo pesado atmosférico, gasóleo ligero de vacío y gasóleo pesado de vacío de la Planta de Destilación Combinada, así como gasóleo pesado de coquización de la Planta de Coquización Retardada.

El proceso de hidrotratamiento se refiere al proceso de eliminación de las moléculas de azufre utilizando hidrógeno a presión y un catalizador, que en este caso sirve para disminuir el contenido de azufre en el gasóleo pesado a ser procesado en la Planta de Desintegración Catalítica Fluidizada (FCC). La Planta Hidrotratadora de Gasóleos, considera 2 reactores independientes (U-41000 y U-42000) con catalizador de lecho fijo que comparten la zona de fraccionamiento.

Este proceso puede considerarse de severidad media en términos de la presión de operación del reactor y con un bajo requerimiento de volumen de catalizador, ya que propone un espacio-velocidad, de 0.9 h^{-1}. Tiene una flexibilidad adicional al operar a presión media, que puede eventualmente disminuirse al presentarse variaciones en la calidad de la carga.

Cada una de las 2 zonas de reacción está compuesta por precalentamiento de carga, cuatro lechos de reacción, tanque de separación, enfriamiento de efluentes, separación de alta presión, compresión de reciclo, absorción de amina, separación de media presión, separación de media presión frío/caliente, recuperación de hidrógeno. La sección de fraccionamiento está compuesta principalmente por separación, fraccionamiento y secciones de enfriamiento de productos.

Además del proceso de hidrotratamiento, el proceso involucra la desmetalización de los gasóleos, los cuales traen elevadas concentraciones de sodio, níquel y vanadio.

La reacción se lleva a cabo en un reactor con varios lechos catalíticos fijos, con la diferencia de que el primero de éstos es para remover metales y los siguientes para las reacciones de hidrodesulfuración.

Los productos de estas plantas son: Gas combustible, Nafta desestabilizada, Diésel y Gasóleo desulfurado.

- Gasóleo hidrotratado a FCC.

- Diésel a hidrotratamiento.
- Nafta a hidrotratamiento.
- Offgas (C4 a corriente de planta de gas).

Las secciones de la planta son las siguientes:

- Sección de carga:
  - ✓ Filtrado y precalentamiento con vapor de baja hasta 128°C.
  - ✓ Precalentamiento en cambiador vs. gasóleo producto hasta 188°C.
  - ✓ Incremento de presión a 154 kg/cm^2 y agregar el H_2 de recirculación.
  - ✓ Precalentamiento a 314°C y luego al horno para subir a 335°C.
- Sección de reacción:
  - ✓ Cama de desmetalización con indicadores de temperatura (NiMo).
  - ✓ Enfriamiento del efluente con H_2 y entrada a la 2ª cama a 342°C para iniciar la hidrodesulfuración. Enfriamiento (quench) entre camas pasando a la 3ª y 4ª con la misma temperatura de entrada (342°C). Salida del reactor a 379°C y 135 kg/cm^2.
- Sección de compresión: 3 (H_2 reciclo, H_2 reposición, gas producto).
- Sección de fraccionamiento de gasóleos y agotador de diésel.
- Tratamiento y regeneración de amina.

El sistema de reacción con 2 reactores, con cuatro lechos de reacción cada uno y con el mayor espacio-velocidad (0.9 h-1), se traduce en el mínimo requerimiento de volumen de catalizador. Su sistema catalítico incluirá catalizadores trimetálicos de Ni- Co-Mo y Co-Ni-Mo, así como guardas intermedias de arsénico y sílice, lo que le dan tanto un alto desempeño como confiabilidad para lograr los niveles de HDM, HDS, HDN y HDA ofrecidos. Su rendimiento a gasóleo hidrotratado es bueno y además logra un buen rendimiento de diésel; el balance de gasóleo/diésel en los productos es el más balanceado de los ofrecidos por otros tecnólogos.

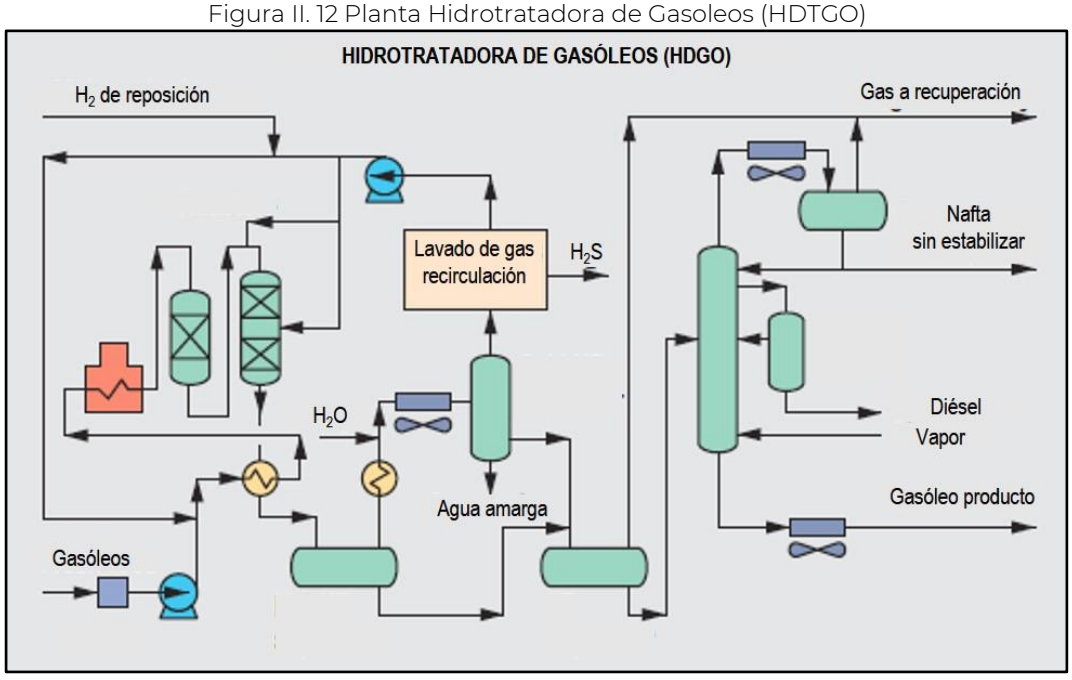
Esta planta, favorece la producción de gasolinas, por lo que la calidad del gasóleo producto alcanza los niveles de azufre por debajo de los requeridos (≤ 280 vs 660 ppm peso); de forma similar, el contenido de nitrógeno será también uno de los más bajos (≤ 360 ppm) y en forma muy importante logrará un alto nivel de desaromatización, para ofrecer un contenido de aromáticos del 35% en peso. Las especificaciones anteriores hacen que se obtenga un producto con muy buenas características como carga hidrotratada a la Planta de Desintegración Catalítica Fluidizada (FCC).

El diésel producto, tendrá una alta calidad (bajo azufre y alto índice de cetano), por lo que en su última etapa de hidrotratamiento (en la Planta Hidrotratadora de Diésel, HDDI), requerirá un mínimo consumo de hidrógeno para lograr su especificación final de Diésel UBA.

En la sección de fraccionamiento, se empleará un agotador y una torre fraccionadora con agotador lateral, lo que representa un diseño robusto y confiable para lograr las temperaturas de corte deseadas para los diferentes productos. Utiliza protección con “clad” en ambas columnas, lo que previene el daño por corrosión.

La planta tendrá una capacidad mínima de operación del 60% y flexibilidad para operar en forma continua durante cuatro años con un periodo final de 40 días para mantenimiento.

Figura II. 12 Planta Hidrotratadora de Gasoleos (HDTGO)



7. U-21000. Planta de Desintegración Catalítica Fluidizada (FCC).

La Planta de Desintegración Catalítica Fluidizada estará diseñada para procesar 94 Mbd, de gasóleos pesados hidrotratados de la Planta Hidrotratadora de Gasóleos.

El proceso consistirá en la desintegración catalítica de los gasóleos en un lecho fluidizado; obteniéndose los siguientes productos: Gas Combustible, Propano-Propileno, Butano-Butileno, Gasolina Catalítica, Nafta Pesada, Aceite Cíclico Ligero, Aceite Cíclico Pesado, Residuo Catalítico.

Esta planta se sitúa corriente abajo de los procesos de separación del crudo (destilación atmosférica y de vacío), hidrodesulfuración de gasóleos y de la Planta de Coquización Retardada.

El diseño de esta planta estará orientado a maximizar la producción a gasolinas, la cual deberá tener un contenido de azufre máximo de 40 ppm en peso para producir gasolinas de ultra bajo azufre en el pool de gasolinas. Esto debido a que el proyecto propuesto no incluye unidades de postratamiento de gasolinas catalíticas.

Estos productos recibirán diversos tratamientos con el fin de ajustar sus propiedades y composiciones, de acuerdo con lo que indiquen las especificaciones para eliminar el ácido sulfhídrico de las corrientes más ligeras, obteniéndose los subproductos: ácido sulfhídrico, el cual se enviará como carga a la Planta de Recuperación de Azufre; bisulfuro de sodio, para alimentar a la Planta Hidrotratadora de Gasóleos; así como aguas amargas, que serán enviadas para su tratamiento a la Planta de Tratamiento de Aguas Amargas de la refinería.

Las secciones que formarán parte del proceso de desintegración catalítica serán las siguientes:

- Sección de Reactor/Regenerador, que incluye un sistema de reactor/regenerador (con arreglo lado-a-lado o side-by-side). Los silos de catalizador también estarán en esta sección.
- Sección del Fraccionador Principal, que incluirá el fraccionador principal, agotador de ACL, condensador de domos y accesorios; así como el filtro para cumplir con las especificaciones del aceite decantado.
- Sección de Concentración de Gases o de Recuperación de Gases, que

incluirá el compresor de gas húmedo, agotador y desbutanizador, absorbedores primario y secundario (esponja), separador C3/C4, separador C_3/C_3= (por otros).

- Sección de Tratamiento Merox, que incluirá absorbedor con amina, reactor de extracción MEROX, lavador cáustico, asentador COS y filtro de arena.

- Unidad de Recuperación de Energía, que incluirá tercera etapa de separación para finos del catalizador (TSS de UOP), expansor, turbina de vapor, cámara de orificio, generador de potencia, soplador de aire y sistema de fuel gas o gas combustible (válvula deslizante, enfriador de fuel gas —generador de vapor—, precipitador electrostático y chimenea).

Habrá 4 principales descargas de la Planta de Desintegración Catalítica Fluidizada (FCC) durante la operación normal, las cuales deberán ser consideradas para su manejo ambiental: agua amarga de la sección de fraccionadora, catalizador de la sección de regeneración y ESP, sólidos de lodos aceitosos y el gas de combustión del regenerador (emisiones de dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono y ácido sulfhídrico).

El agua amarga será acumulada en el recipiente de la corriente de domos de la sección fraccionadora, y descargada por la bomba de aguas amargas.

Las principales fuentes del agua amarga estarán en las siguientes secciones: inyección de vapor en la alimentación, inyección de vapor en el elevador (riser), inyección de vapor en el reactor, el vapor de agotamiento del catalizador gastado, el vapor al fraccionador y el agua de lavado del condensador de domo del fraccionador. Esta agua amarga será enviada a tratamiento, a la Planta de Tratamiento de Aguas Amargas de la Refinería, para su posterior recirculación.

La fluidización del catalizador en el sistema reactor/regenerador causará un alto nivel de desgaste; las pequeñas partículas generadas por este desgaste serán enviadas a la atmósfera a través del regenerador de gas de combustión, y con los vapores del reactor hasta el aceite decantado (slurry oil).

Para disminuir la pérdida de catalizador hacia la atmósfera se empleará un ciclón y/o precipitador electroestático que colectará partículas de catalizador de tamaños muy pequeños. Será necesario remover de la unidad una parte del catalizador y agregar catalizador fresco, para mantener constante su nivel

de actividad. El catalizador removido estará en su estado oxidado y sin hidrocarburos dañinos por ello, es común enviarlo a reúso en la industria del cemento y asfalto.

La cámara de combustión del regenerador será de alta eficiencia, para garantizar la menor producción de emisiones de monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno.

Se estima que el contenido de NOx en el gas de combustión será menor a 50 ppm en mol; lo anterior, debido al diseño del regenerador de bajo NOx, a la ausencia de un quemador para CO en el diseño (que normalmente genera NOx), y a un bajo contenido de nitrógeno en la alimentación.

Se estima que el contenido de CO en los gases de combustión del regenerador será inferior a 100 ppm peso, sin necesidad de quemador para CO. Lo anterior debido a que, en la operación en el regenerador se llevará a cabo una combustión completa.

El ácido sulfhídrico separado en la torre regeneradora con dietanolamina, se enviará como carga a la Planta de Recuperación de Azufre y/o al sistema de desfogue ácido.

Las aguas amargas separadas en las diferentes etapas del proceso se recibirán en un tambor de balance y se alimentarán a una torre agotadora, en donde se les eliminará el ácido sulfhídrico y los compuestos amoniacales. El agua desflemada se enviará a la Planta de Destilación Combinada para ser utilizada como agua de lavado en desaladoras; mientras que los gases ácidos amoniacales, se enviarán como carga a la Planta de Recuperación de Azufre y/o a al sistema de desfogue ácido.

La Planta de Desintegración Catalítica Fluidizada (FCC), considerará la generación de venteos que serán enviados al sistema de desfogues de alta presión y de baja presión.

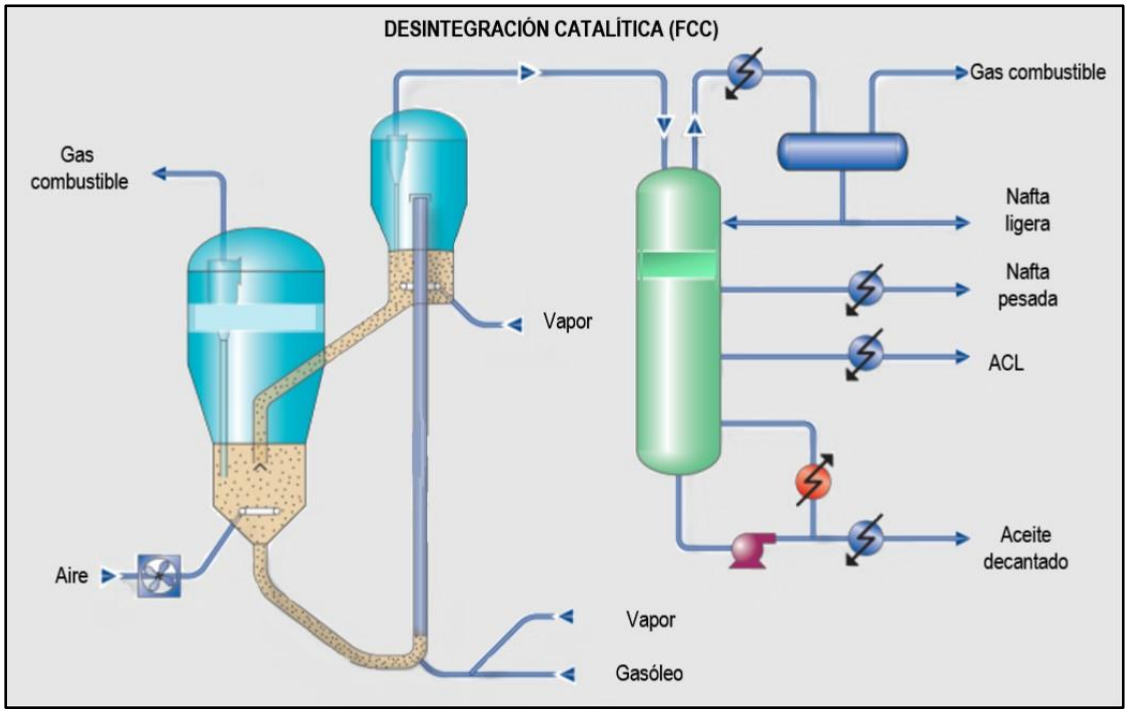
La Planta de Desintegración Catalítica Fluidizada (FCC) también producirá subproductos tales como gas combustible, propano, propileno, butanos-butilenos, aceite cíclico ligero y aceite decantado (slurry). El proceso de la planta se basa en la reacción de craqueo de hidrocarburos pesados llevados a cabo en un lecho catalítico fluidizado y la transferencia de calor entre el reactor y el generador.

La alimentación fresca hidrotratada a la Planta de Desintegración Catalítica Fluidizada FCC es precalentada a través de una serie de intercambiadores y combinado con el aceite del fraccionador se inyecta en el riser del reactor. El catalizador caliente vaporiza la alimentación, se eleva la temperatura a la de reacción y suministra el calor necesario para el craqueo. La mezcla catalizador y vapor fluye hacia arriba del riser y la reacción ocurre. Como el craqueo ocurre muy rápido el diámetro del riser se incrementa para manejar el volumen que se incrementa y proporcionar el tiempo de reacción. El catalizador y los vapores son liberados a través del separador. Los vapores craqueados, gases inertes, vapor de dispersión y el catalizador gastado fluyen a través de dos ciclones en etapas. El catalizador gastado que contiene el coque formado durante la reacción de craqueo pasa hacia abajo a través de un cono en el separador de catalizador gastado. El separador elimina hidrocarburos que se encuentran atrapados en el catalizador que fluye hacia abajo a través de un tubo vertical. Una válvula deslizante controla el flujo del catalizador y el nivel del lecho por encima del agotador.

El aire del soplador se utiliza para quemar el carbono en el regenerador de dos etapas. El aceite decantado (slurry), será enviado normalmente como carga a la Planta de Coquización Retardada junto con el residuo de vacío de la Planta de Destilación Combinada.

La Planta de Desintegración Catalítica Fluidizada (FCC) tendrá una capacidad mínima de operación del 45%, mientras que en la sección de separación de propano-propileno será del 40%; flexibilidad para operar en forma continua durante cuatro años con un periodo máximo de 44 días para mantenimiento.

Figura II. 13 Planta de Desintegración Catalitica Fluidizada (FCC)



8. U-81000/U-82000. Plantas de Recuperación de Azufre (PARA).

Esta planta consiste en dos trenes idénticos y paralelos, cada uno con capacidad de 640 TPD de azufre equivalente en la alimentación para el proyecto de la Refinería Dos Bocas.

Esta planta procesará Gas Ácido proveniente de la Planta de Regeneración de Amina y Gas Ácido proveniente de la Planta de Tratamiento de Aguas Amargas.

El diseño de proceso propuesto está basado en la recuperación de azufre elemental de corrientes de gas conteniendo H_2S. El proceso es una combinación para la reducción catalítica de SO_2 a H_2S y vapores de azufre para la oxidación selectiva de sulfuro de hidrógeno a azufre.

El proceso de Desgasificación de Azufre es aplicado para la remoción sulfuro de hidrógeno a azufre líquido.

Cada tren de la Planta de Recuperación de Azufre consiste en las siguientes secciones de proceso:

- Acondicionamiento de gas ácido
- Suministro de aire de combustión
- Etapa térmica
- 1 Etapa Catalítica
- 1 Etapa Catalítica, incluyendo el catalizador de hidrogenación.
- 1 Etapa de Oxidación selectiva.
- Oxidador térmico y chimenea
- Desgasificación de azufre y almacenamiento.

Química del proceso.

La química proporciona una descripción genérica de las reacciones aplicables. Para los números de Tag de equipos específicos la referencia será encontrada en la descripción del flujo de proceso en el punto 1.3 de este capítulo.

Etapa térmica.

El proceso de recuperación de azufre aplicado, está basado en la combustión parcial de sulfuro de hidrógeno (H_2S) con una relación controlada con el flujo de aire. La relación de aire a gas ácido es mantenida automáticamente para lograr llevar a cabo la oxidación completa de todos los hidrocarburos y el amoniaco en los gases de alimentación. La relación de aire a gas ácido también resulta en un contenido de 0.9 % en volumen en los gases de cola del condensador de azufre de la 2a etapa.

En el proceso convencional la relación aire a gas ácido es mantenido para producir una relación de H_2S –a- SO_2 de exactamente 2 a 1 de los gases efluentes hacia la etapa catalítica. Esta es la relación óptima de H_2S –a- SO_2 .

El proceso opera de acuerdo con una filosofía diferente. En este proceso la relación de aire a gas ácido es ajustada para alcanzar una concentración específica de H_2S en la entrada al reactor de oxidación selectiva. De hecho, para cumplir con este requerimiento, la etapa de combustión inicial debe ser operada fuera de la relación (más alta que la relación H_2S –a- SO_2 = 2 a 1).

En otras palabras, la etapa de combustión inicial será operada basados en el control de retroalimentación de H_2S en lugar del habitual control de relación "H_2S a SO_2" o (o control de H_2S-$2SO_2$). Un analizador de gas de proceso mide la concentración de H_2S en el gas de cola del condensador de azufre de la 2a etapa. El analizador-controlador corrige el flujo de aire hacia el quemador principal para mantener la concentración de H_2S deseada en este punto del proceso. Para lograr el más bajo posible contenido de SO_2, la concentración de H_2S es controlada en 0.9 % vol para el caso de diseño, sin embargo, este porcentaje debe ser optimizado dependiendo de la composición de la alimentación de gas ácido, condición del catalizador, etc.

Desde el punto de vista de una perspectiva general, la filosofía de control puede ser resumida como:

(1) Si la concentración de H_2S que entra al Reactor de Oxidación selectiva es alto, más aire es alimentado hacia el quemador principal, o

(2) Si la concentración de H_2S que entra al Reactor de Oxidación selectiva es bajo, menos aire es alimentado hacia el quemador principal.

La reacción principal en el quemador principal y la cámara de combustión es:

$$H_2S + 3/2\ O_2 \longrightarrow SO_2 + H_2O + \text{calor}$$

El porcentaje principal de H_2S residual se combina con el SO_2 para formar azufre, de acuerdo con la reacción de equilibrio:

$$2\ H_2S + SO_2 \longleftrightarrow 3/2\ S_2 + 2\ H_2O - \text{calor}$$

A través de esta reacción, el azufre es formado en la fase vapor en el quemador principal y en la cámara de combustión. De hecho, para cambiar el equilibrio hacia el lado azufre, el azufre es condensado y removido en el condensador de azufre térmico.

Algo de azufre es directamente formado en la flama del quemador principal a través de la supuesta reacción de disociación de H_2S, y bajo la formación de hidrógeno.

$$2\ H_2S \longleftrightarrow 2H_2 + S_2 - \text{calor}$$

Etapa Catalítica.

Las etapas de reacción catalítica corriente abajo incrementan más la conversión total a azufre. En el 1er reactor así como en el estrato superior de catalizador del Reactor de Hidrogenación la siguiente reacción ocurre:

$$2\ H_2S + SO_2 \longleftrightarrow 3/x\ S_x + 2\ H_2O + \text{calor}$$

La reacción de equilibrio es cambiada hacia el lado de azufre utilizando el catalizador. La condensación y remoción de azufre después del 1er reactor permite conversión adicional de azufre en la siguiente etapa catalítica.

En el fondo del 1er reactor (el cual contiene catalizador tipo titanio) la temperatura de operación es a relativamente alta temperatura. Es principalmente aquí que, los componentes sulfuro de carbonilo COS y disulfuro de carbono CS_2 que son formados en la etapa térmica, son parcialmente hidrolizados de acuerdo con las siguientes reacciones:

$$COS + H_2O \longrightarrow H_2S + CO_2$$

$$CS_2 + \text{“}H_2O \longrightarrow H_2S + CO_2$$

Etapa de Hidrogenación.

El gas de proceso de las etapas catalíticas contiene SO_2 conforme el equilibrio de la reacción no se cambia completamente hacia el lado azufre. Como el SO_2

no reacciona en el Reactor de Oxidación Selectiva, el SO_2 representa las pérdidas de recuperación. Por lo tanto, el SO_2 tiene que ser convertido a H_2S el cual a su vez será convertido a azufre en el Reactor de Oxidación Selectiva. Esto es logrado a través de la reducción catalítica del SO_2 en el Reactor de Oxidación Selectiva (el cual contiene un estrato de catalizador de hidrogenación base cobalto molibdeno (Co-Mo) debajo del catalizador base alúmina). El SO_2 es reducido a azufre vapor y H_2S a través de la reacción con H_2 y CO sobre el catalizador de hidrogenación presente en el fondo del reactor (en la parte superior contiene catalizador). El H_2 y el CO están ahora presentes en el gas de proceso y reaccionan con el SO_2 de acuerdo con la siguiente reacción.

$$SO_2 + 2H_2S \rightarrow 1/x\ S_x + 2\ H_2O$$

$$SO_2 + 3\ H_2 \rightarrow H_2S + 2\ H_2O$$

$$SO_2 + 2\ CO \rightarrow 1/x\ S_x + 2\ CO_2$$

Etapa de Oxidación Selectiva.

El gas de proceso del Reactor de Hidrogenación es mezclado con aire. El Reactor de Oxidación selectiva contiene un catalizador propietario especial para la oxidación selectiva de H_2S el cual es una mezcla de catalizador base alúmina y sílice cubierto con sulfato de ferroso $FeSO_4$ (después de acondicionado). La siguiente reacción ocurre:

$$H_2S + 0.5\ O_2 \rightarrow 1/\ xS_x + H_2O$$

Esta reacción es termodinámicamente completa y además pueden obtenerse altos niveles de conversión a azufre elemental.

Desgasificación de azufre

El azufre producido en la Planta de Recuperación de Azufre (PARA) contiene casi 300 ppmw en parte químicamente enlazado como polisulfuros (H_2S_x) y en parte físicamente disuelto.

El proceso de desgasificación de azufre fue desarrollado para remover H_2S y H_2S_x del azufre líquido, para eliminar peligros potenciales de toxicidad y explosión asociados con el manejo, transporte y almacenamiento de azufre

líquido. El principio de desgasificación de azufre es acelerar la descomposición de los polisulfuros de acuerdo con las siguientes reacciones:

$$H_2S_x \longrightarrow H_2S + S_{x-1}$$

$$H_2S + 1/2\ O_2 \longrightarrow 1/x\ S_x + H_2O$$

Una pequeña porción de sulfuro de hidrógeno es oxidado a SO_2.

$$H_2S + 3/2\ O_2 \longrightarrow SO_2 + H_2O$$

Tambien el H_2S disuelto es removido del azufre líquido. El proceso de desgasificación reduce el contenido de H_2S y H_2S_x a menos de 10 ppmw.

La desgasificación es realizada a través de la inyección de aire vía spargers en el azufre líquido, además agotando parcialmente el H_2S del azufre y oxidándolo parcialmente a azufre elemental. Adicionalmente, la remoción de H_2S del azufre promueve la descomposición de los polisulfuros hacia H_2S y azufre.

Oxidador térmico.

El gas de cola resultado de la etapa de oxidación selectiva y el gas de venteo de la fosa recuperadora de azufre todavía contiene trazas de compuestos de azufre. Estos compuestos de azufre son oxidados en la cámara del Oxidador a temperaturas elevadas.

Las reacciones principales son:

$$H_2S + 3/2\ O_2 \longrightarrow SO_2 + H_2O$$

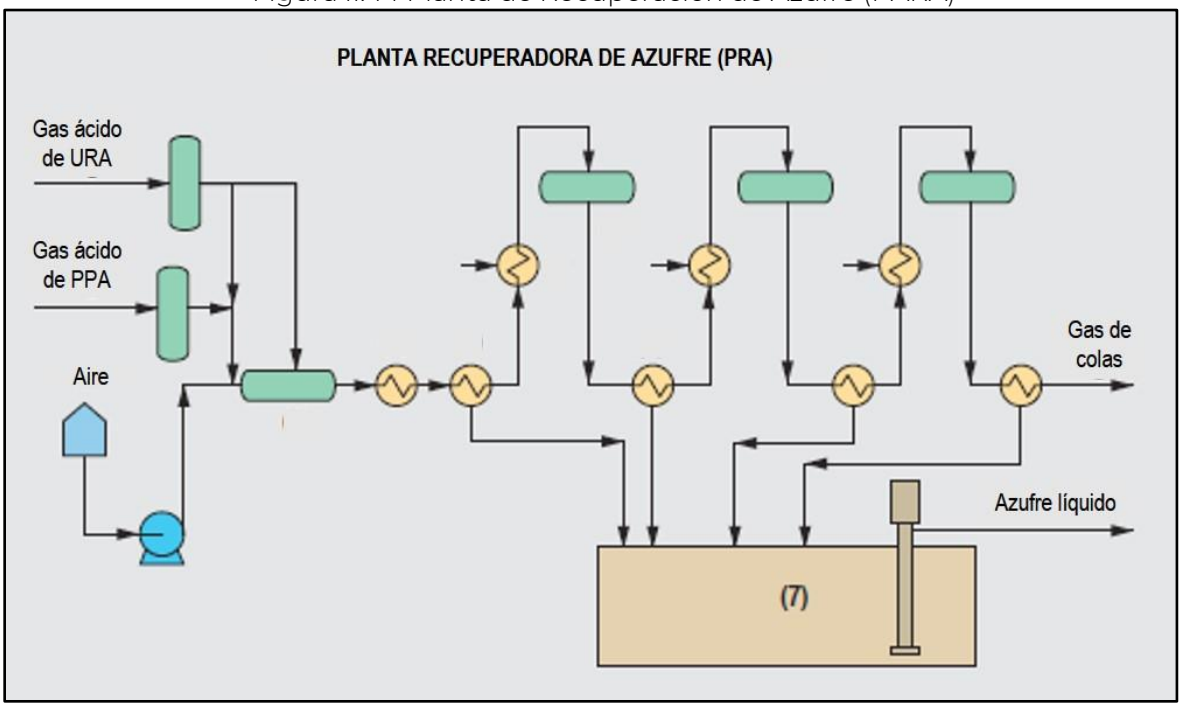
$$1/x\ S + O_2 \longrightarrow SO_2$$

$$COS + 3/2\ O_2 \longrightarrow SO_2 + CO_2$$

$$CS_2 + 3\ O_2 \longrightarrow CO_2 + 2\ SO_2$$

La eficiencia de recuperación de azufre será del 99.2% peso y cada tren tendrá una capacidad mínima de operación del 30% con un tiempo de corrida de catalizador de al menos 4 años.

Figura II. 14 Planta de Recuperación de Azufre (PARA)



9. U-87000. Plantas de Tratamiento de Aguas Amargas Fenólicas (U-87100 / U/87200) (PAA)

Las Plantas de Tratamiento de Aguas Amargas propuestas para el proyecto serán 4 trenes de tecnología abierta, diseñados con una capacidad de 120 m^3/h. El proceso de endulzamiento de aguas amargas consiste en remover el H_2S y amoníaco de todas las corrientes de agua que hayan estado en contacto con hidrocarburos amargos en los procesos de refinación.

Como el H_2S y el NH_3 son solubles en agua, es necesario retirar estos contaminantes del agua antes de su disposición o uso en otros procesos.

Los productos y subproductos son: Gas ácido amoniacal (H_2S + NH_3) y agua desflemada o agua agotada.

Las secciones de la planta son las siguientes:

- Enfriamiento del agua amarga de alimentación.
- Recibo en tanque de carga, separación de hidrocarburos arrastrados desde el proceso y venteo de incondensables a endulzamiento.
- Bombeo de agua amarga precalentándola en cambiador carga efluente.
- Calentamiento final del agua e inyección en domo de agotadora.
- Agotamiento con vapor de baja y fraccionamiento del agua amarga.
  - ✓ Por el domo sale H_2S, NH_3 y algo de agua. Estos vapores pasan por un enfriador para separar los condensables, los cuales se vierten de regreso al tanque de carga. Los incondensables van hacia la planta de azufre.
  - ✓ Por el fondo sale agua desflemada.
- El agua desflemada se enfría precalentando al agua amarga de alimentación.
- Bombeo del agua amarga a desalado de crudo o a disposición.

El agua amarga será tratada en la Planta de Tratamiento de Aguas Amargas (PAA) en una columna de agotamiento con rehervidor de fondos utilizando vapor de baja como medio de calentamiento y un condensador parcial en

los domos. El gas ácido obtenido en el domo de la columna será dirigido a la Planta de Recuperación de Azufre (PRA) mientras que el condensado será retornado como reflujo a la columna. El agua desflemada de los fondos de la columna será enfriada y bombeada a límite de baterías para ser reutilizada en algunas unidades de proceso o tratada en la Planta de Tratamiento de Efluentes de la Refinería.

La Planta de Tratamiento de Aguas Amargas está diseñada para tratar dos corrientes diferentes de agua amarga. El agua amarga fenólica proveniente de la Planta de Destilación Combinada, Planta de Desintegración Catalítica Fluidizada, Planta de Coquización Retardada y Planta de Recuperación de Azufre será tratada en dos trenes (U-87100 y U-87200).

Las corrientes que alimentan la Planta de Tratamiento de Aguas Amargas son segregadas desde las plantas de proceso que las originan y son tratadas de manera separada debido a las características de sus contaminantes. El agua desflemada que se produce permanece segregada debido a que los contaminantes que permanecen en ella no son compatibles con todos los procesos y de esta manera el agua desflemada puede ser reutilizada como suministro alterno de agua para disminuir el consumo de agua cruda.

El agua desflemada fenólica puede ser reutilizada en las unidades desaladoras de la Planta de Destilación Combinada.

El agua desflemada fenólica y no fenólica restante es enviada a la Planta de Tratamiento de Efluentes.

10. U-87000. Plantas de Tratamiento de Aguas Amargas No Fenólicas (U-87300 / U/87400) (PAA).

Las Plantas de Tratamiento de Aguas Amargas propuestas para el proyecto serán 4 trenes de tecnología abierta, diseñados con una capacidad de 120 m^3/h. El proceso de endulzamiento de aguas amargas consiste en remover el H2S y amoníaco de todas las corrientes de agua que hayan estado en contacto con hidrocarburos amargos en los procesos de refinación.

Como el H_2S y el NH_3 son solubles en agua, es necesario retirar estos contaminantes del agua antes de su disposición o uso en otros procesos.

Los productos y subproductos son: Gas ácido amoniacal (H_2S + NH_3) y agua desflemada o agua agotada.

Las secciones de la planta son las siguientes:

- Enfriamiento del agua amarga de alimentación.
- Recibo en tanque de carga, separación de hidrocarburos arrastrados desde el proceso y venteo de incondensables a endulzamiento.
- Bombeo de agua amarga precalentándola en cambiador carga efluente.
- Calentamiento final del agua e inyección en domo de agotadora.
- Agotamiento con vapor de baja y fraccionamiento del agua amarga.

  ✓ Por el domo sale H_2S, NH_3 y algo de agua. Estos vapores pasan por un enfriador para separar los condensables, los cuales se vierten de regreso al tanque de carga. Los incondensables van hacia la planta de azufre.

  ✓ Por el fondo sale agua desflemada.
- El agua desflemada se enfría precalentando al agua amarga de alimentación.
- Bombeo del agua amarga a desalado de crudo o a disposición.

El agua amarga será tratada en la Planta de Tratamiento de Aguas Amargas (PAA) en una columna de agotamiento con rehervidor de fondos utilizando vapor de baja como medio de calentamiento y un condensador parcial en

los domos. El gas ácido obtenido en el domo de la columna será dirigido a la Planta de Recuperación de Azufre (PRA) mientras que el condensado será retornado como reflujo a la columna. El agua desflemada de los fondos de la columna será enfriada y bombeada a límite de baterías para ser reutilizada en algunas unidades de proceso o tratada en la Planta de Tratamiento de Efluentes de la Refinería.

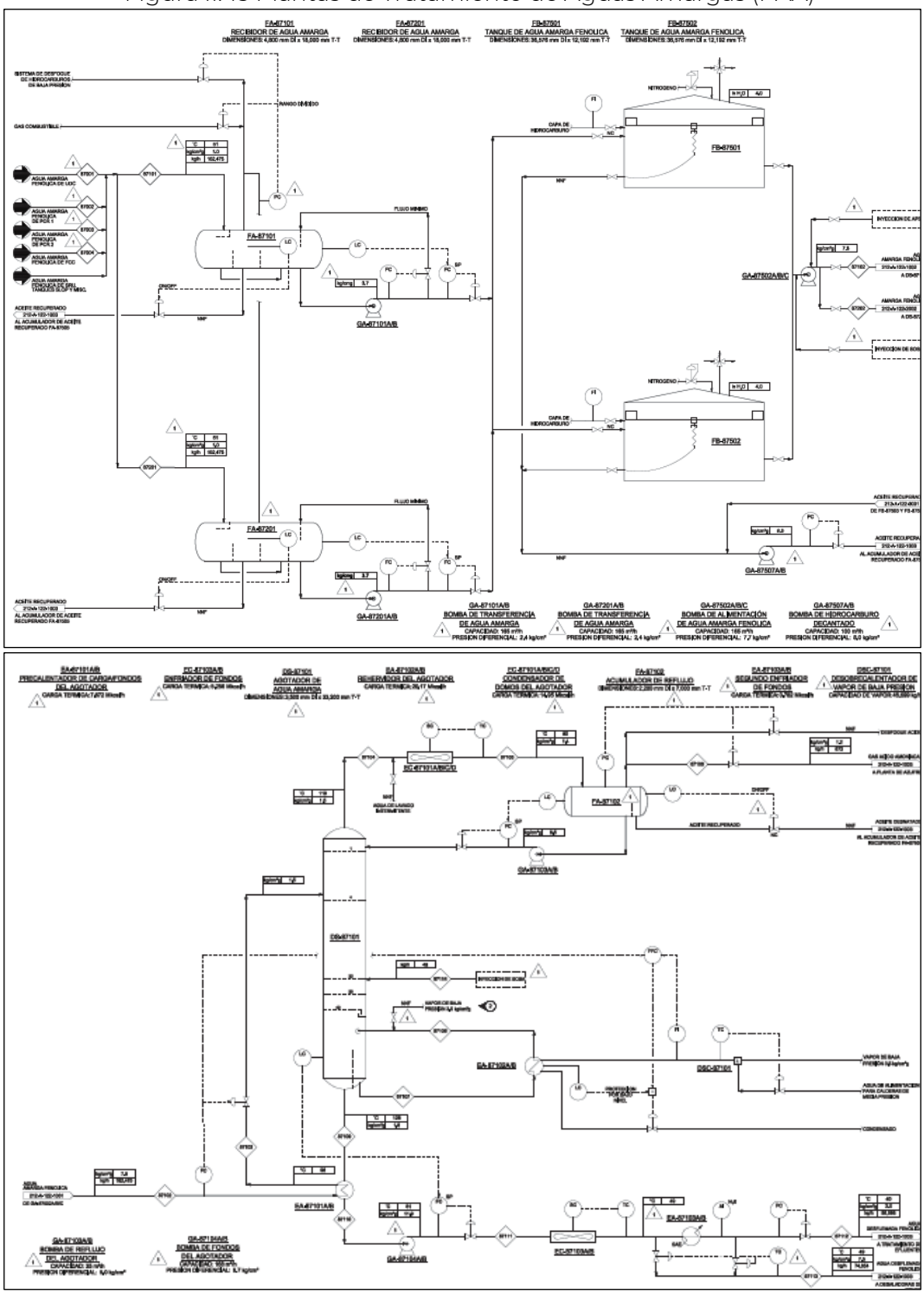
La Planta de Tratamiento de Aguas Amargas está diseñada para tratar dos corrientes diferentes de agua amarga. El agua amarga no fenólica proveniente de la Plantas Hidrotratadoras de Naftas, Plantas Hidrotratadoras de Diésel, Plantas Hidrotratadoras de Gasóleos, Planta de Regeneración de Aminas y Planta de Tratamiento y Recuperación de Gases, será tratada en dos trenes (U-87300 y U-87400).

Las corrientes que alimentan la Planta de Tratamiento de Aguas Amargas son segregadas desde las plantas de proceso que las originan y son tratadas de manera separada debido a las características de sus contaminantes. El agua desflemada que se produce permanece segregada debido a que los contaminantes que permanecen en ella no son compatibles con todos los procesos y de esta manera el agua desflemada puede ser reutilizada como suministro alterno de agua para disminuir el consumo de agua cruda.

El agua desflemada no fenólica puede ser reutilizada como agua de reposición en la Planta de Coquización Retardada y en las Plantas de Hidrotratamiento de Naftas, Hidrotratamiento de Diésel e Hidrotratamiento de Gasóleos.

El agua desflemada fenólica y no fenólica restante es enviada a la Planta de Tratamiento de Efluentes.

Figura II. 15 Plantas de Tratamiento de Aguas Amargas (PAA)



11. U-88000. Plantas de Regeneración de Amina sin CO_2 (U-88100 / U-88200) (URA).

Las Plantas de Regeneración de Amina serán 4 trenes de tecnología abierta, diseñados con una capacidad de 415 m^3/h. Las plantas endulzadoras o secciones de amina, se basan en sustancias denominadas alcanol-aminas para retirar el ácido sulfhídrico (H_2S) y/o el bióxido de carbono (CO_2) de los hidrocarburos ligeros.

La Planta de Regeneración de Amina propuesta será diseñada para tratar dos corrientes diferentes de amina producidas en diferentes plantas de la refinería, una de las corrientes consiste en amina rica libre de CO_2 que es producida en las Plantas Hidrotratadoras de Naftas, Hidrotratadoras de Diésel e Hidrotratadoras de Gasóleos y la Planta de Tratamiento y Recuperación de Gases. Esta corriente de amina será procesada en un sistema o sección diferente en la URA para evitar contaminar el inventario de amina utilizado en las Plantas Hidrotratadoras. La amina utilizada para tratar las corrientes antes mencionadas es una solución acuosa de MDEA al 45 por ciento peso.

El sistema regenerará la amina rica libre de CO_2 y proveerá de amina pobre a los absorbedores de amina de las Plantas Hidrotratadoras de Naftas, Hidrotratadoras de Diésel e Hidrotratadoras de Gasóleos y la Planta de Tratamiento y Recuperación de Gases. El requerimiento de carga es para procesar amina pobre, por lo que se consideran 2 trenes (U-88100 y U-88200).

El proceso se compone básicamente de 2 etapas:

- Absorción de los contaminantes de las corrientes de hidrocarburo (a alta presión y baja temperatura).
- Regeneración de amina (a baja presión y alta temperatura, también llamada URA).

La amina diluida en agua circula por ambas etapas creando un circuito cerrado, donde ésta se reutiliza una y otra vez (con una pérdida mínima). Cuando la amina ha absorbido H_2S y/o CO_2 se le llama amina rica y cuando se ha regenerado se le llama amina pobre.

El tipo de amina utilizada está en función de la cantidad y del tipo de contaminantes a retirar de los hidrocarburos.

Hay muchos tipos de aminas que se pueden usar para tratar el gas, tales como:

- Monoetanolamina - MEA.
- Diglicolamina – Econoamina (DGA).
- Dietanolamina – DEA.
- Diisopropilamina – DIPA.
- Metildietanolamina – MDEA.
- Trietanolamina – TEA.

Las corrientes de carga a estos tratamientos son las siguientes:

- Gas combustible amargo y/o
- Gas Licuado de Petróleo amargo

Los productos son:

- Gas combustible dulce a la red y/o
- Gas LP a tratamiento cáustico.

Las secciones de la planta son las siguientes:

Lado hidrocarburo:

- Separación de posibles líquidos arrastrados en la corriente de gas combustible.
- Contacto del gas combustible y/o gas LP a contracorriente con una solución de amina pobre.
- Separación de posible amina arrastrada con el gas combustible.
- Tanque separador de fases líquidas (gas LP – solución de amina).

Lado amina:

- Bombeo de amina pobre a alta presión y enfriamiento de ésta.
- Pre-filtrado, clarificación y post-filtrado de amina pobre.
- Absorción de H_2S y/o CO_2 en las torres contactoras gas-líquido y líquido-líquido.

- Tanque separador de fases líquidas (gas LP – solución de amina).
- Abatimiento de presión e intercambio de calor con amina pobre regenerada.
- Destilación y agotamiento de la amina rica en la torre regeneradora.
- Salida de H_2S y/o CO_2 por el domo de la regeneradora.
- Enfriamiento de la amina pobre en cambiador carga efluente de la torre regeneradora.

12. U-88000. Plantas de Regeneración de Amina con CO_2 (U-88300 / U-88400) (URA).

Las Plantas de Regeneración de Amina serán 4 trenes de tecnología abierta, diseñados con una capacidad de 415 m^3/h. Las plantas endulzadoras o secciones de amina, se basan en sustancias denominadas alcanol-aminas para retirar el ácido sulfhídrico (H_2S) y/o el bióxido de carbono (CO_2) de los hidrocarburos ligeros.

La Planta de Regeneración de Amina propuesta será diseñada para tratar dos corrientes diferentes de amina producidas en diferentes plantas de la refinería, una de las corrientes consiste en amina rica con contenido de CO_2 producida en las Plantas de Desintegración Catalítica Fluidizada y de Coquización Retardada. Esta corriente de amina será procesada en un sistema o sección diferente en la URA para evitar contaminar el inventario de amina utilizado en las Plantas Hidrotratadoras. La amina utilizada para tratar las corrientes antes mencionadas es una solución acuosa de MDEA al 45 por ciento peso.

El sistema regenerará la amina rica con contenido de CO_2 y proveerá de amina pobre a los absorbedores de amina de las Plantas Desintegración Catalítica Fluidizada y de Coquización Retardada. El requerimiento de carga es para procesar amina pobre, por lo que se consideran 2 trenes (U-88300 y U-88400).

El proceso se compone básicamente de 2 etapas:

- Absorción de los contaminantes de las corrientes de hidrocarburo (a alta presión y baja temperatura).
- Regeneración de amina (a baja presión y alta temperatura, también

llamada URA).

La amina diluida en agua circula por ambas etapas creando un circuito cerrado, donde ésta se reutiliza una y otra vez (con una pérdida mínima). Cuando la amina ha absorbido H_2S y/o CO_2 se le llama amina rica y cuando se ha regenerado se le llama amina pobre.

El tipo de amina utilizada está en función de la cantidad y del tipo de contaminantes a retirar de los hidrocarburos.

Hay muchos tipos de aminas que se pueden usar para tratar el gas, tales como:

- Monoetanolamina - MEA.
- Diglicolamina – Econoamina (DGA).
- Dietanolamina – DEA.
- Diisopropilamina – DIPA.
- Metildietanolamina – MDEA.
- Trietanolamina – TEA.

Las corrientes de carga a estos tratamientos son las siguientes:

- Gas combustible amargo y/o
- Gas Licuado de Petróleo amargo

Los productos son:

- Gas combustible dulce a la red y/o
- Gas LP a tratamiento cáustico.

Las secciones de la planta son las siguientes:

Lado hidrocarburo:

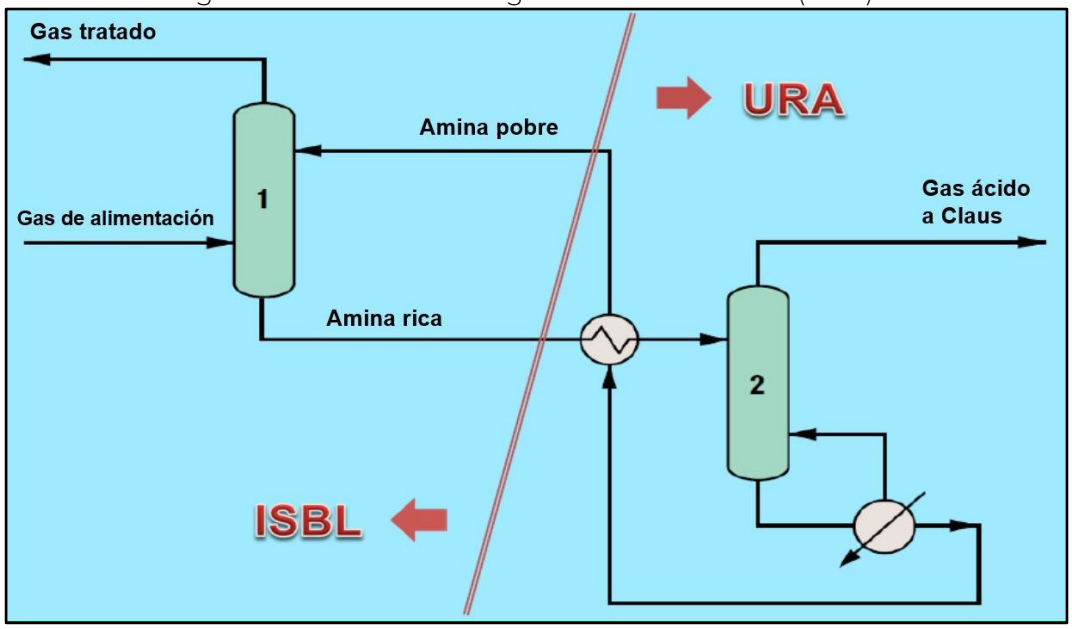
- Separación de posibles líquidos arrastrados en la corriente de gas combustible.
- Contacto del gas combustible y/o gas LP a contracorriente con una solución de amina pobre.

- Separación de posible amina arrastrada con el gas combustible.
- Tanque separador de fases líquidas (gas LP – solución de amina).

Lado amina:

- Bombeo de amina pobre a alta presión y enfriamiento de ésta.
- Pre-filtrado, clarificación y post-filtrado de amina pobre.
- Absorción de H_2S y/o CO_2 en las torres contactoras gas-líquido y líquido-líquido.
- Tanque separador de fases líquidas (gas LP – solución de amina).
- Abatimiento de presión e intercambio de calor con amina pobre regenerada.
- Destilación y agotamiento de la amina rica en la torre regeneradora.
- Salida de H_2S y/o CO_2 por el domo de la regeneradora.
- Enfriamiento de la amina pobre en cambiador carga efluente de la torre regeneradora.

Figura II. 16 Plantas de Regeneración de Amina (URA)



13. U-23000. Planta Isomerizadora de Butanos (I-C4).

La Planta Isomerizadora de Butanos propuesta para el proyecto estará diseñada para procesar 8.9 Mbd, y es un proceso para preparar isobutano a través de la isomerización de parafinas de butano normal (nC_4).

Esta planta será diseñada para procesar butanos y producir Isobutanos de carga a la Planta de Alquilación. El proceso consiste en la isomerización catalítica en presencia de hidrógeno, de una corriente de mezcla de butanos sobre un catalizador promovido por cloruro de alta actividad, llegando lo más cerca del punto de equilibrio n-butano/isobutano, seguido por etapas de estabilización y fraccionamiento de los efluentes del reactor para obtener un isobutano de alta pureza (93% vol) para carga a la Planta de Alquilación.

En las refinerías que no cuentan con esta planta, se debe traer el isobutano de importación.

El n-butano que no es convertido se separa y se recircula de nuevo a la sección de reacción. Si es necesario, una porción de n-C_4 es extraído de la unidad como subproducto neto.

Las materias primas a esta planta son: butano normal que proviene de la Planta de Tratamiento y Recuperación de Gases (gas saturado) y de la Planta de Alquilación, así como, hidrógeno de baja pureza que provendrá de la Planta Isomerizadora de Pentanos y Hexanos.

Los productos y subproductos son: Isobutano, n-butano y C_{5+}.

Las secciones de la planta son las siguientes:

- Deisobutanizadora.
- Sección de secado de butano e hidrógeno (incluyendo infraestructura para regeneración), mezclado de corrientes.
- Sección de reacción: Inyección de cloruro de alta actividad, precalentamiento y calentamiento de la mezcla de reacción, paso

por el primer reactor, enfriamiento del efluente con la carga y entrada al segundo reactor.

- Enfriamiento y envío de isobutano a estabilización.
- Lavado cáustico de gases del domo de la estabilizadora.
- Absorción de cloro de la mezcla de isobutano/butano y envío a deisobutanizadora.

Las corrientes de butanos de alimentación provienen, una de un corte lateral de la torre deisobutanizadora rica en n-butano, esta mezcla se envía a los secadores de carga para remover toda el agua y posteriormente a las guardas para remover los compuestos de azufre.

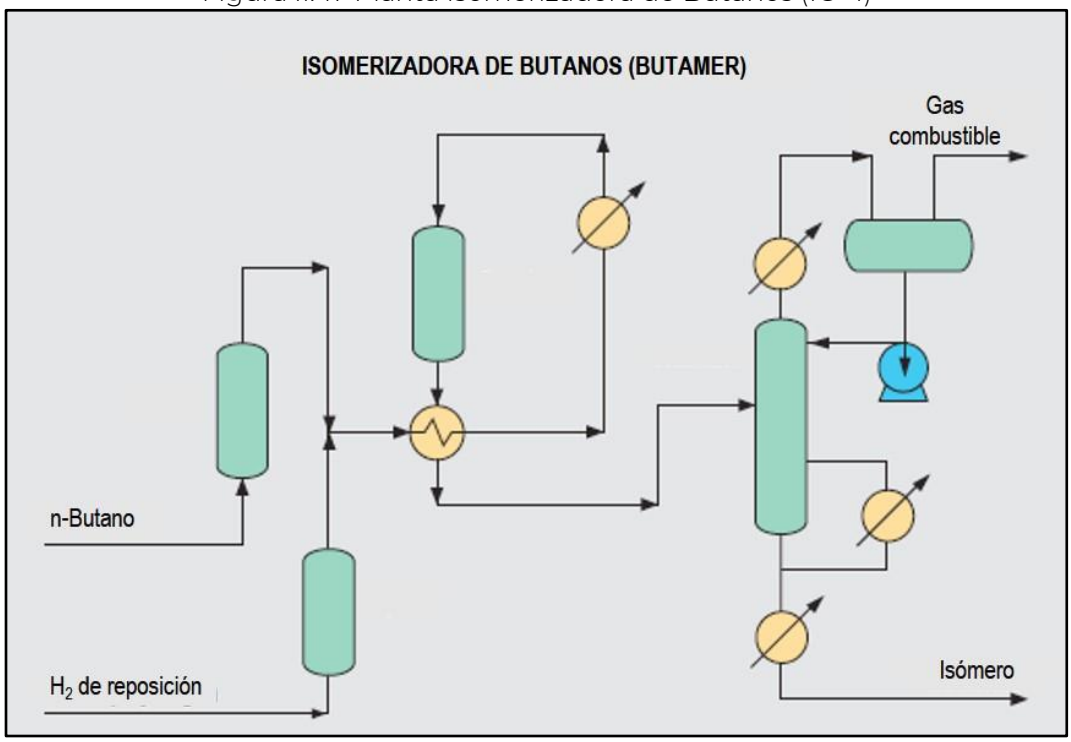
La sección de reacción está constituida por dos reactores idénticos en serie en donde se llevan a cabo las reacciones de isomerización. El efluente del sistema de reacción, después de intercambiar calor con la carga, se envía directamente a la columna estabilizadora.

En la columna estabilizadora se remueven el hidrógeno, cloruros y fracciones ligeras del efluente del reactor. Por el domo de la columna se obtiene una corriente de gas amargo que se envía a la sección de lavado cáustico para neutralizar el HCl presente en la corriente por la descomposición del agente clorante adicionado en la sección de reacción. En la columna de lavado cáustico se remueve el HCl contenido en el gas amargo antes de ser enviado a la red de gas combustible. La corriente de fondos se alimenta junto con la corriente de la Planta de Tratamiento y Recuperación de Gases y la Planta de Alquilación a la columna desisobutanizadora donde el isobutano se recupera por el domo, mientras que por el fondo se obtiene una mezcla de C_{5+} que se envía al pool de gasolinas a almacenamiento.

Se alcanzará un rendimiento volumétrico mínimo del 99% a Isomerizado en relación con la mezcla de butanos de carga, considerando que el hidrógeno de reposición será de alta pureza.

La planta tendrá una capacidad mínima de operación del 45% y flexibilidad para operar en forma continua durante cuatro años con un periodo final de 30 días para mantenimiento.

Figura II. 17 Planta Isomerizadora de Butanos (IC-4)



14. U-22000. Planta de Alquilación (ALKY).

La Planta de Alquilación estará diseñada para procesar 20 Mbd, la alquilación es un proceso que genera un producto en el rango de ebullición de la gasolina, llamado alquilado. En este proceso, los hidrocarburos que son demasiado ligeros y muy volátiles para usarse como aditivos en la gasolina son químicamente combinados o unidos para generar el alquilado.

La Planta de Alquilación será diseñada para producir alquilado producto con un RVP = 6.0 psi a máximo y un RONC = 95 mínimo.

Este proceso está basado en la alquilación de butilenos contenidos en la mezcla de carga de butanos-butilenos e isobutano en presencia de ácido fluorhídrico, seguida por una separación y un acondicionamiento de los productos obtenidos.

Este proceso maximiza el rendimiento de alquilenos, obteniéndose una gasolina de alto octano libre de olefinas y compuestos aromáticos.

El catalizador utilizado es ácido fluorhídrico (altamente tóxico y reactivo). Los sistemas de seguridad, gas y fuego, contra incendio y aspersión, así como equipos de protección personal son mucho más sofisticados en estas plantas.

La metalurgia de las plantas de alquilación es acero al carbón, el secreto de evitar la corrosión en líneas y equipos es mantener al mínimo la humedad en las corrientes de la planta (pureza del HF mínima de 90%).

Las materias primas para esta planta son: Olefinas de provenientes de la planta FCC y de la Planta de Coquización Retardada (también conocido como butano – butileno o butano rafinado), isobutano e hidrógeno de alta pureza.

Los productos de estas plantas son: Propano, butano, alquilado y aceite soluble en ácido (ASA).

Las secciones de la planta son las siguientes:

- Isomerización de las olefinas para maximizar la concentración de 2-buteno.
- Secado en 2 etapas en serie: Olefinas separadas, se incorpora la corriente de isobutano y se pasan por otra etapa de secado.
- Reacción de las olefinas e isobutano con el HF: Enfriador de ácido, tubo reactor, asentador de ácido.

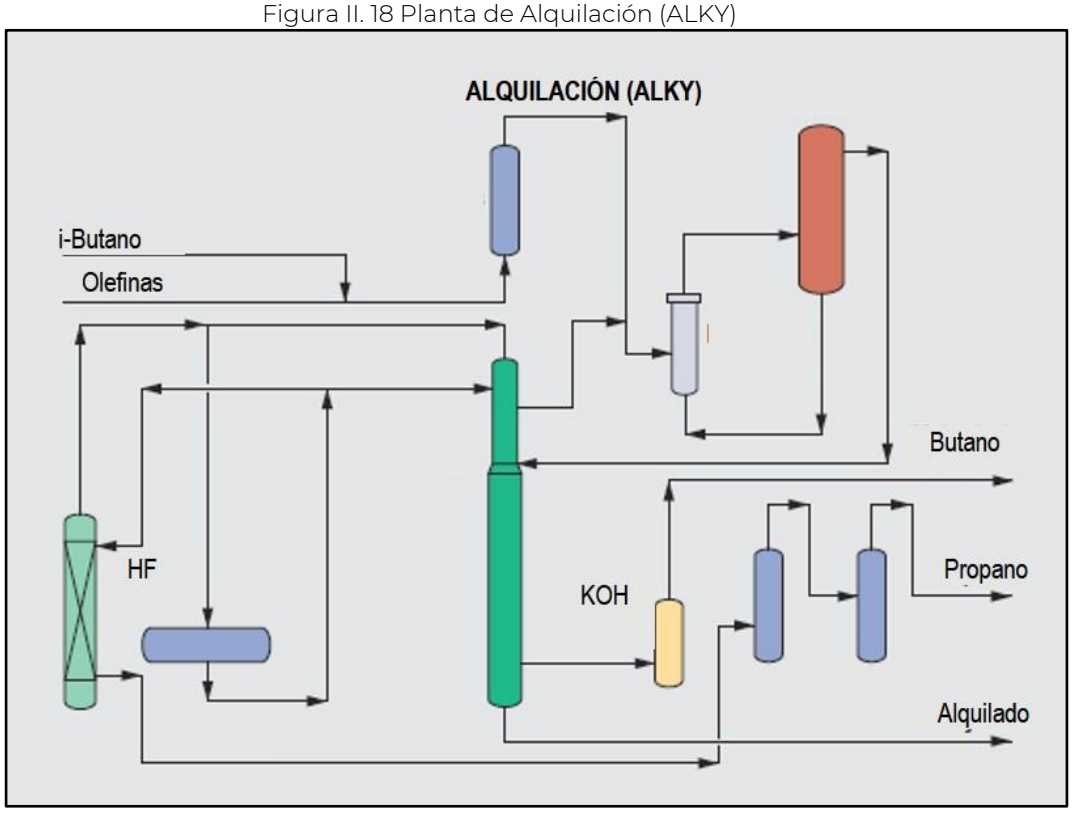
- Fraccionamiento de productos: Extracción y agotamiento de propano del domo, extracción de isobutano y envío como recirculación hacia la secc. de reacción, extracción y rectificación de butano y agotamiento y salida de alquilado por el fondo de la torre.
- Defluorinación de propano y butano.
- Neutralización del HF en el propano, butano y asas producto.
- Regeneración de HF.
- Neutralización de gases de desfogue y de agua residuales.

Las reacciones catalíticas principales que se llevan a cabo en este proceso son:

- Reducción de diolefinas e isomerización de buteno -1 en buteno -2
- Alquilación del ácido fluorhídrico de la mezcla de butilenos con isobutano en presencia de ácido fluorhídrico.

La planta tendrá una capacidad mínima de operación del 45% y flexibilidad para operar en forma continua durante cuatro años con un periodo final de 30 días para mantenimiento.

Figura II. 18 Planta de Alquilación (ALKY)



15. U-30000. Planta de Coquización Retardada (PCR).

La Planta de Coquización Retardada estará diseñada para procesar 130 Mbd de una mezcla de alimentación de residuo de vacío de la Planta de Destilación Combinada y residuo catalítico de la Planta de Desintegración Catalítica Fluidizada.

El proceso de coquización retardada (en inglés DCU) fue desarrollado para minimizar en las refinerías la producción de aceites residuales tales como residuos de vacío, gasóleos aromáticos y alquitranes térmicos.

A medida que se ha evolucionado en el diseño de equipo, se ha logrado elevar la temperatura de las cargas por encima de los puntos de craqueo, sin formación significativa de coque en ellos. Esto requiere altas velocidades (mínimo tiempo de residencia) en los calentadores para que el efluente sea enviado rápidamente a un tanque de balance aislado (tambor de coque) en el cual se mantendrá el tiempo suficiente para que se lleve a cabo el coquizado, sucediendo éste antes de continuar el proceso hacia la fraccionadora, de ahí el nombre de “coquizado retardado”. La elevada velocidad en los serpentines se logra inyectando vapor de alta a cada celda.

Los tambores de coque se instalan por pares y trabajan en forma alternada. El coque sólido se va acumulando en uno de los tambores, mientras que al otro se le realiza vaporizado, enfriado, purgado, extracción del coque formado, limpieza mecánica, purgado de aire, precalentado y se deja disponible para entrar en operación cuando el primero se llene de coque.

Una mezcla de dimetil-polisiloxano (polímero de silicio) se inyecta en la parte superior de los tambores de coque que están en la parte final del llenado con coque para evitar espumamiento.

Los productos y subproductos son: Gas combustible, Propano – propileno, Butano – butileno, Naftas, Gasóleo ligero de coquer (LCGO), Gasóleo pesado de coquer (HCGO), Coque (grado combustible).

Esta planta es alimentada principalmente con el residuo de vacío producto de la Planta de Destilación Combinada, así como con aceite decantado subproducto de la Planta de Desintegración Catalítica Fluidizada; La carga será procesada para obtener productos de mayor valor agregado como gas, propano-propileno, butano-butileno, gasolina, diésel, gasóleo pesado y coque por medio de un rompimiento térmico.

La Planta de Coquización Retardada tendrá una capacidad de procesamiento de 130 Mbd y contará con una sección de calentamiento en horno a fuego directo, tambores de coquización retardada, fraccionamiento de cortes principales, equipo de corte de coque sólido, manejo de coque, sistema de recuperación “blow down” y la planta de gas que contiene recuperación de líquidos (naftas de coque), tratamiento con aminas y sección de tratamiento cáustico de la corriente de LPG, y separación de propano-propileno de la corriente de butano-butilenos.

La carga es alimentada directamente a los fondos de la fraccionadora donde se combina con residuo recirculado y es bombeada al horno de coque de la Planta de Coquización Retardada. La mezcla es calentada hasta una temperatura de coquización cercana a 500°C, causando vaporización parcial y una desintegración intermedia de las moléculas para permitir que la reacción ocurra un poco más tarde en los tambores de coquización. La mezcla vapor/líquido entra al tambor de coque donde los precursores de la formación de coque sólido terminan de fomentar la formación de coque sólido, usualmente con presencia de asfaltenos.

Se inyecta vapor de alta presión en diferentes puntos en los serpentines del calentador para aumentar la velocidad a través de los tubos y, por tanto, minimizar los depósitos de coque en los tubos del horno.

El efluente del horno fluye de manera alternada a cada uno de los tambores de coque, donde, bajo las condiciones de tiempo, temperatura y presión apropiadas, el líquido en el tambor se desintegra produciendo coque, gases, y otros líquidos ligeros, el coque producido se deposita inicialmente en las paredes del recipiente. Los tambores de coque trabajan en ciclos bien definidos, cada ciclo se compone de una etapa de inyección de vapor para arrastrar todos los líquidos y gases producto de la descomposición hacia la columna fraccionadora, seguida de una etapa de enfriamiento, etapa de corte del carbón remanente con agua a presión y vuelta a calentamiento para recibir la carga siguiente proveniente de los hornos, completando así un ciclo de operación.

El fraccionador produce nafta y gases por su domo y los cortes intermedios de gasóleo ligero y gasóleo pesado de coquizado. Los aceites y el diésel son enviados a los procesos de hidrodesulfuración corriente abajo de la Planta de Coquización Retardada, mientras que las naftas y los gases obtenidos son separados. Los gases son sometidos a una absorción con aceite esponja para recuperar todos los líquidos como la gasolina que todavía llevan en equilibrio,

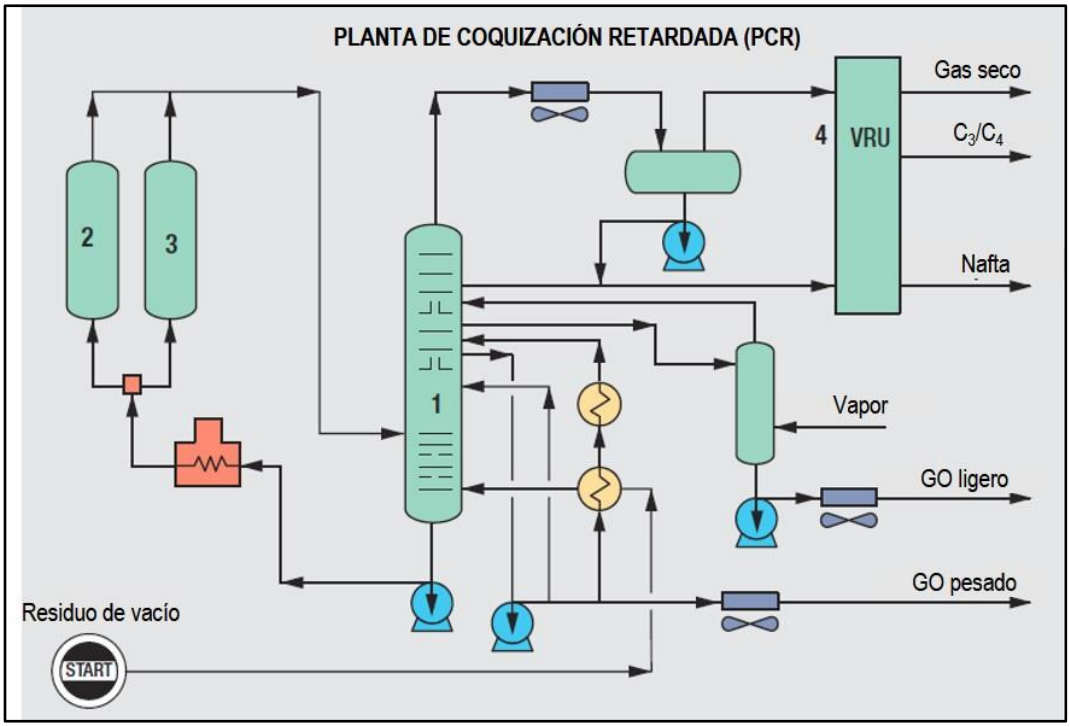
posteriormente son tratados en un contactor con amina y ya endulzados son enviados a límite de baterías.

Las naftas se transfieren a una torre debutanizadora, donde las naftas estabilizadas son obtenidas por el fondo de la torre, se enfrían y se mandan fuera de límite de baterías ya sea a las Plantas Hidrotratadoras de Naftas, de coque o a almacenamiento.

Los domos de la torre desbutanizadora son enviados a un contactor con amina para absorber el H_2S, posteriormente ya endulzados terminan su tratamiento en un proceso caustico tipo merox; esta corriente endulzada que es principalmente C_3's / C_4's es LPG endulzado que se envía al fraccionador obteniendo propano-propileno, PP's, por el domo y por el fondo butano-butileno, BB's. Ambas corrientes son enviadas por separado a límite de baterías, los PP's a la separación en propano / propileno y los BB's a la Planta de Alquilación.

La planta tendrá una capacidad mínima de operación del 60%, 18 horas de ciclo de coquizado y flexibilidad para operar en forma continua durante cuatro años con un periodo final de 40 días para mantenimiento.

Figura II. 19 Planta de Coquización Retardada (PCR)



16. U-79000. Planta de Tratamiento y Recuperación de Gases (PTRG).

La Planta de Tratamiento y Recuperación de Gases propuesta para el proyecto, tiene como función recuperar hidrocarburos licuables (propano, butano y naftas) contenidos en una corriente global de gas residual y otras de hidrocarburos líquidos, mediante compresión, absorción, debutanizado, depropanizado y tratamiento.

La carga de gas de alimentación a la Planta de Tratamiento y Recuperación de Gases que proviene de las Plantas de Hidrotratamiento de Naftas, Hidrotratamiento de Diésel e Hidrotratamiemto de Gasóleos, así como de la Planta de Destilación Combinada y de Regeneración de Aminas, se comprime y se mezcla con carga de alimentación líquida que proviene de las Plantas de Hidrotratamiento de Naftas e Hidrotratamiemto de Gasóleos.

La mezcla de alimentación es enviada a un absorbedor para absorción de C^{3+}, mediante el uso de nafta reciclada de la debutanizadora y nafta ligera de la Planta de Destilación Combinada, que se utilizan como medio de absorción. El gas producto es tratado con amina para remoción del H_2S y posteriormente es enviado al sistema de gas combustible.

La corriente líquida (C^{3+}) producto de la absorción es enviada a remoción de etanos para posteriormente ser carga a la columna debutanizadora, dónde se recuperará nafta de fondos de la torre y LPG del domo. El LPG es enviado a tratamiento caustico y con amina para remoción de gases ácidos y mercaptanos para posteriormente ser carga de alimentación a la columna depropanizadora, dónde el propano y el butano serán separados.

El diseño considera una sección de recuperación y 2 trenes para tratamiento con Amina.

17. U-73000 (PH21/PH22). Planta Productora de Hidrógeno (PH).

La Planta Productora de Hidrógeno o de Reformación Catalítica de Hidrógeno propuesta para el proyecto será alimentada por gas natural, y serán diseñados 2 trenes con una capacidad de 120 MMSCFD.

Esta planta se justifica en la refinería, debido a que bastantes procesos dentro de éstas requieren hidrógeno de alta pureza para operar: Hidrotratadoras de Diésel, Hidrotratadoras de Gasóleos y residuales, así como la Planta de Alquilación. Los catalizadores de reformación son muy duraderos (entre 8 y 10 años), las mallas moleculares de la PSA presentan largas corridas operacionales y la experiencia que ya tiene Pemex en la operación de dichas plantas.

La generación de hidrógeno tendrá una capacidad total de diseño de 240 MMPCSD (millones de pies cúbicos estándar por día), que se generará mediante 2 trenes idénticos de producción, cada uno con capacidad de diseño de 120 MMPCSD. El hidrógeno generado tendrá una pureza mínima de 99.9% vol con un contenido máximo de $CO+CO_2$ de 1 ppm (vol).

El hidrógeno es fundamental para llevar a cabo los procesos de hidrotratamiento de gasolinas, diésel, gasóleos y la operación de Butamer ($ISOC_4$).

Las materias primas a esta planta son:

- Metano
- Vapor de agua

Los productos y subproductos son: hidrógeno de alta pureza, gas combustible y vapor – condensado.

Las secciones de la planta son las siguientes:

- Precalentamiento del hidrocarburo (gas natural,).
- Sección de desulfuración de carga y/o saturación de olefinas.
- Absorción de H_2S en una cama de óxido de zinc.
- Mezclado del hidrocarburo con vapor para formar el gas de síntesis.
- Pre-reformado (paso opcional que depende del tipo de carga).

- Reformado de hidrógeno en un calentador a fuego directo.
- Conversión de CO a CO_2.
- Enfriamiento y separación de líquidos del hidrógeno.
- Purificación y compresión del gas hidrógeno (hasta 99.5-99.9% de pureza) en una PSA.
- Recirculación del gas de cola al cabezal de gas combustible al horno.

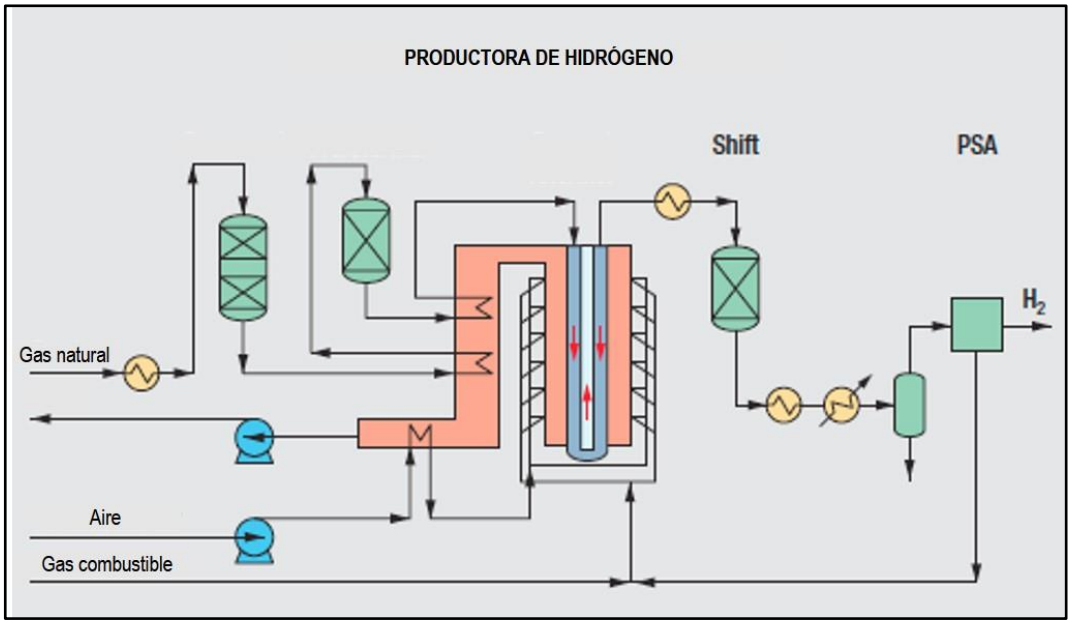
El diseño propuesto considera procesar gas natural a través de un horno reformador, donde el vapor de agua reacciona con el gas natural cargado. El proceso tipo "Reformador de vapor con Metano (SMR)", produce principalmente hidrógeno, CO, CO_2, seguido de un proceso de mutación o conversión posterior del CO para complementar la producción de hidrógeno, reduciendo simultáneamente el requerimiento de gas de carga y la concentración residual de CO.

A la salida del reactor de mutación hay enfriamiento y una etapa de separación de purificación final por medio de un sistema de adsorción oscilante tipo “Pressure Swing Adsorption” con mallas moleculares, conocido como PSA.

El calor de los gases de combustión es aprovechado en recuperadores de calor que generan vapor de media presión excedente y que es enviado para su consumo fuera de límite de batería.

Dentro del proceso hay un agotador que elimina incondensables del agua condensada para incorporarlo nuevamente al reformador.

Figura II. 20 Planta Productora de Hidrogeno (PH)



Infraestructura de Servicios.

18. U-01000. Planta de Cogeneración.

El proyecto considera una Planta de Cogeneración para producir y suministrar energía eléctrica y vapor requerida para la operación de la refinería.

La configuración del sistema de cogeneración será 4X1 (cuatro turbinas de combustión cada una con su propio sistema de recuperación de calor y generación de vapor y una turbina de vapor común).

Por lo tanto, la Planta de Cogeneración consistirá de 4 turbinas de combustión con sistema de control de emisiones de bajo NO_x, cuatro sistemas de recuperación de calor y generación de vapor y una turbina de vapor que utilizará una porción del vapor de alta presión para producción adicional de energía eléctrica.

El sistema incluye un sistema de compresión de gas natural para elevar la presión de gas a la requerida en la operación de las turbinas de combustión.

Las producciones de la Planta de Cogeneración serán de energía eléctrica, vapor de alta, media y baja presión.

Se incluirá una interconexión de enlace a Comisión federal de Electricidad (CFE) para suministro en caso de emergencia o para completar suministro de energía durante paros programados por mantenimiento de turbinas.

19. U-02000. Planta de Suministro de Agua.

El agua cruda será bombeada desde el lugar de suministro (fuera de límite de baterías) a tanques de almacenamiento atmosférico localizados dentro de la refinería; Se incluye un paquete de inyección de hipoclorito de sodio como desinfectante en el cabezal de llegada a tanques. El agua será bombeada de los tanques de almacenamiento hacia la planta de pretratamiento de agua.

El consumo de agua cruda será el requerido para reposición de torres de enfriamiento, desmineralización, agua de servicios, potable, contra incendio y de irrigación.

20. U-03000. Planta de Pretratamiento de Agua.

El agua pretratada es utilizada para producción de agua desmineralizada y reposición de agua a torres de enfriamiento, principalmente. Adicionalmente se utiliza como agua de servicios, potable, reposición de agua de contra incendio y de irrigación.

El agua clorada que se recibe de los tanques de almacenamiento localizados en el sistema de suministro de agua pasa a través de filtros de arena antes de ser bombeado para su uso como agua de servicios y como alimentación a la planta potabilizadora. El agua desinfectada y filtrada pasará por un proceso de "suavizado" para remover la dureza del agua generada por la presencia de calcio, magnesio y sílice. Este proceso de suavizado también reduce la alcalinidad y consecuentemente, los sólidos disueltos totales. El agua suavizada pasará posteriormente a través de filtros de arena y adición de ácido sulfúrico para ajustar el pH, para posteriormente ser enviada a tanques de almacenamiento desde los cuales se envía a la planta de desmineralización, a reposición de torres de enfriamiento, reposición de agua contraincendio e irrigación.

21. U-04000. Planta Desmineralizadora de Agua (agua de alimentación a calderas).

El agua desmineralizada o agua demi, es agua a la que se le han eliminado los minerales y la sílice. Los iones minerales como cationes de sodio, calcio, fierro, cobre, etc. y aniones como cloruros, sulfatos y nitratos se encuentran comúnmente presentes en el agua. La desmineralización es un proceso físico que utiliza resinas de intercambio iónico para remoción de sales minerales en agua, que posteriormente puede utilizarse como agua de alimentación a calderas.

El agua que se genera en el proceso de pretratamiento es enviada a la planta de desmineralización para la producción de agua para alimentación a calderas mediante tres etapas de tratamiento. La primera etapa consiste en la remoción de sílice coloidal y otros sólidos suspendidos mediante Ultrafiltración (UF). La segunda etapa consiste en la remoción de iones minerales y otros sólidos disueltos mediante osmosis inversa. Finalmente, la última etapa consiste en la remoción de minerales microscópicos mediante un pulido de intercambio iónico. La mayor cantidad de agua desmineralizada es enviada a deaereación para reposición de los tanques de almacenamiento de agua para calderas (a cogeneración, plantas de proceso y calderas para arranque). El volumen restante se envía al cabezal de distribución para suministrar agua desmineralizada a plantas de proceso.

22. U-00500. Suministro de gas combustible y gas natural.

El objetivo del suministro de gas combustible es colectar las corrientes de gas dulce generado en las plantas de proceso de la refinería para posteriormente suministrarlo como gas combustible a una composición uniforme a los mismos consumidores dentro de la refinería.

El suministro de gas combustible consta del cabezal de colección, tanque de gas combustible, vaporizador de LPG, Pot de condensados de baja presión, bomba de condensados de baja presión y cabezal de suministro de gas combustible.

El objetivo del sistema de suministro de gas natural es el de importar gas natural desde el ducto de suministro fuera de la refinería y distribuir gas natural de alta presión a los consumidores dentro de la refinería. Una porción del gas natural de alta presión se adecua a baja presión, para también ser suministrado a consumidores de gas natural de baja presión dentro de la refinería.

El sistema de suministro gas natural consiste en una estación de medición y regulación, así como cabezales de suministro en alta y baja presión.

23. U-95000. Mezclado en línea de gasolina.

El sistema de mezclado en línea es la adición simultánea de varias corrientes en un cabezal común. La relación de adición es determinada por las características y límites de componentes de la gasolina a producir, conforme a la normatividad aplicable. Las propiedades de la mezcla serán cuantificadas utilizando analizadores en línea para el monitoreo de componentes y producto final.

El sistema de mezclado de la Refinería Dos Bocas utilizará un sistema de “mezclado batch en línea”. Los diferentes componentes para utilizar en la preparación de la gasolina son primero almacenados en tanques de almacenamiento intermedio, antes de ser bombeados al cabezal de mezclado para la producción de gasolina conforme a la especificación determinada.

24. U-90000 Casas de bombas.

Los sistemas de bombeo y respectivas casas de bombas considerarán carga a plantas, salida de productos a puerto, TAR y manejo de gas licuado.

25. Tanques de Almacenamiento.

La capacidad de las instalaciones de almacenamiento y bombeo de productos considera los siguientes tiempos de residencia: 7 días para crudo, 4 días para productos para mezclado, 3 días para productos intermedios y 5 para productos terminados.

26. Trampas de diablo de envío/recibo y patines de medición y regulación.

Las materias primas y productos líquidos y gaseosos transportados mediante ductos contarán con trampas de diablos, así como con patines de medición de tipo transferencia custodia para la cuantificación y facturación correspondiente.

27. U-80000. Desfogues.

El sistema de desfogue propuesto para la refinería se puede dividir en quemador de hidrocarburos y quemador para gases ácidos.

El objetivo del sistema de desfogue de hidrocarburos es colectar los venteos y relevos de baja y alta presión de las instalaciones de la refinería para su disposición directa vía combustión en quemadores elevados. El sistema de desfogue de hidrocarburos incluye quemador de alta presión, quemador de baja presión, quemador para Planta de Coquización Retardada y quemador para alquilación.

El objetivo del sistema de desfogue de gas ácido es colectar los venteos y relevos de gas ácido que se producen en las Plantas de Recuperación de Azufre, Regeneración de Aminas y Tratamiento de Aguas Amargas, para posteriormente disponerlos de forma segura mediante combustión directa en un quemador elevado.

28. U-0100. Contra incendio.

El sistema de protección contra incendio propuesto para la Refinería Dos Bocas, consiste del empleo de diversos sistemas tales como sistema de almacenamiento y bombeo y su correspondiente red de distribución de agua contra incendio por toda el área de la refinería para garantizar el suministro de agua para cada sistema, planta o instalación que lo requiera, cubriendo los requerimientos que demande el riesgo mayor de toda el área de la Refinería Dos Bocas, mediante el uso de hidrantes monitores, extintores, sistemas de aspersión, sistemas de supresión, sistemas de espuma, así como sistemas de detección y alarmas distribuidos por todas las áreas de proceso, almacenamiento, casas de bombas y edificios. El diseño detallado de la red de contra incendio se realizará durante la ingeniería básica extendida e ingeniería de detalle.

29. U-00600. Aire de instrumentos y plantas.

Dentro de las necesidades de servicios auxiliares que requieren las plantas propuestas para la Refinería Dos Bocas, está la necesidad de contar con un suministro confiable de aire comprimido, que cumpla con una temperatura de rocío que le de las características de aire seco adecuado para usarse principalmente en los posicionadores de las válvulas de control y en algunos enclaustramientos de equipo electrónico. Adicionalmente la refinería requerirá el servicio de aire de planta que servirá principalmente para mover herramienta neumática y llevar a cabo operaciones de mantenimiento en las instalaciones.

Las instalaciones tienen por objeto comprimir, almacenar, separar humedad, secar, filtrar y distribuir los servicios de aire de instrumentos y aire de planta en la refinería.

El alcance incluye los requerimientos siguientes para tener un suministro de aire con la calidad requerida:

- Asegurar los límites máximos del contenido de humedad en el aire de instrumentos y de planta.
- Asegurar los límites máximos del tamaño de las partículas sólidas que puedan arrastrarse y el contenido de aceite.
- Cumplir los niveles de presión de suministro, operación y los rangos

aceptables de operación para las válvulas y dispositivos neumáticos.

- Cumplir los requerimientos de aire de instrumentos y de planta.

30. U-00200. Torres de agua de enfriamiento.

Las torres de enfriamiento propuestas para el proyecto estarán divididas para dar servicio a diferentes plantas con la intención de evitar un sistema de enfriamiento centralizado y grandes cabezales de suministro y retorno. Durante la ingeniería básica extendida y de detalle, con base a la información proporcionada por los tecnólogos y proveedores, se desarrollarán los balances de agua de enfriamiento finales para definir la capacidad de las torres de enfriamiento, los requerimientos de servicios auxiliares y los requerimientos de químicos para el tratamiento integral de las torres de enfriamiento, con el objetivo de optimizar al máximo su índice energético.

La distribución de agua de las torres de enfriamiento está basada en la cercanía entre plantas y evitar contaminación, por lo que se cuenta con 4 torres de enfriamiento numeradas como CT-00201, CT-00202, CT-00203 y CT-00204.

La CT-00201 dará servicio a la Planta de Alquilación; debido a que en el proceso de alquilación se llevan a cabo reacciones con ácido fluorhídrico como catalizador, es conveniente que el agua de enfriamiento proveniente de esta planta no se combine con el agua proveniente de otras plantas de proceso.

La CT-00202 dará servicio a la Planta Isomerizadora de Butanos, Planta Isomerizadora de Pentanos-Hexanos, Plantas Hidrotratadoras de Naftas, Planta Coquización Retardada, Plantas Hidrotratadoras de Diésel, Planta Reformadora de Naftas, Planta de Desintegración Catalítica Fluidizada, Planta Productora de Hidrógeno y Planta Tratamiento y Recuperación de Gases.

La CT-00203 dará servicio a la Planta de Destilación Combinada, Plantas Hidrotratadoras de Gasóleos, Planta de Coquización Retardada, Planta de Recuperación de Azufre, Plantas de Regeneración de Aminas y Plantas de Tratamiento de Aguas Amargas.

La CT-00204 dará servicio a la Planta de Cogeneración y Servicios Auxiliares.

Para conservar la calidad del agua de enfriamiento y controlar las afectaciones en las líneas y equipos de intercambio de calor por fenómenos de corrosión, incrustación y ensuciamiento orgánico e inorgánico, se incluirá un sistema de tratamiento químico integral para cada torre de agua de enfriamiento, incluyendo inyección de ácido sulfúrico, inhibidores de corrosión, dispersantes y biocidas. La cantidad de paquetes de químicos deberá ser confirmada con la información final del análisis del agua de repuesto y parámetros de control en la torre de enfriamiento, así como de las recomendaciones del proveedor seleccionado.

31. U-07000. Recuperación y tratamiento de condensados.

La Refinería Dos Bocas requiere del suministro de vapor para muchas de sus operaciones; El sistema global de suministro de vapor propuesto consistirá en 3 niveles de presión: Alta presión (HP), Media presión (MP) y Baja presión (LP). El vapor es utilizado para inyección directa en equipos y corrientes de proceso, como medio de calentamiento, como fluido motriz en turbinas, como traza de calentamiento para tuberías y recipientes, así como para actividades relacionadas al mantenimiento y operación de las instalaciones.

El vapor requerido durante operación será generado por 3 fuentes: Planta de Cogeneración, Plantas de proceso y calderas para arranque.

El condensado de vapor generado en la refinería es recuperado y tratado para su reuso, con la finalidad de reducir el requerimiento de agua desmineralizada para la producción de vapor. Los dos tipos de condensados que se recuperan son el condensado limpio y el condensado aceitoso.

El condensado limpio es recuperado de la condensación de vapor de turbinas y trampas de vapor en la refinería. El condensado aceitoso es recuperado de intercambiadores de calor o medios de calentamiento (trazas) que tienen la posibilidad de ser contaminados con hidrocarburos debido a fugas o ruptura de tubos.

La práctica común de recuperación y tratamiento de condensados considera tener 2 cabezales separados para asegurar la segregación del condensado limpio del condensado aceitoso.

El condensado aceitoso es tratado en un sistema de pulido, dónde primero se pasará por un filtro de carbón activado para remoción de compuestos

orgánicos y después será mezclado con el condensado limpio y tratados en un pulidor de intercambio iónico.

El condensado tratado y el agua desmineralizada de reposición serán calentadas en los deareadores para remoción de oxígeno, dióxido de carbono y otros no condensables para generar el agua de alimentación a calderas, para la producción de vapor de alta y media presión.

32. U-09000. Almacenamiento y recibo de ácido sulfúrico y sosa cáustica.

El ácido sulfúrico concentrado requerido para la operación de instalaciones de la refinería, será recibido mediante autotanques que lo transportarán a las instalaciones internas, para su uso. Los autotanques serán estacionados en varias posiciones de descarga conocidas como descargaderas. El ácido sulfúrico concentrado será descargado mediante bombas y será almacenado en 2 tanques atmosféricos de 3,000 bbl cada uno. Posteriormente el ácido sulfúrico almacenado será distribuido a través de bombas a los tanques de día de los consumidores de ácido sulfúrico concentrado en la refinería; estos consumidores son el sistema de torres de enfriamiento, Planta de Pretratamiento de Agua, Planta Desmineralizadora de agua, Planta de Recuperación y Tratamiento de Condensado y Planta de Tratamiento de Efluentes.

La sosa cáustica al 50%, será recibida en la refinería mediante autotanques que la transportarán hacia las instalaciones, para su uso. La sosa cáustica será descargada por bombas dedicadas y será diluida al 20% en la misma línea utilizando condensado, para después ser almacenada en tanques atmosféricos. Por eso se tendrán dos tanques, uno en preparación y el segundo ya preparado en operación al 20% en peso, enviando la sosa diluida a los consumidores dentro de la refinería. Estos tanques son de 3,000 bbl de capacidad unitaria y contarán con un mezclador en línea y una bomba de recirculación común.

El contenido de los autotanques se vaciará por medio de bombas centrífugas hacia uno de los tanques, el que esté en turno de recepción. La cantidad de condensado o agua desionizada requerida para diluir la sosa cáustica hasta un 20% en todo el tanque, será agregada primero al tanque en turno de recepción. Después, el condensado será recirculado a través del mezclador en línea, por medio de la bomba de recirculación. Una vez la recirculación

establecida, se medirá el flujo de sosa cáustica importada controlándola y se adicionará al mezclador en línea.

De esta manera, se controlará el calor de dilución de la mezcla sosa-agua antes de entrar al tanque. Al final de la adición de sosa, se continuará la recirculación por una hora más, al fin de tener una solución homogénea. La medición y confirmación de la dilución se realizará por medio de análisis de laboratorio.

33. U-86000. Tratamiento de Efluentes.

La Refinería Dos Bocas tendrá un sistema de recolección, acondicionamiento y tratamiento de las aguas utilizadas en la misma refinería. En esta planta se tratarán las corrientes acuosas con contaminantes procedentes de:

- Drenaje aceitoso abierto
- Drenaje químico
- Drenaje pluvial contaminado
- Corrientes con Alto Nivel de BOD5
- Efluentes de la desaladora
- Efluentes de la planta de aguas amargas

Estas corrientes serán sometidas a tratamiento, reduciendo sus contaminantes dentro de los límites permitidos, para evitar que el medio ambiente sufra un impacto negativo a causa de las descargas.

El sistema de tratamiento de efluentes debido a la diferente naturaleza de las alimentaciones de agua que recibirá se compondrá de diversos subsistemas de la siguiente manera:

- Separador de agua / aceite / sólidos
- Neutralización y oxidación de H_2S
- Flotación con aire disuelto (DAF)
- Tratamiento biológico
- Clarificación y filtración

- Tratamiento y disposición de los lodos

Las sosas gastadas también serán incorporadas al sistema de tratamiento de efluentes, debido a que se estima que el flujo de esta corriente será por lotes y con volúmenes bajos, y que estas corrientes se encontraran neutralizadas y sus principales contaminantes oxidados no se considera que la incorporación de este flujo afecte las dimensiones de los equipos, así como el proceso de tratamiento de efluentes.

34. Edificaciones.

El proyecto incluirá la siguiente infraestructura de edificios, los cuales estarán equipados, de acuerdo con el servicio y requerimientos propios del proyecto.

- Central contra incendio.
- Laboratorio de química.
- Incluirá el suministro de los equipos para efectuar las diferentes pruebas de control de los procesos de refinación.
- Servicio Médico (Clínica).
- Centro de Control de Emergencias.
- Centro de Control de Información.
- Centro técnico-administrativo (incluye comedor, biblioteca, auditorio).
- Casas de cambio y oficinas por sector.
- Talleres equipados con máquinas y herramientas para reparación, limpieza y mantenimiento de equipos de proceso (Plantas, Eléctrico, Civil, Instrumentos, Mecánico, Inspección Técnica, Trasportación, Maniobras, Trabajos Generales.).
- Almacenes:
    - General techado.
    - General a interperie.
    - Temporal de residuos peligrosos.

- Temporal de residuos sólidos.

- Partida militar.
- Cuartos de control satélites.
- Subestación de enlace con CFE.
- Subestaciones eléctricas de distribución y principales en áreas de edificios y plantas.
- Centros de entrenamiento y capacitación interna.
- Oficinas del Sindicato.
- Recursos humanos.
- Licitaciones.
- CENDI.
- Cuarto de control centralizado.
- Edificio de telecomunicaciones y central telefónica.
- Casetas y torres de vigilancia.
- Casetas de operadores en plantas y áreas industriales.
- Casetas de medición.
- Cobertizos para bombas, compresores y analizadores.
- Control de acceso personal Pemex.
- Control de acceso a contratistas.
- Gasolinera.
- Residencia de Obra temporal.

Infraestructura Adicional.

- Sistema de distribución de servicios de telecomunicaciones (voz, datos y video).

El sistema de telecomunicaciones propuesto proveerá soporte en la administración, operaciones y seguridad de la refinería. El alcance incluye sistemas de radiocomunicación, Intercom industrial y sistemas de acceso, sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV), sistema telefónico, cableado estructurado, fibra óptica, sistema de transmisión de datos (LAN/WAN), sistema de altavoces y música ambiental, sistema de manejo de redes, sistemas de videoconferencia y audiovisuales, sistema de televisión (CATV), control de accesos (ACS), protección de perímetro y detección de intrusos, sistema de sincronización GPS, sistemas de comunicaciones y transmisiones, sistema de alarma sonora, integrador de sistema de seguridad.

La integración requerida entre plantas de procesos, servicios auxiliares y almacenamiento se indican a continuación:

- ✓ Líneas de proceso para la integración interior entre plantas, áreas de almacenamiento y casas de bombas.
- ✓ Líneas de suministro de servicios a plantas de proceso y áreas de almacenamiento.
- ✓ Anillo de hidrógeno entre plantas productoras y consumidoras.
- ✓ Anillos de recolección de aguas amargas y de distribución de aguas desflemadas.
- ✓ Red de aminas.
- ✓ Red de energía eléctrica en la refinería.
- ✓ Drenajes:
    - ➢ Pluvial.
    - ➢ Aceitoso.
    - ➢ Aceitoso abierto de escurrimientos.
    - ➢ Químico.
    - ➢ Sanitario.
- ✓ Obras de Urbanización (Internas):
    - ➢ Vías de acceso para autotanques.

- Calles.
- Estacionamientos.
- Áreas verdes internas.
- Franja de seguridad ecológica.
- Barda perimetral.
- Puentes vehiculares.

✓ Espuelas de ferrocarril para recibo de catalizadores y desalojo de coque y azufre.

✓ Áreas de carga/descarga de productos.

✓ Trampas de diablo y patines de medición.

- Adecuación en la terminal existente para incorporar llenaderas, descargaderas y demás infraestructura que se requiera, para el movimiento de producto final.

✓ Caseta de control y monitoreo con control de acceso y salida (2 niveles).

✓ Sanitarios choferes.

✓ Sistema de medición de transferencia de custodia.

✓ Casa de bombas en área de llenaderas, descargaderas y despacho de gasolinas y diésel.

✓ Islas carga y descarga de autotanques: llenaderas, descargadera y dispensario de gasolinas y diésel.

✓ Subestación eléctrica.

✓ Estacionamiento autos público / de personal.

✓ Estacionamiento de auto tanques.

✓ Estaciones de bombeo.

- Integración de áreas de proceso futuras.

Considerando las tendencias mundiales se tiene considerado prever los espacios para la instalación posterior de equipos, a fin de implantar adecuaciones para cumplimiento de las futuras normatividades en el contenido de benceno en gasolinas, aromáticos en diésel u otras.

- Integración en áreas existentes.

  Para la integración de la refinería con servicios en áreas existentes que le permitan su operación de forma adecuada, se consideran las siguientes obras de integración:

  - ✓ Suministro de energía eléctrica desde CFE (para casos de emergencia).
  - ✓ Integración con vías de comunicación (carreteras, vías de ferrocarril, servicios, derechos de vía, puentes vehiculares, descargas de aguas residuales).
  - ✓ Integración a terminal marítima (materia prima y salida de productos).

- Obras fuera de sitio.

  Se consideran las siguientes obras fuera del área de la Refinería Dos Bocas que serán necesarias para lograr la integración del proyecto con los servicios externos, sin embargo, se mencionan únicamente de manera informativa, ya que no son del alcance de este Estudio de Riesgo Ambiental:

  - ✓ Estudios de topografía, geotecnia, batimetría, hidrológicos, meteorológicos, ingeniería de tránsito.
  - ✓ Oleoducto para suministrar crudo a la Refinería Dos Bocas, desde los Tanques de Almacenamiento de la misma Terminal Marítima Dos Bocas, Tabasco.
  - ✓ Gasoducto desde los CPG Cactus / Nuevo Pemex para suministro de hasta 220 MMPCD de Gas Natural.
  - ✓ Bocatoma en el Río González para suministro de agua.
  - ✓ Acueducto de 16 km para el suministro de agua. Debido a las gestiones de autorización de suministro, que se encuentran en proceso, se consideran fuentes alternas como suministro de pozos, salobre o marina.
  - ✓ Planta de tratamiento de aguas municipales.

- ✓ Interconexión y sincronización con la red eléctrica de Comisión Federal de Electricidad (CFE) como suministro de respaldo para casos de emergencia; El suministro principal a la Refinería Dos Bocas, es por medio de plantas de cogeneración que serán construidas dentro de la misma refinería.
- ✓ Interconexión a la red ferroviaria de la zona, en Chontalpa (96 Km) para el suministro de insumos y catalizadores o salida de productos (Coque y Azufre).
- ✓ Muelle para llegada de insumos (MTBE) y salida de productos (gasolina y diésel).
- ✓ Accesos carreteros.
- ✓ Transporte de personal para la obra (campamentos, puntos de embarque).
- ✓ Área para talleres, almacenes y prefabricación de tuberías de contratistas.
- ✓ Desmantelamiento y demoliciones.

Los volúmenes estimados de producción de los diversos productos en las plantas de proceso se indican en la Tabla II.11, así como las sustancias almacenadas y volumen máximo de almacenamiento, se muestran en la Tabla II.12.

Tabla II. 11 Producción estimada de plantas de proceso

Planta de proceso	Producción estimada (mbd)
1 U-11000Planta de Destilación Combinada (UDC)	• Nafta: 69.88 • Diesel: 79.48 • Gasóleo atmosferico: 8.28 • Gasóleo de vacio: 62.91 • Residuo de vacio: 119.09
2.-U.61000-U-62000 Planta Hidrotatadora de Naftas (HDN)	• LPG: 2.6 • Nafta Ligera: 19.59 • Nafta Pesada: 79.32
3. U-72000 Planta Isomerizadora de Pentanos – Hexanos (PNX)	• Isómero:18.36
4.-U-71000 Planta Reformadora de Naftas. (REF	• Reformado: 68.15 • LPG: 64.18
5.-U-51000-U-52000Planta Hidrotratadora de Diesel(HDDI)	• Diesel Ultra Azufre : 125.49 • Nafta: 8.26

Planta de proceso	Producción estimada (mbd)
6.- U-41000/U-40000 Planta Hidrotratadora de Gasóleos(HDTGO)	• Gas pesado: 92.18 • Nafta: 1.88 • Diesel: 14.08
7.-U-21000 Planta de Desintegración Catalítica Fluidizada (FCC)	• Gasolina Catalitica: 60.91
8.-U-81000 Planta de Recuperación de Azufre. (PARA)	• Azufre:1128 Toneladas al día
13. U-23000 Planta Isomerizadora de Butanos (I-C4)	• Isobutanos: 5.75 • Pentano: 0.21 • Isomeros: 18.38
14. U-22000. Planta de Alquilación (ALKY)	• Alquilado: 19.15 • Propano: 0.03 • Butano: 4.09
15.-U-30000, Planta de Coquización Retardada (PCR)	• Propano- propileno: 5.52 • Butano-Butileno: 4.50 • Nafta: 22.74 • Gasóleo ligero: 25.11 • Gasóleo Pesado: 31.89 • Coque: 8.40
16. Unidad 79000, Planta de Tratamiento y Recuperación de Gases (PTRG)	• Propano:2.07 • Butano:1.49 • Isobutano:1.38
17. U-73000 Planta Productora de Hidrogeno (PH)	• Hidrógeno:120 Millones de Pies Cúbicos

Tabla II. 12 Capacidad máxima de almacenamiento de sustancias

Sustancias almacenadas	Volumen máximo de almacenamiento
Crudo	3 000 000 bls
Nafta Amarga de Coquer	300 000 bls
Nafta Amarga Virgen	300 000 bls
Reformado	400 000 bls
Turbosina Amarga	110 000 bls
Nafta Desulfurada	450 000 bls
Gasóleos Amargos Craqueados	1 000 000 bls
Gasoloeo Amargo Virgen	400 000 bls
Gasoleos Desulfurados	700 000 bls
Gasolina Catalitica	400 000 bls
MTBE	110 000 bls
Aceite Cíclico Ligero	20 000 bls
Alquilado	110 000 bls
Residuos de Vacio	450 000 bls
Slop Seco	30 000 bls
Slop Humedo	30 000 bls
Gasolina Magna ZMVM	400 000 bls

Sustancias almacenadas	Volumen máximo de almacenamiento
Gasolina Premium ZMVM	200 000 bls
Gasolina Magna resto del pais	450 000 bls
Gasolina Premium resto del pais	300 000 bls
Diesel Ultra Bajo Azufre	800 000 bls
Slurry FCC	20 000 bls
Diesel Amargo Virgen	400 000 bls
Diesel Amargo Craqueado	400 000 bls
Sosas Gastadas	10 000 bls
Azufre Liquido	110 000 bls
Isobutano	40 000 bls
Butano Butileno de FCC	60 000 bls
Isomeros	120 000 bls
LPG	60 000 bls
Propileno	80 000 bls
Butanos	20 000 bls
Mezcla de Butanos	40 000 bls
Mezcla de propano-prolileno de Coquer y FCC	80 000 bls
Butano Butileno de Coquer	80 000 bls
Pentanos Hexanos	100 000 bls
Butano Butileno de FCC	20 000 bls

Almacenamiento.

Los tanques de almacenamiento propuestos para la Refinería Dos Bocas tanto para materias primas, productos intermedios y productos terminados, así como la capacidad total de cada sustancia y el tipo de tanque se indican en la Tabla II.13.

Tabla II. 13 Tanques de Almacenamiento

Sustancias Almacenadas	Cantidad máxima de almacenamiento	Tipo de almacenamiento
Crudo	3 000 000 bls	Techo flotante
Nafta Amarga de Coquer	300 000 bls	Techo fijo con membrana interna
Nafta Amarga Virgen	300 000 bls	Techo flotante
Reformado	400 000 bls	Techo fijo con membrana interna
Turbosina Amarga	110 000 bls	Techo fijo

Sustancias Almacenadas	Cantidad máxima de almacenamiento	Tipo de almacenamiento
Nafta Desulfurada	450 000 bls	Techo fijo
Gasóleos Amargos Craqueados	1 000 000 bls	Techo fijo
Gasóloeo Amargo Virgen	400 000 bls	Techo fijo
Gasóleos Desulfurados	700 000 bls	Techo fijo
Gasolina Catalitica	400 000 bls	Techo fijo con membrana interna
MTBE	110 000 bls	Techo fijo con membrana interna
Aceite Ciclico Ligero	20 000	Techo fijo
Alkilado	110 000 bls	Techo fijo con membrana interna
Residuos de Vacio	450 000 bls	Techo fijo
Slop Seco	30 000 bls	Techo fijo
Slop Humedo	30 000 bls	Techo fijo con membrana interna
Gasolina Magna ZMVM	400 000 bls	Techo fijo con membrana interna
Gasolina Premium ZMVM	200 000 bls	Techo flotante
Gasolina Magna resto del pais	450 000 bls	Techo flotante
Gasolina Premium resto del pais	300 000 bls	Techo flotante
Diesel Ultra Bajo Azufre	800 000 bls	Techo flotante
Slurry FCC	20 000 bls	Techo fijo
Diesel Amargo Virgen	400 000 bls	Techo fijo
Diesel Amargo Craqueado	400 000 bls	Techo fijo
Sosas Gastadas	10 000 bls	Techo fijo
Azufre Liquido	110 000 bls	--
Isobutano	40 000 bls	Esfera
Butano Butileno de FCC	60 000 bls	Esfera
Isomeros	120 000 bls	Esfera
LPG	60 000 bls	Esfera
Propileno	80 000 bls	Esfera
Butanos	20 000 bls	Esfera

Sustancias Almacenadas	Cantidad máxima de almacenamiento	Tipo de almacenamiento
Mezcla de Butanos	40 000 bls	Esfera
Mezcla de propano-prolileno de Coquer y FCC	80 000 bls	Esfera
Butano Butileno de Coquer	80 000 bls	Esfera
Pentanos Hexanos	100 000 bls	Esfera
Butano Butileno de FCC	20 000 bls	Esfera

Equipos de proceso y auxiliares.

A continuación, se describen los equipos de proceso e infraestructura de servicios para las diferentes instalaciones de la Refinería Dos Bocas, considerando que deberán ser diseñados para alcanzar un tiempo de vida útil mínimo de 20 años, guardando un equilibrio entre los costos y beneficios obtenidos.

II.2.6 Desmantelamiento y abandono de las instalaciones.

Si por razones de estrategia productiva, económica, ambiental o alguna otra, se decide acortar o alargar el tiempo de vida útil del proyecto, se podrá tomar la decisión de sacar de operación las obras o alguno de sus componentes sin abandono del sitio; para lo cual, se realizará una planeación detallada y especifica de las actividades a realizar para dar cumplimiento a la normatividad ambiental vigente; así mismo, se notificará por escrito dicha situación a la autoridad competente, previo a la aplicación de dichos cambios.

II.2.7. Residuos.

Preparación del sitio y construcción.

En estas etapas se generará una gran cantidad de residuos derivados de la preparación del sitio y de la construcción. En la preparación del sitio se realizarán demoliciones de infraestructura existente, en particular, tal es el caso de edificios, bardas, carpeta asfáltica, guarniciones, entre otros. A continuación se muestra el volumen estimado:

Tabla II. 14 Estimación del volumen de demoliciones a realizar.

Concepto	Unidad	Factor*	Volumen de obra	Toneladas generadas
Plafón de yeso	m^2	50 kg/m^2	4,340.50	217.03
Estructura metálica	ton		430.00	430.00
Concreto reforzado	m^3	2.4 ton/m^3	24,946.31	59,871.14
Muros de mampostería	m^2	250 kg/m^2	21,383.20	5,345.80
Lámina metálica	m^2	1.65 kg/m^2	5,960.00	9.83
Concreto	m^3	2.3 ton/m^3	12,894.04	29,656.29
Carpeta asfáltica	m^3	1.3 ton/m^3	4,972.50	6,464.25
*Plan de Manejo de Residuos de la Construcción y la Demolición de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC)			Total	101,994.35

Para la estimación de los volúmenes de los residuos de la construcción y la demolición (RCD) se tomó como base la metodología propuesta por la CMIC en su Plan de Manejo de Residuos de la Construcción y la Demolición (2014), en el cual se tiene algoritmos para calcular los residuos de forma directa e indirecta, en el caso particular de las demoliciones, se utilizó la forma directa debido a que contó con los volúmenes de obra.

La estimación de los residuos sólidos urbanos (RSU) que podrían ser generados en las etapas de preparación del sitio y la construcción, se utilizó el número de trabajadores promedio estimado en 14,400 trabajadores; asimismo se consideró la tasa de generación per cápita de 0.99 kg persona/día, para la región Chontalpa, que es una tasa reportada para centros urbanos medianos (SEMARNAT, 2017),sin embargo, considerando la jornada laboral de 8 horas diarias, se consideró la tercera parte de la tasa reportada para centros urbanos, es decir de 0.33 Kg persona/jornada laboral.

Algunas entidades federativas han implementado para el manejo de los RCD padrones de prestadores de servicios, que incluyen la recolección y el transporte de dichos residuos y en algunos casos centros de acopio, transferencia e incluso de disposición final. En el caso que nos ocupa, para el Estado de Tabasco se cuenta con un padrón sin embargo no está actualizado.

No obstante lo anterior se buscará dar cumplimiento con proveedores de servicios que puedan proporcionar un manejo adecuado de los residuos para dar cumplimiento con la normativa aplicable.

A continuación se muestran en la siguiente tabla la estimación realizada:

Tabla II. 15 Generación de residuos sólidos urbanos,

Actividad	Tasa de generación kg/hab/día	Número de trabajadores promedio	Generación Kg/día
Preparación del sitio y Construcción	0.33	14 400	4 752

Fuente: Elaboración IMP

Operación y mantenimiento.

Para la estimación de la generación de los residuos peligrosos, de manejo especial y urbanos de la Refinería Dos Bocas, se consideraron los volúmenes de generación de la Refinería "Miguel Hidalgo" en Tula de Allende, Hidalgo, durante la fase de operación:

Tabla II. 16 Estimación de generación de residuos de la refinería durante la operación

Nombre del residuo	Clasificación	Generación esperada (ton/año)	Descripción de la capacidad para almacenamiento temporal de residuos	Disposición a realizar
SO4 Alúmina gastada	RP (Tóxico)	200	Se tiene previsto la construcción de un almacén temporal de residuos peligrosos conforme al artículo 82 del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos, con una capacidad de al menos 500 toneladas	Con empresa prestadora de servicios autorizada para el manejo de residuos peligrosos
Aminas gastadas, filtros de amina contaminada, lodos de amina, solución acuosa de amina contaminada, productos de la degradación de la amina, así como sólidos recuperados (fondos) provenientes del proceso de endulzamiento del gas y condensados amargos. otros productos de la degradación de aminas del proceso de endulzamiento, cracking y fraccionamiento de azufre	RP (Tóxico)	20		
Pilas o baterías zinc-óxido de plata usadas o desechadas	RP (Tóxico)	1		
Residuos impregnados con hidrocarburos	RP (Tóxico)	500		
Sosas gastadas y sosas fenólicas provenientes de los procesos de endulzamiento de hidrocarburos	RP (Tóxico, Corrosivo)	2,100		
Lodos del separador API y cárcamos en la refinación de petróleo y almacenamiento de productos derivados	RP (Tt)	200		
Catalizador agotado resina impregnada con hidrocarburos procedentes de MTBETAME	RP (Tóxico)	150		
Sólidos provenientes de servicios auxiliares	RP (Tóxico)	30		
Carbón activado proveniente del proceso productivo	RP (Tóxico)	60		
Lámparas fluorescentes y de vapor de mercurio proveniente de servicios auxiliares	RP (Tóxico)	1		
Tóner proveniente de servicios auxiliares	RP (Tóxico)	1		

Nombre del residuo	Clasificación	Generación esperada (ton/año)	Descripción de la capacidad para almacenamiento temporal de residuos	Disposición a realizar
Residuos sólidos urbanos	RNP	532.9	Se tiene previsto la construcción de un área que albergará este tipo de residuos dentro de la Refinería	Se ha identificado un basurero en el Municipio de Paraíso, a 7 Km del sitio del proyecto, así como un relleno sanitario autorizado en el Municipio de Comalcalco a 30 Km del sitio del proyecto. Así también se han identificado a personas físicas y morales como prestadoras de servicios de recolección de basura y residuos que pueden brindar el servicio.
Residuos de manejo especial	RNP	0.119		

Notas: RP=Residuo Peligroso, RNP=Residuo No Peligroso

Abandono.

La Refinería Dos Bocas está proyectada para que por lo menos opere al menos 20 años, de acuerdo a las proyecciones del World Energy Council (2016), los hidrocarburos en el año 2060 serán todavía una fuente importante energética en el mundo, tanto para lo movilidad como para la industria.

Por lo anterior, si por razones de estrategia productiva, económica, ambiental o alguna otra, se decide acortar o alargar el tiempo de vida útil del proyecto, se podrá tomar la decisión de sacar de operación las obras o alguno de sus componentes sin abandono del sitio; para lo cual, se realizará una planeación detallada y especifica de las actividades a realizar para dar cumplimiento a la normatividad ambiental vigente; así mismo, se notificará por escrito dicha situación a la autoridad competente, previo a la aplicación de dichos cambios.

II.2.8. Generación de gases de efecto invernadero (GEI).

En las diversas etapas del proyecto se generarán emisiones a la atmósfera debido a la circulación de vehículos automotores de combustión interna con base a diésel y gasolina, los cuales cumplirán con su respectivo programa de mantenimiento preventivo y correctivo a fin de reducir los niveles de generación. Se mantendrán registros y/o bitácoras de su realización.

La maquinaria y los vehículos de transporte cumplirán con el programa de mantenimiento preventivo y correctivo con base en fabricantes.

Estimación de Emisiones de GEI.

El cálculo para las emisiones generadas se realizó considerando 24 semanas en la preparación del sitio y de 120 semanas para la construcción. En la tabla siguiente se presentan los factores de emisión específicos utilizados para estimar la generación de emisiones de GEI´s por tipo de vehículo, equipo y maquinaria (American Petroleum Institute, 2009).

Tabla II. 17 Factores de emisión de equipo y maquinaria de obra civil

Equipo	Factor emisión	
	kg CO_2 /milla	kg CH_4 /milla
Vehículo diésel 3.5 ton	0.297	
Camión de agua	536	0.44
Camión de volteo diésel	536	0.44
Excavadora diésel	536.3	0.34
Maquina zanjadora diésel	535.8	0.51
Perforadora diésel	529.7	0.6
Mezcladora diésel	529.7	0.61
Grúa diésel	530.2	0.44
Niveladora diésel	536.3	0.35
Tractores/cargadores/retroexcavadoras Diésel	691.1	1.85
Bulldozer a diésel	536.3	0.36
Trascabo a diésel	536.2	0.38
Montacargas a diésel	690.8	1.98
Motogeneradores	587.3	1.21
Soldadora 500 HP	6.72	0.2
Aplanadora	56.48	0.37
Trascabo Mano de chango 500 HP	98.05	0.6

Fuente: American Petroleum Institute. (2009). Compendium of Greenhouse Gas Emissions Methodologies for the Oil and Natural Gas Industry. API.

Los factores de emisión de la maquinaria, consideran las emisiones medias anuales y consumo de combustible de los camiones ligeros y pesados a gasolina y diésel, según el informe EPA 420-F-05-022 de agosto de 2005. Dichas tasas de emisión se obtuvieron a través del modelo de emisión MOBILE-6 (Environmental Protection Agency, 2005). La aplicación de los factores de emisión consideró el nivel de intensidad y volumen de trabajo, así como la potencia de los equipos involucrados, considerando 2 turnos de trabajo de 8 horas.

También se tomaron en cuenta las consideraciones y criterios definidos en el Manual de Factores Emisión de Gases de Efecto Invernadero (DEFRA, 2011). Los resultados de las emisiones de GEI's generadas para las diversas etapas y actividades del proyecto se presentan en la tabla siguiente.

Tabla II. 18 Emisiones de GEI's generados durante la etapa de desarrollo del proyecto.

Etapa	Semanas	Emisión G g CO_2	Emisión G g CH_4
Fase de preparación del sitio.	24	100.087	0.0897
Fase de construcción.	117	487.21	0.62

Fuente: Elaboración IMP

Durante la fase de desarrollo del proyecto, también se generarán emisiones de: partículas de polvo durante el transporte de materiales producto de la remoción vegetal y el despalme, para lo cual se implementarán medidas tales como riego de las áreas de trabajo (cuando sea requerido) y cubrir con lonas las cajas de los camiones transportistas.

Estimación de Emisiones de GEI's en la etapa de operación.

En la estimación de las emisiones de GEI's generadas por las plantas de proceso en la fase de operación de la Refinería Dos Bocas, se utilizó información histórica del monitoreo de emisiones de equipos de combustión de centros de trabajo del Sistema Nacional de Refinación, así como el uso de factores de emisión por tipo de combustibles, considerando la capacidad energética y del poder calorífico del gas combustible.

En el caso de las plantas de proceso se consideraron sus respectivas capacidades de procesamiento, información de los equipos de combustión de plantas prototipo para determinar el nivel de emisión por tipo de planta. En los casos que no fue posible ubicar plantas prototipo se consideró un equipo de combustión equivalente, es decir con base en los requerimientos energéticos de los equipos de calentamiento. El cálculo de emisiones de combustión, implica la estimación de los consumos de combustible y del uso de Factores de Emisión específicos para el tipo de combustible (U.S. Environmental Protection Agency, 1995).

Tabla II. 19 Plantas de proceso del proyecto.

Planta de Proceso	Capacidad (mbpd)
Combinada Maya	340
Hidrodesulfuradora de Diésel	122
Coquización Retardada	125
Hidrodesulfuradora de Gasóleos	115
Catalítica	105
Splitter de Propano-Propileno	19.8
Isomerizadora de Butanos	8.9

Planta de Proceso	Capacidad (mbpd)
Alquiladora	24
Hidrodesulfuradora de Naftas	88
Reformadora	66
Isomerizadora de C5 y C6	21
Recuperación de Gases	---
Recuperación de Azufre	1,280TPD
Generadora de Hidrógeno	160 MMSCFD
Regeneración de Amina sin CO_2	830 m^3/h
Regeneración de Amina con CO_2	850 m^3/h
Aguas Amargas Fenólicas	2 x 200 m^3/h
Aguas Amargas No Fenólicas	2 x 120 m^3/h
Cogeneración electricidad	---

Fuente: Elaboración IMP

En la tabla siguiente se presentan los resultados de la estimación de las emisiones de GEI's de los equipos de combustión de las plantas de proceso en la etapa de operación de la refinería. Las plantas de procesamiento, en que de acuerdo a su tecnología, no exista calentamiento o este se lleva a cabo en otra planta, se identifican con la etiqueta NA. Cabe hacer mención que los equipos de calentamiento considerados en el proyecto consumirán combustibles limpios tal como el gas combustible. Sólo por cuestiones de seguridad operativa se podría consumir una mínima cantidad de combustóleo.

Tabla II. 20 Emisiones estimadas de GEI's de plantas de proceso.

Plantas de procesamiento	Emisiones GEI´s (Gg/año)		
	CO_2	COV´S	CH_4
Emisiones de combustión			
Combinada Maya	296.371	0.013	0.006
Hidrodesulfuradora de Diésel	29.663	0.001	0.001
Coquización Retardada	97.636	0.004	0.002
Hidrodesulfuradora de Gasóleos	43.218	0.002	0.001
Catalítica	22.051	0.001	0.000
Splitter de Propano-Propileno	NA	NA	NA
Isomerizadora de Butanos	NA	NA	NA
Alquiladora	5.350	0.000	0.000
Hidrodesulfuradora de Naftas	72.193	0.003	0.001
Reformadora	26.143	0.001	0.001

Plantas de procesamiento	Emisiones GEI´s (Gg/año)		
	CO_2	COV´S	CH_4
Emisiones de combustión			
Isomerizadora de C_5 y C_6	8.428	0.000	0.000
Recuperación de Gases	NA	NA	NA
Recuperación de Azufre	9.332	0.000	0.000
Generadora de Hidrógeno	243.877	0.011	0.005
Regeneración de Amina sin CO_2	NA	NA	NA
Regeneración de Amina con CO_2	NA	NA	NA
Aguas Amargas Fenólicas	NA	NA	NA
Aguas Amargas No Fenólicas	NA	NA	NA
Cogeneración electricidad	972.604	0.045	0.019
Total	1,826.868	0.083	0.035

Fuente: Elaboración IMP

Los equipos de combustión deberán cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM-085-SEMARNAT-2011, “Contaminación atmosférica-Niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición”; en su tabla 2 Niveles máximos permisibles de emisión de los equipos nuevos a la entrada en vigor de dicha norma.

También se realizó la estimación de las emisiones de GEI’s en equipos no convencionales, por ejemplo, en el sistema de desfogues (flaring), para ello se utilizaron factores de emisión específicos para el sector refinación (Martín, 2008).

De acuerdo con la información de diseño, se consideró: 1 quemador de gas ácido, 1 quemador de la Coquizadora y 2 quemadores de hidrocarburos (alta y baja presión). Cabe hacer mención que el sistema de desfogues sólo está en funcionamiento en caso de emergencia y se mantienen encendidos con una corriente de propano para que siempre estén preparados para operar cuando ocurra una operación anormal. En el caso de las emisiones fugitivas, se emplearon factores de emisión definidos por tipo de accesorio tubería y una relación de accesorios típicos por tipo de planta de procesamiento (Office of Air Quality Planning and Standards, 2011), con dicha información se definió un nivel de emisión fugitiva (COV’s y metano), ver tabal II.20, (EEA, 2016).

Las emisiones evaporativas que se estima se podrían generar en el sistema de tratamiento de efluentes, tanques de almacenamiento (EMEP-EEA, 2014) y

venteos, (Venting and flaring, Flaring in oil refinery, 2009), fueron calculadas con factores de emisión específicos. Ver Tabla siguiente (IPCC, 1996).

Además se consideró la información de diseño y número de tanques de almacenamiento.

Tabla II. 21 Tanques de almacenamiento de intermedios del proyecto.

	Tanques Almacenamiento de intermedios	No.	Capacidad nominal por tanque (B)	Tipo
1	Residuo de Vacío	3	150,000	Atmosférico Techo Fijo
2	Diésel Amargo	2	200,000	Atmosférico techo flotante
3	Diésel amargo de craqueo	2	200,000	Membrana Interna Flotante
4	Gasóleo Amargo	2	200,000	Atmosférico Techo Fijo
5	Gasóleo Amargo de craqueo	2	500,000	Membrana Interna Flotante
6	Gasóleo Hidrodesulfurado	2	500,000 (1) /200,000 (1)	Atmosférico Techo Fijo
7	Gasolina Amarga	2	150,000	Atmosférico Techo Flotante
8	Gasolina Amarga de craqueo	2	150,000	Membrana Interna Flotante
9	Gasolina Ligera	5	20,000	Esférico
10	Gasolina Hidrodesulfurada	2	250,000	Atmosférico Techo Fijo
11	Isómero	6	20,000	Esférico
12	Reformado	2	200,000	Membrana Interna Flotante
13	P-P	4	20,000	Esférico
14	Coker B-B	4	20,000	Esférico
15	FCC B-B	4	20,000	Esférico
16	Mezcla de Butano	1	20,000	Esférico
17	Butanos-Pentanos	1	20,000	Esférico
18	Gasolina Catalítica	2	200,000	Membrana Interna Flotante
19	Aceite Cíclico Ligero	2	30,000	Atmosférico Techo Fijo
20	FCC Slurry	2	10,000	Atmosférico Techo Fijo
21	Alquilado	2	55,000	Membrana Interna Flotante

Fuente: Elaboración IMP

Tabla II. 22 Tanques de almacenamiento de productos del proyecto.

	Almacenamiento de Productos Terminados	No. Tanques	Capacidad nominal por tanque (B)	Tipo
1	Diésel UBA	4	200,000	Atmosférico Techo Fijo
2	Propileno	4	25,000	Esférico
3	LPG	3	20,000	Esférico
4	Magna Zona Metropolitana	2	200,000	Atmosférico Techo Flotante
5	Premium Zona Metropolitana	2	100,000	Atmosférico Techo Flotante
6	Magna Resto del País	3	150,000	Atmosférico Techo Flotante
7	Premium Resto del País	2	150,000	Atmosférico Techo Flotante

Fuente: Elaboración IMP

Tabla II. 23 Tanques de otros almacenamientos del proyecto.

	Otros Almacenamiento	No. Tanques	Capacidad nominal por tanque (B)	Tipo
1	Aceite Flushing	2	10,000	Atmosférico Techo Fijo
2	Slop sin humedad	1	30,000	Atmosférico Techo Fijo
3	Slop con humedad	1	30,000	Atmosférico Techo Fijo

Fuente: Elaboración IMP

Tabla II. 24 Emisiones estimadas de GEI's de fuentes no convencionales del proyecto.

Plantas de procesamiento	Emisiones GEI´s (Gg/año)		
	CO_2	COV´S	CH_4
Emisiones No convencionales			
Sistema de desfogues	321.178	0.044	0.428
Emisiones fugitivas y evaporativa			
Tanques almacenamiento	0	12.518	0.191
Equipos y accesorios de tubería	0	0.000	8.959
Venteos	0	0.045	0.00045
Tratamiento efluentes	0	0.001	0.00003
Total	0	12.564	9.150

Fuente: Elaboración IMP

De acuerdo con los resultados presentados, la tasa de emisión total anual de CO_2 es de 2,148.046 Gg en la operación normal de la refinería. Para el CH_4 es de 12.692 Gg/año y de COV´s es 0.011 Gg/año. Se prevé que las emisiones generadas en la operación de estas nuevas instalaciones tengan un impacto local. Estas emisiones serán monitoreadas con base en la normatividad aplicable para fuentes fijas.

Con la finalidad de disminuir o evitar emisiones fugitivas y evaporativas de naftas de los tanques de almacenamiento, estos contarán con techo flotante. Adicionalmente, el diseño, construcción e instalación de los tanques incluirán geomembrana flexibles ("liner") para evitar infiltraciones al subsuelo en caso de fugas y serán construidos con doble fondo y detector de fugas como se indica en el Apéndice I del API-620 y API-650 para el almacenamiento de hidrocarburos.

II.2.9. Generación de aguas residuales.

Etapa de preparación del sitio y construcción

La estimación de la generación de aguas residuales para la etapa de preparación del sitio y construcción consideró que se tendrán en promedio 14 400 trabajadores, con una generación per cápita de aguas residuales de 159 L/hab/día, de acuerdo con el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, CONAGUA, 2007, considerando que los trabajadores no permanecen las 24 horas en el sitio de las obras, entonces para las estimaciones de caudal medio, Q_{MED} (Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, CONAGUA, 2007) se utilizó el valor de 53 L/hab/día que correspondería al tiempo de su permanencia en la jornada laboral. A continuación se muestra la tabla con los resultados obtenidos:

Tabla II. 25 Generación de aguas residuales domésticas en la etapa de preparación del sitio y construcción.

Generación per cápita de aguas residuales	Trabajadores promedio en la etapa de preparación del sitio y construcción	Generación de aguas residuales
53 L/hab/día	14 400	8.83 L/seg

Durante esta etapa se considera la contratación de sanitarios portátiles que se encargarán de la disposición de las aguas residuales en sitios autorizados por el organismo operador del agua.

Etapa de operación y mantenimiento.

La estimación de la generación de aguas residuales para esta etapa consideró la generación de aguas residuales domésticas y las aguas industriales o de proceso. En el caso de las domésticas se consideró una plantilla de 1000 trabajadores, con una generación per cápita de aguas residuales de 159 L/hab/día, de acuerdo con el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, CONAGUA, 2007, considerando que los trabajadores no permanecen las 24 horas en el sitio de las obras, entonces para las estimaciones de caudal medio, Q_{MED} (Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, CONAGUA, 2007) se utilizó el valor de 53 L/hab/día que correspondería al tiempo de su permanencia en la jornada laboral. A continuación se muestra la tabla con los resultados obtenidos:

Tabla II. 26 Generación de aguas residuales domésticas en la etapa de operación y mantenimiento.

Generación per cápita de aguas residuales	Trabajadores promedio en la etapa de preparación del sitio y construcción	Generación de aguas residuales
53 L/hab/día	1 000	0.61 L/seg

La estimación de la generación de aguas residuales de proceso consideró la generación de corrientes procedentes de las plantas de proceso (agua de desalación del crudo y los efluentes de la planta de aguas amargas), así como la generación de corrientes del drenaje aceitoso abierto conectados a los diques de contención del área de almacenamiento y los vertidos de los desnatadores de las torres de enfriamiento de proceso. Además de lo anterior, también se consideraron las corrientes del drenaje químico provenientes de talleres, laboratorios, entre otros. A continuación se muestra la tabla con los resultados obtenidos:

Tabla II. 27 Generación de aguas residuales de proceso en la etapa de operación y mantenimiento.

Planta de proceso	Generación de aguas residuales m^3/seg
Alquilación sección reacción	111.25
Alquilación sección fraccionamiento	2.95
Azufre	18720.00
Destilación combinada	138.70
Coquización retardada	62.00
Craqueo catalítico fluidizado	41.54
Hidrotratamiento de diésel	43.40
Hidrotratamiento de naftas	24.07
Hidrotratamiento de gasóleos	66.40
Total	19210.31

Fuente Elaboración IMP

Contenido

III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES. 4
III.1 Marco legal. 4
III.2 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM). 6
III.3 Tratados internacionales. 9
III.3.1 Protocolo de París, dentro de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. 9
III.4 Instrumentos jurídicos aplicables en materia ambiental. 11
III.4.1 Ley de Petróleos Mexicanos (LEY PEMEX) 11
III.4.2 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) 11
III.4.3 Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación de Impacto Ambiental. 20
III.4.4 Reglamento de la LGEEPA en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera 24
III.4.5. Ley General de Cambio Climático. 26
III.4.6 Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en Materia del Registro Nacional de Emisiones. 30
III.4.7 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes. 34
III.4.8 Ley Federal de Responsabilidad Ambiental. 36
III.4.9 Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía y su Reglamento. 38
III.4.10 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS). Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de junio de 2018 39
III.4.11 Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. 40
III.4.12 Ley General de Vida Silvestre. 41
III.4.13 Ley General de Bienes Nacionales y Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar. 46
III.4.14 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Peligrosos (LGPGIRP). 47
III.4.15 Reglamento de la LGPGIRP. 50
III.4.16 Ley de Aguas Nacionales (LAN). 53
III.4.17 Reglamento de LAN. 54
III.4.18 Ley de Hidrocarburos (LH). 55

III.4.19 Reglamento de las Actividades a que se refiere el Título Tercero de la Ley de Hidrocarburos. 58
III.5 Normas Oficiales Mexicanas. 62
III.6 Instrumentos de Planeación 76
III.6.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT). 77
III.6.2 Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMRGMYMC). 91
III.6.3 Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Tabasco (POERET). 97
III.7 Decretos de Áreas Naturales Protegidas. 106
III.8 Áreas de Importancia Ambiental. 107
III.8.1 Regiones Terrestres Prioritarias. 107
III.8.2 Regiones Hidrológicas Prioritarias. 107
III.8.3 Área de importancia para la conservación de las aves. 109
III.9 Planes de Desarrollo. 110
III.9.1 Plan Nacional de Desarrollo. 110
III.9.2 Plan Estatal de Desarrollo. 111
III.9.3 Programa de Desarrollo Urbano Paraíso, Tabasco. 112
III.10 Programas sectoriales. 113
III.10.1 Programa Sectorial de Energía 2013 – 2018. 113

Índice de Figuras

Figura III. 1 Pantalla de resultados del SIGEA....77
Figura III. 2 Unidades de Gestión Ambiental dentro del polígono del SAR....93

Indice de Tablas

Tabla III. 1 Artículos de la Constitución vinculantes....6
Tabla III. 2 Artículos de la LGEEPA que se vinculan al proyecto....12
Tabla III. 3 Artículos del REIA que se vinculan al proyecto....20
Tabla III. 4 Artículos del RMPCC que se vinculan al proyecto....24
Tabla III. 5 Artículos del LGCC que se vinculan al proyecto....27
Tabla III. 6 Artículos del RLGCC que se vinculan al proyecto....30
Tabla III. 7 Artículos del RLGEPA en Materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes que se vinculan al proyecto....34
Tabla III. 8 Artículos de la LFRA que se vinculan al proyecto....36
Tabla III. 9 Artículos del LGVS que se vinculan al proyecto....41
Tabla III. 10 Vinculación del Proyecto con la LGPGIRP....47
Tabla III. 11 Vinculación del proyecto con RLGPGIR....50
Tabla III. 12. Vinculación del proyecto con LAN....53
Tabla III. 13 Vinculación del proyecto con RLAN....54

Tabla III. 14 Vinculación del proyecto con la LH. 55
Tabla III. 15 Vinculación del proyecto con la RLH. 58
Tabla III. 16 Normas Oficiales Mexicanas. 62
Tabla III. 17 Unidad Ambiental Biofísica (UAB) 76 y Región Ecológica 5.32 del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio aplicable al proyecto. 80
Tabla III. 18 Vinculación con las estrategias sectoriales aplicables en la UAB 76 referente al proyecto. 81
Tabla III. 19 Unidad Ambiental Biofísicas (UAB) 135 y Región Ecológica 18.3 del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio aplicable al proyecto. 86
Tabla III. 20 Vinculación con las estrategias sectoriales aplicables en la UAB 135 referente al proyecto. 87
Tabla III. 21 Vinculación con las acciones generales aplicables al proyecto. 94
Tabla III. 22 Acciones Específicas aplicables a la UGA 70. 95
Tabla III. 23 Estrategias Ecológicas Generales: 97
Tabla III. 24 Criterios para actividades industriales 99
Tabla III. 25 Criterios generales aplicables al proyecto 102
Tabla III. 26 Ficha técnica de la RHP – 90. 108
Tabla III. 27 Objetivos y estrategias aplicables, Ordenamiento Territorial, Infraestructura, Comunicaciones y Transportes para el Desarrollo Equilibrado. 112

III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES.

III.1 Marco legal.

Este capítulo realiza un ejercicio detallado de la relación jurídica llamada vinculación de las obras y actividades del proyecto con los instrumentos de planeación y jurídicos aplicables en materia ambiental; el objetivo de ello, es establecer la forma como el proyecto cumple con las disposiciones y lineamientos que tales ordenamientos establecen, lo que equivale a poner en evidencia la justificación jurídica de la iniciativa que se somete a la consideración de la autoridad del sector medio ambiente.

Este ejercicio implica identificar al conjunto de instrumentos de planeación y aquellos de naturaleza jurídica, normativa y administrativa que contiene la legislación vigente que tienen como finalidad regular los aspectos ambientales de las obras y actividades del proyecto, sustentado en los planteamientos técnicos que se detallan en cada uno de los capítulos restantes de la MIA, ofrecer a la Autoridad los argumentos que aseguran el cumplimiento de los objetivos de cada una de esas disposiciones.

La premisa bajo la cual se desarrolló este ejercicio, se sustenta en la definición de Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) que hace el artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). En ella, le asigna un carácter de procedimiento a través del cual la autoridad ambiental competente dispone del fundamento para fijar condiciones a un proyecto, cuando éste pueda causar desequilibrios en el ambiente o rebasar los límites máximos permisibles que establecen las disposiciones ambientales. Por lo anterior, en el presente capítulo se detalla como el proyecto se ajusta a los objetivos de las disposiciones jurídicamente que le son aplicables, a través del establecimiento y cumplimiento de las condicionantes necesarias y requeridas, para evitar daños al ambiente.

En este contexto, se han seguido los lineamientos contenidos en la guía que la ASEA ha emitido para la presentación de una MIA-R, la cual establece que es recomendable identificar y analizar los diferentes instrumentos de planeación que orientan o regulan la zona donde se ubicará el proyecto; así como, identificar los instrumentos jurídicos que establecen diversas disposiciones que inciden sobre la regulación ambiental del proyecto y evidenciar cómo éste se ajusta a los alcances de tales obligaciones en su más amplia consideración.

Se entiende como instrumentos de planeación jurídicamente aplicables a aquellos

que tienen connotaciones francamente ambientales en sus lineamientos y disposiciones. De acuerdo con la vinculación del presente Capítulo III de la Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional, del proyecto de construcción del Complejo Industrial de Refinación Dos Bocas", en lo sucesivo se denominará como el proyecto, presentado al Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental por la empresa PEMEX Transformación Industrial.

Uno de los principales retos de infraestructura que ha planteado el Sr. Presidente Andrés Manuel López Obrador, es la construcción de la nueva refinería que el Gobierno Federal planea realizar en Dos Bocas, Paraíso, Tabasco. Se planea que el área de construcción de la Refinería tenga una extensión de terreno de 756.79 hectáreas y una capacidad de refinación de 340,000 barriles diarios. A esta refinería se conectarían los ductos de petróleo provenientes de Tabasco y Campeche, de donde se extrae el 80% de hidrocarburos del país.

Como es de imaginar, esta no es una tarea fácil. Esta nueva obra monumental debe cumplir con múltiples requisitos de construcción y de cuidado al medio ambiente antes, durante y con posterioridad a su edificación. Por lo anterior, entre otros, durante su etapa de planeación la obra debe contar con seis permisos principales, a fin de cumplir con la legislación actual en relación con el cuidado del entorno natural en que se desarrollará.

Así pues, la obra debe satisfacer los requisitos establecidos en las leyes generales de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos y la Ley de Responsabilidad Ambiental, de acuerdo con lo establecido por instituciones como la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Energía (SENER) y la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA).

El objetivo entonces, es acreditar la concordancia y cumplimiento de criterios establecidos en los programas de ordenamiento ecológico del territorio en sus diferentes categorías y los demás requisitos regulatorios y normativos aplicables a las obras y actividades a desarrollar para lograr la ejecución del proyecto.

III.2 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM).

La CPEUM es el instrumento rector y norma suprema del ordenamiento jurídico mexicano cuyas disposiciones trascienden a todo el ordenamiento jurídico mexicano, y por tanto, como ley, su fuerza normativa siempre habrá de regular todo acto dentro del Estado mexicano. En ella se establecen los derechos fundamentales que habrán de respetarse y garantizarse al momento de poner a consideración de la autoridad una MIA-R por los posibles efectos en el ambiente, de igual forma habrán de cumplirse las bases normativas que rigen los actos de las autoridades que conforman el Estado Mexicano. A continuación, se presenta la vinculación del proyecto con los artículos constitucionales aplicables al mismo:

Tabla III. 1 Artículos de la Constitución vinculantes.

Titulo Primero	Capitulo	Articulo	Párrafo	Inciso
Primero	I. De lo Derechos Humanos y sus Garantías	4	5	-
		25	-	-
		26	-	A
		27	3,4,5	-

Fuente: Elaboracion IMP

Vinculación:

El respeto al derecho a un medio ambiente sano debe ser garantizado por el Estado, de acuerdo con lo que establecen los artículos 1º y 4º de la Constitución. Sin embargo, a nivel secundario el respeto y garantia de los derechos fundamentales conlleva la implementación y cumplimiento de diversos instrumentos de gestión establecidos en la legislación ambiental, entre estos instrumentos el de mayor relevancia es el procedimiento de evaluación de impacto ambiental, el cual establece las medidas y condiciones en las que se podrán desarrollar obras y actividades que respeten, protejan, preserven y en su caso, restauren los elementos que conforman los ecosistemas, y simultáneamente, se atienda a las necesidades económicas y de desarrollo de la población que son requeridas, contribuyendo al objetivo de lograr un desarrollo sustentable, como expresión del respeto del derecho a un medio ambiente sano a que se refiere la Carta Fundamental.

En este sentido, y tal como se demuestra en el presente Capítulo III, el proyecto se desarrollará plenamente en cumplimiento de las medidas de mitigación propuestas y de la normatividad ambiental aplicable, para actuar en concordancia con este derecho consagrado en nuestra Constitución.

La Ley Suprema establece que toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar, sin embargo como documento jurídico político determina que los fines del proyecto nacional están contenidos en en su texto y determina los objetivos de la Planeación, estableciendo que será democrática y

deliberativa; mediante mecanismos de participación que establezca la ley, recogiendo las aspiraciones y demandas de la sociedad para incorporarlas al Plan y los Programas de Desarrollo. Por tanto, habrá un Plan Nacional de Desarrollo al que se sujetarán obligatoriamente los programas de la Administración Pública Federal.

Asimismo, especifica que la nación tendrá en todo tiempo el derecho de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana.

En consecuencia, se dictarán las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico.

Por lo anterior, se hace la observancia a lo que establece esta Ley Suprema, por ser precursora de las leyes ambientales tales como, la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), entre otras, las cuales, son reglamentarias de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, sobre la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Siendo así que, el proyecto propuesto deberá observar y ajustarse a la legislación ambiental aplicable, como son, Planes de Desarrollo, Planes de Ordenamiento Ecológico Territorial, Normas y Leyes Ambientales, etc.

Así también, la Constitución establece como garantia de salvaguarda del derecho humano al medio ambiente sano, la responsabilidad que tiene quien provoca daño y deterioro ambiental, por ello, en el Proyecto se tiene como premisa fundamental el cumplimiento de lo que establece la normatividad ambiental, en todos sus ámbitos de validez y niveles jerárquicos para su aplicación.

Llevar a cabo todas las actividades dentro del marco de legalidad, garantiza la prevención y disminución del daño o deterioro ambiental, ya que esa es la máxima expresión de las normas ambientales, y que rigen en todo Estado democrático de Derecho. Al cumplir la norma se previene la afectación a los elementos naturales que conforman los ecosistemas o bien, técnicamente más preciso, se afecta en los límites y estándares que son permitidos. Asimismo, tomando en consideración que la implementación del proyecto ocasionará impactos al ambiente, se propondrán

las medidas de prevención y mitigación en las diferentes etapas de ejecución del proyecto(ver el Capítulo V y VI de esta Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional).

Sin embargo, es necesario considerar que el artículo 27 Constitucional señala que tratándose del petróleo y de los hidrocarburos sólidos, líquidos o gaseosos, en el subsuelo, la propiedad de la Nación es inalienable e imprescriptible y no se otorgarán concesiones; y que en términos del artículo 9 de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo, la industria petrolera y las actividades a que se refiere el artículo 4o., segundo párrafo, entre las que se encuentra la refinación, son de la exclusiva jurisdicción federal. En consecuencia, únicamente el Gobierno federal puede dictar las disposiciones técnicas, reglamentarias y de regulación que las rijan, no siendo oponible otro régimen legal que pretenda, so protexto de regular un orden distinto de gobierno, imponer limitaciones a la facultad Federal.

III.3 Tratados internacionales.

Por tratados celebrados por México, debe entenderse cualquier "acuerdo internacional celebrado por escrito entre Estados y regido por el derecho internacional, ya conste en un instrumento único o en dos o más instrumentos conexos y cualquiera que sea su denominación particular" (artículo 2, inciso a), de la Convención de Viena sobre el Derecho de los Tratados de 1969), así como aquellos celebrados entre México y organizaciones internacionales. Lo anterior, siempre que se cumplan las formalidades que la propia Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece.

Como resultado de la concientización de los problemas ambientales, que nos afectan como seres humanos en un mundo globalizado, se han creado diversos instrumentos jurídicos y acuerdos bilaterales, regionales y multilaterales. En estos mecanismos, México a través de la SEMARNAT, es un participante activo y ha logrado influir en la agenda internacional y programas de cooperación económica para responder de la manera más adecuada a las prioridades nacionales.

Uno de los procedimientos establecidos en la legislación con los cuales en principio debería cumplir la construcción del Complejo de Refinación Dos Bocas

III.3.1 Protocolo de París, dentro de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

El Acuerdo de París tiene como objetivo evitar que el incremento de la temperatura media global del planeta supere los 2°C respecto a los niveles preindustriales y busca, además, promover esfuerzos adicionales que hagan posible que el calentamiento global no supere los 1.5°C. De esta manera, el Acuerdo recoge la mayor ambición posible para reducir los riesgos y los impactos del cambio climático en todo el mundo y, al mismo tiempo, incluye todos los elementos necesarios para que se pueda alcanzar este objetivo.

Además, reconoce la necesidad de que las emisiones globales toquen techo lo antes posible, asumiendo que esta tarea llevará más tiempo para los países en desarrollo. En cuanto a las sendas de reducción de emisiones a medio y largo plazo, se establece la necesidad de conseguir la neutralidad de las emisiones, es decir, un equilibrio entre las emisiones y las absorciones de gases de efecto invernadero en la segunda mitad de siglo. Cada 5 años, todos los países deben comunicar y mantener sus objetivos nacionales de reducción de emisiones (sus planes de desarrollo para la reducción de emisiones). Además, todos los países deben poner en marcha políticas

y medidas nacionales para alcanzar dichos objetivos. Así, se han presentado 190 planes de lucha contra el cambio climático que cubren alrededor del 99% de las emisiones de todas las Partes de la Convención.

El Acuerdo de París reconoce la importancia de ir incrementando la ambición de los compromisos con objetivos cada vez más ambiciosos, es decir, cada 5 años los compromisos de los países serán cada vez mayores. Asimismo, el Acuerdo reconoce la importancia de los ecosistemas como sumideros de carbono, en particular, los bosques, que se incluyen explícitamente en el Acuerdo, y reconoce la posibilidad de utilizar mecanismos de mercado para cumplir con los objetivos que se marquen los países, si éstos así lo deciden en sus contribuciones.

Vinculación.

En el Proyecto, la generación de emisiones de CO, CO_2 y NOx, provenientes de los sistemas de calentamiento se verán controladas y minimizadas, a través del control de la combustión, uso de combustibles limpios (de bajo Carbono) y de quemadores de Bajo NOx. El proyecto considera en su diseño y tecnología la garantía de optimización de Eficiencia Energética y la reducción de emisiones contaminantes. De manera indirecta, con la producción del Coque, se obtiene un secuestro de Carbono que contribuirá a reducir el uso de combustibles con alto contenido de Carbono. Con respecto a las emisiones de Metano e Hidrocarburos, éstos serán controlados con sistemas de venteos confinados y conducidos por medio de cabezales para su tratamiento en diferentes Unidades de Proceso para su aprovechamiento. Por otra parte, debido a que el propio acuerdo de París reconoce a los ecosistemas como sumideros de carbono, dentro de las medidas de mitigación establecidas por el proyecto se contempla lo siguiente:

III.4 Instrumentos jurídicos aplicables en materia ambiental.

La obligación jurídica, en derecho, es el vínculo mediante el cual dos partes, en este caso el proyecto y las disposiciones de la Ley, quedan ligadas; debiendo la primera (el proyecto), cumplir con las disposiciones aplicables de la segunda (la Ley y otros instrumentos aplicables), en lo que constituye el conjunto de obligaciones que regulan todas las fases de un proyecto, esto es, desde la preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, hasta su eventual abandono.

En relación a lo anterior, es de importancia fundamental identificar con todo detalle cuáles son los ordenamientos jurídicos con los que el proyecto debe vincularse y precisar de cada uno de ellos, cuáles son los lineamientos concretos cuyo contenido ambiental establece una obligación a satisfacer por parte del proyecto. A continuación, en este apartado se identifican y se vinculan los instrumentos jurídicos de naturaleza ambiental que contienen disposiciones vinculantes al proyecto.

III.4.1 Ley de Petróleos Mexicanos (LEY PEMEX)

La Ley de Petróleos Mexicanos (LPM) publicada el 28 de noviembre de 2008 en el Diario Oficial de la Federación, cuya última reforma fue el 11 de agosto de 2014, tiene su fundamento en los artículos 25, párrafo cuarto, 27 y 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Tiene por objeto regular la organización, administración, funcionamiento, operación, control, evaluación y rendición de cuentas de Petróleos Mexicanos, creado por decreto el 7 de junio de 1938, así como fijar las bases generales aplicables a sus Empresas Productivas Subsidiarias.

De acuerdo con sus artículos 4 y 5 de LPM, el Estado realizará las actividades que le corresponden en exclusiva en el área estratégica del petróleo, demás hidrocarburos y la petroquímica básica, por conducto de Petróleos Mexicanos y sus Empresas Productivas Subsidiarias.

Las funciones básicas de Pemex Transformación Industrial son los procesos industriales de refinación, elaboración de productos petrolíferos y derivados del petróleo, su distribución, almacenamiento y venta de primera mano.

III.4.2 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988 y reformada por última vez el 05 de junio de 2018. Establece las disposiciones de orden público en las materias de preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como para la protección del ambiente en el territorio nacional y en las zonas sobre las que la

nación ejerce soberanía. De esta manera, la LGEEPA se vincula y regula todas las fases de desarrollo y los componentes ambientales del proyecto. La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, como desarrollo directo del derecho a un medio ambiente sano previsto en el artíuclo 4° Constitucional, tiene como finalidad la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente en todo el territorio nacional, a través de sus políticas e instrumentos. Por lo anterior, en este apartado se describe el cumplimiento y observancia de sus disposiciones aplicables al proyecto.

De acuerdo al Artículo 1° que define el marco ambiental constitucional de esta Ley, se destacan: la preservación, restauración y el mejoramiento del ambiente; la protección de las áreas naturales, la flora y fauna silvestre y/o acuática, el aprovechamiento racional de los elementos naturales, compatibles con el equilibrio de los ecosistemas; la prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo; por último, establece al Ordenamiento Ecológico como instrumento de planeación ecológica.

En la Tabla III.2 que se incluye a continuación, se indican las disposiciones ambientales de la LGEEPA vinculables al proyecto, y como se dará cumplimiento a las mismas, como a continuación se señala:

Tabla III. 2 Artículos de la LGEEPA que se vinculan al proyecto.

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
17 Ter	Las dependencias de la Administración Pública Federal, el Poder Legislativo y el Poder Judicial de la Federación, instalarán en los inmuebles a su cargo, un sistema de captación de agua pluvial, debiendo atender los requerimientos de la zona geográfica en que se encuentren y la posibilidad física, técnica y financiera que resulte conveniente en cada caso. Esta se utilizará en los baños, las labores de limpieza de pisos y ventanas, el riego de jardines y árboles de ornato. Para efectos de lo dispuesto en el presente artículo, por agua pluvial se entiende aquella que proviene de la lluvia, el granizo y la nieve.	El Proyecto considera e implementará un sistema de drenajes para la captación de agua pluvial en áreas de proceso y fuera de ellas, la cual será enviada a la Planta de Tratamiento de Aguas de Desecho. Una vez tratada el agua pluvial se utilizará como agua de servicios o se descargará al río.
28	La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes	La ejecución del proyecto se ajusta con lo dispuesto en el artículo en comento de la LGEEPA, bajo el rubro de Industria del petróleo. En apego a este precepto, con este documento MIA-R (anexando el estudio de riesgo ambiental) se cumple con esta disposición vinculante e inicia el procedimiento para obtener la autorización de la ASEA en

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría: II.- Industria del petróleo, petroquímica, química, siderúrgica, papelera, azucarera, del cemento y eléctrica;	materia de impacto ambiental, garantizando de esa forma el cumplimiento del proyecto al régimen jurídico nacional, como cualquier otro del sector.
30	Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente. Cuando se trate de actividades consideradas altamente riesgosas en los términos de la presente Ley, la manifestación deberá incluir el estudio de riesgo correspondiente.	En cumplimiento de esta disposición, se elaboró y se somete la presente Manifestación de Impacto Ambiental al procedimiento de evaluación ante la ASEA, la cual contiene principalmente la identificación, descripción y ponderación de los posibles efectos que pueden generar las obras y actividades que prevé el proyecto. Igualmente se proponen las medidas que pueden prevenir o mitigar los efectos identificados. Las actividades del Proyecto son consideradas altamente riesgosas, en términos de lo establecido en la LGEEPA y en los dos listados de actividades altamente riesgosas, ya que se manejarán sustancias como derivados del petróleo, entre otras, por lo que se incluye el estudio de riesgo correspondiente anexo a la presente, por lo que se colman las exigencias para este tipo de infraestructura.
35	Una vez presentada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría iniciará el procedimiento de evaluación, para lo cual revisará que la solicitud se ajuste a las formalidades previstas en esta Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas aplicables, e integrará el expediente respectivo en un plazo no mayor de diez días. Para la autorización de las obras y actividades a que se refiere el artículo 28, la Secretaría se sujetará a lo que establezcan los ordenamientos antes señalados, así como los programas de desarrollo urbano y de ordenamiento ecológico del territorio, las declaratorias de áreas naturales protegidas y las demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables. Asimismo, para la autorización a que se refiere este artículo, la Secretaría deberá evaluar los posibles efectos de dichas obras o actividades en él o los ecosistemas de que se trate, considerando el conjunto de elementos que los conforman y no	En este capítulo, se analiza la congruencia del proyecto con lo que indican todas la disposiciones aplicables en la materia. Tal y como se muestra en el contenido del presente capítulo, no se identificaron instrumentos de política ambiental o normatividad que limite el desarrollo del proyecto. En relación al segundo párrafo del Artículo 35 de la LGEEPA, el presente estudio fue elaborado considerando la afectación puntual y las implicaciones potenciales a los ecosistemas y los procesos que los definen. Es decir, la

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	únicamente los recursos que, en su caso, serían sujetos de aprovechamiento o afectación. Una vez evaluada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría emitirá, debidamente fundada y motivada, la resolución correspondiente.	evaluación de impacto ambiental llevada a cabo fue desarrollada bajo el enfoque ecosistémico en el SAR seleccionado. Siguiendo con el análisis de los supuestos contenidos en el segundo párrafo del artículo 35 de la LGEEPA, se destaca que la ubicación del Proyecto no se encuentra dentro del polígono de alguna Área Natural Protegida (ANP) de competencia Federal, Estatal o Municipal.
35 BIS 1	Las personas que presten servicios de impacto ambiental, serán responsables ante la Secretaría de los informes preventivos, manifestaciones de impacto ambiental y estudios de riesgo que elaboren, quienes declararán bajo protesta de decir verdad que en ellos se incorporan las mejores técnicas y metodologías existentes, así como la información y medidas de prevención y mitigación más efectivas.	En el capítulo VIII se anexa la carta declaratoria bajo protesta de decir verdad.
88	Artículo 88. Para el aprovechamiento sustentable del agua y los ecosistemas acuáticos se considerarán los siguientes criterios: La preservación y el aprovechamiento sustentable del agua, así como de los ecosistemas acuáticos es responsabilidad de sus usuarios, así como de quienes realicen obras o actividades que afecten dichos recursos.	El Proyecto usará el agua de manera integral. Su sistema de agua cruda y reúso de agua mantiene el suministro de agua de reposición para los sistemas de enfriamiento y de servicios. Uno de los objetivos del proyecto es maximizar el reúso de agua dentro de la Refinería para disminuir la demanda de agua cruda proveniente de pozos. Por otra parte, no se contempla la descarga de aguas residuales sin tratar al río Seco, debido a que toda el agua generada será enviada a las plantas de tratamiento para reúso y la posible descarga de agua con parámetros bajo norma.
109 BIS	Artículo 109 BIS. Las personas físicas y morales responsables de fuentes contaminantes están obligadas a proporcionar la información, datos y documentos necesarios para la integración del registro. La información del registro se integrará con datos desagregados por sustancia y por fuente, anexando nombre y dirección de los establecimientos sujetos a registro.	En el Proyecto se contempla el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) que se reportan a la autoridad competente, lo cual podrá ser verificado por el programa de monitoreo ambiental que se instrumentará.

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
		Adicionalmente se entregará a la autoridad ambiental la actualización de la Cédula de Operación Anual (COA) en las condiciones que ésta indique.
110 fracción II	Para la protección a la atmósfera se considerarán los siguientes criterios: Las emisiones de contaminantes de la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas y controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.	Durante las etapas de preparación del sitio y construcción se contará con un programa de mantenimiento para fuentes móviles, a efecto de cumplir con la normatividad vigente en materia de emisiones a la atmósfera. Asimismo, se llevarán registros documentales de su cumplimiento. Por otra parte, las instalaciones del Proyecto se considera la instalación de tecnología de punta lo que reducirá el volumen de emisiones y estas últimas se encontrarán dentro de los parámetros establecidos en la normatividad. Asimismo, las plantas cuentan con infraestructura nueva que permitirá la reducción de compuestos Azufrados contaminantes en las Gasolinas, así como de combustibles que se usan en los procesos de combustión de calentadores a fuego directo (Fuentes Fijas). Las Gasolinas y Diésel que se obtendrán por este Proyecto emitirán menos sustancias contaminantes a la atmósfera. En conclusión el Proyecto cumplirá con las normas vigentes establecidas en materia de emisión de contaminantes de Fuentes Fijas y Móviles, en sus diferentes etapas.
111 BIS	Para la operación y funcionamiento de las Fuentes Fijas de jurisdicción federal que emitan o puedan emitir olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera, se requerirá autorización de la Secretaría. Para los efectos a que se refiere esta Ley, se consideran Fuentes Fijas de jurisdicción federal, las industrias química, del Petróleo y Petroquímica, de pinturas y tintas, automotriz, de celulosa y papel,	El Proyecto en su fase de operación será una fuente fija de emisiones a la atmósfera en el rubro de la Industria del Petróleo. Para el cumplimiento de este artículo, se tramitará la Licencia Ambiental Única (LAU), y se

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	metalúrgica, del vidrio, de generación de energía eléctrica, del asbesto, cementera y calera y de tratamiento de residuos peligrosos. El reglamento que al efecto se expida determinará los subsectores específicos pertenecientes a cada uno de los sectores industriales antes señalados, cuyos establecimientos se sujetarán a las disposiciones de la legislación federal, en lo que se refiere a la emisión de contaminantes a la atmósfera.	cumplirá con reportar la misma a la ASEA.
113	No deberán emitirse contaminantes a la atmósfera que ocasionen o puedan ocasionar desequilibrios ecológicos o daños al ambiente. En todas las emisiones a la atmósfera, deberán ser observadas las previsiones de esta Ley y de las disposiciones reglamentarias que de ella emanen, así como las Normas Oficiales Mexicanas expedidas por la Secretaría.	El proyecto en su fase de operación emitirá gases contaminantes, pero el empleo de tecnología minimizará al máximo los impactos de éstos. Por otro lado, uno de los objetivos del Proyecto en operación, será disminuir en la región la cantidad de contaminantes atmosféricos al generar combustibles de bajo contenido de Azufre.
117 fracción I	Para la prevención y control de la contaminación del agua se considerarán los siguientes criterios: I. La prevención y control de la contaminación del agua, es fundamental para evitar que se reduzca su disponibilidad y para proteger los ecosistemas del país;	En las etapas de preparación del sitio y construcción, se contratará el servicio de sanitarios portátiles con empresas autorizadas, las cuales también deberán llevar a cabo el manejo y disposición final de las aguas sanitarias. En la etapa de operación de la planta, las descargas de aguas residuales se enviarán a la planta de tratamiento domesticas e industriales que se construirán.
121	No podrán descargarse o infiltrarse en cualquier cuerpo o corriente de agua o en el suelo o subsuelo, aguas residuales que contengan contaminantes, sin previo tratamiento y el permiso o autorización de la autoridad federal, o de la autoridad local en los casos de descargas en aguas de jurisdicción local o a los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población.	Las descargas de agua a los cuerpos receptores se realizarán cumpliendo con la NOM-001-SEMARNAT-1996 la cual define los límites máximos de contaminantes. El Proyecto está diseñado para evitar la infiltración de contaminantes en suelo y no se descarga agua residual a los sistemas de drenaje y alcantarillado del centro de población.
122	Las aguas residuales provenientes de usos públicos urbanos y las de usos industriales o agropecuarios que se descarguen en los sistemas de drenaje y alcantarillado de las poblaciones o en las cuencas ríos, cauces, vasos y demás depósitos o corrientes de	El Proyecto contempla la instalación de la Planta de Tratamiento de Aguas de Desecho para su tratamiento y reúso, como se señaló en el

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	agua, así como las que por cualquier medio se infiltren en el subsuelo, y en general, las que se derramen en los suelos, deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir. Contaminación de los cuerpos receptores. . Interferencias en los procesos de depuración de las aguas. I. Trastornos, impedimentos o alteraciones en los correctos aprovechamientos, o en el funcionamiento adecuado de los sistemas, y en la capacidad hidráulica en las cuencas, cauces, vasos, mantos acuíferos y demás depósitos de propiedad nacional, así como de los sistemas de alcantarillado.	Capítulo II la descarga de efluentes será a través de un difusor marino directamente Golfo de México
123	Todas las descargas en las redes colectoras, ríos, acuíferos, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua y los derrames de aguas residuales en los suelos o su infiltración en terrenos, deberán satisfacer las Normas Oficiales Mexicanas que para tal efecto se expidan, y en su caso, las condiciones particulares de descarga que determine la Secretaría o las autoridades locales. Corresponderá a quien genere dichas descargas, realizar el tratamiento previo requerido.	Las descargas de agua residual al Golfo de México y al río Seco, se realizarán cumpliendo los niveles máximos permisibles establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996 y a las Condiciones Particulares de Descarga que otorgue la CONAGUA. Además, el Proyecto tomará medidas para evitar la infiltración de contaminantes en suelo, mediante los diferentes drenajes para recuperar los contaminantes provenientes de los procesos.
134 fracción II	Para la prevención y control de la contaminación del suelo, se considerarán los siguientes criterios: II. Deben ser controlados los residuos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos;	En el capítulo VI se establecen medidas para el manejo de los residuos generados durante las etapas de preparación del sitio y construcción, las cuales quedarán establecidas en un Plan Integral de Manejo de Residuos del proyecto. En la etapa de operación, las descargas de aguas residuales serán enviadas a la planta de tratamiento.
134 fracción III	Es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos, municipales e industriales; incorporar técnicas y procedimientos para su reúso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficientes;	Se elaborará un Plan de Manejo en concordancia a las disposiciones de la LGPGIR.

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
136	Los residuos que se acumulen o puedan acumularse y se depositen o infiltren en los suelos deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar: La contaminación del suelo; . Las alteraciones nocivas en el proceso biológico de los suelos; I. Las alteraciones en el suelo que perjudiquen su aprovechamiento, uso o explotación, y Fracción reformada DOF 13-12-1996. V. Riesgos y problemas de salud.	Se elaborará un Plan de Manejo en concordancia a las disposiciones de la LGPGIR.
140	La generación, manejo y disposición final de los residuos de lenta degradación deberá sujetarse a lo que se establezca en las normas oficiales mexicanas que al respecto expida la Secretaría, en coordinación con la Secretaría de Economía.	En las etapas de preparación del sitio y construcción se cumplirá con las medidas establecidas para manejo de residuos propuestas en el capítulo VI de la presente MIA-R, las cuales quedarán establecidas en un Plan Integral de Manejo de Residuos del proyecto. Los residuos generados por las obras temporales y en la refinería, serán clasificados y manejados conforme a lo establecido en la normatividad ambiental aplicable. El transporte de los mismos, se realizará en los recipientes debidamente identificados o dispositivos adecuados de acuerdo a su clasificación, y se enviarán a los sitios de disposición final autorizados.
147	Quienes realicen actividades altamente riesgosas, en los términos del Reglamento correspondiente, deberán formular y presentar a la Secretaría un estudio de riesgo ambiental, así como someter a la aprobación de dicha dependencia y de las Secretarías de Gobernación, de Energía, de Comercio y Fomento Industrial, de Salud, y del Trabajo y Previsión Social, los programas para la prevención de accidentes en la realización de tales actividades, que puedan causar graves desequilibrios ecológicos.	Las actividades del Proyecto son consideradas altamente riesgosas, en términos de lo establecido en la LGEEPA y en los dos listados de actividades altamente riesgosas, ya que se manejarán sustancias como lo son los derivados del Petróleo, por lo que de manera conjunta se presentará el Estudio de Riesgo Ambiental (ERA). En atención a lo anterior, se estima el proyecto satisface los requisitos legales para su evaluación y eventual autorización, pues no se encuentra en un supuesto que permita concluir que deba ser negada la autorización.

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
147 BIS	Quienes realicen actividades altamente riesgosas, en los términos del Reglamento correspondiente, deberán contar con un seguro de riesgo ambiental. Para tal fin, la Secretaría con aprobación de las Secretarías de Gobernación, de Energía, de Economía, de Salud, y del Trabajo y Previsión Social integrará un Sistema Nacional de Seguros de Riesgo Ambiental.	Una vez que se emita la autorización que corresponda, Pemex presentará un estudio técnico economico, para que una vez considerado por la autoridad, se fijen los montos que habrán de salvaguardarse, para que hecho eso, se pueda emitir la garantía correspondiente.
148	Cuando para garantizar la seguridad de los vecinos de una industria que lleve a cabo actividades altamente riesgosas, sea necesario establecer una zona intermedia de salvaguarda, el Gobierno Federal podrá, mediante declaratoria, establecer restricciones a los usos urbanos que pudieran ocasionar riesgos para la población.	El proyecto dará cumplimiento a las observancias del gobierno federal en el establecimiento de las zonas de salvaguarda que sean definidas al momento de dictar resolución y en atención a las propuestas en la presente manifestación.
150	Los materiales y residuos peligrosos deberán ser manejados con arreglo a la presente Ley, su Reglamento y las Normas Oficiales Mexicanas que expida la Secretaría, previa opinión de las Secretarías de Comercio y Fomento Industrial, de Salud, de Energía, de Comunicaciones y Transportes, de Marina y de Gobernación. La regulación del manejo de esos materiales y residuos incluirá según corresponda, su uso, recolección, almacenamiento, transporte, reúso, reciclaje, tratamiento y disposición final.	Se cumplirá estrictamente la normatividad ambiental vigente en materia de residuos, así como con los lineamientos internos PEMEX en materia de manejo, almacenamiento temporal y disposición final de residuos peligrosos.
151	La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contrate los servicios de manejo y disposición final de los residuos peligrosos con empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas independientemente de la responsabilidad que, en su caso, tenga quien los generó. Quienes generen, reúsen o reciclen residuos peligrosos, deberán hacerlo del conocimiento de la Secretaría en los términos previstos en el Reglamento de la presente Ley.	PEMEX dará seguimiento al adecuado manejo de los residuos. Para ello, la disposición final de los residuos peligrosos será por medio de la contratación de empresas autorizados para llevar dicha actividad.
155	Quedan prohibidas las emisiones de ruido, vibraciones, energía térmica y lumínica y la generación de contaminación visual, en cuanto rebasen los límites máximos establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas que para ese efecto expida la Secretaría, considerando los valores de concentración máxima permisibles para el ser humano de contaminantes en el ambiente que determine la Secretaría de Salud. En la construcción de obras o instalaciones que generen energía térmica o lumínica, ruido o vibraciones, así como en	El Proyecto cumplirá con lo establecido en la NOM-081-SEMARNAT-1994 y se sujetará a la normatividad en materia de salud.

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	la operación o funcionamiento de las existentes deberán llevarse a cabo acciones preventivas y correctivas para evitar los efectos nocivos de tales contaminantes en el equilibrio ecológico y el ambiente.	

Fuente: Elaboracion IMP

III.4.3 Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación de Impacto Ambiental.

Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de mayo de 2000 y reformado el 31 de octubre de 2014.

Tiene por objeto reglamentar las disposiciones contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en materia de Evaluación del Impacto Ambiental a nivel federal. Se vincula con el proyecto el capítulo I referente a las obras o actividades que requieren autorización de impacto ambiental.

Tabla III. 3 Artículos del REIA que se vinculan al proyecto.

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
1	El presente ordenamiento es de observancia general en todo el territorio nacional y en las zonas donde la Nación ejerce su jurisdicción; tiene por objeto reglamentar la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en materia de evaluación del impacto ambiental a nivel federal.	Se da cumplimiento al presente reglamento con la presentación de esta Manifestación de Impacto Ambiental Regional.
5	Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental: D) ACTIVIDADES DEL SECTOR HIDROCARBUROS: III. Construcción de refinerías petroleras, excepto la limpieza de sitios contaminados que se realice con equipos móviles encargados de la correcta disposición de los residuos peligrosos y que no implique la construcción de obra civil o hidráulica adicional a la existente;	El proyecto consiste en la construcción de una refinería, considerada en la industria del petróleo, por lo tanto, la construcción del proyecto se ajusta a lo dispuesto por el inciso D) fracción III del artículo 5° en comento del REIA. Con el documento de la MIA-R, se cumple con esta disposición vinculante e inicia el procedimiento correspondiente para obtener la autorización de la ASEA en materia de impacto ambiental.
9	Los promoventes deberán presentar ante la Secretaría una Manifestación de Impacto Ambiental, en la modalidad que corresponda,	Tal como lo solicita esta disposición, será presentada una MIA en la

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	para que ésta realice la evaluación del proyecto de la obra o actividad respecto de la que se solicita autorización. La información que contenga la manifestación de impacto ambiental deberá referirse a circunstancias ambientales relevantes vinculadas con la realización del proyecto.	modalidad Regional; la cual, incluye toda la información relevante sobre las circunstancias ambientales relacionadas con la realización del proyecto. En los capítulos que integran la MIA-R se hace una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra, considerando el conjunto de los elementos que conforman a estos ecosistemas; así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y disminuír al mínimo el impacto ambiental causado por el proyecto.
10	Las manifestaciones de impacto ambiental deberán presentarse en las siguientes modalidades: Regional. Particular.	Con el objeto de cumplir con la normatividad ambiental se propone a la autoridad una MIA-Regional, basada en el sistema ambiental regional que puede ser afectado con motivo de la ejecución del proyecto. A través de esta MIA-R, concebida ésta como el documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental, significativo y potencial que generará el Proyecto, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo. Ese alcance deviene de la definición que al respecto establece la fracción XX del artículo 3 de la LGEEPA respecto a lo que debe entenderse por MIA. En consecuencia, el objetivo fundamental de ésta MIA que asegura la vinculación de esta disposición con el Proyecto, será el de dar a conocer a la autoridad competente, el impacto

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
		ambiental significativo que pudiera generar el Proyecto y, en esa orientación se integra la MIA que aquí se desarrolla. La modalidad que aplica a esta MIA es la modalidad regional, dados los argumentos que se describen en el apartado siguiente.
11	Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la modalidad regional	Se presenta la MIA en la modalidad Regional en congruencia con este artículo y conteniendo la información definida en el artículo 13, de la forma especificada por el artículo 17 y 18.
13	La manifestación de impacto ambiental, en su modalidad regional, deberá contener la siguiente información: I. Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental; II. Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo; III. Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables; IV. Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región; V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional; VI. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional; VII. Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas, y VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que	Se da cumplimiento al presente reglamento con la presentación de esta Manifestación de Impacto Ambiental Regional, la cual contiene todos requisitos mencionados en las fracciones de este artículo.

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental.	
14	Cuando la realización de una obra o actividad que requiera sujetarse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental involucre, además, el cambio de uso del suelo de áreas forestales y en selvas y zonas áridas, los promoventes podrán presentar una sola manifestación de impacto ambiental que incluya la información relativa a ambos proyectos	Con la presentación de esta Manifestación de Impacto Ambiental Regional, así como del Estudio Técnico Justificativo, el cual ya fue presentado, se da cumplimiento a lo solicitado en el presente artículo.
17	El promovente deberá presentar a la Secretaría la solicitud de autorización en materia de impacto ambiental, anexando: I. La manifestación de impacto ambiental; II. Un resumen del contenido de la manifestación de impacto ambiental, presentado en disquete, y III. Una copia sellada de la constancia del pago de derechos correspondientes. Cuando se trate de actividades altamente riesgosas en los términos de la Ley, deberá incluirse un estudio de riesgo.	Se da cumplimiento al presente reglamento con la presentación de esta Manifestación de Impacto Ambiental Regional, con lo solicitado en las fracciones del presente artículo.
18	El estudio de riesgo a que se refiere el artículo anterior, consistirá en incorporar a la manifestación de impacto ambiental la siguiente información: I. Escenarios y medidas preventivas resultantes del análisis de los riesgos ambientales relacionados con el proyecto; II. Descripción de las zonas de protección en torno a las instalaciones, en su caso, y III. Señalamiento de las medidas de seguridad en materia ambiental. La Secretaría publicará, en el Diario Oficial de la Federación y en la Gaceta Ecológica, las guías que faciliten la presentación y entrega del estudio de riesgo.	Se da cumplimiento al presente artículo, toda vez que se presenta el estudio de Riesgo Ambiental, al ser parte integrante de la Manifestación de Impacto Ambiental.
19	La solicitud de autorización en materia de impacto ambiental, sus anexos y, en su caso, la información adicional, deberán presentarse en un disquete al que se acompañarán cuatro tantos impresos de su contenido.	Se da cumplimiento con la presentación de esta Manifestación de Impacto Ambiental Regional.

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	Excepcionalmente, dentro de los diez días siguientes a la integración del expediente, la Secretaría podrá solicitar al promovente, por una sola vez, la presentación de hasta tres copias adicionales de los estudios de impacto ambiental cuando por alguna causa justificada se requiera. En todo caso, la presentación de las copias adicionales deberá llevarse a cabo dentro de los tres días siguientes a aquel en que se hayan solicitado.	
36	Quienes elaboren los estudios deberán observar lo establecido en la Ley, este reglamento, las normas oficiales mexicanas y los demás ordenamientos legales y reglamentarios aplicables. Asimismo, declararán, bajo protesta de decir verdad, que los resultados se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención y mitigación sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales. La responsabilidad respecto del contenido del documento corresponderá al prestador de servicios o, en su caso, a quien lo suscriba. Si se comprueba que en la elaboración de los documentos en cuestión la información es falsa, el responsable será sancionado de conformidad con el Capítulo IV del Título Sexto de la Ley, sin perjuicio de las sanciones que resulten de la aplicación de otras disposiciones jurídicas relacionadas.	En la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental, se observaron todas las leyes, reglamentos, normas y demás disposiciones aplicables al proyecto, lo cual, se encuentra relacionado en el presente capitulo.

Fuente: Elaboracion IMP

III.4.4 Reglamento de la LGEEPA en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera

Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 25 de noviembre 1988 y reformado el 31 de octubre de 2014.

Tabla III. 4 Artículos del RMPCC que se vinculan al proyecto.

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
16	Las emisiones de olores, gases, así como de partículas sólidas y	Se continuará con el monitoreo perimetral que actualmente se

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	liquidas a la atmósfera que se generen por fuentes fijas, no deberán exceder los niveles máximos permisibles de emisión e inmisión, por contaminantes y por fuentes de contaminación que se establezcan en las normas técnicas ecológicas que para tal efecto expida la Secretaría en coordinación con la Secretaría de Salud, con base en la determinación de los valores de concentración máxima permisible para el ser humano de contaminantes en el ambiente que esta última determina. Asimismo, y tomando en cuenta la diversidad de tecnologías que presentan las fuentes, podrán establecerse en la norma técnica ecológica diferentes valores al determinar los niveles máximos permisibles de emisión o inmisión, para un mismo contaminante o para una misma fuente, según se trate de: I.- Fuentes existentes; II.- Nuevas fuentes; y III.- Fuentes localizadas en zonas críticas. La Secretaría en coordinación con la Secretaría de Salud, y previos los estudios correspondientes, determinará en la norma técnica ecológica respectiva, las zonas que deben considerarse críticas.	realizó para determinar la línea base previa a la construcción de la Refinería, conforme a los procedimientos de muestreo y cuantificación establecidos en la normatividad aplicable. El proyecto en su fase de operación emitirá gases contaminantes, pero el empleo de tecnología minimizará al máximo los impactos de éstos. Por otro lado, uno de los objetivos del proyecto, una vez en operación, es disminuir en la región la cantidad de contaminantes atmosféricos al generar combustibles de bajo contenido de Azufre.
17 fracción V	Establece que los responsables de la fuente fija de jurisdicción federal que emitan olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera estarán obligadas a llevar a cabo el monitoreo perimetral de sus emisiones contaminantes a la atmósfera,	Se continuará con el monitoreo perimetral que actualmente se realizó para determinar la línea base previa a la construcción de la Refinería, conforme a los procedimientos de muestreo y cuantificación establecidos en la normatividad aplicable.
28	Las emisiones de olores, gases, así como de partículas sólidas y líquidas a la atmósfera que se generen por fuentes móviles,	Durante las etapas de acondicionamiento del sitio y construcción de las obras, se contará con un programa de

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	no deberán exceder los niveles máximos permisibles de emisión que se establezcan en las normas técnicas ecológicas que expida la Secretaría.	mantenimiento de maquinaria y vehículos utilizados. En cuanto a los vehículos se dará cumplimiento a las normas aplicables de emisiones a la atmósfera para uso de vehículos, maquinaria y equipo, se llevarán registros documentales de su cumplimiento. El proyecto en su fase de operación emitirá gases contaminantes, pero el empleo de tecnología minimizará al máximo los impactos de éstos. Por otro lado, uno de los objetivos del proyecto, una vez en operación, es disminuir en la región la cantidad de contaminantes atmosféricos al generar combustibles de bajo contenido de Azufre.

Fuente: Elaboracion IMP

Para la etapa de operación se tramitará la Licencia Ambiental Única (LAU). Asimismo se entregará la Cédula de Operación Anual (COA) que deriva de las obligaciones fijadas en la LAU, de acuerdo al formato y calendario fijado por la autoridad ambiental. De igual manera se actualizará el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC).

III.4.5. Ley General de Cambio Climático.

La Ley General de Cambio Climático (LGCC), de acuerdo al artículo 1, es de observancia en todo el territorio nacional y reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de protección al ambiente, desarrollo sustentable, preservación y restauración del equilibrio ecológico (SEMARNAT - Poder Ejecutivo, 2012). Entre los objetos de esta Ley (artículo 2) están el garantizar el derecho a un medio ambiente, mediante la regulación de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI´s) y la promoción de una economía sustentable y de bajas emisiones de Carbono. Con base en el artículo 60, la Estrategia Nacional es el instrumento rector de la política nacional en el mediano y largo plazos para enfrentar los efectos del Cambio Climático y transitar hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones de Carbono. El Proyecto apoya el espíritu de este ordenamiento mediante el fomento a la reducción de

emisiones de gases de efecto invernadero, por la producción de combustibles más limpios. De igual forma, el proyecto propone en su componente técnico, diversas medidas como forma de prevenir cualquier afectación de la infraestructura que se pretende realizar, por efecto del cambio climático.

Tabla III. 5 Artículos del LGCC que se vinculan al proyecto.

1	La presente ley es de orden público, interés general y observancia en todo el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción y establece disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático.	El proyecto dará cumplimiento a la presente ley, a través de la observacia de las Normas Oficiales Mexicanas aplicables.
2	Esta Ley tiene por objeto: I. Garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero; III. Regular las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático; IV. Reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas del país frente a los efectos adversos del cambio climático, así como crear y fortalecer las capacidades nacionales de respuesta al fenómeno;	El proyecto utilizará sistemas de control de emisiones, así como se utilizará tecnología de alta eficiencia para disminuir el consumo de combustible, contribuyendo a la prevención del cambio climático. Los gases de efecto invernadero que se generarán en el Proyecto son CO2, CH4 y NOx, sin embargo como parte de la ingeniería del Proyecto se implementarán medidas de reducción y mitigación para estas emisiones referidas en el capitulo VI, por otra parte en la etapa de operación se cumplirá con la realización del inventario de emisiones
7 Fracción VI.	Son atribuciones de la federación las siguientes: Establecer, regular e instrumentar las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático, de conformidad con esta Ley, los tratados internacionales aprobados y demás disposiciones jurídicas	Las actividades del proyecto están dentro de las atribuciones de la presente Ley por tratarse de una Refinería. Para lo cual se dará observancia a lo establecido. Por ello, dentro del componente constructivo de proyecto, se proponen acciones concretas que permitiran salvaguardar la infraestructura de los efectos del cambio climático.

	aplicables, en las materias siguientes: d) Energía;	
31	La política nacional de mitigación de Cambio Climático deberá incluir, a través de los instrumentos de planeación, política y los instrumentos económicos previstos en la presente ley, un diagnóstico, planificación, medición, monitoreo, reporte, verificación y evaluación de las emisiones nacionales Esta política deberá establecer planes, programas, acciones, instrumentos económicos, de política y regulatorios para el logro gradual de metas de reducción de emisiones específicas, por sectores y tomando como referencia los escenarios de línea base y líneas de base por sector que se establezcan en los instrumentos previstos por la presente Ley, considerando las contribuciones determinadas a nivel nacional para el cumplimiento de los objetivos del Acuerdo de París, el acceso a recursos financieros, la transferencia de tecnología y el desarrollo de capacidades, así como cualquier otro tratado internacional suscrito por el Estado mexicano en materia de cambio climático. La política debe cuidar que la línea base a comprometer por México no limite el crecimiento económico del país, y en la elaboración de dicha línea deben participar los sectores productivos, en coordinación con los organismos nacionales que intervengan en la política económica.	El proyecto dará cumplimieto a la Politica nacional de mitigación de cambio climático, a través de las normas que regulan las emisiones y los reportes que son entregados a la autoridad anualmente, a través de los cuales se informa el cumplimiento normativo, en materia de emisiones. Los gases de efecto invernadero que se generarán en el Proyecto son CO2, CH4 y NOx, sin embargo, como parte de la ingeniería del Proyecto se implementarán medidas de reducción y mitigación para estas emisiones referidas en el capitulo VI, por otra parte en la etapa de operación se cumplirá con la realización del inventario de emisiones
37	Para los efectos de esta Ley serán reconocidos los	El proyecto dará cumplimiento a la presente ley, a través de la

	programas y demás instrumentos de mitigación que se han desarrollado a partir del Protocolo de Kioto, la Convención, el Acuerdo de París y cualquier otro que se encuentre debidamente certificado por alguna organización con reconocimiento internacional.	observacia de las Normas Oficiales Mexicanas aplicables.
88	Las personas físicas y morales responsables de las fuentes sujetas a reporte están obligadas a proporcionar la información, datos y documentos necesarios sobre sus emisiones directas e indirectas para la integración del Registro.	El proyecto anualmente proporcionará el reporte al que se hace referencia.
89	Las personas físicas o morales que lleven a cabo proyectos o actividades que tengan como resultado la mitigación o reducción de emisiones, podrán inscribir dicha información en el Registro, conforme a las disposiciones reglamentarias que al efecto se expidan. La información de los proyectos respectivos deberá incluir, entre otros elementos, las transacciones en el comercio de emisiones, ya sea nacional o internacional de reducciones o absorciones certificadas, expresadas en toneladas métricas y en toneladas de bióxido de carbono equivalente y la fecha en que se hubieran verificado las operaciones correspondientes; los recursos obtenidos y la fuente de financiamiento respectiva. Las disposiciones reglamentarias de la presente Ley establecerán las medidas para evitar la doble contabilidad de reducciones de emisiones que se verifiquen en el territorio nacional y las zonas en que la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción, considerando los sistemas y metodologías internacionales disponibles	El proyecto utilizará sistemas de control de emisiones, así como se utilizará tecnología de alta eficiencia para disminuir el consumo de combustible, contribuyendo a la prevención del cambio climático. Los gases de efecto invernadero que se generarán en el Proyecto son CO2, CH4 y NOx, sin embargo como parte de la ingeniería del Proyecto se implementarán medidas de reducción y mitigación para estas emisiones referidas en el capitulo VI, por otra parte en la etapa de operación se cumplirá con la realización del inventario de emisiones

Fuente: Elaboracion IMP

III.4.6 Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en Materia del Registro Nacional de Emisiones.

Tabla III. 6 Artículos del RLGCC que se vinculan al proyecto.

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
3 y 4	Para los efectos del artículo 87, segundo párrafo de la Ley se identifican como sectores y subsectores en los que se agrupan los Establecimientos Sujetos a Reporte, los siguientes: I. Sector Energía: b. Subsector explotación, producción, transporte y distribución de hidrocarburos;	Las actividades del proyecto están dentro de las atribuciones del presente Reglamento por tratarse de una Refinería. Para lo cual se dará observancia a lo establecido en el total de las disposiciones que vinculan al proyecto.
5	Para los efectos del artículo 87, segundo párrafo, fracción I de la Ley, los Gases o Compuestos de Efecto Invernadero sujetos a reporte en los términos del presente Reglamento, son: I. Bióxido de carbono; II. Metano; III. Óxido nitroso; IV. Carbono negro u hollín; V. Clorofluorocarbonos; VI. Hidroclorofluorocarbonos; VII. Hidrofluorocarbonos; VIII. Perfluorocarbonos; IX. Hexafluoruro de azufre; X. Trifluoruro de nitrógeno; XI. Éteres halogenados; XII. Halocarbonos; XIII. Mezclas de los anteriores, y XIV. Los Gases y Compuestos de Efecto Invernadero que el Panel Intergubernamental determine como tales y que la Secretaría dé a conocer como sujetos a reporte mediante Acuerdo que publique en el Diario Oficial de la Federación.	Los gases de efecto invernadero que se generarán en el Proyecto son CO_2, CH_4 y NO_x, sin embargo como parte de la ingeniería del Proyecto se implementarán medidas de mitigación para estas emisiones, por otra parte en la etapa de operación se cumplirá con la realización del inventario de emisiones.
6	Para los efectos del artículo 87, segundo párrafo, fracción II de la Ley, el umbral a partir del cual los Establecimientos Sujetos a Reporte, identificados conforme a los artículos 3 y 4 del presente Reglamento, deben presentar la información de sus Emisiones Directas o Indirectas, será el que resulte de la suma anual de dichas Emisiones, siempre que	Los gases de efecto invernadero que se generarán en el Proyecto son CO_2, CH_4 y NO_x, sin embargo como parte de la ingeniería del Proyecto se implementarán medidas de mitigación para estas emisiones, por otra parte en la etapa de operación se cumplirá con la realización del inventario de emisiones.

	tal resultado sea igual o superior a 25,000 Toneladas de Bióxido de Carbono Equivalente. La suma anual a la que se refiere el párrafo anterior resultará del cálculo de las Emisiones de cada una de las Fuentes Fijas y Móviles identificadas en dichos Establecimientos Sujetos a Reporte. El umbral establecido en el presente artículo aplicará para aquellos establecimientos regulados por otros órdenes de gobierno que conforme a lo previsto en los artículos 3 y 4 del presente Reglamento se identifican como Sujetos a Reporte.	
9	Los Establecimientos Sujetos a Reporte, tendrán las siguientes obligaciones: I. Identificar las Emisiones Directas de Fuentes Fijas y Móviles, conforme a la clasificación de sectores, subsectores y actividades contenidas en los artículos 3 y 4 del presente Reglamento; II. Identificar las Emisiones Indirectas asociadas al consumo de energía eléctrica y térmica; III. Medir, calcular o estimar la Emisión de Gases o Compuestos de Efecto Invernadero de todas las Fuentes Emisoras identificadas en el Establecimiento aplicando las metodologías que se determinen conforme al artículo 7 del presente Reglamento; IV. Recopilar y utilizar los datos que se especifican en la metodología de medición, cálculo o estimación que resulte aplicable, determinada conforme al artículo 7 del presente Reglamento; V. Reportar anualmente sus Emisiones Directas e Indirectas, a través de la Cédula de Operación Anual, cuantificándolas en toneladas anuales del Gas o Compuesto de Efecto Invernadero de que se trate y su equivalente en	Los gases de efecto invernadero que se generarán en el Proyecto son CO_2, CH_4 y NO_x, sin embargo como parte de la ingeniería del Proyecto se implementarán medidas de reducción y mitigación para estas emisiones, por otra parte en la etapa de operación se cumplirá con la realización del inventario de emisiones.

	Toneladas de Bióxido de Carbono Equivalentes anuales; VI. Verificar obligatoriamente la información reportada, en los términos del presente Reglamento, a través de los Organismos previstos en el presente Reglamento, y VII. Conservar, por un período de 5 años, contados a partir de la fecha en que la Secretaría haya recibido la Cédula de Operación Anual correspondiente, la información, datos y documentos sobre sus Emisiones Directas e Indirectas así como la utilizada para su medición, cálculo o estimación.	
12	La presentación del reporte de Gases o Compuestos de Efecto Invernadero ante el Registro se realizará a través de la Cédula de Operación Anual y se sujetará al siguiente procedimiento: I. En el periodo comprendido entre el 1 de marzo y el 30 de junio de cada año, los Establecimientos Sujetos a Reporte deberán integrar al Registro la información de sus Emisiones Directas e Indirectas generadas entre el 1 de enero y el 31 de diciembre del año inmediato anterior; II. La Cédula de Operación Anual se presentará en formato impreso, electrónico o a través del sitio web de la Secretaría o de sus Delegaciones Federales. La Secretaría pondrá a disposición de los interesados los formatos a que se refiere la presente fracción para su libre reproducción; III. La Secretaría contará con un plazo de 20 días hábiles, contados a partir de la recepción de la Cédula de Operación Anual, para revisar que la información contenida se encuentre debidamente requisitada y, en caso de no ser así, por única vez, podrá requerir al promovente para que complemente, rectifique, aclare	En el Proyecto se contempla el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) que se reportan a la autoridad competente, lo cual podrá ser verificado por el programa de monitoreo ambiental que se instrumentará. Adicionalmente se entregará a la autoridad ambiental la actualización de la Cédula de Operación Anual (COA) en las condiciones que ésta indique.

	o confirme dicha información, dentro de un plazo que no excederá de 15 días hábiles contados a partir de su notificación; IV. Desahogado el requerimiento, se tendrá por presentada la Cédula de Operación Anual y, en consecuencia, por reportadas las Emisiones de Gases o Compuestos de Efecto Invernadero, y V. En caso de que el Establecimiento Sujeto a Reporte no desahogue el requerimiento a que se refiere la fracción III de este artículo, se tendrá por no presentada la Cédula de Operación Anual, únicamente en lo relativo al reporte de Emisiones de Gases o Compuestos de Efecto Invernadero. La información sobre Emisiones de Gases o Compuestos de Efecto Invernadero, presentada en los términos señalados, no exime a los Establecimientos Sujetos a Reporte de llenar otros apartados de la Cédula de Operación Anual, relativos a información que estén obligados a proporcionar a la Secretaría conforme a otras disposiciones jurídicas aplicables a las actividades que realizan.	
13	Los Establecimientos Sujetos a Reporte que deban presentar ante la Secretaría la Cédula de Operación Anual únicamente por sus Emisiones de Gases o Compuestos de Efecto Invernadero, requisitarán en dicho instrumento, la siguiente información: I. Nombre, denominación o razón social; II. Número de Registro Federal de Contribuyentes; III. Clave de la actividad preponderante conforme al Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte,	En el Proyecto se contempla el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) que se reportan a la autoridad competente, lo cual podrá ser verificado por el programa de monitoreo ambiental que se instrumentará. Adicionalmente se entregará a la autoridad ambiental la actualización de la Cédula de Operación Anual (COA) en las condiciones que ésta indique.

	vigente al momento de la presentación de la información; IV. Nombre del representante legal, así como de las personas autorizadas para oír y recibir notificaciones; V. Domicilio para recibir notificaciones, en caso de que se señale una dirección electrónica u otros medios electrónicos, el interesado deberá manifestar expresamente que acepta recibir notificaciones a través de esos medios; VI. Periodo que se reporta; VII. Los resultados de la cuantificación de sus Emisiones Directas e Indirectas por tipo de Gas o Compuesto de Efecto Invernadero, calculada conforme a la metodología aplicable determinada conforme al artículo 7 del presente Reglamento, y VIII. La información específica a que se refiere el artículo siguiente. Además de la información señalada en el párrafo anterior se anexarán el documento con el que se acredite la personalidad jurídica del representante legal y la copia de su identificación oficial, en formato electrónico, como archivos de imagen u otros análogos. Los Establecimientos Sujetos a Reporte que opten por efectuar el trámite a que se refiere este artículo a través de medios electrónicos, deberán observar las disposiciones conducentes previstas en la Ley de Firma Electrónica Avanzada y en su Reglamento.	

Fuente: Elaboracion IMP

III.4.7 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.

Tabla III. 7 Artículos del RLGEPA en Materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes que se vinculan al proyecto.

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
9	Se consideran establecimientos sujetos a reporte de competencia federal, los señalados en el segundo párrafo del artículo 111 Bis de la Ley, los generadores de residuos peligrosos en términos de las disposiciones aplicables, así como aquellos que descarguen aguas residuales en cuerpos receptores que sean aguas nacionales.	En la etapa de operación del proyecto se tramitará la Licencia Ambiental Única (LAU), debido a que el giro está dentro la industria del petróleo, además de que se generarán grandes cantidades de residuos y se descargarán aguas residuales en cuerpos de agua clasificados como aguas nacionales, Además se contará con la Cédula de Operación Anual (COA), el cual es mecanismo de reporte de las emisiones, transferencia y manejo de contaminantes a la atmósfera, al agua y suelo. Deriva de las obligaciones fijadas en la Licencia Ambiental Única (LAU). Por lo que se entregará la Cédula de Operación Anual (COA) que deriva de las obligaciones fijadas en dicha LAU, de acuerdo al formato y calendario fijado por la autoridad ambiental, de la información generada a lo largo del año transcurrido. El Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC). En él está asentada la información de las emisiones y transferencias de sustancias contaminantes que son generadas durante el proceso de producción en establecimientos industriales. Con el RETC se puede determinar en qué lugar está una industria, si se están emitiendo contaminantes a la atmósfera, al agua o al suelo, y si se tienen transferencias en sus residuos peligrosos y descargas de agua. El Proyecto emitirá el reporte de emisiones a las autoridades competentes.
10	Para actualizar la Base de datos del Registro, los establecimientos sujetos a reporte de competencia federal, deberán presentar la información sobre sus emisiones y transferencia de contaminantes al aire, agua, suelo y subsuelo, materiales y residuos peligrosos, conforme a lo señalado en el artículo 19 y 20 del presente reglamento, así como de aquellas sustancias que determine la Secretaría como sujetas a reporte en la Norma Oficial Mexicana correspondiente.	

Fuente: Elaboracion IMP

III.4.8 Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.

La Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (LFRA) fue expedida el 7 de junio de 2013 y entró en vigor el 7 de julio del mismo año (SEMARNAT - Poder Ejecutivo, 2013). La LFRA regula la responsabilidad ambiental que nace de los daños ocasionados al ambiente, así como la reparación y compensación de dichos daños cuando sea exigible a través de los procesos judiciales federales por el artículo 17 constitucional, los mecanismos alternativos de solución de controversias, los procedimientos administrativos y aquellos que correspondan a la comisión de delitos contra el ambiente y la gestión ambiental (artículo 1 de esta Ley).

Tabla III. 8 Artículos de la LFRA que se vinculan al proyecto.

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
2 fracc. I, III, IV y VIII	Para efectos de esta Ley, se entiende por: I. Actividades consideradas como altamente riesgosas: Las actividades que implican la generación o manejo de sustancias con características corrosivas, reactivas, radioactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas en términos de lo dispuesto por la LGEEPA; II. Daño al ambiente: Pérdida, cambio, deterioro, menoscabo, afectación o modificación adversos y mensurables de los hábitat, de los ecosistemas, de los elementos y recursos naturales, de sus condiciones químicas, físicas o biológicas, de las relaciones de interacción que se dan entre éstos, así como de los servicios ambientales que proporcionan. Para esta definición se estará a lo dispuesto por el artículo 6o. de esta Ley; III. Daño indirecto: Es aquel daño que en una cadena causal no constituye un efecto inmediato del acto u omisión que es imputado a una persona en términos de esta Ley; Estado base: Condición en la que se habrían hallado los hábitat, los ecosistemas, los elementos y recursos naturales, las relaciones de interacción y los servicios	El Proyecto, al manejar en sus procesos sustancias clasificadas como peligrosas en cantidades mayores a las cantidades de reporte (de acuerdo al primer y segundo listados de actividades altamente riesgosas), realizará actividades consideradas como altamente riesgosas. En este sentido se pone a consideración de las autoridades federales la presente MIA-R, la cual se acompaña de un estudio de riesgo, dando así cumplimiento a este lineamiento.

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	ambientales, en el momento previo inmediato al daño y de no haber sido éste producido;	
6	No se considerará que existe daño al ambiente cuando los menoscabos, pérdidas, afectaciones, modificaciones o deterioros no sean adversos en virtud de: I. Haber sido expresamente manifestados por el responsable y explícitamente identificados, delimitados en su alcance, evaluados, mitigados y compensados mediante condicionantes, y autorizados por la Secretaría, previamente a la realización de la conducta que los origina, mediante la evaluación del impacto ambiental o su informe preventivo, la autorización de cambio de uso de suelo forestal o algún otro tipo de autorización análoga expedida por la Secretaría; o de que, No rebasen los límites provistos por las disposiciones que en su caso prevean las Leyes ambientales o las normas oficiales mexicanas.	Pemex presenta esta MIA-R en la modalidad regional, en la cual se ofrece la información relativa a las circunstancias ambientales relevantes vinculadas con la realización del Proyecto. En su Capítulo V identifica, describe y evalúa todos los impactos ambientales que pudiera ocasionar dicho Proyecto; en los capítulos VI y VII se describen las medidas o programas de medidas que Pemex se compromete ejecutar para evitar, disminuir o corregir tales impactos. En función de estas acciones, se construyeron escenarios posibles que aportarán los elementos necesarios para que la autoridad evalúe la pertinencia del Proyecto. En mérito de ello, se estima el proyecto cumple con la vinculación exigible a una obra de infraestructura del sector hidrocarburos.
13	La reparación de los daños ocasionados al ambiente consistirá en restituir a su Estado Base los hábitats, los ecosistemas, los elementos y recursos naturales, sus condiciones químicas, físicas o biológicas y las relaciones de interacción entre estos, así como los servicios ambientales que proporcionan, mediante la restauración, restablecimiento, tratamiento, recuperación o remediación. La reparación deberá llevarse a cabo en el lugar en el que fue producido el daño.	Dado que las actividades del Proyecto son consideradas peligrosas, en caso de que como resultado de ellas se llegara a ocasionar un daño al ambiente, Pemex reparará los daños o, en caso de no ser posible, procederá a la compensación ambiental en los términos de la presente Ley. Asimismo realizará las acciones requeridas para evitar al máximo que se incremente el daño ocasionado al ambiente. Pemex además,en la etapa de construcción cotará con un instrumento de garantía y en la etapa de operación contará con un seguro que ampara la cobertura de Daño Físico a todo bien en Tierra y la Responsabilidad Civil General
14	La compensación procederá por excepción en los siguientes casos: Cuando resulte material o técnicamente imposible la	

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	reparación total o parcial del daño.	derivada del desarrollo de sus actividades.
17	La compensación ambiental consistirá en la inversión o las acciones que el responsable haga a su cargo, que generen una mejora ambiental, sustitutiva de la reparación total o parcial del daño ocasionado al ambiente, según corresponda, y equivalente a los efectos adversos ocasionados por el daño.	

Fuente: Elaboracion IMP

III.4.9 Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía y su Reglamento.

La Ley de Aprovechamiento Sustentable de la Energía (LASE) tiene como objeto propiciar un aprovechamiento sustentable de la energía mediante el uso óptimo de la misma en todos sus procesos y actividades, desde su explotación hasta su consumo (artículo 1 de esta Ley). Para fines de esta Ley, en el artículo 2 define los siguientes términos:

Comisión: La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.

Eficiencia energética: Todas las acciones que conlleven a una reducción económicamente viable de la cantidad de energía necesaria para satisfacer las necesidades energéticas de los servicios y bienes que requiere la sociedad, asegurando un nivel de calidad igual o superior y una disminución de los impactos ambientales negativos derivados de la generación, distribución y consumo de energía. Queda incluida dentro de esta definición, la sustitución de fuentes no renovables de energía por fuentes renovables de energía.

Subsistema: El Subsistema Nacional de Información sobre el Aprovechamiento de la Energía.

De acuerdo al artículo 18 de la LASE, el Subsistema tiene por objeto registrar, organizar, actualizar y difundir la información sobre el consumo de energía en los principales usos finales de ésta, en los sectores y subsectores que la requieren y en las distintas regiones geográficas del país. Para la integración y actualización del Subsistema (artículo 20 de la LASE y 19 de su Reglamento), las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, así como los usuarios con un patrón de alto consumo, deberán proporcionar a la Comisión, la información siguiente sobre la utilización obtenida en el año inmediato anterior:

La cuantitativa sobre la producción, exportación, importación y consumo de energía, por tipo de energético.

Eficiencia energética en el consumo; La cuantitativa sobre el consumo energético, desglosada de acuerdo a los usos finales de energía y tipos, así como factores que impulsan dichos usos. Para estos efectos, se entenderá por usos finales de energía las actividades en los diversos sectores en los que se utilizan distintos tipos de energía, y Medidas implementadas de conservación de energía; aquellas que se hayan implementado para la conservación de ésta, e información cuantitativa sobre los resultados de las mismas.

Vinculación.

El Proyecto, en cumplimiento de esta Ley y su Reglamento, proporcionará a la Comisión la información anteriormente mencionada.

III.4.10 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS). Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de junio de 2018

En su artículo 95 indica que:

> "La Secretaría podrá autorizar la modificación de una autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, o bien, la ampliación del plazo de ejecución del cambio de uso de suelo establecido en la autorización respectiva, siempre que lo solicite el interesado, en los términos que se establezcan en el Reglamento de la presente Ley.".

Vinculacion

Por lo descrito en este instrumento legal, se ha elaborado y presentado a la ASEA el Estudio Técnico Justificativo de cambio de uso de suelo de terrenos forestales por 71.99 ha, con fundamento en lo establecido en el artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

Sin embargo, es claro que parte del proyecto se realizará en el área denominada "polígono dos" con una superficie aproximada de 220 hectáreas, la cual ha sido objeto de procedimientos de inspección y vigilancia por parte de la Agencia contra terceros, como es un hecho notorio, conocido por todos, derivados de los multiples comunicados periodísticos, así como se desprende de la Pagina de la ASEA. De esa forma, la autoridad ha determinado el estado ambiental de dicho predio, y la responsabilidad en que terceros han incurrido por el retiro de vegetación forestal del lugar. Por ello, es indudable partir de la premisa según la cual, el proyecto se vincula

jurídicamente a la Ley por la imposición de sanciones a terceros por el retiro de vegetación forestal y por la afectación de vegetación transitoria de manglar. De ahí que, en relación con el presente apartado, la situación forestal para el área afectada es de neutralidad, pues es claro que la remoción ilícita de vegetación por terceros, se tradujo en el retiro de los bienes ambientales por terceros que se verían afectados con motivo del proyecto y que en mérito de ello, ya no se encuentran en sitio. No obstante, es claro que para poder realizar cambio de uso de suelo en el área de vegetación forestal es necesario proponer –como se ha dicho-, el estudio técnico justificativo que permita a esta autoridad, evaluar el efecto que dicha actividad –cambio de uso de suelo y no retiro de vegetación- tendrá en el sitio, y en todo caso, determinar si por excepción es dable otorgar la autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales. Por su parte, si bien de acuerdo al sistema jurídico nacional existe una prohibición de afectar vegetación de manglar, el proyecto no lo contempla. Ademas es claro que del SAR no se desprende la existencia de un ecosistema de los tutelados por la norma sino de una categoría próxima, por lo que las consencuencias de la afectación y asunción de responsabilidad por quien se determinó por la autoridad, no impactan ni impiden el desarrollo del proyecto.

Cabe mencionar que, de las 71.99 hectareas solicitadas para cambio de uso de suelo en terrenos forestales, 18.02 corresponden a vegetación ya removida por un acto ilícito llevado a cabo por un tercero.

III.4.11 Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

Establece en sus artículos 120 y 121 los requisitos para solicitar la autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales e indica la información que deberá contener los Estudios Técnicos Justificativos.

En su artículo 124, se establece que el monto económico de la compensación ambiental relativa al cambio de uso del suelo en terrenos forestales a que se refiere el artículo 118 de la Ley, será determinado por la Secretaría considerando lo siguiente:

I. Los costos de referencia para reforestación o restauración y su mantenimiento, que para tal efecto establezca la Comisión. Los costos de referencia y la metodología para su estimación serán publicados en el Diario Oficial de la Federación y podrán ser actualizados de forma anual, y

II. El nivel de equivalencia para la compensación ambiental, por unidad de superficie, de acuerdo con los criterios técnicos que establezca la Secretaría. Los niveles de equivalencia deberán publicarse en el Diario Oficial de la Federación.

Vinculación.

La vinculación con la LGDFS y su Reglamento en vigor se ha elaborado y presentado a la ASEA el Estudio Técnico Justificativo de cambio de uso de suelo de terrenos forestales correspondiente, cumpliendo con lo establecido en sus artículos correspondientes. Así mismo realizará el depósito correspondiente a la superficie afectada ante el fondo forestal, de igual manera se incluye el programa de reforestación y restauración.

III.4.12 Ley General de Vida Silvestre.

El artículo 1° de esta Ley establece que es reglamentaria del párrafo tercero del artículo 27 y de la fracción XXIX, inciso G del artículo 73 constitucionales. Su objeto es establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas en donde la Nación ejerce su jurisdicción. De acuerdo al artículo 3°, se entiende por vida silvestre los organismos que subsisten sujetos a los procesos de evolución natural y que se desarrollan libremente en su hábitat, incluyendo sus poblaciones menores e individuos que se encuentran bajo el control del hombre, así como los ferales..

Tabla III. 9 Artículos del LGVS que se vinculan al proyecto.

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
1	La presente Ley es de orden público y de interés social, reglamentaria del párrafo tercero del artículo 27 y de la fracción XXIX, inciso G del artículo 73 constitucionales. Su objeto es establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas en donde la Nación ejerce su jurisdicción.	El tiene como finalidad la refinación de hidrocraburos, y no el uso y aprovechamiento de la flora y fauna, por lo que las especies que se capturan, se reubicaran conforme a lo señalado en el capitulo VI, de la presente MIA-R.

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	El aprovechamiento sustentable de los recursos forestales maderables y no maderables y de las especies cuyo medio de vida total sea el agua, será regulado por las leyes forestal y de pesca, respectivamente, salvo que se trate de especies o poblaciones en riesgo.	
4	Es deber de todos los habitantes del país conservar la vida silvestre; queda prohibido cualquier acto que implique su destrucción, daño o perturbación, en perjuicio de los intereses de la Nación.	En el sitio donde se pretende realizar el proyecto, se han identificado algunas especies remanentes de flora listados en la NOM-059-SEMARNAT-2010. No obstante ello, con la finalidad de restituir los bienes y servicios ambientales en la región se han propuesto medidas de mitigación tales como: • Reforestar y dar mantenimiento a las hectáreas de mangle de las tres especies existentes en el SAR del proyecto, *Avicennia germinans* (Negro), *Laguncularia racemosa* (Blanco) y *Rhizhopora mangle* (rojo) que resulten del análisis de compensación.
5	El objetivo de la política nacional en materia de vida silvestre y su hábitat, es su conservación mediante la protección y la exigencia de niveles óptimos de aprovechamiento sustentable, de modo que simultáneamente se logre mantener y promover la restauración de su diversidad e integridad, así como incrementar el bienestar de los habitantes del país.	
11	La Federación, por conducto de la Secretaría, podrá suscribir convenios o acuerdos de coordinación, con el objeto de que los gobiernos del Distrito Federal o de los Estados, con la participación, en su caso, de sus Municipios, asuman las siguientes facultades, en el ámbito de su jurisdicción territorial: I. Autorizar, registrar y supervisar técnicamente el establecimiento de Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre;	
60 TER	Queda prohibida la remoción, relleno, transplante, poda, o	En mérito de la resolución dictada por la ASEA, en contra de terceros, la vegetación que se encuentra en el sitio

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	cualquier obra o actividad que afecte la integralidad del flujo hidrológico del manglar; del ecosistema y su zona de influencia; de su productividad natural; de la capacidad de carga natural del ecosistema para los proyectos turísticos; de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; o bien de las interacciones entre el manglar, los ríos, la duna, la zona marítima adyacente y los corales, o que provoque cambios en las características y servicios ecológicos. Se exceptuarán de la prohibición a que se refiere el párrafo anterior las obras o actividades que tengan por objeto proteger, restaurar, investigar o conservar las áreas de manglar.	no será objeto de remoción, invasión, ni afectación de vegetación, en ningún momento, ya que el proyecto no lo requiere. De hecho, las medidas para prevenir daño al manglar, parten del reconocimiento de su valor ambiental, y de los servicios que presta al ecosistema. De ahí que para el proyecto, mantener el flujo hidrológico del propio rio seco, es prioridad. Tampoco se rellenará, trasplantará, podará el mangle existente en esta zona. Como se indicó anteriormente ya que el proyecto se desarrolla en un área libre de mangle. En el desarrollo del proyecto no se afectará la integralidad del flujo hidrológico del manglar como ecosistema lagunar, de acuerdo con lo definido en el capítulo IV, en el Sistema Ambiental Regional se encuentra representado en una superficie de más de 14,084.76 ha, que se pueden visualizar en los cuadrantes 2 y 5 descritos en dicho capítulo. Por lo tanto, el desplante de los trabajos de la Refinería no representa afectación al flujo hidrológico, tal y como se acredita en la presente Manifestación de Impacto Ambiental.
64	La realización de cualquier obra pública o privada, así como de aquellas actividades que puedan afectar la protección, recuperación y restablecimiento de los elementos naturales en los hábitat críticos, deberá quedar sujeta a las condiciones que se establezcan como medidas especiales de manejo y conservación en los planes de manejo de que se trate, así como del informe preventivo correspondiente, de conformidad con lo establecido en el reglamento. En todo momento el Ejecutivo	Además de las medidas mencionadas anteriormente para reestablecer la continuidad del manglar aledaño al sitio del proyecto, también se aplicarán las condiciones que la Autoridad establezca.

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	Federal podrá imponer limitaciones de los derechos de dominio en los predios que abarquen dicho hábitat, de conformidad con los artículos 1o., fracción X y 2o. de la Ley de Expropiación, con el objeto de dar cumplimiento a las medidas necesarias para su manejo y conservación.	
78 bis	Los planes de manejo a los que se refiere el artículo anterior deberán contener como mínimo los siguientes elementos: a) Especies, número de ejemplares e información biológica de cada una de ellas; b) Tipo de confinamiento por especie y número de ejemplares; c) La descripción física y biológica del área y su infraestructura, y sus medidas de manejo por especie y número de ejemplares; d) Dieta a proporcionar a cada ejemplar de acuerdo a su especie; e) Cuidados clínicos y de salud animal; f) Medio de transporte para movilización; g) Medidas de mantenimiento, seguridad e higiene; h) Aspectos de educación ambiental, de conservación y reproducción de las especies, con especial atención en aquéllas que estén en alguna categoría de riesgo; i) Medidas para garantizar el trato digno y respetuoso durante su confinamiento, manejo, traslado, exhibición, adaptación a un nuevo espacio y entrenamiento responsable, entre otros;	El tiene tiene como finalidad la refinación de hidrocraburos, y no el uso y aprovechamiento de la flora y fauna, por lo que las especies que se capturan, se reubicaran conforme a lo señalado en el capitulo VI, de la presente MIA-R.

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	j) Calendario de actividades; k) Las medidas de seguridad civil y contingencia; l) Los mecanismos de vigilancia; m) Los métodos de contención a utilizar en caso de alguna emergencia o contingencia; n) El tipo de marcaje de los ejemplares por especie, y o) Aquellas establecidas en el Reglamento y demás disposiciones que resulten aplicables. Previo a la autorización del plan de manejo, la Secretaría, considerando las dimensiones, características, número de especies o ejemplares, estará facultada para constatar físicamente que los predios o instalaciones que manejan vida silvestre en forma confinada, cuenten con el área e infraestructura necesarias para su manejo, así como la capacidad técnica y operativa suficiente para ejecutar los planes de manejo. La Secretaría emitirá los requerimientos mínimos necesarios para el manejo de cada especie para su vida en confinamiento.	

Fuente: Elaboracion IMP

III.4.13 Ley General de Bienes Nacionales y Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar.

En México la legislación aplicable a zonas costeras incluyendo tanto a las playas, la Zona Federal Marítimo Terrestre y los terrenos ganados al mar se encuentran incorporados básicamente a la Ley General de Bienes Nacionales y su Reglamento. De conformidad con lo dispuesto en las citadas disposiciones jurídicas, las playas, la Zona Federal Marítimo Terrestre y los terrenos ganados al mar, o a cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas, son bienes de dominio público de la Federación.

La administración y control de la Zofemat está a cargo de la Semarnat, a través de la actual Dirección General de la Zona Federal Marítimo Terrestre y Ambientes Costeros, quien no sólo es la responsable de delimitarla sino también de otorgar los permisos y concesiones para su uso. Por otra parte, las acciones de inspección y vigilancia corresponden a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa), las cuales se sujetan a los lineamientos siguientes: verificación aleatoria del censo de ocupantes; verificación del cumplimiento de la normatividad aplicable al uso de esta zona; instalación y operación de los subcomités de inspección y vigilancia; funciones de vigilancia del comercio ambulante en las playas urbanas; y capacitación y actualización del personal de inspección y vigilancia.

Las principales actividades que se desarrollan en estas áreas de zona federal son obras de servicio público, desarrollos turísticos, portuarios, pesqueros, acuícolas y habitacionales, así como instalaciones petroleras, navales y eléctricas, entre otras. Conforme al criterio de desarrollo sustentable que actualmente rige la administración de la Zofemat, se busca no sólo la protección, conservación y restauración del ambiente y sus recursos, sino también fomentar las actividades productivas que no rebasen la capacidad de resilencia de los ecosistemas, lo mismo que mejorar la calidad de vida de las comunidades que poseen los recursos.

Vinculación.

El proyecto se realizará en terrenos propiedad de PEMEX y de la Administración Portuaria Integral Dos Bocas, en las cuales ya existen actividades industriales del sector hidrocarburos, puertos y toda la infraestructura para su funcionamiento, de tal manera que la Zona Federal Marítimo terrestre ya cuenta con concesión, la cual será modificada o actualizada según la Autoridad indique. Por otra parte, la

construcción de la Refinería es un Proyecto Estratégico es en beneficio del Estado Mexicano, y de su pueblo en general.

Conforme a la presente MIA, el proyecto fue diseñado con base y en observancia a los programas y criterios de ordenamiento ecológico regional y territorial del Estado de Tabasco y a los criterios de ordenamientos de uso de suelo del Municipio de Paraíso.

III.4.14 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Peligrosos (LGPGIRP).

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de octubre de 2003 y reformada el 04 de junio de 2014. Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, operación y mantenimiento y abandono del sitio se generarán residuos sólidos urbanos, de manejo especial y los peligrosos. El carácter vinculante de las disposiciones de la LGPGIR y de su Reglamento, deriva del alcance de lo dispuesto en su artículo 1°; el cual, establece que ese instrumento reglamenta las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la protección del ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos en el territorio nacional.

Este precepto también establece que las disposiciones de la LPGIR son de orden público e interés social, tienen por objeto garantizar el derecho de toda persona a un ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valoración y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Las disposiciones de esta Ley establecen las bases para aplicar los principios de valorización, responsabilidad compartida y manejo integral de los residuos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social. Estos criterios son observados y asumidos como rectores en el manejo de los residuos que podrían generarse en las diversas etapas del desarrollo del proyecto, y la forma como sus acciones se ajustarán a tales disposiciones.

El proyecto tiene considerado el cumplimiento de estas obligaciones, mediante las previsiones para la identificación y aplicación de las buenas prácticas para el manejo, almacenamiento temporal y disposición de los residuos generados en sus diferentes etapas.

Tabla III. 10 Vinculación del Proyecto con la LGPGIRP.

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
42	Los generadores y demás poseedores de residuos peligrosos, podrán contratar los servicios de manejo de estos residuos con empresas o gestores autorizados para tales efectos por la Secretaría, o	En las diferentes fases del proyecto se contratarán a empresas/gestores autorizados para el manejo, transporte y

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	bien transferirlos a industrias para su utilización como insumos dentro de sus procesos, cuando previamente haya sido hecho del conocimiento de esta dependencia, mediante un plan de manejo para dichos insumos, basado en la minimización de sus riesgos.	disposición de residuos peligrosos.
43	Las personas que generen o manejen residuos peligrosos deberán notificarlo a la Secretaría o a las autoridades correspondientes de los gobiernos locales, de acuerdo con lo previsto en esta Ley y las disposiciones que de ella se deriven.	Se contratarán empresas ya autorizadas por la ASEA. Para la etapa de operación de la planta se realizará el registro como generador de residuos peligrosos.
45	Los generadores de residuos peligrosos, deberán identificar, clasificar y manejar sus residuos de conformidad con las disposiciones contenidas en esta Ley y en su Reglamento, así como en las normas oficiales mexicanas que al respecto expida la Secretaría.	Se clasificarán y manejarán los residuos conforme lo establecido en esta Ley y en la normatividad vigente. El almacenamiento se hará en los recipientes o dispositivos adecuados de acuerdo a su clasificación. El transporte y su disposición final se realizarán por empresas autorizadas por la ASEA en el manejo de residuos peligrosos.
54	Se deberá evitar la mezcla de residuos peligrosos con otros materiales o residuos para no contaminarlos y no provocar reacciones, que puedan poner en riesgo la salud, el ambiente o los recursos naturales. La Secretaría establecerá los procedimientos a seguir para determinar la incompatibilidad entre un residuo peligroso y otro material o residuo.	En las etapas de preparación del sitio y construcción se tendrá un plan de manejo integral de residuos que establezca los lineamientos para evitar la mezcla de los residuos y provocar reacciones que puedan poner en riesgo la salud, el ambiente o los recursos naturales. Se contratará el servicio de empresas autorizadas en el transporte, manejo y disposición final de los residuos y se proporcionará capacitación al personal en materia de manejo de residuos peligrosos.
56	Se prohíbe el almacenamiento de residuos peligrosos por un periodo mayor de seis meses a partir de su generación, lo cual deberá quedar asentado en la bitácora correspondiente. No se entenderá por interrumpido este plazo cuando el poseedor de los residuos cambie su lugar de almacenamiento. Procederá la prórroga para el almacenamiento cuando se someta una solicitud al respecto a la Secretaría cumpliendo los requisitos que establezca el Reglamento.	Se verificará que los residuos peligrosos sean retirados del almacén temporal por empresas autorizadas para su manejo y disposición final. Así mismo, se verificará que los residuos peligrosos no tengan un periodo de almacenamiento mayor de seis meses; lo anterior, quedará asentado en bitácoras y en el manifiesto correspondiente, debiendo

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
		estar disponibles en todo momento para su consulta.
98	Para la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos de manejo especial, las entidades federativas establecerán las obligaciones de los generadores, distinguiendo grandes y pequeños, y las de los prestadores de servicios de residuos de manejo especial, y formularán los criterios y lineamientos para su manejo integral.	De conformidad con los lineamientos establecidos por la entidad federativa y los municipios, se implementará un Programa de Manejo Integral de Residuos, en el que estarán incluidos los no peligrosos. Se proporcionará capacitación al personal del proyecto para su adecuada gestión y disposición. En la etapa de construcción, se tramitará ante la administración local correspondiente, los permisos necesarios para la disposición de estos residuos en los sitios autorizados.
99	Los municipios, de conformidad con las leyes estatales, llevarán a cabo las acciones necesarias para la prevención de la generación, valorización y la gestión integral de los residuos sólidos urbanos, considerando: Las obligaciones a las que se sujetarán los generadores de residuos sólidos urbanos; Los requisitos para la prestación de los servicios para el manejo integral de los residuos sólidos urbanos, y Los ingresos que deberán obtener por brindar el servicio de su manejo integral.	Se dará cumplimiento a la LPGIR del Estado de Tabasco, Plan Estatal de Manejo de Residuos de la Construcción y Demolición para el Estado de Tabasco (PEM-RCD Tabasco), Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial del Estado de Tabasco (PEPGIR-Tabasco) y Programa Municipal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos de Paraíso (PMPGIRSUP). Así como el cumplimiento de la NOM-001-ASEA-2019

Fuente: Elaboracion IMP

III.4.15 Reglamento de la LGPGIRP.

Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre de 2006.

Tabla III. 11 Vinculación del proyecto con RLGPGIR.

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
46 Fracción I	Los grandes y pequeños generadores de residuos peligrosos deberán: Identificar y clasificar los residuos peligrosos que generen	Se elaborará un plan de manejo integral de los residuos conforme a la legislación y normatividad ambiental aplicable. El almacenamiento se hará en los recipientes o dispositivos adecuados de acuerdo a su clasificación y manejo. El transporte y disposición final será a través de empresas autorizadas.
46 Fracción II	Manejar separadamente los residuos peligrosos y no mezclar aquéllos que sean incompatibles entre sí, en los términos de las normas oficiales mexicanas respectivas, ni con residuos peligrosos reciclables o que tengan un poder de valorización para su utilización como materia prima o como combustible alterno, o bien, con residuos sólidos urbanos o de manejo especial;	
46 Fracción III	Envasar los residuos peligrosos generados de acuerdo con su estado físico, en recipientes cuyas dimensiones, formas y materiales reúnan las condiciones de seguridad para su manejo conforme a lo señalado en el presente Reglamento y en las normas oficiales mexicanas correspondientes;	Se envasarán los residuos peligrosos en contenedores o dispositivos adecuados que reúnan las condiciones de seguridad estipuladas por la autoridad para su manejo.
46 Fracción IV	IV Marcar o etiquetar los envases que contienen residuos peligrosos con rótulos que señalen nombre del generador, nombre del residuo peligroso, características de peligrosidad y fecha de ingreso al almacén y lo que establezcan las normas oficiales mexicanas aplicables;	Se etiquetarán los envases de residuos peligrosos considerando los requisitos de este reglamento y de las normas oficiales mexicanas aplicables.
46 Fracción V	Almacenar adecuadamente, conforme a su categoría de generación, los residuos peligrosos en un área que reúna las condiciones señaladas en el artículo 82 del presente Reglamento y en las normas oficiales mexicanas correspondientes, durante los plazos permitidos por la Ley;	Se instalará un almacén temporal de residuos peligrosos que cumpla con el artículo 82 de este reglamento.
46 Fracción VI	Transportar sus residuos peligrosos a través de personas que la Secretaría autorice en el ámbito de su competencia y en vehículos que cuenten con carteles correspondientes de acuerdo con la normatividad aplicable;	Se transportarán los residuos peligrosos con empresas autorizadas para el manejo, transporte y disposición final. Los registros estarán disponibles para su consulta por la Autoridad.
46 Fracción VIII	Elaborar y presentar a la Secretaría los avisos de cierre de sus instalaciones cuando éstas dejen de operar o cuando en las mismas ya no se realicen las actividades de generación de los residuos peligrosos, y	Se informará a la Secretaría de la terminación del proyecto y desmantelamiento del almacén temporal de residuos peligrosos, cuando hayan concluido las actividades de construcción.
47	in perjuicio de las obligaciones previstas en el artículo anterior, los grandes generadores de residuos peligrosos someterán a consideración de	Se someterá el plan de manejo integral de residuos del proyecto a consideración de la ASEA.

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	la Secretaría el plan de manejo de sus residuos conforme al procedimiento previsto en el artículo 25 del presente Reglamento.	
71 Fracción I	Las bitácoras previstas en la Ley y este Reglamento contendrán: I. Para los grandes y pequeños generadores de residuos peligrosos: a) Nombre del residuo y cantidad generada; b) Características de peligrosidad; c) Área o proceso donde se generó; d) Fechas de ingreso y salida del almacén temporal de residuos peligrosos, excepto cuando se trate de plataformas marinas, en cuyo caso se registrará la fecha de ingreso y salida de las áreas de resguardo o transferencia de dichos residuos; e) Señalamiento de la fase de manejo siguiente a la salida del almacén, área de resguardo o transferencia, señaladas en el inciso anterior; f) Nombre, denominación o razón social y número de autorización del prestador de servicios a quien en su caso se encomiende el manejo de dichos residuos, y g) Nombre del responsable técnico de la bitácora. La información anterior se asentará para cada entrada y salida del almacén temporal dentro del periodo comprendido de enero a diciembre de cada año.	Se implementará una bitácora para el registro de los movimientos de entrada y salida del almacén, observando lo establecido en este artículo. Se verificará el cumplimiento de este requerimiento y estará disponible ante la Autoridad.
72	Los grandes generadores de residuos peligrosos deberán presentar anualmente ante la Secretaría un informe mediante la Cédula de Operación Anual, en la cual proporcionará: La identificación de las características de peligrosidad de los residuos peligrosos; El área de generación; La cantidad o volumen anual generados, expresados en unidades de masa; Los datos del transportista, centro de acopio, tratador o sitio de disposición final; El volumen o cantidad anual de residuos peligrosos transferidos, expresados en unidades de masa o volumen; Las condiciones particulares de manejo que en su caso le hubieren sido aprobadas por la Secretaría, describiendo la cantidad o volumen de los residuos manejados en esta modalidad y las actividades realizadas, y Tratándose de confinamiento se describirá además; método de estabilización, celda de disposición y resultados del control de calidad.	Se entregará la Cédula de Operación Anual (COA) ante la Secretaría, de acuerdo al formato y calendario fijado por la autoridad ambiental.
73 Fracción I	La presentación de informes a través de la Cédula de Operación Anual se sujetará al siguiente procedimiento. I. Se realizará dentro del periodo comprendido entre el 1 de enero al 30 de abril de cada año,	

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	debiendo reportarse la información relativa al periodo del 1 de enero al 31 de diciembre del año inmediato anterior;	
82 Fracción I	Las áreas de almacenamiento de residuos peligrosos de pequeños y grandes generadores, así como de prestadores de servicios deberán cumplir con las condiciones siguientes, además de las que establezcan las normas oficiales mexicanas para algún tipo de residuo en particular: I. Condiciones básicas para las áreas de almacenamiento: a) Estar separadas de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos terminados; b) Estar ubicadas en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones; c) Contar con dispositivos para contener posibles derrames, tales como muros, pretiles de contención o fosas de retención para la captación de los residuos en estado líquido o de los lixiviados; d) Cuando se almacenan residuos líquidos, se deberá contar en sus pisos con pendientes y, en su caso, con trincheras o canaletas que conduzcan los derrames a las fosas de retención con capacidad para contener una quinta parte como mínimo de los residuos almacenados o del volumen del recipiente de mayor tamaño; e) Contar con pasillos que permitan el tránsito de equipos mecánicos, eléctricos o manuales, así como el movimiento de grupos de seguridad y bomberos, en casos de emergencia; f) Contar con sistemas de extinción de incendios y equipos de seguridad para atención de emergencias, acordes con el tipo y la cantidad de los residuos peligrosos almacenados; g) Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los residuos peligrosos almacenados, en lugares y formas visibles; h) El almacenamiento debe realizarse en recipientes identificados considerando las características de peligrosidad de los residuos, así como su incompatibilidad previniendo fugas, derrames, emisiones, explosiones e incendios, y i) La altura máxima de las estibas será de tres tambores en forma vertical.	Se instalará provisionalmente un almacén temporal de residuos peligrosos, cumpliendo con lo establecido en éste artículo.
82 Fracción II	II. Condiciones para el almacenamiento en áreas cerradas, además de las precisadas en la fracción I de este artículo: a) No deben existir conexiones con drenajes en el piso, válvulas de drenaje, juntas de expansión, albañales o cualquier otro tipo de apertura que pudieran permitir que los líquidos fluyan fuera del área protegida; b) Las paredes deben estar construidas con materiales no	

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	inflamables; c) Contar con ventilación natural o forzada. En los casos de ventilación forzada, debe tener una capacidad de recepción de por lo menos seis cambios de aire por hora; d) Estar cubiertas y protegidas de la intemperie y, en su caso, contar con ventilación suficiente para evitar acumulación de vapores peligrosos y con iluminación a prueba de explosión, y e) No rebasar la capacidad instalada del almacén.	

Fuente: Elaboracion IMP

III.4.16 Ley de Aguas Nacionales (LAN).

Publicada el 1° de diciembre de 1992, última reforma publicada el 24 de marzo de 2016.

Tabla III. 12. Vinculación del proyecto con LAN.

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
14 BIS 5	Los principios que sustentan la política hídrica nacional son: La conservación, preservación, protección y restauración del agua en cantidad y calidad es asunto de seguridad nacional, por tanto, debe evitarse el aprovechamiento no sustentable y los efectos ecológicos adversos; El aprovechamiento del agua debe realizarse con eficiencia y debe promoverse su reúso y recirculación;	La refinería contará con Planta de Tratamiento de Aguas que permite el reúso del recurso agua dentro de sus procesos, en apego a este artículo. De esa forma, el proyecto busca el aprovechamiento del recurso reutilizándolo.
20	La explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales por dependencias y organismos descentralizados de la administración pública federal, estatal o municipal, o el Distrito Federal y sus organismos descentralizados se realizará mediante concesión otorgada por el Ejecutivo Federal a través de "la Comisión" por medio de los Organismos de Cuenca, o por ésta cuando así le competa, de acuerdo con las reglas y condiciones que establece esta Ley y sus reglamentos.	El agua utilizada en la preparación del sitio y construcción, será adquirida con concesionarios autorizados ante la CONAGUA. El agua requerida para la operación será agua de reúso suministrada de otros procesos. El resto del agua cruda y potable provendrá de la planta de tratamiento.
86 BIS 2	Se prohíbe arrojar o depositar en los cuerpos receptores y zonas federales, en contravención a las disposiciones legales y reglamentarias en materia ambiental, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales y demás desechos o residuos que por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos en las NOM respectivas	Las descargas de aguas residuales de la refinería se ajustarán a los límites máximos establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996. De esa forma el proyecto cumple con las disposiciones que regulan las descargas en materia de agua.

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
88	Las personas físicas o morales requieren permiso de descarga expedido por "la Autoridad del Agua" para verter en forma permanente o intermitente aguas residuales en cuerpos receptores que sean aguas nacionales o demás bienes nacionales... el control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje o alcantarillado de los centros de población, corresponde a los municipios, con el concurso de los estados cuando así fuere necesario y lo determinen las leyes.	El agua cruda provendrá de fuentes autorizadas. Se contratará el servicio de sanitarios portátiles con empresas autorizadas para el manejo, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales sanitarias. Las aguas residuales provenientes de los procesos serán enviadas a la planta de tratamiento de aguas de la refinería.
88 BIS	Las personas físicas o morales que efectúen descargas de aguas residuales a los cuerpos receptores a que se refiere la presente Ley, deberán: I. Contar con el permiso de descarga de aguas residuales... II Tratar las aguas residuales previamente a su vertido... III. Cubrir, cuando proceda, el derecho federal por el uso o aprovechamiento... IV. Instalar y mantener en buen estado, los aparatos... IX. Cumplir con las condiciones del permiso de descarga correspondiente... XII. Presentar de conformidad con su permiso de descarga, los reportes del volumen de agua residual descargada, así como el monitoreo de la calidad de sus descargas.	

Fuente: Elaboracion IMP

III.4.17 Reglamento de LAN.

Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de enero de 1994 y reformada el 25 de agosto de 2014.

Tabla III. 13 Vinculación del proyecto con RLAN.

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
30	Conjuntamente con la solicitud de concesión o asignación para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales se solicitará, en su caso: el permiso de descarga de aguas residuales, el permiso para la realización de las obras que se requieran para el aprovechamiento del agua y la concesión para la explotación, uso o aprovechamiento de cauces, vasos o zonas federales a cargo de "La Comisión"...	El agua para la construcción será adquirida con concesionarios autorizados por el Organismo Operador de CONAGUA en la localidad. El agua requerida para la operación será el agua cruda provendrá de fuentes autorizadas.
31 fracciones I a VI	Las solicitudes de concesión o asignación deberán contener los datos mencionados en el artículo 21 de la "Ley"; deberán presentarse por escrito, pudiendo utilizar los formatos aprobados por "La Comisión" a que se refiere el artículo 7o., del presente "Reglamento", y deberán ir acompañadas por los siguientes documentos: ...	

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
146	Cuando para el cumplimiento de la obligación legal de tratar aguas residuales, se contraten o utilicen los servicios de empresas que realicen dicha actividad, estas últimas serán las que soliciten el permiso de descarga de aguas residuales y cumplirán con lo dispuesto en este Capítulo, siempre que utilicen bienes nacionales como cuerpos receptores de las descargas de las plantas de tratamiento respectivas.	

Fuente: Elaboracion IMP

III.4.18 Ley de Hidrocarburos (LH).

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de agosto del 2014 y cuya última reforma se publicó el 15 de noviembre de 2016. Establece las bases legales por al que las Empresas Productivas del Estado, como Petróleos Mexicanos (PEMEX) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE)pueden participar, junto con personas físicas o morales nacionales o extranjeras, en:

I. El Reconocimiento y Exploración Superficial, y la Exploración y Extracción de Hidrocarburos;

II. El Tratamiento, refinación, enajenación, comercialización, Transporte y Almacenamiento del Petróleo;

III. El procesamiento, compresión, licuefacción, descompresión y regasificación, así como el Transporte, Almacenamiento, Distribución, comercialización y Expendio al Público de Gas Natural;

IV. El Transporte, Almacenamiento, Distribución, comercialización y Expendio al Público de Petrolíferos, y

V. El Transporte por ducto y el Almacenamiento que se encuentre vinculado a ductos, de Petroquímicos.

Tabla III. 14 Vinculación del proyecto con la LH.

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
48	La realización de las actividades siguientes requerirá de permiso conforme a lo siguiente: Para el Tratamiento y refinación de Petróleo, el procesamiento de Gas Natural, y la exportación e importación de Hidrocarburos, y Petrolíferos, que serán expedidos por la Secretaría de Energía, y ...]...	Previo al inicio de las actividades del proyecto objeto de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, PEMEX cumplirá con los requerimientos y los trámites y Permisos correspondientes.
50	Los interesados en obtener los permisos a que se refiere este Título, deberán presentar solicitud a la	Previo al inicio de las actividades del proyecto

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	Secretaría de Energía o a la Comisión Reguladora de Energía, según corresponda, que contendrá: nombre y domicilio del solicitante; actividad que desea realizar; s especificaciones técnicas del proyecto; En su caso, el documento en que se exprese el compromiso de contar con las garantías o seguros que le sean requeridos por la autoridad competente, y a demás información que se establezca en la regulación correspondiente.	objeto de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, PEMEX cumplirá con los requerimientos y los trámites y Permisos correspondientes.
80	Corresponde a la Secretaría de Energía: Regular y supervisar, sin perjuicio de las atribuciones que correspondan a la Agencia, así como otorgar, modificar y revocar los permisos para las siguientes actividades: El Tratamiento y refinación de Petróleo; El procesamiento del Gas Natural, y La exportación e importación de Hidrocarburos y Petrolíferos en términos de la Ley de Comercio Exterior y con el apoyo de la Secretaría de Economía; II. […]…	Para el diseño y consecución de las actividades del proyecto objeto de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, PEMEX ha observado la regulación correspondiente.
84	Los Permisionarios de las actividades reguladas por la Secretaría de Energía o la Comisión Reguladora de Energía, deberán, según corresponda: ontar con el permiso vigente correspondiente; umplir los términos y condiciones establecidos en los permisos, así como abstenerse de ceder, traspasar, enajenar o gravar, total o parcialmente, los derechos u obligaciones derivados de los mismos en contravención de esta Ley; […]… Cumplir con la regulación, lineamientos y disposiciones administrativas que emitan las Secretarías de Energía, de Hacienda y Crédito Público, la Comisión Reguladora de Energía y la Agencia, en el ámbito de sus respectivas competencias. En materia de seguridad industrial, operativa y protección al medio ambiente, los Permisionarios serán responsables de los desperdicios, derrames de Hidrocarburos, Petrolíferos y Petroquímicos o demás daños que resulten, en términos de las disposiciones jurídicas aplicables; […]…	PEMEX tramitará el permiso correspondiente para la Refinación de Crudo ante la Comisión Reguladora de Energía (CRE) Para el diseño y consecución de las actividades del proyecto objeto de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, PEMEX ha observado la regulación correspondiente. Asimismo, previo al inicio de las actividades del proyecto objeto de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, PEMEX cumplirá con los requerimientos de los trámites y Permisos correspondientes.
95	La industria de Hidrocarburos es de exclusiva jurisdicción federal. En consecuencia, únicamente el Gobierno Federal puede dictar las disposiciones técnicas, reglamentarias y de regulación en la materia, incluyendo aquéllas relacionadas con el desarrollo sustentable, el equilibrio ecológico y la protección al medio ambiente en el desarrollo de esta industria.	En acatamiento al marco jurídico vigente en materia federal, el diseño del proyecto y para la conformación y ejecución de los programas de trabajo correspondientes, PEMEX ha observado y observará la regulación federal vigente. De igual forma, ha

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	Con el fin de promover el desarrollo sustentable de las actividades que se realizan en los términos de esta Ley, en todo momento deberán seguirse criterios que fomenten la protección, la restauración y la conservación de los ecosistemas, además de cumplir estrictamente con las leyes, reglamentos y demás normativa aplicable en materia de medio ambiente, recursos naturales, aguas, bosques, flora y fauna silvestre, terrestre y acuática, así como de pesca.	interpretado de manera armónica y complementaria, las regulaciones en materia de uso de suelos estatales, regionales y municipales.
121	Los interesados en obtener un permiso o una autorización para desarrollar proyectos en materia de Hidrocarburos, así como los Asignatarios y Contratistas, deberán presentar a la Secretaría de Energía una evaluación de impacto social que deberá contener la identificación, caracterización, predicción y valoración de los impactos sociales que podrían derivarse de sus actividades, así como las medidas de mitigación y los planes de gestión social correspondientes, en los términos que señale el Reglamento de esta Ley. La Secretaría de Energía emitirá la resolución y las recomendaciones que correspondan, en el plazo y los términos que señale el Reglamento de esta Ley. La resolución señalada en el párrafo anterior deberá ser presentada por los Asignatarios, Contratistas, Permisionarios o Autorizados para efectos de la autorización de impacto ambiental.	Previo al inicio de las actividades del proyecto objeto de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, PEMEX cumplirá con los requerimientos y los trámites y Permisos correspondientes entre ellos la elaboración y tramitación de la Autorización en materia de Impacto Social.
122	El Ejecutivo Federal, a través de la Secretaría de Energía, será responsable de fomentar y vigilar un adecuado suministro de energéticos en el territorio nacional, para lo cual podrá instruir, previa opinión favorable de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, a Petróleos Mexicanos, a las demás empresas productivas del Estado y al Centro Nacional de Control del Gas Natural llevar a cabo aquellos proyectos que considere necesarios para la generación de beneficios sociales y como mecanismos de promoción de desarrollo económico, en términos de esta Ley y de la política pública en materia energética del país. En el caso de proyectos que requieran permiso de la Comisión Reguladora de Energía, la Secretaría de Energía solicitará la opinión de dicha Comisión. Los proyectos podrán abarcar: El Tratamiento y refinación de Petróleo y el Procesamiento de Gas Natural; l Transporte y el Almacenamiento de Hidrocarburos o Petrolíferos; El Transporte por ducto y el Almacenamiento, que se encuentre vinculados a ductos, de Petroquímicos; La Distribución de Gas Natural o Petrolíferos, y l Expendio al Público de Gas Natural o Petrolíferos.	En atención a este numeral, PEMEX diseñó y somete a consideración de la Secretaría de Energía y ante todas las autoridades federales, estatales y municipales competentes, los permisos correspondientes.

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
129	Corresponde a la Agencia emitir la regulación y la normatividad aplicable en materia de seguridad industrial y operativa, así como de protección al medio ambiente en la industria de Hidrocarburos, a fin de promover, aprovechar y desarrollar de manera sustentable las actividades de la industria de Hidrocarburos. La Agencia deberá aportar los elementos técnicos para el diseño y la definición de la política pública en materia energética, de protección al medio ambiente y recursos naturales, así como para la formulación de los programas sectoriales en la materia, que se relacionen con su objeto. La Agencia se regirá por lo dispuesto en su propia ley.	PEMEX dará cabal cumplimiento a la normatividad aplicable en materia de seguridad industrial y operativa, así como de protección al medio ambiente que la AGENCIA haya emitido
130	Los Asignatarios, Contratistas, Autorizados y Permisionarios ejecutarán las acciones de prevención y de reparación de daños al medio ambiente o al equilibrio ecológico que ocasionen con sus actividades y estarán obligados a sufragar los costos inherentes a dicha reparación, cuando sean declarados responsables por resolución de la autoridad competente, en términos de las disposiciones aplicables.	El proyecto fue diseñado tomando en consideración los planes y programas de identificación y mitigación de riesgos operativos vigentes por parte de PEMEX. Por ello, el proyecto cuenta con los programas de respuesta a emergencias necesarios, para hacer frente a posibles accidentes, así como también para la remediación de cualquier daño asociado a la ejecución del proyecto.

Fuente: Elaboracion IMP

III.4.19 Reglamento de las Actividades a que se refiere el Título Tercero de la Ley de Hidrocarburos.

Tabla III. 15 Vinculación del proyecto con la RLH.

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
1°	El presente ordenamiento tiene por objeto regular los permisos para realizar las actividades de Tratamiento y refinación de Petróleo; Procesamiento de Gas Natural; exportación e importación de Hidrocarburos y Petrolíferos; Transporte, Almacenamiento, Distribución, compresión, descompresión, licuefacción, regasificación, comercialización y Expendio al Público de Hidrocarburos, Petrolíferos o Petroquímicos, según corresponda, así como para la gestión de Sistemas Integrados, en términos del Título Tercero de la Ley de Hidrocarburos.	Previo al inicio de las actividades del proyecto objeto de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, PEMEX cumplirá con los requerimientos y los trámites y Permisos correspondientes.
4°	Corresponde a la Secretaría regular y supervisar, así como otorgar, modificar y revocar los permisos para las actividades siguientes: Tratamiento y refinación de Petróleo;	Previo al inicio de las actividades del proyecto objeto de la presente Manifestación de Impacto

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	I Procesamiento del Gas Natural, y La exportación e importación de Hidrocarburos y Petrolíferos en términos de la Ley de Comercio Exterior y con el apoyo de la Secretaría de Economía.	Ambiental, PEMEX cumplirá con los requerimientos y los trámites y Permisos correspondientes.
9	La Secretaría y la Comisión, según corresponda, expedirán los permisos a que se refiere este ordenamiento, previo cumplimiento de los requisitos previstos en la Ley, el presente Reglamento y demás disposiciones jurídicas aplicables, incluyendo el pago de los derechos o aprovechamientos correspondientes. La realización de obras, adquisición de infraestructura y demás acciones que se lleven a cabo de manera previa al otorgamiento de un permiso, no será motivo suficiente ni otorgará preferencia o prioridad para que la Secretaría o la Comisión otorguen el permiso respectivo.	Previo al inicio de las actividades del proyecto objeto de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, PEMEX cumplirá con los requerimientos y los trámites y Permisos correspondientes.
15	Los permisos de Tratamiento y refinación del Petróleo incluyen las siguientes actividades: Tratamiento comprende los procesos industriales previos a la refinación, a los cuales se somete el Petróleo, para llevar a cabo la separación de agua, sedimentos u otros compuestos con los que se encuentre mezclado, y La refinación comprende el conjunto de procesos físicos y químicos a los cuales se somete el Petróleo para convertirlo en Petrolíferos y Petroquímicos, entre otros productos, para su empleo como insumo en procesos industriales, o para su consumo final.	Previo al inicio de las actividades del proyecto objeto de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, PEMEX cumplirá con los requerimientos y los trámites y Permisos correspondientes.
17	Los permisos para Tratamiento y refinación del Petróleo, y de Procesamiento de Gas Natural, se otorgarán para una instalación o conjunto de instalaciones específicas y una capacidad de producción determinada, a propuesta del solicitante.	En atención a este numeral, PEMEX diseñó y somete a consideración de la Secretaría de Energía y ante todas las autoridades federales, estatales y municipales competentes, los permisos correspondientes.
18	Los Permisionarios de Tratamiento y refinación de Petróleo, así como de Procesamiento de Gas Natural, serán responsables de la medición y calidad de los productos finales derivados de sus procesos de conformidad con las normas oficiales mexicanas aplicables.	Previo al inicio de las actividades del proyecto objeto de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, PEMEX cumplirá con los requerimientos y los trámites y Permisos correspondientes.
20	El Almacenamiento comprende la actividad de recibir Hidrocarburos, Petrolíferos o Petroquímicos propiedad de terceros, en los puntos de recepción de su instalación o Sistema, conservarlos en depósito, resguardarlos y devolverlos al depositante o a quien éste designe, en los puntos de entrega determinados en su instalación o Sistema, conforme a lo dispuesto en las disposiciones administrativas	Previo al inicio de las actividades del proyecto objeto de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, PEMEX cumplirá con los requerimientos y los trámites y Permisos correspondientes.

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	de carácter general que emita la Comisión. Se excluye de lo anterior, el depósito de bienes que, conforme a los criterios que señale la Comisión, se encuentre directamente vinculado al Tratamiento y refinación de Petróleo, al Procesamiento de Gas Natural, y a la Distribución y Expendio al Público de Petrolíferos para la realización de sus procesos y actividades. En el caso de Petroquímicos, sólo su Almacenamiento vinculado a Ductos estará sujeto a permiso. Lo anterior, sin perjuicio de lo previsto en el artículo 71, fracción III de la Ley.	
21	Cada permiso de Almacenamiento será otorgado para una instalación o conjunto de instalaciones específicas y una capacidad determinada.	Previo al inicio de las actividades del proyecto objeto de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, PEMEX cumplirá con los requerimientos y los trámites y Permisos correspondientes.
22	Los Permisionarios de Almacenamiento serán responsables por la guarda del producto desde su recepción en la instalación o Sistema hasta su entrega. Asimismo, los Almacenistas serán responsables de conservar la calidad y realizar la medición del producto recibido y entregado en su instalación o Sistema, de conformidad con las normas oficiales mexicanas aplicables. Lo anterior, sin perjuicio de que los Permisionarios cuyos Sistemas se encuentren interconectados formalicen protocolos de medición conjunta para cumplir con las responsabilidades señaladas.	Previo al inicio de las actividades del proyecto objeto de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, PEMEX cumplirá con los requerimientos y los trámites y Permisos correspondientes.
44	Los interesados en obtener los permisos a que se refiere el presente Reglamento, con la excepción de los permisos de importación y exportación de Hidrocarburos y Petrolíferos que se otorgarán con base en la Ley de Comercio Exterior, deberán presentar una solicitud a la Secretaría o la Comisión, según corresponda, que contenga los datos señalados en los artículos 50 y 51 de la Ley, así como anexar la evaluación de impacto social a que se refiere el artículo 121 de la Ley, conforme al Reglamento de la Ley de Hidrocarburos. La Secretaría y la Comisión expedirán, mediante disposiciones administrativas de carácter general, los formatos y las especificaciones, en su caso, de los requisitos a que se refieren los artículos 50, 51 y 121 de la Ley, para cada actividad permisionada.	Previo al inicio de las actividades del proyecto objeto de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, PEMEX cumplirá con los requerimientos y los trámites y Permisos correspondientes.
45	El procedimiento para la obtención de un permiso ante la Secretaría o la Comisión, según corresponda, se llevará a cabo, previa acreditación por parte del	Previo al inicio de las actividades del proyecto objeto de la presente

Articulo	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	solicitante de lo dispuesto en el artículo 51 de la Ley, y conforme a lo siguiente: [...]...	Manifestación de Impacto Ambiental, PEMEX cumplirá con los requerimientos y los trámites y Permisos correspondientes.
52	Los titulares de los permisos a que se refiere el presente Reglamento estarán obligados a contratar y mantener vigentes los seguros por daños, incluyendo aquéllos necesarios para cubrir los daños a terceros, y acreditar dicha contratación en los términos que establezcan las disposiciones administrativas de carácter general que al efecto emitan la Secretaría y la Comisión, en el ámbito de sus competencias, para hacer frente a las responsabilidades en que pudieran incurrir por las actividades permisionadas.	El proyecto fue diseñado tomando en consideración los planes y programas de identificación y mitigación de riesgos operativos vigentes por parte de PEMEX. Por ello, el proyecto cuenta con los programas de respuesta a emergencias necesarios, para hacer frente a posibles accidentes, así como también para la remediación de cualquier daño asociado a la ejecución del proyecto.
54	Los Permisionarios deberán presentar a la Secretaría o la Comisión, según corresponda, la información relativa a sus actividades para fines de regulación. La Secretaría y la Comisión, de acuerdo con sus respectivas competencias, expedirán disposiciones administrativas de carácter general que contendrán, para cada actividad permisionada, los formatos y especificaciones para que los Permisionarios cumplan con las obligaciones a que se refieren los artículos 50, fracciones IV y V, y 84 de la Ley.	Previo al inicio de las actividades del proyecto objeto de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, PEMEX cumplirá con los requerimientos y los trámites y Permisos correspondientes.

III.5 Normas Oficiales Mexicanas.

Tabla III. 16 Normas Oficiales Mexicanas.

Norma	Descripción	Cumplimiento del proyecto
NOM-001-SEMARNAT-1996.	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.	El Proyecto, a través del sistema de tratamiento de aguas residuales, producirá descargas con características debajo de los límites de esta norma.
NOM-004-SEMARNAT-2002.	Lodos y biosólidos, especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.	Los lodos y biosólidos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales y de efluentes se tratarán quedando por debajo de los limites de esta norma.
NOM-004-CONAGUA-1996	Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general.	La protección del acuífero y la rehabilitación de pozos de donde se extraerá el agua que requiere este Proyecto, se hará de acuerdo a esta norma.
NOM-001-ASEA-2019.	Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial del Sector Hidrocarburos y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, así como los elementos para la formulación y gestión de los Planes de Manejo de Residuos Peligrosos y de Manejo Especial del Sector Hidrocarburos.	Se dará cumplimiento tomando en consideración dichos criterios para la elaboración de Plan de Manejo de Residuos de la Refinería.
NOM-006-ASEA-2017.	Especificaciones y criterios técnicos de seguridad industrial, seguridad operativa y protección al medio ambiente para el diseño, construcción, pre-arranque, operación, mantenimiento, cierre y desmantelamiento de las instalaciones terrestres de almacenamiento de petrolíferos y petróleo, excepto para gas licuado de petróleo.	Los criterios de esta norma son observados en cada una de las fases del proyecto de la Refinería.
Especificaciones de la NOM-022-SEMARNAT-2003	Especificaciones	Vinculación
	4.0 El manglar deberá preservarse como comunidad vegetal. En la evaluación de las solicitudes en materia de cambio de uso de suelo, autorización de aprovechamiento de la vida silvestre e impacto ambiental se deberá garantizar en todos los casos la	No se llevará a cabo la remoción, invasión, ni afectación de vegetación de mangle en ningún momento, ya que el proyecto no lo requiere.

Norma	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	integralidad del mismo, para ello se contemplarán los siguientes puntos: - La integridad del flujo hidrológico del humedal costero; - La integridad del ecosistema y su zona de influencia en la plataforma continental; - Su productividad natural; - La capacidad de carga natural del ecosistema para turistas; - Integridad de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; - La integridad de las interacciones funcionales entre los humedales costeros, los ríos (de superficie y subterráneos), la duna, la zona marina adyacente y los corales; - Cambio de las características ecológicas; - Servicios ecológicos; Ecológicos y eco fisiológicos (estructurales del ecosistema como el agotamiento de los procesos primarios, estrés fisiológico, toxicidad, altos índices de migración y mortalidad, así como la reducción de las poblaciones principalmente de aquellas especies en status, entre otros).	Tampoco se rellenará, trasplantará, podará el mangle existente en esta zona. Como se indicó anteriormente ya que el proyecto se desarrolla en un área libre de mangle, por lo tanto, no existen zonas anidación, reproducción ni alimentación. En el desarrollo del proyecto no se afectará la integralidad del flujo hidrológico del manglar como ecosistema lagunar, de acuerdo con lo definido en el capítulo IV, en el Sistema Ambiental Regional se encuentra representado en una superficie de más de 14,084.76 ha, que se pueden visualizar en los cuadrantes 2 y 5 descritos en dicho capítulo. Por lo tanto, el desplante de los trabajos de la Refinería no representa afectación al flujo hidrológico. Servicios ecológicos (no existirá afectación de servicios ambientales considerando que el sitio esta libre de mangle, tomando en cuenta que sobre el mismo se llevó a cabo un retiro el cual fue sancionado administrativamente por la autoridad ambiental en contra de un tercero mediante procedimiento administrativo.
	4.1 Toda obra de canalización, interrupción de flujo o desvío de agua que ponga en riesgo la dinámica e integridad ecológica de los humedales costeros, quedará prohibida, excepto en los casos en los que las obras descritas sean diseñadas para restaurar la	La obra no interrumpirá el flujo, ni canalizará agua, ni la desviará, como quedo descrito en el punto que antecede. Lo anterior considernado que los ejemplares de manglar se tienen ubicados a los

Norma	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	circulación y así promover la regeneración del humedal costero.	extremos del área del proyecto, justo en los márgenes del Rio Seco.
	4.2 Construcción de canales que, en su caso, deberán asegurar la reposición del mangle afectado y programas de monitoreo para asegurar el éxito de la restauración.	No se realizará construcción de canales.
	4.3 Los promoventes de un proyecto que requieran de la existencia de canales, deberán hacer una prospección con la intención de detectar los canales ya existentes que puedan ser aprovechados a fin de evitar la fragmentación del ecosistema, intrusión salina, asolvamiento y modificación del balance hidrológico.	No se realizará construcción de canales
	4.4 El establecimiento de infraestructura marina fija (diques, rompeolas, muelles, marinas y bordos) o cualquier otra obra que gane terreno a la unidad hidrológica en zonas de manglar queda prohibida excepto cuando tenga por objeto el mantenimiento o restauración de ésta.	No se realizará ninguna de las obras mencionadas..
	4.5 Cualquier bordo colindante con el manglar deberá evitar bloquear el flujo natural del agua hacia el humedal costero.	Esto se cumplirá cabalmente, como se describe en el numeral 4.0 que antecede.
	4.6 Se debe evitar la degradación de los humedales costeros por contaminación y asolvamiento.	No se degradará toda vez que las actividades del proyecto se llevarán a cabo en cumplimiento a la normatividad de tal manera que no se genere contaminación ni asolvamiento.
	4.7 La persona física o moral que utilice o vierta agua proveniente de la cuenca que alimenta a los humedales costeros, deberá restituirla al cuerpo de agua y asegurarse de que el volumen, pH, salinidad, oxígeno disuelto, temperatura y la calidad del agua que llega al humedal costero garanticen la viabilidad del mismo.	No se utilizará ni verterá agua proveniente de la cuenca en ninguna de las etapas del proyecto, sin la correspondiente autorización de la CONAGUA
	4.8 Se deberá prevenir que el vertimiento de agua que contenga contaminantes orgánicos y químicos, sedimentos, carbón metales pesados, solventes, grasas, aceites combustibles o modifiquen la temperatura del cuerpo de agua; alteren el equilibrio ecológico,	No se realizará ningún vertimiento que genere contaminación a ningún cuerpo de agua.

Norma	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	dañen el ecosistema o a sus componentes vivos. Las descargas provenientes de granjas acuícolas, centros pecuarios, industrias, centros urbanos, desarrollos turísticos y otras actividades productivas que se vierten a los humedales costeros deberán ser tratadas y cumplir cabalmente con las normas establecidas según el caso.	
	4.9 El permiso de vertimiento de aguas residuales a la unidad hidrológica debe ser solicitado directamente a la autoridad competente, quien le fijará las condiciones de calidad de la descarga y el monitoreo que deberá realizar.	Se solicitarán los permisos correspondientes antes las autoridades competentes y se cumplirán los términos y condicionantes que los mismos fijen.
	4.10 La extracción de agua subterránea por bombeo en áreas colindantes a un manglar debe de garantizar el balance hidrológico en el cuerpo de agua y la vegetación, evitando la intrusión de la cuña salina en el acuífero.	No se realizará este tipo de actividad.
	4.11 Se debe evitar la introducción de ejemplares o poblaciones que se puedan tornar perjudiciales, en aquellos casos en donde existan evidencias de que algunas especies estén provocando un daño inminente a los humedales costeros en zona de manglar, la Secretaría evaluará el daño ambiental y dictará las medidas de control correspondientes.	El proyecto no contempla la introducción de ejemplares o poblaciones que se puedan tornar perjudiciales al celular
	4.12 Se deberá considerar en los estudios de impacto ambiental, así como en los ordenamientos ecológicos el balance entre el aporte hídrico proveniente de la cuenca continental y el de las mareas, mismas que determinan la mezcla de aguas dulce y salada recreando las condiciones estuarinas, determinantes en los humedales costeros y las comunidades vegetales que soportan.	El proyecto se ubica en una zona terrestre, clasificado como terreno mixto, de acuerdo al ordenamiento ecológico aplicable.
	4.13 En caso de que sea necesario trazar una vía de comunicación en tramos cortos de un humedal o sobre un humedal, se deberá garantizar que la vía de comunicación es trazada sobre pilotes que permitirán el libre flujo hidráulico dentro del ecosistema, así como garantizar el libre paso de la fauna silvestre. Durante el proceso constructivo se utilizarán métodos de construcción en fase (por sobre posición continua de la obra) que no dañen el	No se realizará este tipo actividades.

Norma	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	suelo del humedal, no generen depósito de material de construcción ni genere residuos sólidos en el área.	
	4.14 La construcción de vías de comunicación aledañas, colindantes o paralelas al flujo del humedal costero, deberá incluir drenes y alcantarillas que permitan el libre flujo del agua y de luz. Se deberá dejar una franja de protección de 100 m (cien metros) como mínimo la cual se medirá a partir del límite del derecho de vía al límite de la comunidad vegetal, y los taludes recubiertos con vegetación nativa que garanticen su estabilidad.	El proyecto cumplirá con lo señalado.
	4.15 Cualquier servicio que utilice postes, ductos, torres y líneas, deberá ser dispuesto sobre el derecho de vía. En caso de no existir alguna vía de comunicación se deberá buscar en lo posible bordear la comunidad de manglar, o en el caso de cruzar el manglar procurar el menor impacto posible.	El proyecto cumplirá con lo señalado.
	4.16 Las actividades productivas como la agropecuaria, acuícola intensiva o semi-intensiva, infraestructura urbana, o alguna otra que sea aledaña o colindante con la vegetación de un humedal costero, deberá dejar una distancia mínima de 100 m respecto al límite de la vegetación, en la cual no se permitirá actividades productivas o de apoyo.	El proyecto tendrá una distancia mínima de los 100 m señalados respecto al límite de la vegetación de manglar, sin embargo, se llevarán a cabo medidas de compensación en términos del numeral 4.43 de esta norma, que prevé la excepción a la regla y a los capítulos V y VI de la presente MIA-R.
	4.17 La obtención del material para construcción, se deberá realizar de los bancos de préstamo señalados por la autoridad competente, los cuales estarán ubicados fuera del área que ocupan los manglares y en sitios que no tengan influencia sobre la dinámica ecológica de los ecosistemas que los contienen.	El material que se utilizará provendrá de bancos autorizados.
	4.18 Queda prohibido el relleno, desmonte, quema y desecación de vegetación de humedal costero, para ser transformado en potreros, rellenos sanitarios, asentamientos humanos, bordos, o cualquier otra obra que implique pérdida de vegetación, que no haya sido autorizada por medio de un cambio de utilización de terrenos	El proyecto no contempla ninguna de las actividades señaladas ya que el sitio del proyecto se encuentra en la UGA PAR-AMX-01 del POERET de uso mixto.

Norma	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	forestales y especificada en el informe preventivo o, en su caso, el estudio de impacto ambiental.	
	4.19 Queda prohibida la ubicación de zonas de tiro o disposición del material de dragado dentro del manglar, y en sitios en la unidad hidrológica donde haya el riesgo de obstrucción de los flujos hidrológicos de escurrimiento y mareas.	No se realizarán actividades de relleno de material sobre áreas de manglar, se hará en terrenos desprovistos de vegetación.
	4.20 Queda prohibida la disposición de residuos sólidos en humedales costeros.	El proyecto no considera ninguna disposición de residuos sólidos en humedales costeros.
	4.21 Queda prohibida la instalación de granjas camaronícolas industriales intensivas o semintensivas en zonas de manglar y lagunas costeras, y queda limitado a zonas de marismas y a terrenos más elevados sin vegetación primaria en los que la superficie del proyecto no exceda el equivalente de 10% de la superficie de la laguna costera receptora de sus efluentes en lo que se determina la capacidad de carga de la unidad hidrológica. Esta medida responde a la afectación que tienen las aguas residuales de las granjas camaronícolas en la calidad del agua, así como su tiempo de residencia en el humedal costero y el ecosistema.	No es la actividad del proyecto.
	4.22 No se permite la construcción de infraestructura acuícola en áreas cubiertas de vegetación de manglar, a excepción de canales de toma y descarga, los cuales deberán contar previamente con autorización en materia de impacto ambiental y de cambio de utilización de terrenos forestales.	No es la actividad del proyecto.
	4.23 En los casos de autorización de canalización, el área de manglar a deforestar deberá ser exclusivamente la aprobada tanto en la resolución de impacto ambiental y la autorización de cambio de utilización de terrenos forestales. No se permite la desviación o rectificación de canales naturales o de cualquier porción de una unidad hidrológica que contenga o no vegetación de manglar.	No es la actividad del proyecto
	4.24 Se favorecerán los proyectos de unidades de producción acuícola que	No es la actividad del proyecto

Norma	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	utilicen tecnología de toma descarga de agua, diferente a la canalización.	
	4.25 La actividad acuícola deberá contemplar preferentemente post-larvas de especies nativas producidas en laboratorio.	No es la actividad del proyecto
	4.26 Los canales de llamada que extraigan agua de la unidad hidrológica donde se ubique la zona de manglares deberá evitar, la remoción de larvas y juveniles de peces y moluscos.	No es la actividad del proyecto
	4.27 Las obras o actividades extractivas relacionadas con la producción de sal, sólo podrán ubicarse en salitrales naturales; los bordos no deberán exceder el límite natural del salitral, ni obstruir el flujo natural de agua en el ecosistema.	No es la actividad del proyecto.
	4.28 La infraestructura turística ubicada dentro de un humedal costero debe ser de bajo impacto, con materiales locales, de preferencia en palafitos que no alteren el flujo superficial del agua, cuya conexión sea a través de veredas flotantes, en áreas lejanas de sitios de anidación y percha de aves acuáticas, y requiere de zonificación, monitoreo y el informe preventivo.	No es la actividad del proyecto
	4.29 Las actividades de turismo náutico en los humedales costeros en zonas de manglar deben llevarse a acabo de tal forma que se evite cualquier daño al entorno ecológico, así como a las especies de fauna silvestre que en ellos se encuentran. Para ello, se establecerán zonas de embarque y desembarque, áreas específicas de restricción y áreas donde se reporte la presencia de especies en riesgo.	No es la actividad del proyecto
	4.30 En áreas restringidas los motores fuera de borda deberán ser operados con precaución, navegando a velocidades bajas (no mayor de 8 nudos), y evitando zonas donde haya especies en riesgo como el manatí.	No es la actividad del proyecto.
	4.31 El turismo educativo, ecoturismo y observación de aves en el humedal costero deberán llevarse a cabo a través de veredas flotantes, evitando la compactación del sustrato y el potencial de riesgo de disturbio a zonas de anidación de aves, tortugas y otras especies.	No es la actividad del proyecto

Norma	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	4.32 Deberá de evitarse la fragmentación del humedal costero mediante la reducción del número de caminos de acceso a la playa en centros turísticos y otros. Un humedal costero menor a 5 km de longitud del eje mayor, deberá tener un solo acceso a la playa y éste deberá ser ubicado en su periferia. Los accesos que crucen humedales costeros mayores a 5 km de longitud con respecto al eje mayor, deben estar ubicados como mínimo a una distancia de 30 km uno de otro.	Se utilizarán los caminos existentes.
	4.33 La construcción de canales deberá garantizar que no se fragmentará el ecosistema y que los canales permitirán su continuidad, se dará preferencia a las obras o el desarrollo de infraestructura que tienda a reducir el número de canales en los manglares.	No es la actividad del proyecto
	4.34 Se debe evitar la compactación del sedimento en marismas y humedales costeros como resultado del paso de ganado, personas, vehículos y otros factores antropogénicos.	No es la actividad del proyecto
	4.35 Se dará preferencia a las obras y actividades que tiendan a restaurar, proteger o conservar las áreas de manglar ubicadas en las orillas e interiores de las bahías, estuarios, lagunas costeras y otros cuerpos de agua que sirvan como corredores biológicos y que faciliten el libre tránsito de la fauna silvestre.	No es la actividad del proyecto
	4.36 Se deberán restaurar, proteger o conservar las áreas de manglar ubicadas en las orillas e interiores de las bahías, estuarios, lagunas costeras y otros cuerpos de agua que sirvan como corredores biológicos y que faciliten el libre tránsito de la fauna silvestre, de acuerdo como se determinen en el Informe Preventivo.	No es la actividad del proyecto
	4.37 Se deberá favorecer y propiciar la regeneración natural de la unidad hidrológica, comunidad vegetales y animales mediante el restablecimiento de la dinámica hidrológica y flujos hídricos continentales (ríos de superficie y subterráneos, arroyos permanentes y temporales, escurrimientos terrestres laminares, aportes del manto freático), la eliminación de vertimientos de aguas residuales y sin tratamiento	El proyecto no afectará vegetación de mangle.

Norma	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	protegiendo las áreas que presenten potencial para ello.	
	4.38 Los programas proyectos de restauración de manglares deberán estar fundamentados científica y técnicamente y aprobados en la resolución de impacto ambiental, previa consulta a un grupo colegiado. Dicho proyecto deberá contar con un protocolo que sirva de línea de base para determinar las acciones a realizar.	El proyecto no afectará vegetación de mangle..
	4.39 La restauración de humedales costeros con zonas de manglar deberá utilizar el mayor número de especies nativas dominantes en el área a ser restaurada, tomando en cuenta la estructura y composición de la comunidad vegetal local, los suelos, hidrología y las condiciones del ecosistema donde se encuentre.	El proyecto no afectará vegetación de mangle.
	4.40 Queda estrictamente prohibido introducir especies exóticas para las actividades de restauración de los humedales costeros.	El proyecto no afectará vegetación de humedal costero.
	4.41 La mayoría de los humedales costeros restaurados y creados requerirán de por lo menos de tres a cinco años de monitoreo, con la finalidad de asegurar que el humedal costero alcance la madurez y el desempeño óptimo.	El proyecto no afectará vegetación de humedal costero.
	4.42 Los estudios de impacto ambiental y ordenamiento deberán considerar un estudio integral de la unidad hidrológica donde se ubican los humedales costeros.	Se realizó el estudio donde se analizaron los estudios hidrológicos mismos que se mencionan en el anexo de la MIA-R.
	4.43 La prohibición de obras y actividades estipuladas en los numerales 4.4 y 4.22 y los límites establecidos en los numerales 4.14 y 4.16 podrán exceptuarse siempre que en el informe preventivo o en la manifestación de impacto ambiental, según sea el caso se establezcan medidas de compensación en beneficio de los humedales y se obtenga la autorización de cambio de uso de suelo correspondiente.	El proyecto tendrá una distancia mínima de los 100 m señalados respecto al límite de la vegetación de manglar, sin embargo, se llevarán a cabo medidas de compensación en términos del numeral 4.43 de esta norma, que prevé la excepción a la regla y a los capítulos V y VI de la presente MIA-R. No obstante ello, en caso que dicha distancia tenga que ser menos, se implementaran las medidas de mitigación que esa autoridad determine

Norma	Descripción	Cumplimiento del proyecto
		en la autorización correspondiente.
NOM-022-SSA1-2010	Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al Dióxido de Azufre (SO_2). Valor normado para la concentración de Dióxido de Azufre en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.	Con el proyecto en operación las emisiones de dióxido de azufre se reducirían porque la Refinería generará combustibles de bajo contenido de Azufre, lo que contribuirá con el cumplimiento de esta norma.
NOM-041-SEMARNAT-2006.	Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.	En todas las etapas del proyecto (preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento y abandono y restauración), serán empleados vehículos automotores que harán uso alguno de los combustibles previstos por estas NOM's. Los responsables de los vehículos empleados en estas etapas, se apegará al cumplimiento de los niveles o límites máximos permisibles de las normas que se vinculan.
NOM-042-SEMARNAT-2003.	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas suspendidas provenientes del escape de vehículos automotores nuevos en planta, así como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diésel de los mismos, con peso bruto vehicular que no exceda los 3,856 kilogramos.	Se dará cumplimiento a estas normas mediante la vigilancia de los vehículos, maquinaria y equipo, las cuales se encontrarán en perfectas condiciones de afinación, además de que solamente se realizará la preparación del sitio y construcción en horarios diurnos para minimizar el funcionamiento. Por otra parte, se establecerán velocidades máximas de circulación de vehículos de hasta 40 km/hr.
NOM-043-SEMARNAT-1993.	Que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.	El Proyecto cumplirá con esta norma, se utilizará Gas, el cual es un combustible limpio y que no genera emisión de Partículas.
NOM-044-SEMARNAT-2017.	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos no metano, hidrocarburos no metano más óxidos	Se dará cumplimiento a estas normas mediante la vigilancia de los vehículos, maquinaria y equipo, las cuales se encontrarán en

Norma	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	de nitrógeno, partículas y amoniaco, provenientes del escape de motores nuevos que utilizan diésel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos, así como del escape de vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos equipados con este tipo de motores.	perfectas condiciones de afinación, además de que solamente se realizará la preparación del sitio y construcción en horarios diurnos para minimizar el funcionamiento. Por otra parte, se establecerán velocidades máximas de circulación de vehículos de hasta 40 km/hr.
NOM-045-SEMARNAT-2017.	Protección ambiental. Vehículos en circulación que usan diésel como combustible.- Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.	Se dará cumplimiento a estas normas mediante la vigilancia de los vehículos, maquinaria y equipo, las cuales se encontrarán en perfectas condiciones de afinación, además de que solamente se realizará la preparación del sitio.
NOM-050-SEMARNAT-1993.	Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan Gas Licuado de Petróleo, Gas Natural u otros combustibles alternos	Se dará cumplimiento a estas normas mediante la vigilancia de los vehículos, maquinaria y equipo, las cuales se encontrarán en perfectas condiciones de afinación, además de que solamente se realizará la preparación del sitio y construcción en horarios diurnos para minimizar el funcionamiento.
NOM-052-SEMARNAT-2005.	Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	En la operación del Proyecto se manejarán sustancias que se encuentran listadas en la NOM-052-SEMARNAT-2005 en el Giro 4 correspondiente a petróleo, gas y petroquímica, por lo que se clasifican como peligrosas. Los volúmenes de residuos se establecen en él ERA del proyecto. Los residuos peligrosos, correspondientes a la etapa de operación del Proyecto, se manejarán en estricto apego a la legislación aplicable.
NOM-059-SEMARNAT-2010.	Que se refiere a la protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, o cambio-lista de especies en riesgo.	En caso de encontrarse especies en el área del proyecto, citadas en esta norma y las cuales se describen en el capítulo IV del presente estudio, será

Norma	Descripción	Cumplimiento del proyecto
		implementado un programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación para evitar daños a las especies. (anexo Programa de Manejo ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna y Programa de rescate y reubicación de flora), y en su caso se aplicarán las medidas de compensación y mitigación mencionadas en el capítulo VI de la MIA-R.
NOM-080-SEMARNAT-1994.	Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido provenientes del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.	El proyecto a través de los responsables de los vehículos empleados en estas etapas, se apegará al cumplimiento de los niveles o límites máximos permisibles de las normas que se vinculan. Asimismo, se aplicará un mantenimiento continuo de los vehículos para que estos operen en óptimas condiciones, incluyendo los sistemas de escape.
NOM-081-SEMARNAT-1994.	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.	Se realizarán los monitoreos de acuerdo a los resultados del atlas de riesgo.
NOM-085-SEMARNAT-2011.	Establece los niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición.	El Proyecto cumplirá con esta norma, se utilizará Gas, el cual es un combustible limpio, así como quemadores de bajo NOx.
NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005.	Especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental.	Los productos que producirá el Proyecto cumplirán con las especificaciones señaladas en dicha norma Todas las fuentes fijas y móviles del proyecto utilizarán combustibles que cumplan con esta norma.
NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012	Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación.	En caso de presentarse un derrame de hidrocarburos al suelo, se dará cumplimiento a los criterios de muestreo límites máximos permitidos de la norma.
NOM-137-SEMARNAT-2003	Contaminación atmosférica. Unidades Desulfuradoras de Gas y Condensados Amargos. Control de emisiones de compuestos de Azufre.	Uno de los objetivos del Proyecto es incrementar la generación de combustibles de bajo contenido de Azufre

Norma	Descripción	Cumplimiento del proyecto
		y disminuir la producción de combustóleo. El Proyecto contará con una Planta Recuperadora de Azufre, cuyo objetivo será remover compuestos de Azufre para su recuperación así como la instalación de una planta de tratamiento de aguas amargas para el control de corrientes ácidas.
NOM-148-SEMARNAT-2006.	Contaminación atmosférica. Recuperación de azufre proveniente de los procesos de refinación del petróleo.	El Proyecto contará con una Planta de Azufre de alta eficiencia, por lo que cumple con esta norma.
NOM-165-SEMARNAT-2013	Que establece la lista de sustancias sujetas a reporte para el registro de emisiones y transferencia de contaminantes	Las emisiones de la Refinería estarán sujetas a la presente norma, debido a que existen sustancias enlistadas.
Disposiciones Administrativas de Carácter General emitidas por la ASEA	Disposiciones administrativas de carácter general que establecen los Lineamientos para la conformación, implementación y autorización de los Sistemas de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente aplicables a las actividades del Sector Hidrocarburos que se indican. (DOF 13 de mayo de 2016)	Se dará cumplimiento a estas disposiciones.
	Disposiciones administrativas de carácter general que establecen los Lineamientos para Informar la ocurrencia de incidentes y accidentes a la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos. (DOF 4 de noviembre de 2016)	Se dará cumplimiento a estas disposiciones.
	Disposiciones administrativas de carácter general que establecen los Lineamientos para llevar a cabo las Auditorías Externas a la operación y el desempeño de los Sistemas de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente aplicables a las actividades del Sector Hidrocarburos. (DOF 24 de enero de 2017)	Se dará cumplimiento a estas disposiciones.
	Disposiciones administrativas de carácter general que establecen los Lineamientos para que los Regulados lleven a cabo las Investigaciones Causa Raíz de Incidentes y Accidentes ocurridos en sus Instalaciones. (DOF 24 de enero de 2017).	Se dará cumplimiento a estas disposiciones.

Norma	Descripción	Cumplimiento del proyecto
	Disposiciones administrativas de carácter general que establecen los lineamientos para la gestión integral de los Residuos de Manejo Especial del Sector Hidrocarburos (DOF 02 de mayo de 2017).	Se dará cumplimiento a estas disposiciones.
	Disposiciones administrativas de carácter general que establecen los Lineamientos para la Prevención y el Control Integral de las Emisiones de Metano del Sector Hidrocarburos (DOF 06 de noviembre de 2018).	Se dará cumplimiento a estas disposiciones.
	Disposiciones Administrativas de carácter general que establecen las reglas para el requerimiento mínimo de seguros a los Regulados que lleven a cabo obras o actividades de exploración y extracción de hidrocarburos, tratamiento y refinación de petróleo y procesamiento de gas natural. (DOF 23 de junio de 2016).	Se dará cumplimiento a estas disposiciones.

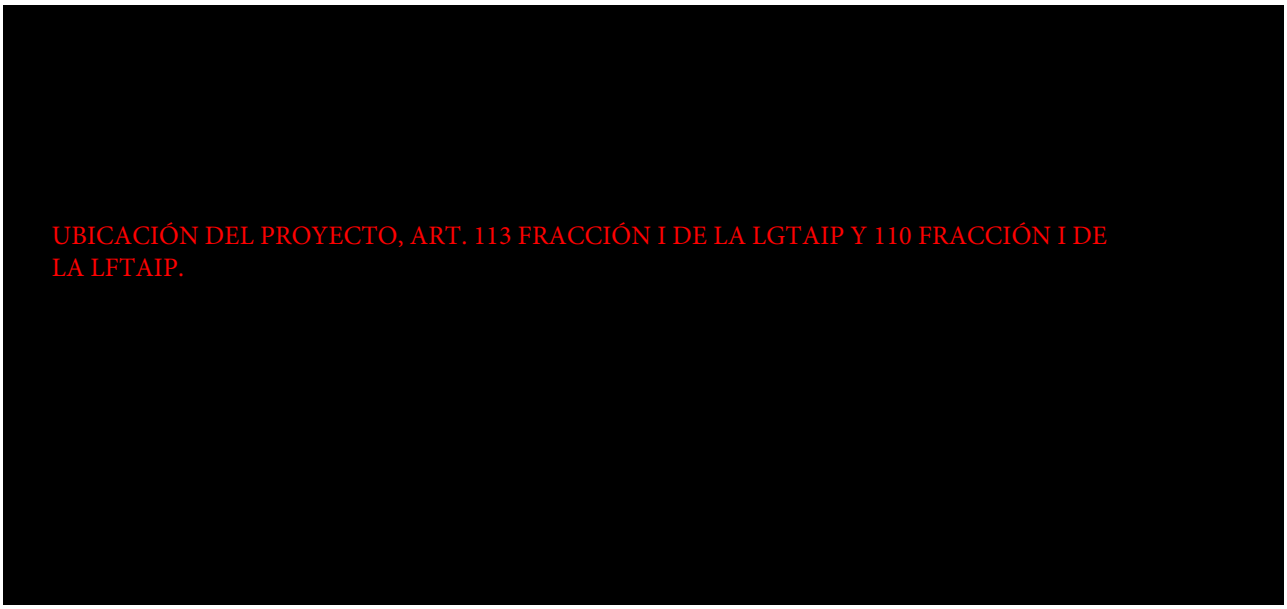
Fuente: Elaboracion IMP

III.6 Instrumentos de Planeación

Que de conformidad con el artículo 35, segundo párrafo de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), así como lo dispuesto en la fracción III del artículo 12 del REIA, las Manifestaciones de Impacto Ambiental que sean sometidas a evaluación de la autoridad a efecto de obtener la autorización correspondiente, deberán contener una vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos correspondientes, que son emitidos por la Federación, las entidades o los municipios. Dichos instrumentos buscan orientar el uso de suelo en el territorio en materia ambiental; a partir de esta acción, se determinarán los lugares donde se pueden llevar a cabo diversos tipos de proyectos y su clasificación. Los Programas de Ordenamiento Ecológico que son aplicables para el desarrollo del proyecto son los siguientes:

- Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT).
- Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMRGMYMC).
- Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Tabasco (2019).

Con el fin de verificar el análisis espacial de los ordenamientos ecológicos y otros instrumentos de planeación aplicables al Proyecto se utilizó el sistema SIGEIA de la SEMARNAT, a continuación se muestra la pantalla de resultados:



Fuente: SIGEA

Así mismo en el Anexo del CD de la MIA-R del Proyecto, se incluye el archivo .km del Proyecto para una pronta referencia de la ASEA.

III.6.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT).

El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) es un instrumento de política pública sustentado en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiental (LGEEPA) y en su Reglamento en materia de Ordenamiento Ecológico. Es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y tiene como propósito vincular las acciones y programas de la Administración Pública Federal (APF) que deberán observar la variable ambiental en términos de la Ley de Planeación.

Al Gobierno Federal, a través de la SEMARNAT, le corresponde establecer las bases para que las dependencias y entidades de la APF formulen e instrumenten sus programas sectoriales con base en la aptitud territorial, las tendencias de deterioro de los recursos naturales, los servicios ambientales, los riesgos ocasionados por peligros naturales y la conservación del patrimonio natural. Todo ello, tiene que ser analizado y visualizado como un sistema, en el cual se reconozca que la acción humana tiene que estar armonizada con los procesos naturales. En el marco de la Estrategia Nacional para el Ordenamiento Ecológico en Mares y Costas, el 21 de febrero del 2007 en Mazatlán, Sinaloa, el Ejecutivo Federal instruyó a la SEMARNAT,

con el apoyo de todas las secretarias, cuyas actividades inciden en el patrón de ocupación del territorio, a formular el POEGT.

El Ordenamiento Ecológico General del Territorio (OEGT) aparece por primera vez en nuestro país en 1988, con la emisión de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. (LGEEPA), en la que se estableció la atribución de la autoridad ambiental federal para desarrollar este instrumento en coordinación con las demás dependencias del Ejecutivo Federal y autoridades locales según sus respectivas competencias, y en agosto de 2003, se publicó el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico, en el cual se establecen con claridad los lineamientos para la formulación del POEGT. En su artículo 19° señala que el POEGT será formulado por SEMARNAT, que su observancia es obligatoria en todo el territorio nacional y que vinculará las acciones y programas de la APF cuyos programas incidan en el patrón de ocupación del territorio.

De esta forma y de conformidad a los resultados del Grupo Intersecretarial formado para la elaboración de este programa y al proceso de Consulta Pública llevado a cabo del 4 de mayo al 27 de julio de 2011 y que se aprueba el Proyecto Final del Ordenamiento Ecológico General del Territorio el 11 de noviembre de 2011, se emite el Acuerdo del Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales por el que se expide el “Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio”, en el Diario Oficial de la Federación del 7 de septiembre de 2012. Este importante instrumento entró en vigor al día siguiente de su publicación, tomado de (PEMEX Exploración y Producción, 2015). A continuación se muestran los aspectos relacionados con el proyecto. Con fundamento en el artículo 26 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico (RLGEEPA, última reforma DOF. 28 de septiembre de 2010), la propuesta del programa de ordenamiento ecológico está integrada por la regionalización ecológica (que identifica las áreas de atención prioritaria y las áreas de aptitud sectorial) y los lineamientos y estrategias ecológicas para la preservación, protección, restauración y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, aplicables a esta regionalización.

La base para la regionalización ecológica, comprende unidades territoriales sintéticas que se integran a partir de los principales factores del medio biofísico: clima, relieve, vegetación y suelo. La interacción de estos factores determina la homogeneidad relativa del territorio hacia el interior de cada unidad y la heterogeneidad con el resto de las unidades. Con este principio se obtuvo como resultado la diferenciación del territorio nacional en 145 unidades denominadas

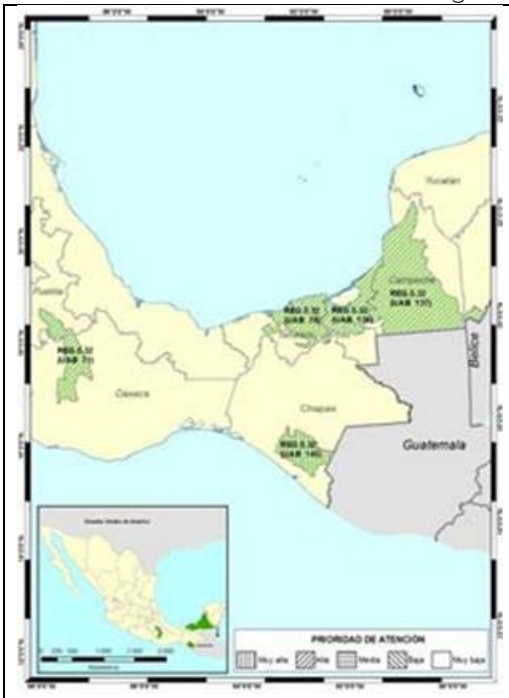
unidades ambientales biofísicas (UAB), representadas a escala 1:2,000,000, empleadas como base para el análisis de las etapas de diagnóstico y pronóstico y para construir la propuesta del POEGT. Así, las regiones ecológicas se integran por un conjunto de UAB que comparten la misma prioridad de atención, de aptitud sectorial y de política ambiental. Con base en lo anterior, a cada UAB le fueron asignados lineamientos y estrategias ecológicas específicas, de la misma manera que ocurre con las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) previstas en los Programas de Ordenamiento Ecológico.

Tomando como base la política ambiental asignada para cada una de las 145 UAB, los sectores rectores del desarrollo que resultaron de la definición de los niveles de corresponsabilidad sectorial, y la prioridad de atención que los diferentes sectores deberán considerar para el desarrollo sustentable del territorio nacional, se realizó una síntesis que dio como resultado las 80 regiones ecológicas, que finalmente se emplearon en la propuesta del POEGT. Los 10 lineamientos ecológicos que se formularon para este Programa, mismos que reflejan el estado deseable de una región ecológica o unidad biofísica ambiental, se instrumentan a través de las directrices generales que en lo ambiental, social y económico se deberán promover para alcanzar el estado deseable del territorio nacional.

Por su parte, las estrategias ecológicas, definidas como los objetivos específicos, las acciones, los proyectos, los programas y los responsables de su realización dirigidas al logro de los lineamientos ecológicos aplicables en el territorio nacional, fueron construidas a partir de los diagnósticos, objetivos y metas comprendidos en los programas sectoriales, emitidos respectivamente por las dependencias de la APF que integran el Grupo de Trabajo Intersecretarial. Las estrategias se implementarán a partir de una serie de acciones que cada uno de los sectores en coordinación con otros sectores deberán llevar a cabo, con base en lo establecido en sus programas sectoriales o el compromiso que asuman dentro del Grupo de Trabajo Intersecretarial para dar cumplimiento a los objetivos de este POEGT.

El POEGT presenta la delimitación de 145 Unidades Ambientales Biofísicas (UAB's) que cubren el territorio nacional. El proyecto objeto del presente estudio, se ubica dentro de la Región Ecológica clasificada con la clave 5.32, en la cual se encuentra la UAB 76, denominada como "Llanuras Fluviodeltaicas de Tabasco" y 18.3, UAB 135 "Planicies Aluviales del Occidente de Tabasco" las cuáles de describen en la Tabla III-17.

Tabla III. 17 Unidad Ambiental Biofísica (UAB) 76 y Región Ecológica 5.32 del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio aplicable al proyecto.

<table>
<tr><td rowspan="4"> 
</td><td colspan="3">REGIÓN ECOLÓGICA: 5.32
Unidad Ambiental Biofísica donde se ubica el proyecto:</td></tr>
<tr><td colspan="3">76. Llanuras fluviodeltáicas de Tabasco.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Localización:
76. Centro norte de Tabasco</td></tr>
<tr><td>Superficie en km²:

76. 9243.78</td><td>Población:

76. 515297</td><td>Población Indígena:

. Chontal de Tabasco</td></tr>
<tr><td colspan="2">Estado Actual del Medio Ambiente 2008:</td><td colspan="2">76. Inestable. Conflicto Sectorial Muy Alto. Alta superficie de ANP's. Media degradación de los Suelos. Media degradación de la Vegetación. Sin degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es baja. Longitud de Carreteras (km): Baja. Porcentaje de Zonas Urbanas: Baja. Porcentaje de Cuerpos de agua: Muy alta. Densidad de población (hab/km²): Baja. El uso de suelo es de Otro tipo de vegetación y Pecuario. Con disponibilidad de agua superficial. Con disponibilidad de agua subterránea. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 0. Media marginación social. Medio índice medio de educación. Bajo índice medio de salud. Alto hacinamiento en la vivienda. Muy bajo indicador de consolidación de la vivienda. Bajo indicador de capitalización industrial. Medio porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal. Medio porcentaje de</td></tr>
</table>

					trabajadores por actividades remuneradas por municipios. Actividad agrícola de carácter campesino. Alta importancia de la actividad minera. Alta importancia de la actividad ganadera.
Escenario al 2033:					76. Crítico.
Política Ambiental:					Preservación, Aprovechamiento sustentable y Restauración
Prioridad de Atención:					76.- Alta.
UAB	Rectores del desarrollo	Coadyuvantes del desarrollo	Asociados del desarrollo	Otros sectores de interés	Estrategias sectoriales
76	Preservación de Flora y Fauna	Turismo	Agricultura - Ganadería	Minería	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 21, 22, 23, 24, 28, 29, 36, 37, 42, 43,

Fuente: Elaboracion IMP

A continuación en la Tabla III.18, se vincula cada una de las estrategias sectoriales aplicables en la UAB 76, con relación a las actividades del proyecto, indicando la elaboración e implementación de medidas y actividades que tendrían que realizarse conforme a lo dispuesto en la normatividad ambiental, con el objeto de garantizar que los impactos sean mitigables y con el mínimo efecto negativo al medio ambiente.

Tabla III. 18 Vinculación con las estrategias sectoriales aplicables en la UAB 76 referente al proyecto.

Estrategias. UAB 76		Vinculación
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio		
Preservación.	**1.** Conservación *in situ* de los ecosistemas y su biodiversidad.	• En los sitios destinados para la construcción de la Refinería ya no existe vegetación original. • La vegetación de manglar cercana no estará sujeta a remoción o afectación alguna, como se ha mencionado. • El Proyecto contará con planta de tratamiento de aguas residuales para cumplir con los parámetros establecidos para la descarga y evitar así el deterioro de los ecosistemas y su biodiversidad.
	2. Recuperación de especies en riesgo.	• Se recuperarán las especies de

		flora y fauna en riesgo que se encuentran dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 a través de la ejecución de un programa de reforestación en el SAR, en el caso de la fauna silvestre se aplicará un programa de rescate y reubicación para evitar la disminución de individuos. Lo anterior de forma adicional a las medidas ordenadas a terceros por ASEA.
	3. Conocimiento análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	• Se realizó trabajo de muestreo de campo para conocer y analizar el ecosistema afectado y su biodiversidad, con base en ello, se proponen medidas de mitigación que serán monitoreadas durante 5 años o durante el tiempo que la autoridad convenga. De igual forma, para los ejemplares de vida silvestre de los cuales haya evidencia de su presencia, habrán de implementarse actividades de monitoreo.
Aprovechamiento sustentable.	**4.** Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales.	• Para lograr un aprovechamiento sustentable de los ecosistemas, especies, genes y recursos naturales, se realizarán medidas de mitigación como es la ejecución de un programa de reforestación, el rescate de fauna y programa de manejo integral de residuos. Además de lo anterior, sólo se aprovecharan los recursos naturales necesarios y se realizará un programa de reforestación.
	5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios.	• Las actividades de remoción de vegetación no consisten en el aprovechamiento de suelos agrícolas y pecuarios.
	6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas.	• Las actividades del proyecto no consisten en la modernización de infraestructura hidroagrícola y tecnificación de superficies agrícolas por lo que no es aplicable.
	7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.	• En mérito que para la ejecución del proyecto, es necesario el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, se propone la ejecución de un programa de reforestación dentro del SAR en una superficie similar a la afectada –bajo el criterio de implementar la medida en un área que potencialice el servicio

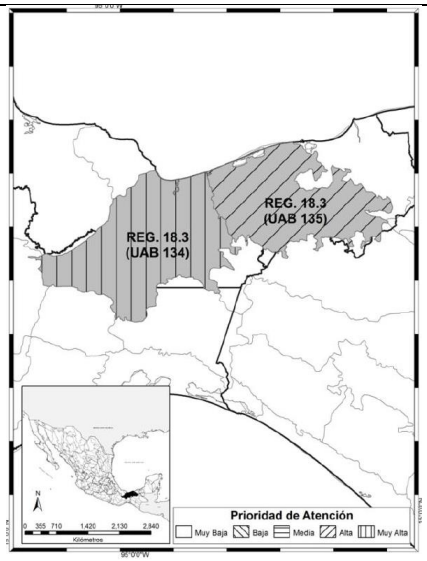
		ambiental prestado-, con dicha medida se mitigará la erosión del suelo, la captación del agua y se reincorporará una superficie forestal que servirá de área de refugio, de alimentación, de paso o de reproducción para la fauna silvestre.
	8. Valoración de los servicios ambientales.	• La valoración de los servicios ambientales de las áreas del proyecto se realizó en el capítulo IX del ETJ, con lo cual se determinó el grado de afectación por la remoción de vegetación en el capítulo VIII de ese mismo estudio, con base en dicha medición se proponen medidas de mitigación para garantizar que se sigan produciendo dichos servicios ambientales.
Protección de los recursos naturales.	**12.** Protección de los ecosistemas.	• Para proteger los ecosistemas y garantizar su persistencia se implementarán medidas de mitigación como el rescate de fauna, la disposición de residuos sólidos, líquidos y peligrosos en contenedores para su almacenamiento temporal, por otra parte, para la flora se propone la ejecución de un programa de reforestación dentro de la subcuenca, en una superficie similar a la afectada. Así mismo, las especies de manglar presentes no estarán sujetas a remoción. • El Proyecto contará con planta de tratamiento de aguas residuales para cumplir con los parámetros establecidos para la descarga y evitar así el deterioro de los ecosistemas y su biodiversidad.
	13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes	• No se utilizaron agroquímicos en ninguna fase de del proyecto.
Dirigidas a la Restauración.	**14.** Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas.	• Se realizará la reforestación de una superficie similar a la afectada, en áreas degradadas dentro del SAR, que permitirán restaurar y reintegrar una superficie con ecosistemas forestales.
Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y	**15.** Aplicación de los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables.	• Los productos utilizados para la definición de los polígonos, cobertura de vegetación y cartas temáticas son imágenes Multi Espectrales Sentinel 2A, mapas de la CONABIO, INEGI.
	15. bis. Consolidar el marco	• Las actividades realizadas no

actividades económicas de producción y servicios.	normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable.	consisten en actividades mineras por lo cual esta estrategia no es aplicable al mismo.
	21. Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo.	• Los instrumentos de política para fomento productivo del turismo, están dirigidas a las instancias correspondientes, por lo que no aplican al predio.
	22. Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional.	• Aun cuando las actividades realizadas no consisten en actividades turísticas, su desarrollo detonará la economía regional permitiendo que varios sectores se vean beneficiados por la demanda de materiales, servicios, transporte, etc. La disponibilidad de recursos económicos impactará también en el turismo regional.
	23. Sostener y diversificar la demanda turística doméstica e internacional con mejores relaciones consumo (gastos del turista) – beneficio (valor de la experiencia, empleos mejor remunerados y desarrollo regional).	• La diversificación de la demanda turística está dirigida a las instancias correspondientes y los proveedores de dichos servicios turísticos, por lo que no es aplicable al cambio de uso de suelo realizado.
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana		
A) Suelo Urbano y Vivienda	**24.** Mejorar las condiciones de vivienda y entorno de los hogares en condiciones de pobreza para fortalecer su patrimonio.	• Aunque dicha estrategia está dirigida a las autoridades encargadas de desarrollo urbano, el proyecto, una vez consolidado participará en la generación de empleos temporales y permanentes en la zona, con lo cual será posible mejorar la calidad de vida de los habitantes.
C) Agua y Saneamiento	**28.** Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico.	• Dicha estrategia está dirigida en general a las autoridades encargadas de la administración y manejo del agua y saneamiento, sin embargo, se llevará a cabo un monitoreo de los principales cuerpos de agua dentro del SAR, con la finalidad de vigilar la calidad del agua y establecer medidas para evitar la contaminación derivada de las actividades proyecto. Por otra parte, se contempla la instalación de letrinas portátiles para evitar descargas de aguas residuales.
	29. Posicionar el tema del agua como un recurso estratégico y de seguridad nacional.	• El agua se considera un recurso primordial, por lo cual para mitigar la disminución en su

		captación en el predio, se propone la ejecución de un programa de reforestación en una superficie forestal similar a la afectada dentro de la subcuenca. • El Proyecto contará con planta de tratamiento de aguas residuales para cumplir con los parámetros establecidos para la descarga y evitar así el deterioro de los ecosistemas y su biodiversidad.
Grupo III. Dirigidas al fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional		
A) Marco Jurídico	. Asegurara la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.	• El desarrollo de las actividades realizadas, respetan los derechos de la propiedad rural, ya que los sitios son propiedad privada, según consta en las escrituras 482, 483 y 484.

Fuente: Elaboracion IMP

Tabla III. 19 Unidad Ambiental Biofísicas (UAB) 135 y Región Ecológica 18.3 del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio aplicable al proyecto.

<table>
<tr><td rowspan="4"> 
</td><td colspan="3">REGIÓN ECOLÓGICA: 18.3
Unidad Ambiental Biofísica donde se ubica el proyecto:</td></tr>
<tr><td colspan="3">135. Planicies Aluviales del Occidente de Tabasco.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Localización:
135. Norte, occidente, sur y centro de Tabasco, norte de Chiapas, sur de Veracruz</td></tr>
<tr><td>Superficie en km²:

135. 12,679.01</td><td>Población:

135. 1,835,491</td><td>Población Indígena:

5. Chontal de Tabasco</td></tr>
<tr><td colspan="2">Estado Actual del Medio Ambiente 2008:</td><td colspan="2">135. Inestable. Conflicto Sectorial Medio. No presenta superficie de ANP's. Muy alta degradación de los Suelos. Muy alta degradación de la Vegetación. Sin degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es media. Longitud de Carreteras (km): Alta. Porcentaje de Zonas Urbanas: Muy baja. Porcentaje de Cuerpos de agua: Baja. Densidad de población (hab/km²): Media. El uso de suelo es Forestal y Agrícola. Con disponibilidad de agua superficial. Con disponibilidad de agua subterránea. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 0. Media marginación social. Alto índice medio de educación. Bajo índice medio de salud. Medio hacinamiento en la vivienda. Muy bajo indicador de consolidación de la vivienda. Bajo indicador de capitalización industrial. Medio porcentaje de la tasa de</td></tr>
</table>

					dependencia económica municipal. Medio porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios. Actividad agrícola con fines comerciales. Media importancia de la actividad minera. Alta importancia de la actividad ganadera.
Escenario al 2033:					135. Crítico.
Política Ambiental:					. Restauración y Aprovechamiento Sustentable
Prioridad de Atención:					135. Alta.
UAB	Rectores del desarrollo	Coadyuvantes del desarrollo	Asociados del desarrollo	Otros sectores de interés	Estrategias sectoriales
135	Agricultura - Desarrollo Social - Ganadería	Industria - PEMEX	Preservación de Flora y Fauna	CFE- Forestal - Minería - SCT – Turismo	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44

Fuente: Elaboracion IMP

Tabla III. 20 Vinculación con las estrategias sectoriales aplicables en la UAB 135 referente al proyecto.

Estrategias. UAB 76		Vinculación
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio.		
A. Preservación.	**1.** Conservación *in situ* de los ecosistemas y su biodiversidad.	• En los sitios propuestos para la construcción de la Refinería ya no existe vegetación original. • La vegetación de manglar cercana al sitio del proyecto no estará sujeta a remoción.
	2. Recuperación de especies en riesgo.	• Se recuperarán las especies de flora y fauna en riesgo que se encuentran dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 a través de la ejecución de un programa de reforestación en el SAR, en el caso de la fauna silvestre se aplicará un programa de rescate y reubicación para evitar la disminución de individuos.
	3. Conocimiento análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	• Se realizó trabajo de muestreo de campo para conocer y analizar el

		ecosistema afectado y su biodiversidad, con base en ello, se proponen medidas de mitigación que serán monitoreadas durante 5 años o durante el tiempo que la autoridad convenga.
Aprovechamiento sustentable.	**4.** Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales.	• Para lograr un aprovechamiento sustentable de los ecosistemas, especies, genes y recursos naturales, se realizarán medidas de mitigación como es la ejecución de un programa de reforestación, el rescate de fauna y programa de manejo integral de residuos. Además de lo anterior, sólo se aprovecharan los recursos naturales necesarios y se realizará un programa de reforestación. • El Proyecto contará con planta de tratamiento de aguas residuales para cumplir con los parámetros establecidos para la descarga y evitar así el deterioro de los ecosistemas y su biodiversidad.
	5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios.	• Las actividades de remoción de vegetación no consisten en el aprovechamiento de suelos agrícolas y pecuarios.
	6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas.	• Las actividades del proyecto no consisten en la modernización de infraestructura hidroagrícola y tecnificación de superficies agrícolas por lo que no es aplicable.
	7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.	• Para lograr un aprovechamiento sustentable de los recursos forestales se propone la ejecución de un programa de reforestación dentro de la subcuenca en una superficie similar a la afectada, con dicha medida se mitigará la erosión del suelo, la captación del agua y se reincorporará una superficie forestal que servirá de área de refugio, de alimentación, de paso o de reproducción para la fauna silvestre.
	8. Valoración de los servicios ambientales.	• La valoración de los servicios ambientales de las áreas del proyecto se realizó en el capítulo IX del ETJ, con lo cual se determinó el grado de afectación por la remoción de vegetación en el capítulo VIII de ese mismo estudio, con base en dicha medición se proponen medidas de mitigación para garantizar

		que se sigan produciendo dichos servicios ambientales.
Protección de los recursos naturales.	**10.** Reglamentar para su protección, el uso del agua en las principales cuencas y acuíferos.	• El río seco que es cuerpo de agua que transita en el sitio del proyecto no será invadido son las actividades de preparación del sitio y construcción, ni se realizará ningún tipo de aprovechamiento, disposición de residuo, cambio de cause u otra actividad degrade las condiciones en la cual se encuentra dicha corriente de agua.
	12. Protección de los ecosistemas.	• Para proteger los ecosistemas y garantizar su persistencia se realizarán medidas de mitigación como el rescate de fauna, la disposición de residuos sólidos, líquidos y peligrosos en contenedores para su almacenamiento temporal, por otra parte, para la flora se propone la ejecución de un programa de reforestación dentro del SAR, en una superficie similar a la afectada. Así mismo, las especies de manglar presentes no estarán sujetas a remoción.
	13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes	• No se utilizaron agroquímicos en ninguna fase de del proyecto.
Dirigidas a la restauración.	**14.** Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas.	• Se realizará la reforestación de una superficie similar a la afectada, en áreas degradadas dentro del SAR, que permitirán restaurar y reintegrar una superficie con ecosistemas forestales.
Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios.	**15.** Aplicación de los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables.	• Los productos utilizados para la definición de los polígonos, cobertura de vegetación y cartas temáticas son imágenes Multi Espectrales Sentinel 2A, mapas de la CONABIO, INEGI.
	15. **bis.** Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable.	• Las actividades realizadas no consisten en actividades mineras por lo cual esta estrategia no es aplicable al mismo.
	18. Establecer mecanismos de supervisión e inspección que permitan el cumplimiento de metas y niveles de seguridad adecuados en el sector de hidrocarburos.	• Se establecerá un programa de vigilancia para el cumplimiento del SSPA y de las recomendaciones del Estudio de Riesgo Ambiental.
	21. Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo.	• Los instrumentos de política para fomento productivo del turismo, están dirigidas a las instancias correspondientes, por lo que no

		aplican al predio.
	22. Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional.	• Aun cuando las actividades realizadas no consisten en actividades turísticas, su desarrollo detonará la economía regional permitiendo que varios sectores se vean beneficiados por la demanda de materiales, servicios, transporte, etc. La disponibilidad de recursos económicos impactará también en el turismo regional.
	23. Sostener y diversificar la demanda turística doméstica e internacional con mejores relaciones consumo (gastos del turista) – beneficio (valor de la experiencia, empleos mejor remunerados y desarrollo regional).	• La diversificación de la demanda turística está dirigida a las instancias correspondientes y los proveedores de dichos servicios turísticos, por lo que no es aplicable al cambio de uso de suelo realizado.
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana		
A) Suelo Urbano y Vivienda	**24.** Mejorar las condiciones de vivienda y entorno de los hogares en condiciones de pobreza para fortalecer su patrimonio.	• Aunque dicha estrategia está dirigida a las autoridades encargadas de desarrollo urbano, la construcción del proyecto, una vez consolidado, participará en la generación de empleos temporales y permanentes en la zona, con lo cual será posible mejorar la calidad de vida de los habitantes.
C) Agua y Saneamiento	**28.** Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico.	• Dicha estrategia está dirigida en general a las autoridades encargadas de agua y saneamiento, sin embargo, se llevará a cabo un monitoreo de los principales cuerpos de agua de la cuenca, con la finalidad de vigilar la calidad del agua y establecer medidas para evitar la contaminación derivada de las actividades del proyecto. Por otra parte, se contempla la instalación de letrinas portátiles para evitar descargas de aguas residuales, la gestión integral de residuos contempla un programa de supervisión y vigilancia. • El Proyecto contará con planta de tratamiento de aguas residuales para cumplir con los parámetros establecidos para la descarga y evitar así el deterioro de los ecosistemas y su biodiversidad.
	29. Posicionar el tema del agua	• El agua se considera un recurso

	como un recurso estratégico y de seguridad nacional.	primordial, por lo cual para mitigar la disminución en su captación en el sitio del proyecto, se propone la ejecución de un programa de reforestación en una superficie forestal similar a la afectada dentro del SAR.
Grupo III. Dirigidas al fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional		
A) Marco Jurídico	**42.** Asegurara la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.	• El proyecto se realizará en propiedad privada, según consta en las escrituras 482, 483 y 484, por lo que no se invadirá propiedad rural.

Fuente: Elaboracion IMP

El propio POEGT establece que, por su escala y alcance, no tiene como objeto autorizar o prohibir el uso del suelo para el desarrollo de las actividades sectoriales. Sin embargo, invita a establecer una relación de equilibrio entre los recursos naturales, su aprovechamiento y la satisfacción de las necesidades de la sociedad, buscando el desarrollo sustentable.

Al respecto, el desarrollo del proyecto cumple con las disposiciones legales vigentes ya que la vegetación por afectar se encuentra representada en la porción norte del SAR o es de amplia distribución de acuerdo con la CONABIO, asimismo, se ubica fuera de áreas naturales protegidas, regiones terrestres prioritarias y áreas de importancia para la conservación de las aves, además se realizará un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales ya que las afectaciones sobre la vegetación, serán mitigados mediante acciones de rescate y reubicación de flora y fauna, así como de reforestación y la creación de una zona de conservación especificada en los Anexos D, E y F , con lo cual se cumple con el objetivo del POEGT.

III.6.2 Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMRGMYMC).

Este ordenamiento es un instrumento de política ambiental nacional, publicado en el (DOF) el 24 de noviembre de 2012, cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas tanto en su porción terrestre como marina, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos. El Área Sujeta a Ordenamiento Ecológico (ASO), está integrada por dos componentes, conforme la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA):

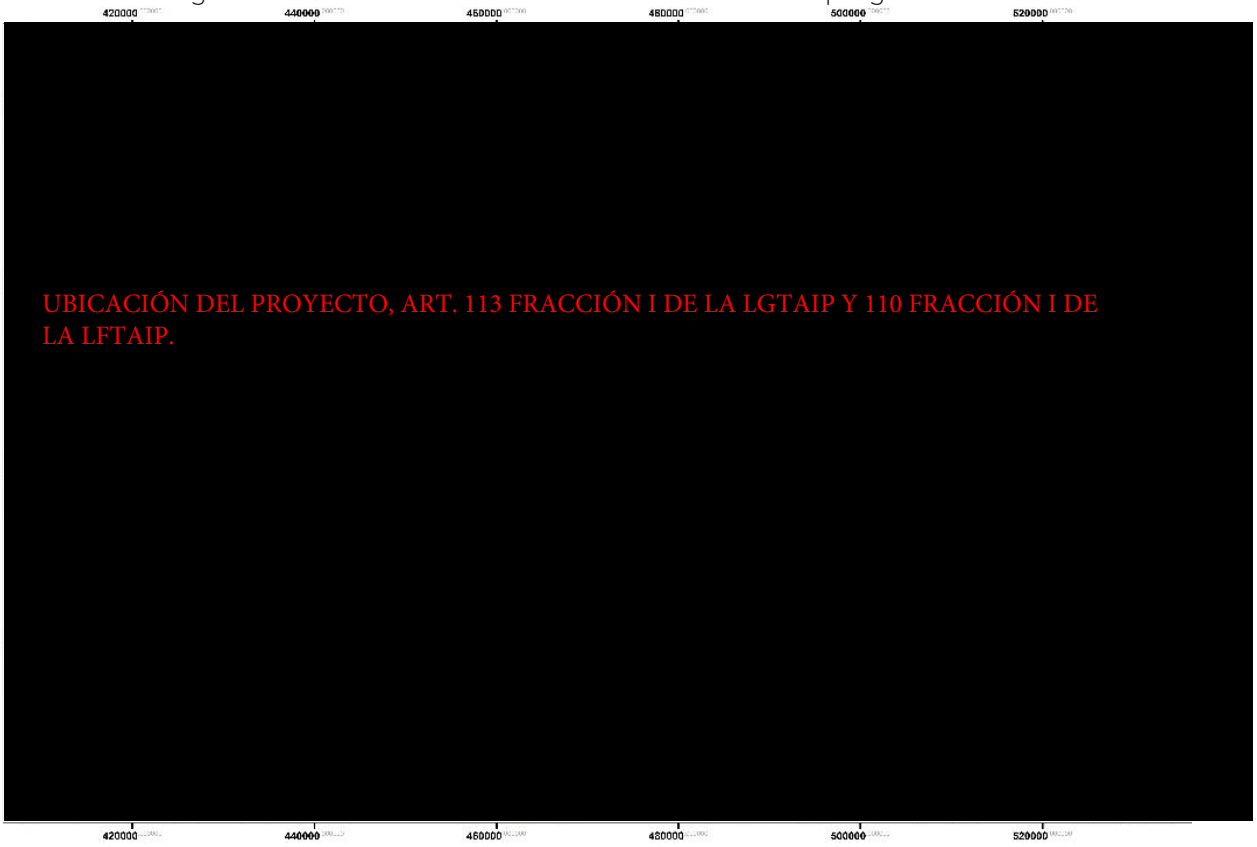
Área Marina, que comprende las áreas o superficies ubicadas en zonas marinas mexicanas, incluyendo zonas federales adyacentes del Golfo de México y Mar Caribe. También incluye 26 Áreas Naturales Protegidas, de competencia Federal con parte de su extensión en la zona marina. Cabe señalar, que en dichas áreas aplica el Decreto y el Programa de Manejo correspondiente, así como las acciones generales y específicas que de acuerdo a su ubicación, establece este Programa.

En términos del Artículo 20 BIS 6 de la LGEEPA, la SEMARNAT tiene la atribución de formular y expedir, en coordinación con las Dependencias competentes, el componente marino de este Ordenamiento Ecológico. El Área Regional abarca una región ecológica ubicada en 142 municipios con influencia costera (SEMARNAT-INE, 2007) de 6 entidades federativas (Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco, Veracruz y Tamaulipas). En ésta área se incluyen 3 ANP de competencia Federal que no tienen contacto directo con el mar, en las cuales aplica solamente el Decreto y el Programa de Manejo correspondiente. Asimismo, se incluyen 14 ANP Estatales.

En términos del Artículo 20 BIS 2 de la LGEEPA, en esta área, los Gobiernos de los Estados, en los términos de las leyes locales aplicables, tienen la atribución de formular y expedir los programas de ordenamiento ecológico regional, que abarcaron la totalidad o una parte del territorio de una entidad federativa. Dado que se trata de una región ecológica ubicada en el territorio de dos o más entidades federativas, y que incluye ANPs de competencia federal, el Gobierno Federal y los Gobiernos de los Estados, en el ámbito de sus competencias, formularon conjuntamente el componente Regional de este Ordenamiento Ecológico. En conjunto, toda el ASO tienen una extensión de 995,486.2 km^2, correspondientes a 168,462.4 km^2 del componente Regional y 827,023.8 km^2 del componente Marino.

El POEMRGMyMC, es un elemento integrador de políticas públicas que permite dar un marco coherente a las acciones que se ha comprometido México en materia de derecho marítimo, lucha contra la contaminación en los mares, protección de los recursos marinos y terrestres, combate a la marginación y orientación del desarrollo hacia la sustentabilidad, como signatario de gran cantidad de acuerdos internacionales. Este ordenamiento define 203 Unidades de Gestión Ambiental (UGA), determinadas por su geomorfología, edafología, ecosistemas, estado de conservación y actividades antropogénicas. El POEMRGMyMC para cada UGA define acciones generales y acciones específicas, las cuales tienen como objeto conservar los atributos naturales, o bien, para resolver de manera ordenada algunas de las problemáticas ya identificadas. El SAR seleccionado comprende las Unidades de Gestión Ambiental que se señalan en la Figura III.2.

Figura III. 2 Unidades de Gestión Ambiental dentro del polígono del SAR.



Fuente: Elaboración IMP

Este ordenamiento establece 65 Acciones Generales aplicables a todas las UGAs (203) incluidas en el ordenamiento, una vez analizadas las 65 Acciones Generales, se identificaron solo 6 (seis) aplicables, las restantes 59 Acciones Generales no son aplicables al proyecto debido a que se refieren a actividades no relacionadas con actividades petroleras, tales como pesqueras, turísticas, agropecuarias, de conservación, de infraestructura y asentamientos humanos. En Tabla III.21 se describe la vinculación con las Acciones Generales aplicables al proyecto.

Tabla III. 21 Vinculación con las acciones generales aplicables al proyecto.

Clave	Acciones Generales	Vinculación del Proyecto
G001	Promover el uso de tecnologías y prácticas de manejo para el uso eficiente del agua en coordinación con la CONAGUA y demás autoridades competentes.	Las descargas se ajustaran a las disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento para Cuerpos Receptores tipo A, a la Ley Federal en Materia de Derechos de Aguas y la NOM-001-SEMARNAT-1996 que Establece los Límites Máximos Permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Durante las actividades del cambio de uso de suelo se instalarán letrinas sanitarias para evitar descargas de aguas residuales. El Proyecto contará con planta de tratamiento de aguas residuales para cumplir con los parámetros establecidos para la descarga y evitar así el deterioro de los ecosistemas y su biodiversidad.
G006	Reducir la emisión de gases de efecto invernadero.	Las emisiones a la atmósfera se reducirán mediante el mantenimiento preventivo y correctivo a los equipos de combustión, embarcaciones, vehículos y maquinaria pesada que utilicen combustibles fósiles, durante las actividades del proyecto.
G012	Impulsar la ubicación o reubicación de parques industriales en sitios ya perturbados o de escaso valor ambiental.	Los sitios 1 y 2 son áreas con uso de suelo industrial con vegetación secundaria. En estas áreas ya no existe vegetación original. La vegetación de manglar cercana no estará sujeta a remoción.
G040	Fomentar la participación de las industrias en el Programa Nacional de Auditoría Ambiental.	Las actividades del proyecto incluye el cumplimiento del Sistema de Seguridad, Salud y Protección Ambiental (SSPA), en el cual se llevarán a cabo auditorias de cumplimiento.
G053	Instrumentar programas y mecanismos de reutilización de las aguas residuales tratadas.	Para las actividades del cambio del uso del suelo, no se tiene contemplado la utilización de aguas residuales tratadas porque las que se generen serán captadas en letrinas sanitarias. El Proyecto contará con planta de tratamiento de aguas residuales para cumplir con los parámetros establecidos para la descarga y evitar así el deterioro de los ecosistemas y su biodiversidad.
G054	Promover en el sector industrial la instalación y operación adecuada de plantas de tratamiento para sus descargas.	Para las actividades del proyecto se utilizarán letrinas sanitarias, una vez construida la refinería existirán baños y planta de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales. El Proyecto contará con planta de tratamiento de aguas residuales para cumplir con los parámetros establecidos para la descarga y evitar así el deterioro de los ecosistemas y su biodiversidad.

Fuente: Elaboración IMP

Este ordenamiento incluye 100 Acciones Específicas, asimismo define para cada una de las UGAs cuales de estas 100 Acciones le aplican. Con respecto al proyecto, para la UGA 70 el ordenamiento indica que le aplican 68 Acciones Específicas.

El análisis de las Acciones Específicas aplicables a la UGA donde se ubica el proyecto dio como resultado que para la UGA 70 en donde se ubica el proyecto le aplican 11 Acciones de las 68 que indica el ordenamiento que le pueden aplicar, las restantes 57 Acciones Específicas no le son aplicables al proyecto debido a que se refieren a actividades no relacionadas con las obras o actividades del proyecto, tales como actividades pesqueras, turísticas, agropecuarias, de conservación, infraestructura y asentamientos humanos. En la Tabla III.22, se describe la vinculación de las once Acciones Específicas aplicables a las instalaciones del proyecto ubicadas en la UGA 70.

Tabla III. 22 Acciones Específicas aplicables a la UGA 70.

Clave	Acciones Generales	Vinculación del Proyecto
A006	Implementar programas para la captación de agua de lluvia y el uso de aguas grises.	Se realiza un manejo eficiente del agua en todos sus procesos y se vigilará que sus contratistas apliquen buenas prácticas para un manejo eficiente del agua, de ser posible se construirá la infraestructura para tal fin. El Proyecto contará con planta de tratamiento de aguas residuales para cumplir con los parámetros establecidos para la descarga y evitar así el deterioro de los ecosistemas y su biodiversidad.
A018	Promover acciones de protección y recuperación de especies bajo algún régimen de protección considerando en la Norma Oficial Mexicana, Protección ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestre-Categoría de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010).	No contempla el aprovechamiento ni afectación de la vegetación de manglar cercanas a la zona o bien la interrupción del flujo hidrológico. Además de lo anterior, se llevará a cabo un programa de reforestación dentro del SAR, de reubicación de especies de flora en algún estatus de vulnerabilidad y un programa de ahuyentamiento y reubicación de fauna, todo ello para respetar y preservar las especies de flora y fauna listadas en la NOM-059 SEMARNAT-2010.
A021	Fortalecer los mecanismos de control de emisiones y descargas para mejorar la calidad del aire, agua y suelos, particularmente en las zonas industriales y urbanas del ASO.	Se utilizarán letrinas sanitarias, construcción de baños y planta de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales. El Proyecto contará con planta de tratamiento de aguas residuales para cumplir con los parámetros establecidos para la descarga y evitar así el deterioro de los ecosistemas y su biodiversidad. Los motores de combustión interna deberán operar eficientemente y estar en buen estado de afinación. Las actividades de desmonte serán con herramienta manual.

Clave	Acciones Generales	Vinculación del Proyecto
A022	Fomentar programas de remediación y monitoreo de zonas y aguas costeras afectadas por los hidrocarburos.	Se llevará a cabo un programa de monitoreo de calidad de los cuerpos de agua que se encuentran dentro de la cuenca para establecer la línea base y vigilar en el tiempo la presencia de contaminantes.
A023	Fomentar la aplicación de medidas preventivas y correctivas de contaminación del suelo con base a riesgo ambiental, así como la aplicación de acciones inmediatas o de emergencia y tecnologías para la remediación in situ, en términos de la legislación aplicable.	Las actividades del proyecto incluye el cumplimiento del Sistema de Seguridad, Salud y Protección Ambiental (SSPA). La elaboración e identificación de riesgos de las actividades y de planes de respuesta a emergencia, con la finalidad de identificar los mecanismos de reacción ante cualquier eventualidad.
A024	Fomentar el uso de tecnologías para reducir la emisión de gases de efecto invernadero y partículas al aire por parte de la industria y los automotores cuando ello sea técnicamente viable.	Durante las fases del proyecto los motores de combustión interna operarán en forma eficiente y deberán estar en buen estado de afinación. Además se realizar un programa de monitoreo de calidad del aire dentro de la cuenca.
A025	Promover la participación de las industrias en acciones tendientes a una gestión adecuada de residuos peligrosos, con el objeto de prevenir la contaminación de suelos y fomentar su preservación.	Se llevará a cabo el manejo integral de los residuos conforme al Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento, así como la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos del Estado de Tabasco y su Reglamento.
A026	Promover e impulsar el uso de tecnologías "Limpias" y "Ambientalmente amigables" en las industrias registradas en el ASO y su área de influencia. Fomentar que las industrias que se establezcan cuenten con las tecnologías de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.	Durante las actividades del proyecto, los motores de combustión interna deberán operar eficientemente y estar en buen estado de afinación. Además se realizar un programa de monitoreo de calidad del aire dentro de la cuenca.
A046	Incentivar el cumplimiento de los mecanismos existentes para controlar el vertido y disposición de residuos de embarcaciones, en las porciones marinas tanto costeras como oceánicas.	El proyecto no contempla la utilización de embarcaciones.
A062	Fortalecer y consolidar las capacidades organizativas y de infraestructura para el manejo adecuado y disposición final de residuos peligrosos y de manejo especial. Asegurar el Manejo Integral de los Residuos Peligrosos.	Se llevará a cabo el manejo integral de los residuos conforme al Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento, así como la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos del Estado de Tabasco y su Reglamento.
A068	Promover el manejo integral de los residuos sólidos, peligrosos y de manejo especial para evitar su impacto ambiental en el mar y zona costera.	

Fuente: Elaboración IMP

III.6.3 Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Tabasco (POERET).

El Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Tabasco (POERET), publicado el 14 de febrero de 2019 en el Periódico Oficial del Estado de Tabasco, es un instrumento de planeación en el cual se indican los lineamientos, estrategias y criterios de regulación ecológica, fundamentado en los artículos 25, 26 y 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM). Los polígonos sujetos al CUSTF se encuentran ubicados dentro de la Política Ambiental de Aprovechamiento A, Subpolítica de Uso Mixto, correspondiente a la Unidad de Gestión Ambiental PAR-AMX-01, definida de la siguiente manera:

Aprovechamiento sustentable: áreas del territorio estatal total o parcialmente modificadas y que no conservan características de los ecosistemas representativos de la región, con actividades predominantes como la ganadería, la agricultura, la industria, la extracción mineral, las vías de comunicación, entre otras. Pero que deben ser realizadas o establecidas con criterios de sustentabilidad, para prevenir, restaurar, mitigar, compensar y conservar los recursos naturales, la biodiversidad y los servicios ambientales existentes en las zonas de influencia de su desarrollo. Su objetivo es inducir el uso y el manejo de los recursos naturales, en forma tal que resulte eficiente, socialmente útil y no impacte negativamente sobre el ambiente.

Mixta: son áreas en donde se pueden desarrollar distintos tipos de actividades, como el crecimiento urbano, rural, actividades comerciales, industriales, de servicios y otras actividades económicas, fomentando el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y disminuyendo la presión urbana sobre ellos. Estas áreas se definen por las actuales manchas urbanas, cabeceras municipales, centros de poblaciones rurales, villas, rancherías, ejidos, así como algunas zonas determinadas como áreas de consolidación de los asentamientos urbanos y sus servicios.

Estrategias Ecológicas Generales:

Tabla III. 23 Estrategias Ecológicas Generales:

Clave	Descripción	Vinculación
EG1	Brindar apoyo técnico y de gestión a los ayuntamientos para la elaboración de programas municipales de ordenamiento ecológico.	No aplica.
EG2	Vincular el Programa Estatal de Ordenamiento Ecológico con otros instrumentos de planeación estratégica del territorio.	No aplica.

Clave	Descripción	Vinculación
EG3	Elaboración, gestión e instrumentación de acciones de control y erradicación de especies invasoras y exóticas	No Aplica.
EG4	Mejorar las prácticas de conservación, manejo y aprovechamiento de recursos naturales para la creación y fortalecimiento de sistemas productivos sustentables bajos en carbono y adaptables al cambio climático.	No aplica.
EG5	Crear capacidades de autogestión y autosostenibilidad, a todos los niveles participativos del manejo de cuencas como tomadores de decisión, planificadores, extensionistas, productores, gobiernos locales y la comunidad para que puedan propiciar las soluciones y gestionar el desarrollo económico y social inherente a la sociedad y al ambiente.	No aplica.
EG6	Impulsar una estrategia de difusión y comunicación para promover la importancia del cuidado del medio ambiente en la población.	Durante la ejecución del proyecto se llevarán a cabo sesiones de difusión y capacitación al personal utilizando los medios de comunicación disponibles, para sensibilizar y promover la importancia del cuidado del medio ambiente.
EG7	Promover la conservación y ampliación de corredores biológicos	En la ejecución del proyecto se procurará promover la continuidad de los manchones de vegetación a través de corredores biológicos.
EG8	Promover acciones para el reúso y reciclaje de los residuos, mediante campañas, integración de redes, y el fortalecimiento de la normatividad en materia de residuos.	Durante la ejecución del proyecto, el manejo de los residuos se apegará a la legislación ambiental aplicable.
EG9	Regular las actividades de manejo integral de residuos para el cumplimiento de la normatividad ambiental aplicable.	No aplica.
EG10	Elaborar un estudio de ordenamiento acuícola en el estado que defina las áreas geográficas para la ostricultura, camaronicultura, piscicultura y la maricultura.	No Aplica.
EG11	Promover la inclusión de los temas de adaptación y mitigación al cambio climático en la planeación de las actividades de los distintos sectores.	No aplica.
EG12	Impulsar y fortalecer la cooperación regional en materia de cambio climático.	No aplica.
EG13	Fomentar la investigación científica y tecnológica para diseñar políticas de valoración	No aplica.

Clave	Descripción	Vinculación
	de los servicios ambientales y de medidas de adaptación y mitigación al cambio climático.	
EG14	Mantener actualizado el inventario estatal de gases de efecto invernadero.	No aplica.
EG15	Implementar una estrategia estatal de cambio climático que permita articular y orientar acciones para promover la mitigación y adaptación y reducir la vulnerabilidad al cambio climático en Tabasco.	No aplica.
EG16	Impulsar actividades de gestión para el desarrollo de planes de acción climática municipal	No aplica.
EG17	Fomentar una cultura ambiental en la ciudadanía que propicie un desarrollo sustentable y adaptable al cambio climático.	Durante la ejecución del proyecto se llevarán a cabo sesiones de difusión y capacitación al personal utilizando los medios de comunicación disponibles, para sensibilizar y promover la importancia del cuidado del medio ambiente.
EG18	Diseñar e implementar un programa de capacitación y sensibilización para el uso de tecnologías limpias como medidas de adaptación ante el cambio climático.	No aplica.
EG19	Instrumentar estrategias de reducción de emisiones por deforestación y degradación (REDD+) que aseguren beneficios sociales y de conservación de la biodiversidad	No aplica.
EG20	Promover acciones derivadas del atlas de riesgo del estado de Tabasco.	Las obras del proyecto contemplarán acciones y medidas de mitigación para disminuir el efecto de las inundaciones.

Fuente: Elaboracion IMP

Criterios para actividades industriales:

Tabla III. 24 Criterios para actividades industriales

Clave	Descripción	Vinculación
AI1	Se promoverán sistemas integrales de manejo de residuos sólidos urbanos, de manejo especial que contemplen la separación, reducción, reúso y reciclaje.	Durante la ejecución del proyecto, el manejo de los residuos se apegará a la legislación ambiental aplicable.
AI2	Se promoverá que las fuentes emisoras y/o generadoras de contaminantes instalen el equipo necesario para el control de sus emisiones a la atmósfera de forma que no rebasen los límites permisibles	Durante la ejecución del proyecto, las instalaciones incluirán equipos de control de emisiones a la atmósfera, vigilando el cumplimiento con la normatividad ambiental aplicable.

Clave	Descripción	Vinculación
	establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas.	
AI3	Las industrias deberán reducir y controlar las emisiones de contaminación a la atmósfera provenientes de fuentes fijas o móviles de acuerdo con la normatividad vigente.	
AI4	Se debe contar con un plan de manejo de emergencias ambientales en donde se determine las acciones a tomar en caso de derrames, incendios o cualquier riesgo físico, químico o biológico potencial en el territorio.	El Sistema SSPA de PEMEX incluye plan de atención de emergencias ambientales, por lo que se dará cumplimiento con este requerimiento durante la etapa de operación de la refinería. En el caso de las actividades de construcción, los contratistas deberán elaborar un Plan de Respuesta a Emergencias (PRE), requerido por contrato, al cual deberán apegarse.
AI5	En caso de ocurrir un crecimiento industrial en algún municipio deberá preferentemente concentrarse la actividad en un parque industrial diseñado para este fin, que cuente con todas las medidas ambientales que permitan asegurar el mantenimiento de la biodiversidad y la conservación de los ecosistemas naturales aledaños.	El proyecto está situado en terrenos propiedad de Pemex y de la Administración Portuaria Integral Dos Bocas en donde las actividades industriales se vienen realizando desde hace más de diez años. En dichos sitios se concentran actividades industriales principalmente y en el caso del terreno que fue despalmado por un tercero, ajeno a Pemex, este fue sancionado por la autoridad ambiental competente. En lo correspondiente al proyecto de la Refinería Dos Bocas, se implementarán las medidas ambientales que permitan asegurar el mantenimiento de la biodiversidad y la conservación de los ecosistemas naturales aledaños.
AI6	Se recomienda que las industrias implementen la utilización de fuentes renovables de energía en los procesos productivos y para sus instalaciones para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero.	Se tomará en cuenta esta recomendación como parte del diseño del proyecto, siempre y cuando esta sea factible técnica y económicamente.
AI7	Se promoverá que las industrias usen tecnologías para la reducción del gasto de agua, reuso de agua, implementando cosecha de agua y en el tratamiento de sus aguas residuales.	Dentro del diseño integral del proyecto se tiene contemplada la reducción del gasto de agua, su reuso y la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales.
AI8	Se promoverá la autorregulación mediante sistemas de gestión ambiental o de instrumentos como la auditoría ambiental	Las instalaciones de la Refinería Dos Bocas estarán integradas al Sistema SSPA de Pemex que estarán sujetas al

Clave	Descripción	Vinculación
	del cumplimiento ambiental de los establecimientos industriales.	cumplimiento de sus disposiciones, entre las que se encuentran las auditorías.
AI9	La instalación de líneas de energía eléctrica (postes, torres, estructuras, equipamiento y antenas), deberá contar con la evaluación de impacto ambiental y la autorización de la autoridad competente.	Las obras externas del proyecto integral, tal es el caso de las líneas de energía eléctrica, son obras que serán ejecutadas por terceros, por lo que deberán contar con su propia evaluación de impacto ambiental y deberán ser gestionadas ante la autoridad competente.
AI10	El establecimiento de nueva infraestructura de servicios como centros comerciales y plazas, parques industriales, fraccionamientos, etcétera, deberán implementar sistemas hidráulicos suficientes y de calidad que garanticen el flujo óptimo de los ecosistemas de la zona.	El diseño del proyecto considera implementar medidas que garanticen el flujo óptimo de los ecosistemas de la zona.
AI11	Implementar un sistema de recolección, acopio, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial generados por la industria, de acuerdo con la legislación ambiental vigente.	Se llevará a cabo el manejo integral de los residuos conforme la legislación y normatividad aplicable.
AI12	Todo proyecto industrial que tenga como parte de sus procesos la generación de residuos de manejo especial y residuos peligrosos, deberán garantizar su recolección, acopio, valorización, tratamiento y disposición final adecuada, de acuerdo con la legislación ambiental correspondiente.	
AI13	Las emisiones a la atmósfera provenientes de las fuentes fijas de la actividad productiva deberán cumplir con lo establecido en la normatividad ambiental y al programa estatal de cambio climático.	Las emisiones a la atmósfera provenientes de las fuentes fijas del proyecto deberán cumplir con la normatividad ambiental federal aplicable, tal es el caso de: NOM-081-SEMARNAT-1994 NOM-085-SEMARNAT-2011 NOM-148-SEMARNAT-2006
AI14	Las solicitudes para la extracción de material deberán contar con un estudio de impacto, un programa de manejo y disposición final de residuos sólidos y peligrosos, de tratamiento de aguas residuales, así como un programa de compensación ambiental y restauración	Los sitios de extracción de material serán de sitios autorizados.
AI15	Toda obra por desarrollarse deberá contar con un área destinada para la captación, manejo, reciclaje y/o disposición final de	La Refinería Dos Bocas contará con un almacén temporal de residuos peligrosos, así como un almacén para el acopio de

Clave	Descripción	Vinculación
	residuos sólidos urbanos, de manejo especial y residuos peligrosos.	residuos sólidos urbanos y de manejo especial.
AI16	Las industrias deben manejar sus aguas residuales de las instalaciones de tal manera que no tenga un impacto negativo en la calidad del agua.	Durante las obras de construcción se tiene previsto que las contratistas subcontraten el servicio para el suministro de sanitarios portátiles que incluye el manejo de sus aguas residuales y la disposición de estas en sitios autorizados. El diseño de la refinería contempla la construcción de una planta de tratamiento para el manejo de sus aguas residuales.

Fuente: Elaboracion IMP

Criterios generales:

Tabla III. 25 Criterios generales aplicables al proyecto

Clave	Dice	Comentario / Debe decir
GN1	Como una medida de adaptación al cambio climático por elevación del nivel del mar y para garantizar el libre flujo del agua subterránea, las edificaciones deberán ser piloteadas y desplantadas al nivel que determinen los resultados de los estudios geo-hidrológicos y de mecánica de suelos.	El diseño del proyecto contempla los estudios geo-hidrológicos y de mecánica de suelos para que se asegure el libre flujo del agua subterránea y como una medida de adaptación al cambio climático por elevación del nivel del mar se tiene previsto que las cimentaciones de estructuras y equipos principales puedan ser de tipo profundo por medio de zapatas aisladas o corridas apoyadas sobre pilas y pilotes de aproximadamente entre 25 y 30 metros de profundidad. Lo anterior será conforme lo determine el desarrollo de la ingeniería del proyecto.
GN2	Los predios colindantes con los humedales deberán tener áreas de vegetación, preferentemente nativa, que permitan el tránsito de la vida silvestre hacia otros fragmentos de vegetación.	En los predios colindantes al proyecto que tienen vegetación de manglar, serán conservados, permitiendo con ello el tránsito de la vida silvestre hacia otros fragmentos de vegetación.
GN3	La introducción de especies exóticas o potencialmente invasoras de flora y fauna en UGA´s prioritarias de conservación, conservación y restauración, queda restringida a las ya autorizadas y a la aprobación de Autoridad Ambiental para especies nuevas, considerando la pérdida o ganancia de servicios ambientales.	No aplica
GN4	Se priorizarán los proyectos que contemplen el uso y manejo sustentable de especies nativas predominantes de la UGA donde se pretenda realizar.	No aplica
GN5	Incrementar al menos un 10 % la cobertura vegetal en las UGA de aprovechamiento sustentable, no incluyéndose en la cuenta los cercos vivos, para asegurar la	No aplica

Clave	Dice	Comentario / Debe decir
	conservación de las especies y mantener la conectividad.	
GN6	Implementación de pasos de fauna en carreteras e infraestructuras nuevas, de acuerdo con lo que determine la Autoridad Ambiental correspondiente.	Dentro del proyecto no se considera la construcción de obras de infraestructura vial que impliquen la construcción de pasos de fauna.
GN7	Toda actividad productiva que se pretenda desarrollar en zonas aledañas o limítrofes a las áreas naturales protegidas, cuerpos de agua y humedales, deberá de cumplir con criterios de sustentabilidad para prevenir impactos significativos durante su realización, operación y abandono	En el diseño del proyecto y durante su ejecución se aplicarán medidas para prevenir impactos ambientales significativos, mismos que quedarán descritos en la Manifestación de Impacto Ambiental del proyecto
GN8	Queda restringida la desecación, el dragado o el relleno de los humedales por la autoridad ambiental correspondiente	El proyecto no contempla la desecación, el dragado o el relleno de humedales.
GN9	Quedan prohibidos los tiraderos a cielo abierto y el establecimiento de rellenos sanitarios se sujetará a lo establecido por la legislación ambiental correspondiente	No aplica
GN10	Toda obra a desarrollarse en las UGA's se sujetará a lo establecido en la legislación ambiental estatal	El proyecto cumplirá con la legislación ambiental aplicable.
GN11	Las actividades por desarrollarse y proyectos propuestos deberán considerar las proyecciones de inundación a 100 años generadas por lo estudios de CONAGUA y los datos de vulnerabilidad antes inundaciones, generados en el desarrollo de este programa de ordenamiento	El diseño del proyecto considera en los estudios hidrológicos los periodos de retorno siguientes: 100 años para la lluvia-escurrimiento provocado por una tormenta sobre la cuenca de los ríos: Seco y Cuxcuxapa 500 años de periodo de retorno para una marea de tormenta proveniente Del Mar 100 años para las repercusiones del cambio climático Además, se moldean fenómenos meteorológicos específicos de la influencia de otros cuerpos como el Río González que le puede transferir caudal al área de estudio
GN12	Prohibir las quemas de los residuos sólidos, en los humedales o cualquier tipo de vegetación natural	El proyecto no contempla la quema de los residuos sólidos ni permitirá la quema de vegetación. Esta disposición está contenida dentro del Anexo SSPA, obligatorio para los contratistas del proyecto.
GN13	Restringir la instalación de nueva infraestructura urbana, en las zonas catalogadas con vulnerabilidad o riesgo, sujeto a aprobación por la autoridad ambiental correspondiente, contando con la opinión de compatibilidad.	No aplica
GN14	Actualizar e implementar los planes de Desarrollo Urbano a nivel municipal y en su caso, en las cabeceras municipales.	No aplica
GN15	Implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales con tecnología e	El proyecto integral considera la construcción de una planta de tratamiento para el manejo de las aguas residuales que

Clave	Dice	Comentario / Debe decir
	infraestructura cuyas descargas cumplan con la normatividad establecida.	deberá cumplir con la normatividad aplicable.
GN16	Implementar criterios de sustentabilidad para las actividades de acuacultura, agricultura y ganadería que se pretenda desarrollar en zonas aledañas o limítrofes de las áreas naturales protegidas, cuerpos de agua, humedales, manglares y selvas para prevenir impactos significativos	No aplica
GN17	Restringir la desecación, dragado y relleno de los humedales para actividades de alto impacto ambiental, así como restringir la instalación de nueva infraestructura, previa justificación técnica y autorización correspondiente.	El proyecto no contempla la desecación, el dragado o el relleno de humedales.
GN18	Restringir el establecimiento de termoeléctricas, hidroeléctricas, campos eólicos y refinerías en UGA de conservación, prioritaria de conservación y protección costera, previa justificación técnica y autorización correspondiente	De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Tabasco (POERET, 2019) el sitio del proyecto le corresponde la Unidad de Gestión Ambiental (UGA): PAR-AMX-01, definida como de aprovechamiento sustentable y uso mixto.
GN19	El establecimiento de nueva infraestructura petrolera se regirá por la normatividad ambiental correspondiente. Recomendando por parte del POERET	El proyecto de la refinería se regirá por la normatividad ambiental correspondiente en todas sus etapas del proyecto.
GN20	Restringir la instalación de nueva infraestructura en acahuales maduros y vegetación primaria, previo estudio técnico y de acuerdo con lo determine la autoridad correspondiente	El proyecto se construirá en áreas propiedad de Pemex y para ello se obtendrán las autorizaciones ambientales correspondientes.
GN21	Implementar una coordinación entre programas sectoriales para la convergencia de políticas a favor del manejo integral del territorio y la reducción de la deforestación y la degradación.	No aplica
GN22	Implementar una visión regional dirigida a reducir la deforestación y la degradación de los ecosistemas forestales, con un enfoque de desarrollo rural sustentable, para incorporarlos a los Planes de Desarrollo Estatal y Municipal en concordancia con lo establecido en la Ley General de Cambio Climático	No aplica
GN23	Implementar las medidas específicas de la Ley General de Cambio Climático que coadyuven a incrementar la resiliencia de los ecosistemas forestales.	Durante la elaboración de los estudios ambientales del proyecto para la obtención de las autorizaciones correspondientes, se incluirán medidas para incrementar la resiliencia de los ecosistemas forestales, privilegiando la recuperación de los servicios ambientales.
GN24	Implementar programas para el manejo integral de riesgos y desastres naturales, como incendios, plagas, inundaciones,	No aplica

Clave	Dice	Comentario / Debe decir
	sequías extremas y tala ilegal en coordinación interinstitucional.	
GN25	Promover que el estado cuente con estrategias estatales de reducción de emisiones por deforestación y degradación (REDD+) alienadas al enfoque nacional.	No aplica
GN26	Definir las áreas amenazadas por deforestación y degradación forestal, tomando en cuenta las zonas prioritarias para la conservación de la biodiversidad.	No aplica
GN27	Promover la generación de la información adecuada para estimar las pérdidas y ganancias de carbono de acuerdo a los lineamientos del IPCC.	Se tomará en consideración esta disposición en la elaboración de los estudios ambientales del proyecto
GN28	En zonas de aprovechamiento de leña para uso doméstico, se deberá promover la plantación de cultivos de especies de rápido crecimiento y alto poder calorífico.	No aplica
GN29	La compensación por servicios ambientales debe orientarse a los propietarios de predios sujetos a protección, conservación, restauración y/o ANP que cumplan con lo establecido en este ordenamiento.	Se tomará en consideración esta disposición en la elaboración de los estudios ambientales del proyecto
GN30	Se fortalecerá la apicultura combinada con sistemas agrícolas, pecuarios, forestales y ecosistemas naturales.	No aplica
GN31	Impulsar un programa de capacitación y sensibilización para el uso de tecnologías limpias, como una medida de adaptación al cambio climático	No aplica
GN32	Implementar un programa de eficiencia energética y consumo responsable de aplicación en los gobiernos estatales, municipal, así como en todos los sectores de la sociedad	No aplica
GN33	Se implementarán actividades para divulgación de la cultura ambiental, a través de medios de comunicación, con la participación de las diversas autoridades ambientales, estatales y municipales, incluyendo a las instituciones de educación y privadas	No aplica
GN34	El desarrollo de las actividades en el estado, deberá realizarse de acuerdo con la vocación natural y su compatibilidad con el uso de suelo y las actividades colindantes.	El proyecto no contraviene con este criterio toda vez que el proyecto se realizará dentro de una UGA de uso mixto.

Fuente: Elaboracion IMP

III.7 Decretos de Áreas Naturales Protegidas.

En 1988 el gobierno del estado de Tabasco se planteó la necesidad de contar con un Sistema de Áreas Naturales Protegidas, lo cual derivo en la promoción de nueve áreas para su incorporación a la gestión del medio natural del estado como parque, monumentos, estatales, etcétera. Bajo esta perspectiva el Congreso local, a partir de ese año, decreta los Parques Estatales La Sierra, Agua Blanca y Laguna El Camarón, el Monumento Natural Grutas de Cocona, las Reservas Ecológicas La Chontalpa, Laguna la Lima, Laguna de las Ilusiones, Yu-Balcah, Cascadas de Reforma y Río Playa, así como el Área Destinada Voluntariamente a la Conservación Guaritec, las cuales se sumaron a la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla y el Área de Protección de Flora y Fauna Cañón del Usumacinta que son de orden federal.

El tema ambiental y de conservación de los recursos naturales se ha visto restringido a la emisión y decreto de superficies para conservación de todas las Áreas Naturales Protegidas estatales, sin contar en ninguno de los casos con los respectivos Planes de Manejo, evitando el avance para la gestión y oportunidades de manejo sustentable de estas zonas. El sitio del proyecto no se encuentran dentro del polígono de ninguna Área Naturales Protegida de competencia federal o estatal. Es importante destacar que la Reserva Ecológica Río Playa ubicada en el municipio de Comalcalco, se encuentra aproximadamente a 40 km al suroeste del sitio del proyecto, pero no es posible establecer vinculación, debido a que el correspondiente Programa de Manejo aún no ha sido generado.

III.8 Áreas de Importancia Ambiental.

La designación de regiones prioritarias para la conservación de la Biodiversidad que lleva a cabo la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) se orienta en la detección de áreas cuyas características físicas y bióticas favorecen condiciones particularmente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad y la funcionalidad de los ecosistemas. Estas delimitaciones regionales no regulan el uso de suelo, por lo que no prohíben ni establecen condiciones para obras o actividades en su interior, no obstante, son importantes para realizar un uso sustentable de los recursos naturales y fueron tomadas en consideración a efecto de identificar elementos, factores y fragilidad de los ecosistemas involucrados en el área del Proyecto.

III.8.1 Regiones Terrestres Prioritarias.

El sitio del proyecto se ubica fuera de las poligonales delimitadas por la CONABIO como Regiones Terrestres Prioritarias, las más cercanas son la denominada RTP- 144 Pantanos de Centla, la cual se ubica a una distancia aproximada de 13.16 Km en línea recta al noroeste, por lo cual, el proyecto no tendrá incidencia alguna sobre estas zonas para la conservación de la biodiversidad.

III.8.2 Regiones Hidrológicas Prioritarias.

Con relación a las Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP), el predio del proyecto se ubica dentro de la RHP-90 denominada Laguna de Términos – Pantanos de Centla. Al respecto, dicha área al igual que el resto de las RHP'S definidas por la CONABIO carecen de un programa de manejo que permita realizar una vinculación específica respecto de las actividades y características del proyecto, sin embargo, cuentan con una ficha que describe sus características y problemática actual (Tabla III.26).

Tabla III. 26 Ficha técnica de la RHP – 90.

Estado	Tabasco – Campeche
Extensión	12,681.5 km^2
Polígono	Latitud 18°56'24" - 17°48'00" N; Longitud 93°12'36" - 90°57'00" W
Limnología básica	Representa uno de los humedales más extensos de Mesoamérica. El delta del Usumacinta- Grijalva es una gran llanura de origen aluvial, sustentada en una cuenca estructural de roca sedimentaria. Los Pantanos de Centla contienen algunos sistemas morfogénicos representativos de las tierras bajas de Tabasco: llanura fluvial, llanura palustre y lagunar de agua dulce, llanura de cordón litoral clasificada en alto inundable y bajo inundable y llanura lagunar costera. Esta zona representa el aporte hídrico más importante en México, del continente hacia la costa y finalmente a la Sonda de Campeche. Comprende alrededor de 110 cuerpos de agua dulce epicontinentales permanentes y temporales.
Características	Clima cálido subhúmedo con abundantes lluvias en verano y cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual 26-28°C. Precipitación total anual 1200-2000 mm. Principales poblados: Cd. del Carmen, Puerto Real, La Aguada, Atasta, Frontera, Palizada, Sabancuy Actividad económica principal: pesquera, petrolera, ganadera, agrícola y acuícola Indicadores de calidad de agua: ND
Aspectos Económicos	Pesquerías de camarón *Penaeus aztecus, P. duorarum, P. setiferus*; crustáceos como *Macrobrachium acanthurus*; reptiles como la tortuga blanca, el cocodrilo, el pejelagarto y pesca de escama. Zona cinegética de aves y mamíferos con alto potencial para el ecoturismo. Presencia de actividad petrolera, industrial, forestal, de transporte, acuícola, agrícola y ganadera.
Problemática	Modificación del entorno: modificación de la vegetación (tala de manglar), relleno de áreas inundables, dragados, canales, efectos de la industria petrolera (exploración y producción), desecación, desforestación por ganadería, construcción de carreteras e hidroeléctrica sobre el Usumacinta. Quemas periódicas de la vegetación en temporadas de sequía. Modificación de la hidrodinámica local, alteración hidrológica por cambios en los volúmenes anuales y estaciones del agua y pérdida de la línea de playa producida por las inundaciones a los asentamientos humanos irregulares existentes en la región, así como a las áreas de agricultura de tierras bajas y actividades pecuarias. Contaminación: por influencia de Villahermosa y por actividades de la industria petrolera, aguas residuales, desechos orgánicos y sólidos, agroquímicos y metales. Arrastre de plaguicidas y sedimentos de zonas circundantes de campos arroceros. Uso de recursos: especies introducidas de carpas, mojarras, tilapias *Oreochromis mossambicus*, *O. niloticus*, *Tilapia rendalli* y el lirio acuático *Eichhornia crassipes*. Violación a las tallas mínimas de pejelagarto y otros. Actividad ganadera extensiva en zonas inundables de Tabasco. Colecta de especies en peligro: la orquídea *Habenaria sp.*; el *merostomado Limulus polyphemus*, el pez

	pejelagarto *Lepisosteus tropicus*, las aves *Charadrius palmatus*, *Falco peregrinus*, *Jabiru mycteria* y cocodrilos y felinos. Tráfico y cacería ilegal de especies. Zona de gran importancia para las pesquerías de la Sonda de Campeche. Explotación incontrolada de madera para la construcción de asentamientos irregulares y producción y venta de carbón a Cd. Del Carmen. Colecta de plantas para alimento, construcción, como combustible, ornamental y medicinal.
Conservación	Preocupa la desforestación, fragmentación del hábitat, la contaminación, el impacto por la industria petrolera, el desarrollo de infraestructura, el impacto ganadero y las modificaciones en la cabecera del Usumacinta. Faltan monitoreos a la calidad del agua, inventarios biológicos y conocimientos sobre la biología de los organismos; mayor cuidado de las zonas que alimentan la Laguna de Términos. Formulación de un programa de Manejo Integrado de la Zona Costera (manejo de recursos, monitoreo y conservación de las zonas de crianza de fauna y flora marina, etc.). Falta vinculación entre la política sectorial de la Subsecretaría de Pesca y la política estatal de desarrollo. La zona tiene todas las características de un Centro de Actividad Biológica; se propone su inclusión como tal para la zona tropical. Comprende a la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla y el Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos. Los Pantanos de Centla están considerados como humedales prioritarios por el North American Wetlands Conservation Council y por la Convención de Ramsar.

Fuente: Elaboracion IMP

Por lo anterior, el desarrollo del proyecto no constituye un elemento que afecte de manera significativa la persistencia y la conservación de la RHP-90 denominada Laguna de Términos – Pantanos de Centla, toda vez que las actividades que en la zona se desarrollan, han generado impactos en la misma, las actividades de este proyecto así como la sus impactos se evalúan en los capítulos V, VI y VII de este documento, en los que se demuestra que las alteraciones no son significativos en su sinergia con las actividades ya presentes en el área así como tampoco de manera acumulativa; sin embargo, para el proyecto se tienen contempladas medidas preventivas y compensatorias.

III.8.3 Área de importancia para la conservación de las aves.

El predio del Proyecto no se ubica dentro de algún Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA'S). La AICA más cercana es la denominada Pantanos de Centla a una distancia aproximada de 2.16 Km al oeste del proyecto.

III.9 Planes de Desarrollo.

III.9.1 Plan Nacional de Desarrollo.

El Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 es el documento de trabajo que rige la programación y presupuestación de toda la Administración Pública Federal. De acuerdo con la Ley de Planeación, todos los Programas Sectoriales, Especiales, Institucionales y Regionales que definen las acciones del gobierno, deberán elaborarse en congruencia con el Plan. Asimismo, la Ley de Planeación requiere que la iniciativa de Ley de Ingresos de la Federación y el Proyecto de Decreto de Presupuesto de Egresos de la Federación compaginen con los programas anuales de ejecución que emanan de éste. Este Plan Nacional de Desarrollo establece las metas y prioridades nacionales para llevar a México a su máximo potencial.

Como parte de la estrategia nacional, se establece como prioridad el "Rescate del sector energético". De manera particular, señala la siguiente meta:

[...]... *En ese espíritu, resulta prioritario rehabilitar las refinerías existentes, que se encuentran en una deplorable situación de abandono y saqueo, la construcción de una nueva refinería y la modernización de las instalaciones generadoras de electricidad propiedad del Estado, particularmente las hidroeléctricas, algunas de las cuales operan con maquinaria de 50 años de edad y producen, en general, muy por debajo de su capacidad*.
El proyecto se ubica dentro del contexto del "Rescate del sector energético".

En el apartado IV.1 del Plan Nacional de Desarrollo se establece un diagnóstico de los diferentes sectores que son impulsores para el crecimiento de México, en este sentido en la Tabla III.30 se presenta la vinculación del proyecto con los sectores en los cuales tendrá incidencia y como con su desarrollo se coadyuvará a lograr la meta de un México Prospero.

Tabla III. 30 Vinculación de PND con el proyecto.

Sector	Vinculación
Desarrollo Sustentable: México ha demostrado un gran compromiso con la agenda internacional de medio ambiente y desarrollo sustentable, y participa en más de 90 acuerdos y protocolos vigentes, siendo líder en temas como cambio climático y biodiversidad. No obstante, el crecimiento	El proyecto se realizará bajo un enfoque sustentable y manejo integral, es decir, se realizará un aprovechamiento racional con medidas de compensación que permitirán la recuperación y conservación de los recursos naturales.

económico del país sigue estrechamente vinculado a la emisión de compuestos de efecto invernadero, generación excesiva de residuos sólidos, contaminantes a la atmósfera, aguas residuales no tratadas y pérdida de bosques y selvas. El costo económico del agotamiento y la degradación ambiental en México en 2011 representó 6.9% del PIB, según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).	En este sentido, si bien generarán impactos ambientales, se ejecutarán programas de rescate y reubicación de flora y fauna y un programa de reforestación que permitirán mantener la biodiversidad y por otra parte se ejecutará un programa de manejo de residuos sólidos y líquidos para evitar la contaminación del agua y el suelo.
Sector Agroalimentario: El campo es un sector estratégico, a causa de su potencial para reducir la pobreza e incidir sobre el desarrollo regional. Los retos en el sector agroalimentario son considerables. En primer lugar, la capitalización del sector debe ser fortalecida. La falta de inversión en equipamiento e infraestructura limita la incorporación de nuevas tecnologías, imponiendo un freno a la productividad.	El proyecto será un impulsor del sector energético ya que se potenciará el sistema nacional de refinación, coadyuvando en el desarrollo regional, además de incidir en el combate a la pobreza mediante la creación de empleos.
No más incrementos impositivos: No habrá incrementos de impuestos en términos reales ni aumentos a los precios de los combustibles por encima de la inflación. Tanto estos como las tarifas eléctricas se reducirán hacia mediados del sexenio, cuando se completen las obras de la nueva refinería de Dos Bocas, rehabilitación de las ya existentes y la recuperación de la capacidad de generación de la Comisión Federal de Electricidad.	El desarrollo del proyecto permitirá reducir sostenida y sustancialmente los precios de la gasolina. Lo anterior, permitirá mejorar las condiciones generales de desarrollo de proyectos productivos.

Fuente: Elaboracion IMP

De acuerdo con lo expuesto en la tabla anterior, el proyecto objeto del presente estudio es compatible con las metas establecidas en el Plan Nacional de Desarrollo, por lo cual su desarrollo es congruente y permitirá contribuir a alcanzar el objetivo de llevar a México a su máximo potencial productivo.

III.9.2 Plan Estatal de Desarrollo.

El Plan Estatal de Desarrollo es la respuesta ordenada y sistemática del gobierno en los términos que dicta la ley traducida en políticas públicas a la necesidad de cambiar el estado de cosas de iniciar una transformación profunda de la política, la economía, la sociedad y la cultura hoy que la alternancia es una realidad en el estado y en consecuencia establece contenidos y énfasis distintos en la conducción y el

manejo del quehacer gubernamental y administrativo. Actualmente, el PED de Tabasco 2019-2024 se encuentra en proceso de elaboración bajo la presidencia de Adán Augusto López, por lo tanto, se realizará la vinculación del proyecto con el PED 2013-2018, resultando que el proyecto se verá regulado por el Eje Rector 8, Ordenamiento Territorial, Infraestructura, Comunicaciones y Transportes para el Desarrollo Equilibrado, presentando a continuación los objetivos y estrategias aplicables.

Tabla III. 27 Objetivos y estrategias aplicables, Ordenamiento Territorial, Infraestructura, Comunicaciones y Transportes para el Desarrollo Equilibrado.

Objetivo	Estrategia	Línea de acción
8.4. Incrementar la obra pública para mejorar la calidad de vida de la población en el estado.	8.4.1. fomentar proyectos ejecutivos de impacto regional para la construcción de infraestructura que detone el crecimiento económico, social, cultural y deportivo de nuestro estado.	Establecer los mecanismos de revisión y actualización de la cartera de proyectos ejecutivos regionales y municipales, en coordinación con los otros órdenes de gobierno con la finalidad de realizar inversiones conjuntas.

Fuente: Elaboracion IMP

III.9.3 Programa de Desarrollo Urbano Paraíso, Tabasco.

La actualización del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Paraíso se encuentra en elaboración debido al incremento no solo de la población sino de los diferentes sectores cambiando el uso del suelo que anteriormente estaba distribuido.

Así, el PDU de la Ciudad de Paraíso vigente comprende dentro de sus políticas de desarrollo urbano, tres niveles, 1) prioridad A, atendidas de inmediato (de mejoramiento, conservación y crecimiento), 2) prioridad B, atendida en segunda instancia, y 3) prioridad C, atendida en tercera instancia si hay recursos, a su vez, este comprende normas de estructura urbana, las cuales se refieren a los criterios, principios y patrones a que habrán de sujetarse los elementos como avenidas, espacios abiertos, plazas, edificios públicos, calles, lotes, viviendas, etc.

III.10 Programas sectoriales.

III.10.1 Programa Sectorial de Energía 2013 – 2018.

Desde hace algunos años, es reconocida la creciente influencia que tiene la energía como detonante en el crecimiento económico. La gran mayoría de las actividades que se desempeñan en la vida diaria están interrelacionadas de una u otra forma con el aprovechamiento de los hidrocarburos y la electricidad. Además, existe una genuina preocupación sobre el papel que deberán jugar las diversas fuentes de energía en el desarrollo sustentable de las sociedades durante el Siglo XXI. El sector energético es fundamental para el desarrollo del país. El suministro de energéticos con calidad y suficiencia contribuye, en gran medida, a un mayor bienestar de la población, a la realización de las actividades productivas, al crecimiento económico y a la competitividad del país en el escenario internacional. El petróleo y sus derivados no sólo han permitido impulsar la industria sino que, con los recursos obtenidos de su explotación, ha sido posible financiar una parte importante del desarrollo económico y social. Hoy, México enfrenta un gran reto debido a que el petróleo en el futuro tendrá que venir de yacimientos cuya complejidad supera, por mucho, la que se ha presentado hasta ahora. Para enfrentarlo con éxito, se requerirá de un gran esfuerzo orientado a incrementar la capacidad de ejecución y de inversión, adoptar las mejores prácticas en la administración del riesgo que implican las inversiones y utilizar la tecnología más adecuada para la explotación de los nuevos yacimientos. Por otra parte, es necesario que la industria dedicada a la producción de petrolíferos y petroquímicos incremente su capacidad para dar valor a nuestro petróleo, aumentando la producción en territorio nacional de los energéticos que requiere la economía, detonando así importantes inversiones y empleos en México. La seguridad energética es para México un objetivo central, debido a que nuestro consumo de energéticos depende, principalmente, del petróleo y del gas natural. Por ello, y con el objetivo de reducir los riesgos inherentes al alto consumo de combustibles fósiles, es conveniente que la matriz energética incluya una mayor participación de fuentes renovables. Los hidrocarburos representan un sector estratégico en la economía, debido a su importancia como insumo en la mayoría de los procesos productivos, así como por ser una fuente importante de ingresos públicos y divisas para el país. Por ello, se debe preservar el dominio directo,

inalienable e imprescriptible del Estado Mexicano sobre los recursos petroleros, al tiempo que se incorporan elementos que le permitan maximizar el aprovechamiento de la riqueza petrolera y propiciar el suministro a largo plazo de los energéticos que necesita la economía, de modo sustentable, a precios competitivos y con estándares internacionales de calidad. Lo anterior, debe basarse, principalmente, en establecer los mecanismos que propicien un desempeño eficiente del sector y, principalmente, de Petróleos Mexicanos. La rectoría del Estado debe fortalecerse con la introducción de herramientas que le permitan planear y conducir el sector con una visión integral, bajo la premisa de que los esfuerzos en áreas específicas deben tener coherencia considerando el resultado de toda la cadena de valor: exploración, producción, procesamiento, distribución y comercio exterior. En la medida que se logre generar una mayor sinergia dentro de este sector, las inversiones y recursos destinados a infraestructura y capital humano, permitirán contribuir, de manera significativa, a alcanzar las metas en materia de crecimiento económico planteadas por el Gobierno Federal en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, así como a mejorar la regulación del sector público.

El proyecto de construcción de la Refinería Dos Bocas pretende contribuir con los objetivos del Programa Sectorial de Energía, puesto que el gobierno federal tiene como premisa el suministro a largo plazo de los energéticos que necesita la economía, para poder solventar los requerimientos nacional y disminuir la importación de este energético, en ese sentido, se participará con el incremento de combustibles para solventar las necesidades antes descritas. Por otra parte, el proyecto se pretende realizar con pleno respeto al entorno ecológico, toda vez que no se encuentra de ningún Área Natural Protegida o considerada como de relevancia ecológica, pero que aún y con lo anterior, se implementarán medidas preventivas y de mitigación, las cuales minimicen los impactos potenciales al ambiente.

III.10.2. Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013 - 2018.

Este Programa tiene como principal marco de referencia la sustentabilidad ambiental, que es uno de los cinco ejes del Plan Nacional de Desarrollo 2013–2018. Como elemento central del desarrollo, la sustentabilidad ambiental es indispensable para mejorar y ampliar las capacidades y oportunidades humanas actuales y venideras, y forma parte integral de la visión de futuro para nuestro País, que contempla la creación de una cultura de respeto y conservación del medio ambiente. La sustentabilidad ambiental es cada vez más relevante para nuestro desarrollo porque el agotamiento y la degradación de los recursos naturales renovables y no renovables representan crecientemente una restricción para la realización adecuada de las actividades productivas, y por tanto para la generación de oportunidades de empleo y generación de riquezas. También, porque los impactos ambientales sobre las aguas, los suelos, el aire y en general sobre nuestro entorno, afectan la calidad de vida por la generación de enfermedades, la destrucción de paisajes naturales, la alteración de los ciclos ecológicos, y el desarrollo de los servicios ambientales y los diferentes soportes vitales. Un genuino desarrollo requiere también de la protección y la conservación del medio ambiente porque el cuidado del patrimonio natural es una responsabilidad compartida de la humanidad y ante todo, un compromiso con la sociedad actual y futura. La correcta utilización de las riquezas naturales es en sí misma una vía de desarrollo gracias a las innumerables oportunidades productivas que se abren con el aprovechamiento sustentable de mares y costas, del patrimonio biológico, el ecoturismo, y muchas otras actividades compatibles entre propósitos ambientales y sociales.

La construcción y la operación de la Refinería en Dos Bocas, permitirá el desarrollo económico nacional, regional y sobre todo local, promoviendo la diversificación de servicios, lo cual provocará la disminución de la utilización de elementos naturales, para cubrir sus necesidades de alimentación y energía (caza, pesca, tala, tráfico de especies, quemas, extensión de la frontera agrícola, etc), en un área que si bien no está declarada como Área Natural Protegida, si presenta elementos de relevancia ecológica como comunidades de manglares, cuerpos de agua, humedales y especies de fauna en estatus de protección.

Es importante señalar que PEMEX contribuirá con la sustentabilidad ambiental de la zona, al llevar a un programa de reforestación y la creación de un área de conservación dentro de los límites que se tienen propuestos para la Refinería, medidas que han tenido importantes resultados en Áreas Naturales Protegidas como Pantanos de Centla y Lagunas de Términos, acciones que seguirán siendo

aplicadas para lograr la sustentabilidad ahora de esta zona, para lograr la armonía entre las actividades petroleras, población y recursos naturales.

III.10.3. Plan Puebla Panamá (PPP).

El Gobierno Federal se ha propuesto cambiar las estrategias y prioridades de la Planeación Nacional del Desarrollo, iniciando esta con la Región Sur – Sureste de México, en el marco del Plan Puebla Panamá. Su propósito es corregir inmediatamente los sesgos que han afectado negativamente a dicha región, para empezar a revertir las tendencias seculares de deterioro y permitir así a sus habitantes acceder a una mejor calidad de vida. El PPP reconoce que la energía es un componente vital para el desarrollo económico de la zona y de la efectividad de dicho Plan, puesto que es indispensable un suministro oportuno y suficiente de combustibles, para establecer procesos económicos productivos y rentables y generar productos competitivos. El Plan reconoce que la región Sur Sureste es abundante en recursos energéticos, en particular en hidrocarburos; en esta región se localizan los principales yacimientos de petróleo del país. Se prevé la mejora y la seguridad de energéticos desde la región Sur- Sureste de México hacia Centroamérica, el Plan promoverá en particular la captación de inversiones en infraestructura energética y ampliar la que ya se tiene, lo cual es estratégico para la planeación del territorio. Uno de los principales objetivos del Plan destaca la promoción de la cadena petróleo-gas e industria química y un programa para convertir a la región Sur-Sureste de México en el centro petrolero y petroquímico del país. El Plan también promoverá la protección del Medio Ambiente, puesto que la región posee una de las áreas biológicas más importantes de mesoamerica, se buscará convenios de colaboración con la SEMARNAT, para generar nuevas leyes y normas, que promuevan el desarrollo sustentable de la zona, puesto que el deterioro del ambiente trae implícito el desarrollo de las condiciones de marginalidad de la población, debido a que buena parte de la población que habita la zona, dependen directamente de los productos que la naturaleza les ofrece.

El proyecto tiene vinculación directa con las estrategias marcadas en el Plan Puebla Panamá, puesto que pretende cubrir parte de la demanda de combustibles del país. Por otra parte, a futuro podría participar en el desarrollo del polo energético y de la cadena petróleo –gas que se pretende realizar. Como el Plan menciona, la certeza de contar con una fuente de generación de combustibles, permitirá la detonación de los planes propuestos en el PPP, por la disponibilidad en la obtención de energéticos. Así mismo, el proyecto no pierde de vista la protección al medio ambiente, para lograr la sustentabilidad de la zona; el proyecto dará observancia de las directrices de protección ambiental del Plan, planteará medidas de mitigación,

así como mecanismos para conservar especies de flora y fauna de la zona, con la finalidad de disminuir al máximo efectos adversos al ambiente.

III.10.4. Programa Estratégico Sur-Sureste.

La región Sur-Sureste de México conformada por los estados de Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán, presenta un serio rezago en su desarrollo socioeconómico con respecto a las regiones del Centro y Norte del país. Comprende el 28,2% de la población nacional y el 72,0% de la población indígena, pero en ella se genera sólo el 17,5% del PIB nacional. Índices de pobreza, tales como la mortalidad infantil, el analfabetismo, el porcentaje de población en localidades aisladas, la población en localidades con alta y muy alta marginación, entre otros, muestran en los estados del Sur-Sureste diferencias impactantes con respecto a los valores registrados en cada caso en las entidades más desarrolladas del país. Por otra parte, la región sur-sureste tiene grandes potencialidades gracias a su riqueza en recursos naturales. Dispone de agua, abundancia de energía, diversidad biológica, diversidad climática, diversidad de suelos; una importante extensión costera, riqueza cultural, disponibilidad de fuerza de trabajo, extensiones importantes de bosques y selvas; cuenta con importantes yacimientos de hidrocarburos y minerales metálicos y no metálicos y, alberga un número importante de reservas naturales. El Programa pretende contribuir al desarrollo integral de la Región Sur-Sureste de México, desarrollo basado en un crecimiento económico sostenible, socialmente incluyente, ambientalmente sustentable y territorialmente ordenado. El Programa se orienta principalmente a la preservación y el manejo sustentable de los recursos naturales, por lo que se atribuye especial importancia al ordenamiento del uso de los usos del suelo en la región.

Es indiscutible que la presencia de PEMEX en la región sur-sureste, ha sido uno de los principales motores de la economía de la zona y que participa en el desarrollo económico de los habitantes de la zona, al proporcionar fuentes de empleo, además de reducir los índices de desempleo. También es pertinente mencionar, que será uno de los artífices en lograr que se consolide el Programa Estratégico Sur- Sureste. Por otra parte, el proyecto tiene relación directa con dicho programa, puesto que generará fuentes de empleo temporal a habitantes de la zona. La protección al medio ambiente es una de las bases primordiales en la ejecución del proyecto y se hará aplicación estricta de las medidas de mitigación que se viertan en la presente manifestación.

CONTENIDO

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN. 16

IV.1. Delimitación y justificación del sistema ambiental regional (SAR) donde pretende establecerse el proyecto. 16

IV.2. Caracterización y análisis del sistema ambiental regional. 49

IV.2.1. Caracterización y análisis retrospectivo del sistema ambiental regional (SAR). 49

IV.3.1.1. Medio abiótico. 49

IV.3.1.2. Medio biótico. 306

IV.3.1.3 Medio Socioeconómico 423

IV.3.1.4 Paisajes Ecológicos 453

IV.4 Diagnóstico Ambiental 470

Índice de Figuras

Figura IV.1. Polígono del Sistema Ambiental Regional (SAR). 18
Figura IV.2. Superposición de las cuencas hidrológicas para la delimitación del SAR. Conagua RH30Dz. Cuenca obtenida con Lidar® 2010. 22
Figura IV.3. Polígono consolidado de la subcuenca RH30Dz. 23
Figura IV.4. Mapa de velocidades de corriente en la zona de estudio. 27
Figura IV.5. Valores máximos encontrados de concentración de un trazador en presencia de cambios de corriente en la zona de estudio. 28
Figura IV.6. Rosa de viento promedio anual con registros meteorológicos de la estación Paraíso de la CONAGUA (2017-2018). 30
Figura IV.7. Estación de recepción para radiosondeo atmosférico y lanzamiento del globo sonda en el IMP de Paraíso, Tabasco. 31
Figura IV.8. Perfil vertical de la temperatura potencial en Paraíso Tabasco. Se identifican alturas de mezcla por debajo de los 50 m durante las mañanas y por la tarde se incrementa entre 500 a 1000 m de altura. 31
Figura IV.9. Simulación de fuentes de emisión de la NRDB y TMDB. 34
Figura IV.10. Simulación de la concentración del dióxido de azufre para las tres estaciones meteorológicas observadas. 35
Figura IV.11. Carta Edafológica de INEGI, seccionamiento costero. 37
Figura IV.12. Carta Geológica de INEGI, seccionamiento costero. 38
Figura IV.13. Continúo de Elevación Mexicano 3.0 INEGI. 38
Figura IV.14. Mosaico de modelo digital de elevación de terreno datos INEGI. 39
Figura IV.15. Carta de Uso de suelo y Vegetación Serie VI INEGI, seccionamiento costero. 39

Figura IV.16. Mapa Nacional Forestal CONAFOR, seccionamiento costero. 40
Figura IV.17. Comparativo de coberturas de manglar CONABIO, CONAFOR e INEGI. 40
Figura IV.18. Producto Intermedio Topoformas/Geología. 41
Figura IV.19. Producto intermedio MNF/Manglares. 42
Figura IV.20. Mapa de pendientes (Dv). 42
Figura IV.21. Modelo de terreno a partir de datos INEGI a variación de centímetros. 43
Figura IV.22. Cálculo de altura de vegetación con énfasis en manglares. 44
Figura IV.23. Unidades de Paisaje, delimitadoras de la franja costera Este del SAR. 44
Figura IV.24. Paisajes borde Oeste e IIC de la CONABIO para manglares. 45
Figura IV.25. UGA Paraíso de acuerdo al POERET. 46
Figura IV.26. Corredores Biológicos considerados en el SAR. 47
Figura IV.27. Sitios de manglar con relevancia 48
Figura IV.28. Descripción de las estaciones meteorológicas. 51
Figura IV.29. Localización de las estaciones meteorológicas. 53
Figura IV.30. Explicación del gráfico estadístico denominado Box & Whisker. 54
Figura IV.31. Temperatura media anual. 58
Figura IV.32. Temperatura media mensual. 59
Figura IV.33. Precipitación promedio anual. 61
Figura IV.34. Precipitación media mensual. 62
Figura IV.35. Humedad relativa anual 64
Figura IV.36. Humedad relativa mensual. 65
Figura IV.37. Variación del balance hídrico en el Estado de Tabasco 2010. 70
Figura IV.38. Variación del déficit del balance hídrico en el Estado de Tabasco 2010. 71
Figura IV.39. Variación del índice de humedad del Estado de Tabasco 2010. 72
Figura IV.40. Variación de la Nubosidad promedio y la humedad relativa anual, 2009 a 2017. 73
Figura IV.41. Variación de la Nubosidad promedio y la humedad relativa mensual de 2017. 73
Figura IV.42. Variación de índice UV de manera anual para la región de Paraíso, Tabasco. 74
Figura IV.43. Variación de índice UV promedio de manera mensual para la región de Paraíso, Tabasco. 75
Figura IV.44. Comportamiento del índice UV y riesgo de exposición. 75
Figura IV.45. Evolución de la temperatura de la superficie del mar a lo largo del año. 77
Figura IV.46. Trayectorias de huracanes de 1990 a 2018 en la región del Golfo de México. 78
Figura IV.47. Trayectorias de tormentas tropicales de 1990 a 2018 en el Golfo de México. 78
Figura IV.48. Trayectorias de Huracanes y tormentas tropicales de 1990 a 2018 en la costa de Tabasco. 79
Figura IV.49. Huracanes registrados en la costa de Tabasco de 1990 a 2018. 81
Figura IV.50. Intensidad de Vientos dominantes 84

Figura IV.51. Dirección viento dominante. 85
Figura IV.52. Intensidad del viento mensual 86
Figura IV.53. Tiempos de alcance del transporte atmosférico en la región del Golfo de México. 87
Figura IV.54. Velocidad y Dirección de los Vientos Reinantes. 88
Figura IV.55. Intensidad del viento anual. 89
Figura IV.56. Dirección del viento mensual 90
Figura IV.57. Comportamiento mensual del campo de vientos en la región de Tabasco (2012 a 2018). 91
Figura IV.58. Comportamiento del campo de vientos (%) en la región de Tabasco (2012 a 2018). 92
Figura IV.59. Intensidad de viento. 93
Figura IV.60. Presión atmosférica mensual. 94
Figura IV.61. Trayectorias del transporte atmosférico para el mes de enero (izq.) y febrero (der.) 2017. 96
Figura IV.62. Trayectorias del transporte atmosférico para el mes de marzo (izq.) y abril (der.) 2017. 96
Figura IV.63. Trayectorias del transporte atmosférico para el mes de mayo (izq.) y junio (der.) 2017. 97
Figura IV.64. Trayectorias del transporte atmosférico para el mes de julio (izq.) y agosto (der.) 2017 97
Figura IV.65. Trayectorias del transporte atmosférico para el mes de septiembre (izq.) y octubre (der.) 2017. 98
Figura IV.66. Trayectorias del transporte atmosférico para el mes de noviembre (izq.) y diciembre (der.) 2017. 98
Figura IV.67. Nivel sonoro basal medido en el SAR de la RDB. 100
Figura IV.68. Nivel sonoro basal medido en región de Paraíso, Tabasco. 100
Figura IV.69. Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad del aire en el Sistema regional Ambiental de la NRDB en Tabasco. 104
Figura IV.70. Variación horaria de las condiciones meteorológicas durante el monitoreo de calidad del aire. 108
Figura IV.71. Distribución de las condiciones meteorológicas en los sitios de monitoreo de calidad del aire. 109
Figura IV.72. Análisis Box & Whiskers de la concentración de Ozono (O3) en los sitios de monitoreo. 116
Figura IV.73. Análisis Box & Whiskers de la concentración de Monóxido de Carbono (CO) en los sitios de monitoreo. 117
Figura IV.74. Análisis Box & Whiskers de la concentración de Óxido de Nitrógeno (NO) en los sitios de monitoreo. 117
Figura IV.75. Análisis Box & Whiskers de la concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO_2) en los sitios de monitoreo. 118
Figura IV.76. Análisis Box & Whiskers de la concentración de Óxidos de Nitrógeno (NOx) en los sitios de monitoreo. 119
Figura IV.77. Análisis Box & Whiskers de la concentración de Dióxido de Azufre (SO_2) en los sitios de monitoreo. 120

Figura IV.78. Análisis Box & Whiskers de la concentración de Ácido Sulfhídrico (H2S) en los sitios de monitoreo.....121
Figura IV.79.Variación diurna de la concentración de contaminantes criterio.....122
Figura IV.80. Distribución espacial de la concentración de PM10.....123
Figura IV.81. Distribución espacial de la concentración de PM2.5.....124
Figura IV.82. Distribución espacial de la concentración de PST.....124
Figura IV.83. Comparación entre partículas y su tendencia.....125
Figura IV.84. Distribución espacial de la concentración de O_3 en el área bajo estudio.....126
Figura IV.85. Distribución espacial de la concentración de CO en el área bajo estudio.....127
Figura IV.86. Distribución espacial de la concentración de NO en el área bajo estudio.....128
Figura IV.87. Distribución espacial de la concentración de NO_2 en el área bajo estudio.....129
Figura IV.88. Distribución espacial de la concentración de SO_2 en el área bajo estudio.....130
Figura IV.89. Distribución espacial de la concentración de H_2S en el área bajo estudio.....131
Figura IV.90. Distribución espacial de la concentración de PM_{10} en el área bajo estudio.....132
Figura IV.91. Distribución espacial de la concentración de PM2.5 en el área bajo estudio.....133
Figura IV.92. Distribución espacial de la concentración de PST en el área bajo estudio.....133
Figura IV.93. Carta Geológica Minera Frontera E 15-5.....135
Figura IV.94. Mapa geológico del área de estudio,.....136
Figura IV.95. Imagen de rasgos fisiográficos de la Planicie Costera del Golfo.....137
Figura IV.96. Regiones fisiografía del estado de Tabasco.....137
Figura IV.97. Geología del SAR donde se ubican los sitios que se requieren para la construcción.....138
Figura IV.98. Rasgos estructurales regionales del Sureste de México donde se ubica la Planicie Costera del Golfo.....140
Figura IV.99. Ubicación de las Cuencas Terciarias del Sureste de México.....140
Figura IV.100.- Paisajes geomorfológicos del estado de tabasco.....143
Figura IV.101. Topografía del Sistema Ambiental Regional.....144
Figura IV.102.- Curvas de nivel de los sitios 1, 2 y 3 para la construcción de la refinería.....145
Figura IV.103. Fallas y fracturas ubicadas al sur del SAR.....146
Figura IV.104. Contexto tectónico estructural actual del Golfo de México.....147
Figura IV.105. Zonas sísmicas en la República Mexicana.....148
Figura IV.106. Región de consultas de sismos para los Sitios 1, 2 y 3.....149
Figura IV.107. Mapa de sismicidad anual del año 2015.....151
Figura IV.108. Mapa de sismicidad anual del año 2016.....151
Figura IV.109. Mapa de sismicidad anual del año 2017.....152
Figura IV.110. Suelos localizados en el SAR.....154

Figura IV.111. Fotografía en la que se muestra el tipo de suelo Gleysol (Gl). 156
Figura IV.112. Fotografía en la que se muestra el tipo de suelo Vertisol (Vr). 158
Figura IV.113. Fotografía en la que se muestra el tipo de suelo Fluvisol (Fl). 160
Figura IV.114. Fotografía en la que se muestra el tipo de suelo Arenosol (Ar). 161
Figura IV.115. Tipos de suelo en el área destinada para el proyecto. 163
Figura IV.116. Ubicación de los puntos de muestreo de suelo dentro del SAR 168
Figura IV-117 Mapa de regiones de Cortés para cálculo de erosividad. 179
Figura IV.118.Unidades de suelo que conforman el SAR 181
Figura IV.119. Pendiente en el SAR. 183
Figura IV.120. Regiones hidrológicas de Tabasco (RH29 y RH 30) 189
Figura IV.121. Subcuencas hidrológicas en Tabasco 190
Figura IV.122. Hidrología de Tabasco 191
Figura IV.123. Mapa que muestra la UGA-70 que corresponde al área de influencia del SAR en los cuerpos acuáticos epicontinentales. 192
Figura IV.124. Mapa de las estaciones que se consideraron para describir los cuerpos acuáticos epicontinentales de la SAR. 194
Figura IV.125. Estaciones de muestreo de la SAR en los sistemas Mecoacán, Tupilco – Zorro, y los ríos Cuxcuchapa y Seco, abril 2019. 206
Figura IV.126. Distribución de la salinidad en los sistemas acuáticos del SAR, muestreados en marzo del 2018 y abril 2019. 207
Figura IV.127. Distribución del pH en los sistemas acuáticos del SAR, muestreados en marzo del 2018 y abril 2019. 208
Figura IV.128. Distribución de la temperatura en los sistemas acuáticos del SAR, muestreados en marzo del 2018 y abril 2019. 210
Figura IV.129. Distribución del oxígeno disuelto en los sistemas acuáticos del SAR, muestreados en marzo del 2018 y abril 2019. 211
Figura IV.130. Distribución de Sólidos Suspendidos Totales en los sistemas acuáticos del SAR, muestreados en marzo del 2018 212
Figura IV.131. Distribución de turbidez en los sistemas acuáticos del SAR, muestreados en marzo del 2018 y abril 2019. 213
Figura IV.132. Estadísticos de nitrógeno amoniacal en agua de superficie en estaciones de los cuerpos acuáticos del SAR, marzo 2018 y abril 2019. 215
Figura IV.133. Estadísticos de nitritos en agua de superficie y fondo en estaciones de los cuerpos acuáticosdel SAR, marzo 2018 y abril de 2019. 218
Figura IV.134. Estadísticos de nitratos en agua de superficie y fondo en estaciones de los cuerpos acuáticos del SAR, marzo 2018 y abril de 2019. 219
Figura IV.135. Estadísticos de fosforo total en agua de superficie y fondo en estaciones de los cuerpos acuáticos del SAR, marzo 2018 y abril 2019. 220
Figura IV.136. Estadísticos de fosfatos totales en agua de superficie y fondo en estaciones de los cuerpos acuáticos del SAR, marzo 2018 y abril 2019 221
Figura IV.137. Estadísticos de sílice reactiva en agua de superficie y fondo en estaciones de los cuerpos acuáticosdel SAR, marzo 2018. 221
Figura IV.138. Estadísticos de clorofila a en agua de superficie y fondo en estaciones de los cuerpos acuáticos del SAR, marzo 2018 y abril 2019. 223
Figura IV.139. Estadísticos de clorofila b en agua de superficie y fondo en estaciones de los cuerpos acuáticos del SAR, marzo 2018 y abril 2019 226

Figura IV.140. Estadísticos de clorofila c en agua de superficie y fondo en estaciones de los cuerpos acuáticos del SAR de la Nueva Refinería, marzo 2018 y abril 2019 ... 227
Figura IV.141. Estadísticos de feofitinas en agua de superficie y fondo en estaciones de los cuerpos acuáticos del SAR, marzo 2018 ... 228
Figura IV.142. Diagrama ternario de sedimentos de los cuerpos acuáticos ... 230
Figura IV.143. Comportamiento de la DBO en los cuerpos acuáticos del SAR, abril 2019 ... 232
Figura IV.144. Comportamiento de la DQO en cuerpos acuáticos del SAR, abril 2019. ... 233
Figura IV.145. Comportamiento de sulfuros en cuerpos acuáticos del SAR, abril 2019. ... 235
Figura IV.146. Comportamiento de cianuros en cuerpos acuáticos del SAR, abril 2019. ... 235
Figura IV.147. Comportamiento de SAAM en cuerpos acuáticos del SAR, abril 2019. ... 236
Figura IV.148. Comportamiento de fenoles en cuerpos acuáticos del SAR, abril 2019. ... 237
Figura IV.149. Comportamiento de grasas y aceites en cuerpos acuáticos del SAR, abril 2019 ... 238
Figura IV.150. Comportamiento de alcalinidad toral en cuerpos acuáticos del SAR, abril 2019 ... 239
Figura IV.151. Comportamiento de los sólidos sedimentables en los cuerpos acuáticos del SAR, abril 2019 ... 242
Figura IV.152. Comportamiento de coliformes fecales y totales en cuerpos acuáticos del SAR, abril 2019 ... 243
Figura IV.153. Comportamiento de coliformes totales en cuerpos acuáticos del SAR, abril 2019 ... 244
Figura IV.154. Comportamiento de Carbón Orgánico Total COT en cuerpos acuáticos del SAR, abril 2019 ... 245
Figura IV.155. Resultado del análisis de Factores para las concentraciones de metales en agua en las lagunas estudiadas. ... 257
Figura IV.156. Resultados del análisis de Factores para las concentraciones de metales en sedimentos de las lagunas ... 261
Figura IV.157. Sistema ambiental regional del proyecto de la refinería de Dos Bocas, se muestra la influencia en el medio marino ... 268
Figura IV.158. Mapa de las estaciones que se consideraron de estudios previos para describir el ambiente marino de la SAR. ... 269
Figura IV.159. Trayectoria seguida para la medición de SO2 durante la campaña oceanográfica PEWA-1 en 2016, el SAR del proyecto en el ambiente marino ... 271
Figura IV.160. Distribución de salinidad en la capa de superficie (izquierda) y de fondo (derecha). ... 273
Figura IV.161. Distribución de temperatura en la capa de superficie (izquierda) y de fondo (derecha). ... 275
Figura IV.162. Distribución de pH en la capa de superficie (izquierda) y de fondo (derecha). ... 276

Figura IV.163. Distribución de oxígeno disuelto en la capa de superficie (izquierda) y de fondo (derecha). 276
Figura IV.164. Distribución de turbiedad en la capa de superficie (izquierda) y de fondo (derecha). 277
Figura IV.165. Distribución de sólidos suspendidos en la capa de superficie (izquierda) y de fondo (derecha). 279
Figura IV.166. Distribución de sólidos disueltos en la capa de superficie (izquierda) y de fondo (derecha). 280
Figura IV.167. Distribución de nitratos en la capa de superficie (izquierda) y de fondo (derecha). 280
Figura IV.168. Distribución de fosfatos en la capa de superficie (izquierda) y de fondo (derecha). 281
Figura IV.169. Distribución de carbono orgánico total en la capa de superficie (izquierda) y de fondo (derecha). 281
Figura IV.170. Comportamiento promedio de los metales en agua de superficie y fondo por localidad (cc=Criterio crónico; ca=Criterio agudo). 284
Figura IV.171. Concentraciones promedio de metales en sedimento por sitio. 285
Figura IV.172. Análisis de geoacumulación de metales en sedimento Igeo por sitio en la región de Dos Bocas, Tabasco. 289
Figura IV.173. Análisis de enriquecimiento de metales en sedimento Fe por sitio en la región de Dos Bocas, Tabasco. 290
Figura IV.174. Distribución de carbono orgánico total (panel superior) y nitrógeno total (panel inferior) en sedimentos. 294
Figura IV.175 Patrón de distribución de hidrocarburos alifáticos en muestras de sedimentos en la zona costera de Dos Bocas. 296
Figura IV.176. Distribución de analitos de HAP en muestras de agua marina del área de Dos Bocas y río González. 299
Figura IV.177. Distribución de compuestos individuales de HAP en sedimentos del área de Dos Bocas 301
Figura IV.178. Ubicación de los puntos de muestreo de peces en el Difusor de Dos Bocas (circulo azul) y la Plataforma abandonada (círculo rojo al NW del difusor). 302
Figura IV.179. Distribución de compuestos individuales de HAP en sedimentos del área de Dos Bocas 304
Figura IV.180. Distribución de biomarcadores del petróleo en sedimentos del área de Dos Bocas 305
Figura IV.181. Tipos de vegetación y usos de suelo que caracterizan el SAR 308
Figura IV.182. Vegetación secundaria identificada dentro del SAR. 312
Figura IV.183. Vegetación hidrófila flotante observada dentro del SAR. 313
Figura IV.184. Vegetación hidrófila sumergida (Typha latofolia) observada dentro del SAR 314
Figura IV.185. Vegetación de tinto (Haematoxylum campechianum) observada dentro del SAR. 315
Figura IV.186. Vegetación de manglar (Languncularia racemosa) observada dentro del SAR 316
Figura IV.187. Plantación de cítricos (Citrus limon) observado dentro del SAR 317

Figura IV.188. Vegetación riparia (Salix humboldtiana) observado dentro del SAR, sobre el margen del Río Seco. 318
Figura IV.189. Vegetación de Agrosistemas característico del SAR, en la cual se manifiesta la actividad objeto del establecimiento de la misma. 319
Figura IV.190. Distribución, forma y tamaño de los cuadrantes por tipo de estrato muestreado. 320
Figura IV.191. Ubicación de los puntos de muestreos para la vegetación dentro del SAR. 324
Figura IV.192. Riqueza específica por tipo de estrato identificado en campo dentro del SAR. 331
Figura IV.193. Ubicación de los puntos de monitoreo para los grupos taxonómicos dentro del SAR. 344
Figura IV.194. Abundancia específica por taxón dentro del SAR. 347
Figura IV.195. Vegetación hidrófita observada dentro del área del proyecto. 364
Figura IV.196. Vegetación de pastizal inducido dentro del sitio 2, donde se pueden identificar algunas especies de árboles y arbustos típicos de una zona sujeta a inundación. 365
Figura IV.197. Vegetación de pastizal inducido para uso pecuario existente en el polígono 2, donde se observan algunas especies arbóreas y arbustivas. 365
Figura IV.198. Vista panorámica del manglar presente en las márgenes del río Seco, donde se puede apreciar el mangle rojo (Rhizophora mangle) y mangle blanco (Laguncularia racemosa). 366
Figura IV.199. Vista panorámica de la costa dentro del sitio uno, se observan algunas especies de plantas suculentas como riñonina (Ipomoea pes-caprae) y rompe plato blanco (Ipomoea stolonifera). 367
Figura IV.200. Cultivo de palma de coco (Cocos nucifera), se aprecia la dominancia de especies herbáceas y arbustivas. 368
Figura IV.201. Panorama general de la vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia, en donde se observan algunas especies típicas de este tipo de vegetación como palo mulato (Bursera simaruba) y Capulin (Muntingia calabura). 369
Figura IV.202. Polígonos por tipo de vegetación dentro de los sitios donde se ubica el proyecto. 371
Figura IV.203. Riqueza especifica por tipo de estrato dentro del sitio 1. 373
Figura IV.204. Distribución de los puntos fijos para la observación de aves (sitio 1). 384
Figura IV.205. Distribución de los puntos fijos para la observación de aves (sitio 2). 385
Figura IV.206. Distribución de los puntos fijos para la observación de aves (sitio 3). 385
Figura IV.207. Distribución de los transectos de mamíferos, reptiles y anfibios dentro del sitios 1. 386
Figura IV.208. Distribución de los transectos de mamíferos, reptiles y anfibios dentro de los sitios 2 y 3. 387
Figura IV.209. Riqueza especifica por grupo taxonómico. 388
Figura IV.210. Avifauna de los puntos de muestreo. 389

Figura IV.211. Mastofauna en los puntos de muestreo. 390
Figura IV.212. Anfibiofauna en los puntos de muestreo. 391
Figura IV.213. Comunidad de Reptiles en los puntos de muestreo. 392
Figura IV.214. Productividad primaria neta en la Laguna Mecoacán, Tabasco (1979 a 1980) 395
Figura IV.215. Biomasa anual en la laguna de Mecoacán, Tabasco. 395
Figura IV.216. Biomasa mensual en el sistema lagunar. 397
Figura IV.217. Importancia de las especies. 398
Figura IV.218. Riqueza específica y abundancia de fitoplancton en el área de plataforma continental del sur del Golfo de México. 406
Figura IV.219. Abundancia relativa de fitoplancton en áreas someras de sur del Golfo de México. 407
Figura IV.220. Riqueza específica y abundancia de zooplancton en el área de plataforma continental del sur del Golfo de México. Marco rojo: área correspondiente al SAR del presente proyecto. 410
Figura IV.221. Distribución espacial de la biomasa zooplanctónica en área marina somera de Tabasco y Campeche. 411
Figura IV.222. Abundancia relativa del zooplancton. 411
Figura IV.223. Riqueza específica y abundancia de infauna en el área de plataforma continental del sur del Golfo de México. Marco rojo: área correspondiente al SAR del presente proyecto 414
Figura IV.224. Abundancia relativa de la infauna en aguas someras del sureste del Golfo de México en junio 2016. 415
Figura IV.225. Riqueza específica y abundancia de epifauna en el área de plataforma continental del sur del Golfo de México. Marco rojo: área correspondiente al SAR del presente proyecto. 417
Figura IV.226. Abundancia relativa de la epifauna en aguas someras del sureste del Golfo de México en junio 2016. 418
Figura IV.227. Riqueza específica y abundancia de necton en el área de plataforma continental del sur del Golfo de México. Marco rojo: área correspondiente al SAR del presente proyecto 420
Figura IV.228. Abundancia relativa de peces. 421
Figura IV.229. Definición de Sistema Estuarino. 430
Figura IV.230. Definición del Sistema Palustre 431
Figura IV.231. Manglares del SAR. 433
Figura IV.232. Grado de exposición climática por municipio. 438
Figura IV.233. Grado de sensibilidad climática por municipio. 439
Figura IV.234. Mapa de impactos estimados del Cambio Climático en la Costa de tabasco. 441
Figura IV.235. Mapa de la altitud en el estado de Tabasco. 442
Figura IV.236. Instrumentos de política de Cambio Climático. 445
Figura IV.237. Índice de vulnerabilidad social en el estado de Tabasco. 452
Figura IV.238. Llanura costera del complejo deltáico tabasqueño. 455
Figura IV.239. Paisajes ecológicos del SAR. 456
Figura IV.240. Pendientes promedio del SAR. 461
Figura IV.241. Edafología del SAR. 462

Figura IV.242. Índice Integral de Conectividad (IIC) de manglares, reportado por CONABIO. 464
Figura IV.243. Vegetación primaria de zonas inundables 465
Figura IV.244. Usos del Suelo del SAR, de acuerdo a Mapa Nacional Forestal 466
Figura IV.245. Fragilidad ambiental del SAR por unidad de paisaje. 469
Figura IV.246. Localización de las fuentes de emisión cercanas a la región del proyecto de la RDB. 473
Figura IV.247. Rosas de vientos a) Anual, b) Estiaje, c) Lluvias y d) Nortes para la estación Paraíso. 475
Figura IV.248. Análisis termodinámico en la vertical de la atmosfera del Municipio de Paraíso, Tabasco. 476
Figura IV.249. Concentración promedio de 24 h de óxidos de nitrógeno para el día 28 de marzo de 2018. 481
Figura IV.250. Concentración de NOx para el periodo del 28 de marzo al 3 de abril de 2018. 481
Figura IV.251. Tasas de cambio de manglar del periodo 1981 – 2005 494
Figura IV.252. Tasas de cambio de manglar del periodo 2005 – 2010 496
Figura IV.253. Tasas de cambio de manglar del periodo 2010 – 2015 498
Figura IV.254. Resumen del periodo 2005 a 2015. 499
Figura IV.255. Tasa de cambio de manglar Sitio 2 2015 – 2019. 500
Figura IV.256. Grado de vulnerabilidad al cambio climático por municipio, 505
Figura IV.257. Índice de vulnerabilidad de inundaciones en el Estado de Tabasco. 506
Figura IV.258. El ciclo de análisis de la vulnerabilidad climática. 507
Figura IV.259. Tasa de erosión y de perdida de tierra firme en la zona costera de tabasco (2016) 509
Figura IV.260. Comparación del nivel de perdida de tierra firme en la zona costera de tabasco (2011). 511
Figura IV.261. Nivel de erosión y la acumulación en sectores de la costa de Tabasco. 512
Figura IV.262. Terrenos de playa perdidos en Barra de Chiltepec, Tabasco. 514
Figura IV.263. Grado de capacidad adaptativa por municipio, 516

Índice de Tablas

Tabla IV.1. Coordenadas UTM WGS84 del SAR. 18
Tabla IV.2. Municipios dentro del polígono del SAR. 19
Tabla IV.3 Información geográfica para conformación de pasajes. 36
Tabla IV.4. Información de las estaciones meteorológicas localizadas en la región en estudio. 51
Tabla IV.5. Valores típicos de temperatura y precipitación promedio para un tipo de clima Am. 56

Tabla IV.6. Resumen de temperatura promedio anual y mensual, Paraíso, Tabasco. 60
Tabla IV.7. Resumen de precipitación promedio anual y mensual, Paraíso, Tabasco. 63
Tabla IV.8. Evaporación mensual en la región de Isla Aguada en el periodo de 1970 a 2010. 67
Tabla IV.9. Evapotranspiración potencial (mm/mes). 69
Tabla IV.10. Resumen de Radiación solar promedio anual y mensual, Paraíso, Tabasco. 75
Tabla IV.11. Resumen de huracanes de 1990 a 2018 en la costa de Tabasco. 79
Tabla IV.12. Resumen de tormentas tropicales de 1990 a 2018 en la costa de Tabasco. 82
Tabla IV.13. Periodos y Normas Oficiales Mexicanas para evaluar cada contaminante atmosférico. 102
Tabla IV.14. Clasificación de la calidad del aire en términos del IMECA (*). 103
Tabla IV.15. Localización geográfica de los puntos de monitoreo de calidad del aire. 104
Tabla IV.16. Concentraciones de los contaminantes y comparación con valores de las normas de salud respectivas. 105
Tabla IV.17. Resumen análisis estadístico de la concentración de Ozono (O_3) medida en los sitios. 110
Tabla IV.18. Resumen análisis estadístico de la concentración de Monóxido de Carbono (CO) medida en los sitios. 111
Tabla IV.19. Resumen análisis estadístico de la concentración de Óxido de Nitrógeno (NO) medida en los sitios. 111
Tabla IV.20. Resumen análisis estadístico de la concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO2) medida en los sitios. 112
Tabla IV.21. Resumen análisis estadístico de la concentración de Óxidos de Nitrógeno (NOx) medida en los sitios. 113
Tabla IV.22. Resumen análisis estadístico de la concentración de Dióxido de Azufre (SO_2) medida en los sitios. 114
Tabla IV.23. Resumen análisis estadístico de la concentración de Ácido Sulfhídrico (H2S) medida en los sitios. 114
Tabla IV.24. Sismicidad del estado de tabasco en el periodo de enero del 2015 al 28 de mayo de 2018, se muestra magnitudes y profundidades de los sismos. 149
Tabla IV.25. Suelos del Estado de Tabasco por zona fisiográfica, relacionado con el SAR. 153
Tabla IV.26. Puntos de muestreo de suelo en el SAR. 166
Tabla IV.27. Resultados del análisis de hidrocarburos en suelos. 170
Tabla IV.28. Resultados de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos en suelos. 172
Tabla IV.29. Parámetros de la NOM-021-SEMARNAT-2000 173
Tabla IV.30.Resultados del análisis de textura de las muestras de suelo del SAR. 175
Tabla IV.31. Resultados del análisis de Capacidad de Intercambio Catiónico de las muestras de suelo del SAR. 176
Tabla IV.32 Valor de la precipitación obtenido de las normales climatológicas de cada estación meteorológica ambiental considerada para el SAR. 178

Tabla IV.33 Valores del Factor de Erodabilidad (K) en función de la unidad de suelo y de su textura superficial. 180
Tabla IV.34 Unidades de suelo que conforman el SAR con sus valores de K de acuerdo a su textura. 180
Tabla IV.35 Clasificación de tasas de erosión reportadas para la República Mexicana. 187
Tabla IV.36 Modelo para el cálculo de la erosión hídrica en el SAR. 188
Tabla IV.37. Determinación de parámetros, matrices, parámetros a que se analizaron. 203
Tabla IV.38. Resultados de parámetros fisicoquímicos básicos para la calidad de agua de los sistemas acuáticos del SAR (marzo 2018). 204
Tabla IV.39. Intervalos de calidad de la turbidez obtenidos en función de la transparencia. 213
Tabla IV.40. Comportamiento estadístico de los nutrientes en la columna de agua en marzo de 2018 y abril de 2019. 216
Tabla IV.41. Valores de referencia de nutrientes utilizados en la interpretación de los resultados de las variables observados en la columna de agua. 217
Tabla IV.42. Valores de pigmentos en agua de superficie y fondo en estaciones de los cuerpos acuáticos del SAR de la Nueva Refinería, marzo 2018. 224
Tabla IV.43. Índice trófico de la concentración de clorofila a en las estaciones de agua superficial de los cuerpos acuáticos del SAR, marzo 2018 y abril 2019 225
Tabla IV.44. Tamaño de grano de los sedimentos de los cuerpos acuáticos del SAR, marzo 2018 y abril 2019. 229
Tabla IV.45. Variables de calidad del agua de los cuerpos acuáticos del SAR, abril 2019. 231
Tabla IV.46. Valores de variables de calidad del agua superficie en estaciones de los cuerpos acuáticos del SAR, abril 2019. 240
Tabla IV.47. Valores de compuestos orgánicos en agua de superficie y fondo en estaciones de los cuerpos acuáticos del SAR, marzo 2018 y abril 2019. 246
Tabla IV.48. Métodos analíticos para la determinación de compuestos orgánicos en agua. 247
Tabla IV.49. Métodos analíticos para determinación de hidrocarburos en sedimento. 249
Tabla IV.50. Concentraciones de HAP en los sistemas lagunares muestreados en marzo de 2018 en sedimento. 250
Tabla IV.51. Biomarcadores identificados en Laguna de Mecoacán (ME18). 251
Tabla IV.52. Concentración de metales en agua (mg/L) determinados en las lagunas Tupilco, el Zorro y Mecoacán 255
Tabla IV.53. Concentración de metales en agua (mg/L) determinados en las lagunas Tupilco, el Zorro y Mecoacán (Continuación) 255
Tabla IV.54. Estadística descriptiva de la concentración de metales en agua (mg/L) en las lagunas Tupilco, el Zorro y Mecoacán 256
Tabla IV.55. Estadística descriptiva de la concentración de metales en agua (mg/L) en las lagunas Tupilco, el Zorro y Mecoacán (continuación) 256
Tabla IV.56. Concentración de metales (mgkg) en sedimento superficial de las lagunas Tupilco, el Zorro y Mecoacán. 259

Tabla IV.57. Estadística descriptiva de las concentraciones de metales en sedimento superficial en el sistema completo de lagunas de tabasco y por laguna en estudio. 260
Tabla IV.58. Factores de Enriquecimiento (FE) de los metales en las lagunas Tupilco, el Zorro y Mecoacán. 262
Tabla IV.59. Índices de geoacumulación (Igeo) para los metales en las lagunas, Tupilco, el Zorro y Mecoacán. 263
Tabla IV.60. Acuífero La Chontalpa 265
Tabla IV.61. Datos de disponibilidad del acuífero La Chontalpa 266
Tabla IV.62. Parámetros fisicoquímicos in situ en el sitio de los emisores de la descarga de agua congénita frente a la TMDB en Dos Bocas y Río González, Tabasco. 274
Tabla IV.63. Sólidos en todas sus formas y nutrientes en el sitio de los emisores de la descarga de agua congénita frente a la TMDB en Dos Bocas y desembocadura del Río González, Tabasco. 277
Tabla IV.64. Metales en agua superficial y de fondo en las localidades acuáticas del difusor y el Río González en Dos Bocas, Tabasco. 283
Tabla IV.65. Intervalos de efecto de metales en sedimentos en las localidades acuáticas del difusor, río González y referencia del difusor en Dos Bocas, Tabasco. 286
Tabla IV.66. Resumen estadístico de las concentraciones de metales en sedimentos en las localidades acuáticas del difusor, Río González y referencia del difusor en Dos Bocas, Tabasco. 288
Tabla IV.67. Concentración de metales en agua (mg/l) durante la campaña oceanográfica Pewa 1 en el Golfo de México. 292
Tabla IV.68. Concentración e incertidumbre de metales en sedimento (mg/g) obtenidos durante la campaña oceanográfica Pewa 1 en el Golfo de México. 293
Tabla IV.69. Relaciones de diagnóstico para las dos estaciones en agua con presencia de HTP. 296
Tabla IV.70. Valores nominales de los hidrocarburos totales, de bajo y alto peso molecular y los valores de HAP totales estimados en 2003. 298
Tabla IV.71. Valores de HAP en sedimentos del área de Dos Bocas en 2013 y su comparación con los niveles observados en 2003. 300
Tabla IV.72. Datos de los analitos que se detectaron y que cuentan con niveles umbral de efecto como criterios de evaluación de impacto. 301
Tabla IV.73. Valores promedio de HAP totales en tejido muscular de los peces y su comparación con los valores de peces en 2003. 303
Tabla IV.74. Valores de relaciones entre diferentes marcadores indicadores del grado de madurez y origen para los sedimentos. 305
Tabla IV.75 Superficie de ocupación por tipo de vegetación y/o uso de suelo dentro del SAR 310
Tabla IV.76 Tipos de vegetación identificados y asociados dentro del SAR 310
Tabla IV.77 Coordenadas geográficas UTM de los sitios de muestreo para el estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo dentro del SAR. 321
Tabla IV.78 Listado de especies de flora arbórea que caracterizaron el SAR y su estatus de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. 325

Tabla IV.79 Listado de especies de flora arbustiva identificados dentro del SAR y estatus de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. 327
Tabla IV.80. Listado de especies de las herbáceas identificadas en el SAR y estatus de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 328
Tabla IV.81 Estimación de la abundancia relativa por tipo de estrato dentro del SAR. 332
Tabla IV.82 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para el estrato arbóreo. 334
Tabla IV.83 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para el estrato arbustivo. 337
Tabla IV.84 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para el estrato herbáceo. 338
Tabla IV.85. 1 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para epífitas. 340
Tabla IV.86 Uso de los recursos vegetales dentro del SAR 341
Tabla IV.87 Especies identificadas en el SAR bajo alguna categoría de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. 342
Tabla IV.88 Coodenadas UTM de los puntos de muestreo dentro del SAR. 345
Tabla IV.89. Abundancia relativa de anfibios dentro del SAR. 348
Tabla IV.90. Abundancia relativa del grupo de los reptiles en el SAR. 349
Tabla IV.91. Abundancia relativa de aves en el SAR. 350
Tabla IV.92. Abundancia y relativa de mamíferos en el SAR. 353
Tabla IV.93. Índice de diversidad de Shannon-Wiever para el grupo de los anfibios. 354
Tabla IV.94. Índice de diversidad de Shannon-Wiener para el grupo de los Reptiles. 356
Tabla IV.95. Índice de diversidad de Shannon-Wiever para el grupo de las aves. 357
Tabla IV.96. Índice de diversidad de Shannon-Wiener para el grupo de los mamíferos. 361
Tabla IV.97 Especies presentes dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010. 362
Tabla IV.98. Área de cobertura vegetal a remover dentro de los sitios 1, 2 y 3 donde se ubica el proyecto. 370
Tabla IV.99 Coordenadas de los puntos de muestreo. UTM WGS84 Z 15Q. 371
Tabla IV.100 Abundancia relativa para el estrato arbóreo dentro del sitio 1. 374
Tabla IV.101 Abundancia relativa para el estrato arbustivo dentro el sitio 1. 375
Tabla IV.102 Abundancia relativa para el estrato herbáceo dentro del sitio 1. 376
Tabla IV.103 Índice de diversidad de Shannon del estrato arbóreo. 378
Tabla IV.104 Índice de diversidad para el estrato arbustivo. 379
Tabla IV.105 Análisis de diversidad para el estrato herbáceo. 380
Tabla IV.106 Flora registrada como vulnerable. 383
Tabla IV.107 Coordenadas de los puntos fijos de observación de aves dentro de los sitios 1, 2 y 3. 383
Tabla IV.108 Coordenadas de los transectos de mamíferos, reptiles y anfibios (Datum-WGS-84). 386
Tabla IV.109 Valores de diversidad de la fauna silvestre. 392
Tabla IV.110 Valores de dominancia de la fauna silvestre. 393
Tabla IV.111. Riqueza de la fauna bentónica de la Laguna de Mecoacán, Tabasco. 399
Tabla IV.112. Riqueza de la Laguna de Dos Bocas, Tabasco. 399
Tabla IV.113. Pigmentos fotosintéticos y biomasa de fitoplancton en Dos Bocas y desembocadura del río González, Tabasco. 401

Tabla IV.114. Índice de valor biológico para especies de fitoplancton en la región marina de aguas someras del sur del Golfo de México. 408
Tabla IV.115. Índice de valor biológico para las especies de zooplancton por estación. 412
Tabla IV.116. Índice de valor biológico para las especies de infauna en aguas someras 416
Tabla IV.117. Índice de valor biológico para las especies de epifauna por estación. 418
Tabla IV.118. Población Económicamente activa a 2010 Paraíso, Tabasco. 424
Tabla IV.119. Población Económicamente activa a 2010 Comalcalco, Tabasco. 426
Tabla IV.120. Población Económicamente activa a 2010 Cunduacán, Tabasco 427
Tabla IV.121. Población Económicamente activa a 2010 Centla, Tabasco. 427
Tabla IV.122. Migración reportada para os municipio. 428
Tabla IV.123. Criterios econlógicos específicos del POET. 434
Tabla IV.124. Ordenamiento Territorial para la conservación de la biodiversidad. 440
Tabla IV.125. Relación de pendientes con fragilidad. 460
Tabla IV.126. Fragilidad asociada a suelo. 463
Tabla IV.127. Categorías de fragilidad para vegetación y usos de suelo 467
Tabla IV.128. Resumen de factores ecológicos de fragilidad para la definición de Fragilidad Ambiental por unidad de paisaje 467
Tabla IV.129. Fragilidad ambiental por paisaje ecológico en el SAR 468
Tabla IV.130. Coordenadas geográficas de las estaciones meteorológicas de CONAGUA en Tabasco y Campeche. 474
Tabla IV.131. Inventario de Emisiones de línea base 2018 por tipo de fuente. 478
Tabla IV.132. Inventario de Emisiones a la atmósfera: caso Línea Base. 479
Tabla IV.133. Comparación de las concentraciones en tejido de ostiones de la porción marina de la Sonda de Campeche con la información de la porción estadounidense del Golfo de México y de ERED. 484
Tabla IV.134. Comparación de las concentraciones de tejido provenientes de localidades seleccionadas en el Golfo de México, con los Criterios de Salud Pública 485
Tabla IV.135 Condiciones de calidad del agua en cuarpos de agua continentales. 490
Tabla IV.136 Condiciones de sedimentos en cuerpos de agua continentales. 492
Tabla IV.137. Análisis para la adaptación al cambio climático de la subregión Chontalpa 517
Tabla IV.138. Periodos y Normas Oficiales Mexicanas para evaluar cada contaminante atmosférico 521
Tabla IV.139. Niveles máximos permisibles de emisión de equipos nuevos 522
Tabla IV.140. Niveles máximos permisibles de emisión de equipos nuevos. 522
Tabla IV.141. Niveles máximos permisibles de nivel sonoro. 523

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN.

IV.1. Delimitación y justificación del sistema ambiental regional (SAR) donde pretende establecerse el proyecto.

Partiendo del concepto del SAR (Guía para la elaboración de la MIA-R, ASEA-00-015-B), el cual es la expresión objetiva, inventariable y cartografiable de los ecosistemas donde se inserta el proyecto derivada de la selección e interrelación de componentes o procesos ecosistémicos. Por otra parte, un sistema ambiental también puede ser definido como un conjunto de elementos que interactúan y son interdependientes, de forma tal que las interrelaciones pueden modificar a uno o a todos los demás componentes del sistema dentro de la región en donde se va a desarrollar el Proyecto. Esto implica que la forma de actuar de un sistema no es predecible mediante el análisis de sus partes por separado, sino que la estructura del sistema es lo que determina los resultados (Rittler et al., 2007).

La delimitación del SAR es uno de los elementos centrales de cualquier Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) Regional. El marco legal especifica que para la modalidad regional, el alcance de su contenido se concentra en dos rubros de suma importancia que son: i) La descripción del SAR, el cual puede contener a uno o más ecosistemas y cuyas tendencias de desarrollo y deterioro ambiental es imprescindible analizar y determinar para lograr la identificación y evaluación eficiente del impacto del proyecto sobre dicho sistema, y, ii) El tipo o la naturaleza de los impactos que se generan en el Sistema Ambiental Regional y que podrán verse incrementados por el establecimiento del proyecto.

En la modalidad regional, la evaluación ambiental de los impactos acumulativos que se desarrollan en el Sistema Ambiental Regional y la forma como el proyecto puede incrementar el nivel de acumulación o residualidad, son contenidos fundamentales del estudio (SEMARNAT, 2005).

Siguiendo los conceptos anteriores, los aspectos más relevantes utilizados para delimitar el SAR del proyecto de la Refinería en Dos Bocas, en Paraíso, Tabasco, están basados en las siguientes temáticas:

A. Hidrología.
B. Dinámica de litoral.
C. Dispersión atmosférica.

D. Unidades de paisaje.
E. Ordenamientos.

Cada una de las temáticas anteriores presenta criterios que permitieron definir los límites del SAR, los cuales son los siguientes:

- Subcuenca hidrológica RH30Dz de la CONAGUA.
- Subcuenca hidrológica RH30Dz corregida IMP.
- Simulación marina.
- Dispersión marina.
- Simulación atmosférica.
- Geomorfología, litología, relieve, edafología, inundabilidad, uso de suelo y vegetación.
- Corredores biológicos CONABIO: “Humedales Costeros – Sierra de Huimanguillo” y “Pantanos de Centla- Cañón del Usumacinta”.
- Sitios de manglar con relevancia CONABIO: “Lagunas de Mecoacán, Julivá, Santa Anita, Tabasco” y “Laguna La Palma, Tabasco”.
- Distribución de manglares CONABIO (2015).
- Región Marina Prioritaria No. 53 “Pantanos de Centla – Laguna de Términos”.
- Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe Unidad de Gestión Ambiental 166.
- Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Tabasco (POERET, 2019).
- Límites municipales del Estado de Tabasco.
- Región Ecológica 18.3 del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), Unidad Ambiental Biofísica (UBA) 135 “Planicies Aluviales del Occidente de Tabasco” y Región Ecológica 5.32 en la Unidad Ambiental Biofísica (UBA) 76 “Llanuras Fluviodeltaicas de Tabasco”.

Derivado de cada uno de los criterios planteados y que posteriormente serán descritos en el estudio, se delimitó un polígono del SAR con las características geográficas que se muestran en la Figura IV.1.

Figura IV.1. Polígono del Sistema Ambiental Regional (SAR).

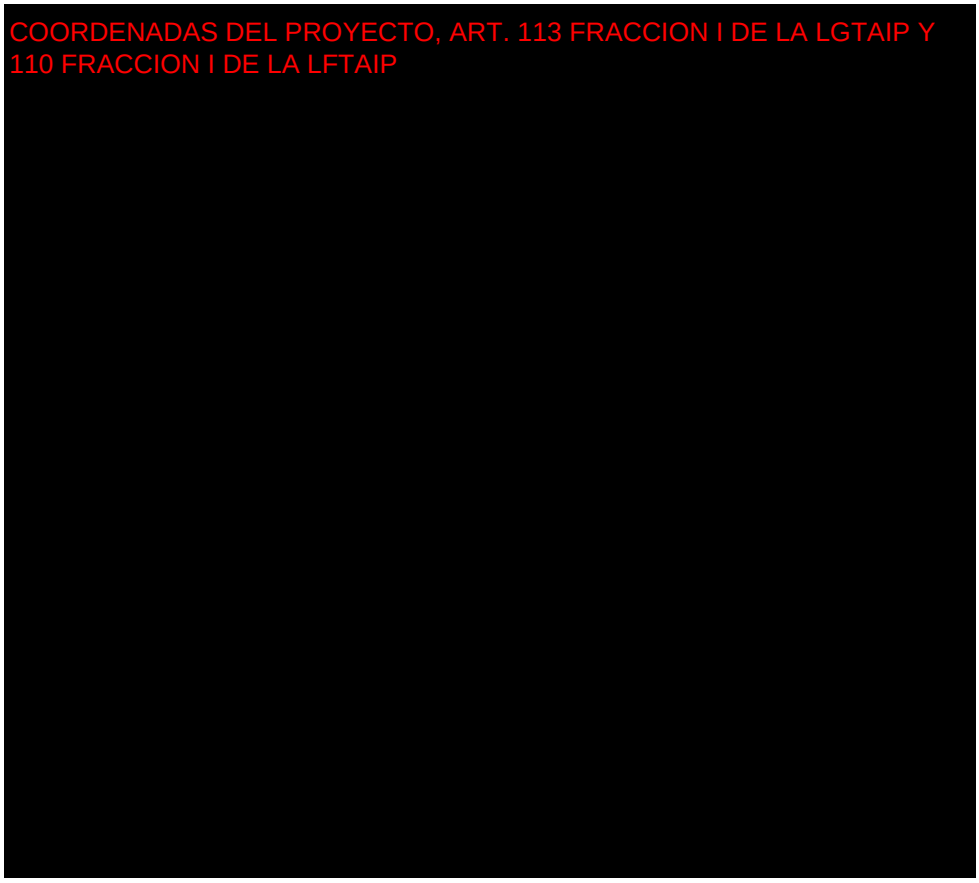


Fuente: Elaboración IMP, mapa base INEGI

Cuenta con una extensión territorial total de 185,723 ha, de las cuales 50,656 ha son de superficie marina y 135,067 ha son de superficie terrestre. Las coordenadas UTM son las que se enlistan en la siguiente tabla IV.1.

Tabla IV.1. Coordenadas UTM WGS84 del SAR.

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP



Fuente: Elaboración IMP

La sección terrestre del SAR se encuentra representado por varios municipios del estado de Tabasco, los cuales se enlistan en la tabla IV.2 siguiente.

Tabla IV.2. Municipios dentro del polígono del SAR.

Municipio	Superficie (ha)	% respecto al SAR
Centla	14219.50	10.52
Centro	539.07	0.39
Comalcalco	33535.50	24.82
Cunduacán	22041.69	16.31
Cárdenas	12540.80	9.28
Huimanguillo	111.31	0.08
Jalpa de Méndez	11048.30	8.17
Nacajuca	1969.18	1.45
Paraíso	39061.80	28.98

Fuente: Elaboración IMP, con base a INEGI

A continuación se indican las temáticas y criterios que permitieron establecer los límites del SAR:

Hidrología.

La hidrología en el estado de Tabasco presenta tres complejos sistemas: el fluvial, lacustre y litoral; a su vez, éstos son el resultado de la acción integrada de factores climáticos, topográficos y marinos que a través del tiempo se han manifestado sobre el medio geográfico natural. Debido a lo anterior, el estudio de la hidrología para la delimitación del SAR permite abarcar aspectos relevantes del ambiente como el desarrollo morfológico, el origen de la mayor parte de las formas del terreno y el tipo de vegetación existente asociado a la fauna.

Por ello, la primera temática a analizar es la hidrología, por lo cual es importante mencionar como generalidades que el sistema fluvial de Tabasco forma parte de las cuencas media y baja de los ríos más caudalosos de la República Mexicana (Grijalva y Usumacinta), los cuales drenan cerca del 30% de los recursos hídricos del país. Este sistema se encuentra claramente definido en las tierras altas de Chiapas y Guatemala, en donde se originan, pero al entrar a los llanos aluviales de Tabasco los cursos principales tienden a bifurcarse, unirse, desbordarse y en la mayoría de los casos han modificado su rumbo. Esta característica tan particular de los ríos de la entidad hace que la planicie aluvial esté sufriendo un proceso de sedimentación acelerado, debido a la recepción de materiales transportados de las partes altas de los lamerías y sierras a las partes bajas de la planicie, conformándose en esta última un patrón de drenaje 'meándrico', típico de Tabasco, que ha sufrido cambios en el curso de la historia. El más importante de estos virajes fluviales ocurrió a principios de siglo cuando el rumbo original sur-norte del río Mezcalapa cambió hacia el este, a la altura de Huimanguillo, dejando un cauce abandonado denominado en la actualidad Río Seco (Larios, R., 1987).

El SAR del proyecto se encuentra dominado principalmente por procesos hídricos generados por los ríos Seco y Cuxcuchapa, los cuales en su conjunto depositan el material de arrastre de la parte alta de las microcuencas (que inician en el rompido de Nueva Zelandia) en las zonas más baja, constituida en el humedal que forma la laguna Mecoacán. Específicamente el río Seco colinda con los sitios 1, 2 y 3 destinados para la la Refinería Dos Bocas y desemboca al mar mediante la laguna Mecoacán. El río Cuxcuchapa por su parte, desemboca hacia la porción sur de dicho cuerpo lagunar; este último, además recibe aguas saladas del mar, con lo cual existen intercambios de flujo por medio de dos conexiones con el mar, por lo que el sitio recibe el nombre de “Dos Bocas”.

Esto hace que la Laguna de Mecoacán tenga agua salobre con distintos grados de salinidad dentro de su cuerpo, siendo más salada en las bocas y menos salobre en las partes más alejadas de ellas. A dicha albufera también se enlazan las lagunas del

Eslabón, la Tinaja, El Carmen y los arroyos Arrastradero y Hondo. El Río Seco por su parte, también presenta agua salobre en el tramo cercano a la desembocadura al mar. La boca oeste actualmente se encuentra cerrada, lo que ha causado un cambo en los flujos estuarinos. La selección de estas subcuencas como parte de los criterios de delimitación del SAR, obedece a que ambos cauces forman en su conjunto una zona de alto grado de inundabilidad con influencia en la zona del proyecto, lo cual condiciona la distribución de las comunidades de vegetación adaptadas a las zonas de anegación y a las terrazas que durante las épocas de creciente representan espacios de tierra firme con vegetación menos resistente a las condiciones de humedad.

La subcuenca del Río Seco bordea el límite occidental del SAR y en su paso atraviesa las cabeceras municipales de Comalcalco y Paraíso, Tabasco. Un rasgo importante de ésta, es que ha sido modificada por terraplenes artificiales para la construcción de fraccionamientos y vías de comunicación, además de que sus aguas están confinadas por dos carreteras que fueron construidas en ambas márgenes del río. La subcuenca del río Cuxcuchapa fue modificada debido a la construcción de la presa el Macayo. Bordea el límite oriental del SAR y es el límite entre el municipio de Paraíso y el municipio de Jalpa de Méndez, ambos en Tabasco.

- Subcuenca hidrológica RH30Dz de la CONAGUA.

El primer paso para la definición de la cuenca hidrológica fue adoptar la conformación de cuenca publicada por CONAGUA: RH30Dz, que fue definida de acuerdo a criterios consensuados por tres instituciones y que se describe en el documento INEGI, INE y CONAGUA (2007). La cuenca pertenece a la Región Hidrológica 30 dentro de otra subdivisión denominada Bajo Grijalva o Grijalva – Villahermosa y finalmente representa la subdivisión de los Ríos Seco y Cuxcuchapa (subíndice Dz). Esta cuenca es exorréica debido a que el agua de escurrimiento que se transporta sobre la superficie desemboca en la Laguna de Mecoacán y finalmente al mar.

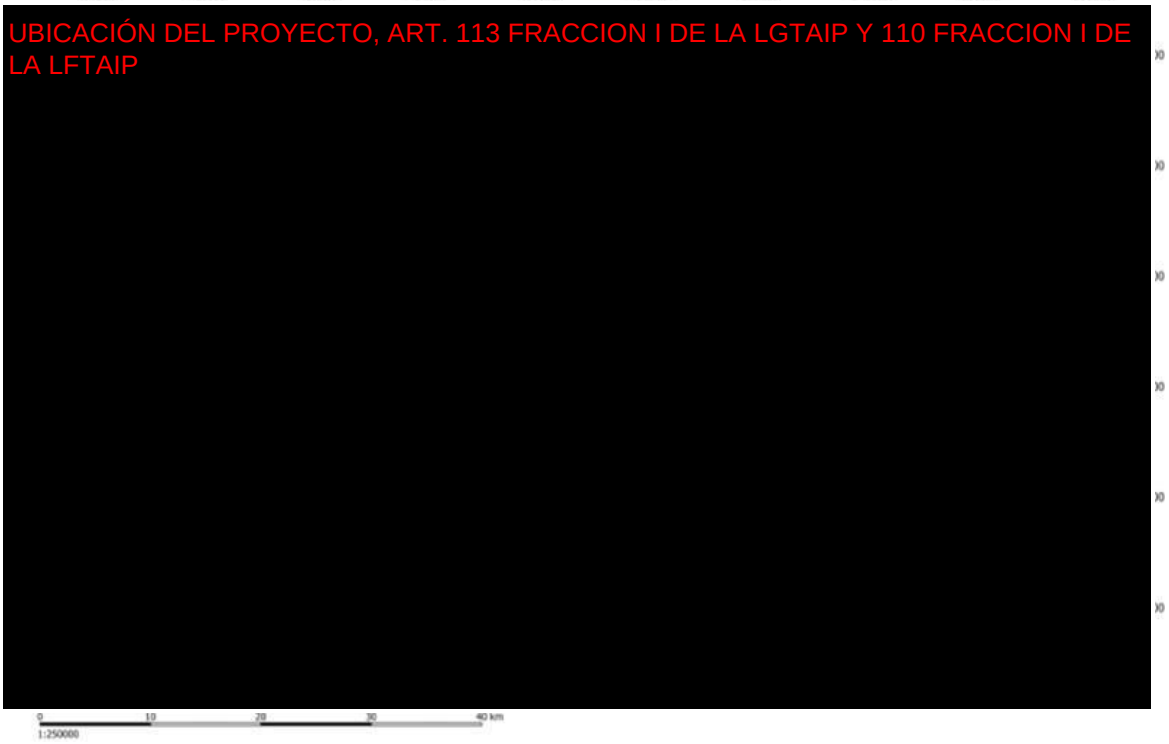
- Subcuenca hidrológica RH30Dz corregida IMP.

En la actualidad se cuenta con información de elevaciones del terreno de alta resolución tipo Lidar® (Light Detection and Ranging Laser, por sus siglas en inglés) que permiten definir con mayor precisión las cuencas al contar con mejor información de las elevaciones. Se utilizó la información Lidar para construir un modelo digital de elevaciones y posteriormente delimitar la cuenca hidrológica para identificar las diferencias con la RH30Dz publicada por la CONAGUA.

Para este análisis se generó un mosaico de imágenes raster Lidar® del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) del 2010 con una resolución de 5 m. El mosaico se convirtió a una imagen raster con formato tif la cual representa un modelo de elevaciones digital (DEM, por sus siglas en inglés). A dicha imagen se aplicó el método descrito por Ehlschlaeger, C. (1989) acoplado a un sistema de información geográfica (SIG). El método consiste en encontrar el punto más bajo del DEM e ir calculando las distancias a los puntos circunvecinos.

De estos, los puntos más bajos representan los cauces de los ríos. Por otro lado con ayuda de un algoritmo de "llenado" artificial se localizaron los puntos de desborde los cuales podrían representar un parteaguas de delimitación. El procedimiento fue iterativo, repitiendo el método para cada punto con resultados redundantes de delimitación de cuencas.

Figura IV.2. Superposición de las cuencas hidrológicas para la delimitación del SAR. Conagua RH30Dz. Cuenca obtenida con Lidar® 2010.



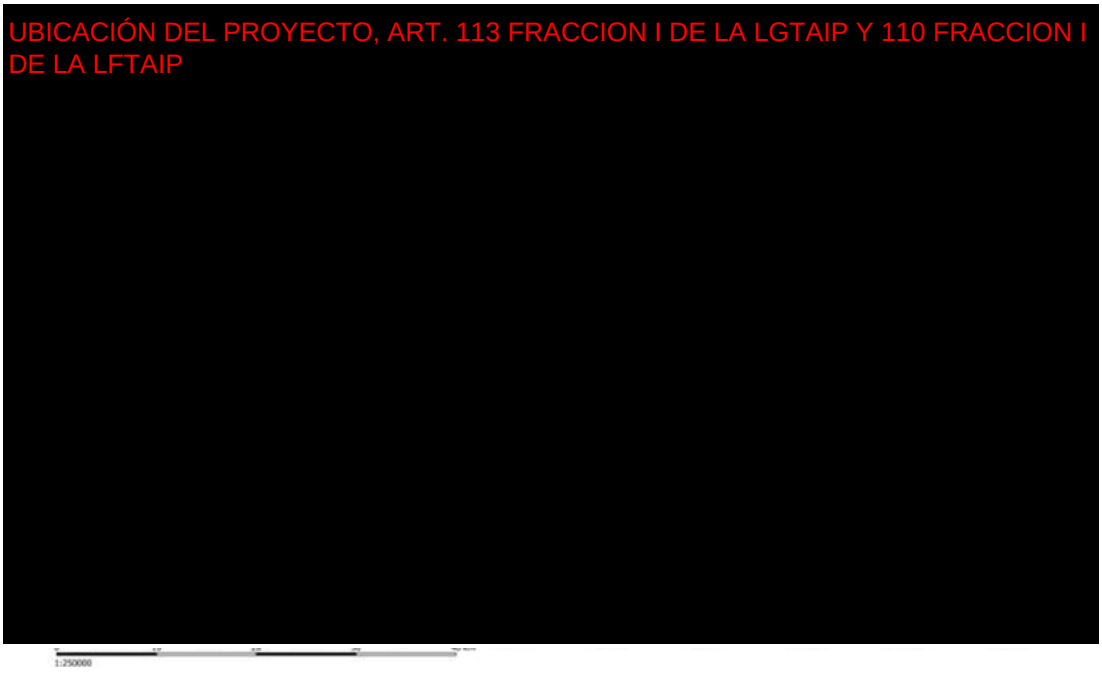
Fuente: Elaboración IMP, CONAGUA e INEGI

La Figura IV,2 muestra las diferencias de los polígonos de las cuencas. Por un lado, se observa que la cuenca Lidar® 2010 tiene un área menor del lado oeste indicando

que en esa zona existe incertidumbre en la dirección del flujo. Por otro lado, se observa que la cuenca Lidar® 2010 tiene una extensión mayor en la zona sureste y en la zona noreste. Las diferencias en las dos cuencas se deben por un lado a que la información de las elevaciones tiene mejor resolución en el caso del Lidar® 2010; pero por otro lado, existen rasgos antropogénicos dentro de la cuenca que pueden haber influido en cambios de dirección de los escurrimientos.

Los principales rasgos antropogénicos que se han observado son bordos para carreteras, caminos y drenes de conducción de agua de riego. Estas obras modifican la dirección de los flujos y por tanto modifican los límites de las cuencas. Básicamente el criterio para delimitar el área de la cuenca hidrológica como parte del polígono del SAR, fue adicionar los polígonos de ambas cuencas para cubrir toda posible área de escurrimiento, tal como se ve en la Figura IV.3.

Figura IV.3. Polígono consolidado de la subcuenca RH30Dz.



Fuente: Elaboración IMP

- Región Marina Prioritaria No. 53 “Pantanos de Centla – Laguna de Términos”.

Para el caso de la influencia marina, tomando como marco de referencia, la información generada por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), para la conservación de los recursos costeros y marinos del país que se enmarcan dentro de diferentes compromisos contraídos por México, como Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB 1992), la Región Marina Prioritaria

(RMP) No. 53 Pantanos de Centla – Laguna de Términos, se ubica dentro del límite costero marino del Estado de Tabasco y es considerada una de las RMP más, extensas del Golfo de México, con una cobertura de 5,511,400 ha (55,114 km2). Se describe como "Lagunas, playas, dunas, pastos marinos, esteros, islas. Esta zona representa el aporte hídrico más importante en México, del continente a la costa y a la Sonda de Campeche".

- Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe Unidad de Gestión Ambiental 166.

Asimismo, se integró la información contenida en el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe y el Ordenamiento Ecológico del Estado de Tabasco, incorporando la geografía de la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) 166 con una extensión de 750,758 ha, reconocida como Zona Costera Inmediata del Sur del Golfo de México, la cual se extiende desde la desembocadura oriente de Laguna de Términos hasta el límite norte del municipio de Úrsulo Galván en Veracruz; misma que presenta una gran importancia dadas las actividades de explotación de hidrocarburos que representan mucho de la actividad productiva para este espacio.

Sin embargo, ambos ordenamientos anteriores aunque fueron tomados en consideración para la selección del SAR marino, debido a su gran extensión, no pudieron ser utilizados para delimitar el alcance del SAR en mar, por lo que se optó por seguir los criterios señalados en los siguientes puntos.

Simulación marina.

La delimitación de la zona marina es menos evidente que la cuenca hidrológica, debido a la falta de límites visibles en el mar. Sin embargo, el análisis de parámetros físicos y de dispersión sirve para identificar los límites del SAR. En la zona Marina, el movimiento de la masa de agua está influenciado por diversos fenómenos físicos: tales como corrientes oceánicas, mareas, oleaje y las descargas de agua dulce continentales. La suma de los componentes de las fuerzas de dichos fenómenos físicos resulta en un campo de flujo que indica la dirección e intensidad de las corrientes en la zona de estudio.

Parámetros físicos.

Oleaje.

De acuerdo a los datos de modelos de oleaje desarrollados por IMP (2016), en la zona de estudio las alturas de ola se mantienen normalmente por debajo de los 0.50 m, pero presentan picos que pueden alcanzar hasta cuatro metros durante eventos de

nortes y tormentas, el resto del año las variaciones pueden alcanzar apenas un metro de altura. En cuanto a los periodos del oleaje, en época de nortes las olas con periodos más grandes presentan un valor de periodo de entre 9 y 10 segundos que corresponden a las olas con mayor altura y el resto del año los periodos se mantienen alrededor de los 6 s. En cuanto a la dirección incidente del oleaje (de donde viene), la dirección predominante es del NE. En época de nortes se presentan cambios de dirección del oleaje proveniente del norte.

Mareas.

Las áreas en el sitio son preferentemente diurnas con componentes semi-diurnos con una diferencia aproximada de 0.60 entre pleamar y bajamar.

Descargas de agua dulce.

En la zona de estudio se descargan aguas continentales provenientes de la Laguna de Mecoacán, que a su vez transportan las aguas del Río Seco y Cuxcuxapa. Al oeste se descargan las aguas del Río González y a este las de la Barra de Tupilco. Las descargas de estos efluentes varían con relación a la época del año (lluvias y secas) y en relación al estado de las Bocas por donde se conectan al mar. La barra de Tupilco está cerrada actualmente, así como la Boca oeste de la Laguna de Mecoacán.

Los Ríos Seco y Cuxcuxapa no están aforados por lo que se desconocen con precisión los caudales que circulan por estos efluentes.

Corrientes oceánicas.

Las corrientes oceánicas se generan por movimientos de grandes masas de acuerdo a cambios de densidad y la rotación de la tierra. La corriente del Atlántico introduce agua al Golfo de México por el estrecho de Yucatán (sale por el estrecho de Florida); esta corriente se divide en dos grandes corrientes: una al norte conocida como corriente del lazo y otra que corre hacia el este paralela a la península de Yucatán. Es esta última la que provoca el movimiento de las masas de agua en la zona con dirección predominante de propagación Este a Oeste.

Dinámica costera.

Considerando las variaciones de los parámetros físicos característicos de la zona de estudio se extrajo la información del modelo hidrodinámico para la Ronda 1, de acuerdo a IMP (2016). El modelo cubre la zona de estudio y considera los parámetros físicos hidrodinámicos ingresándolos al modelo como series con variaciones en el tiempo de cada parámetro analizado. Los parámetros físicos se obtienen de fuentes

de datos abiertas como INEGI, NOAA y mediciones directas durante el proyecto de investigación de acuerdo a IMP (2016).

Modelo hidrodinámico.

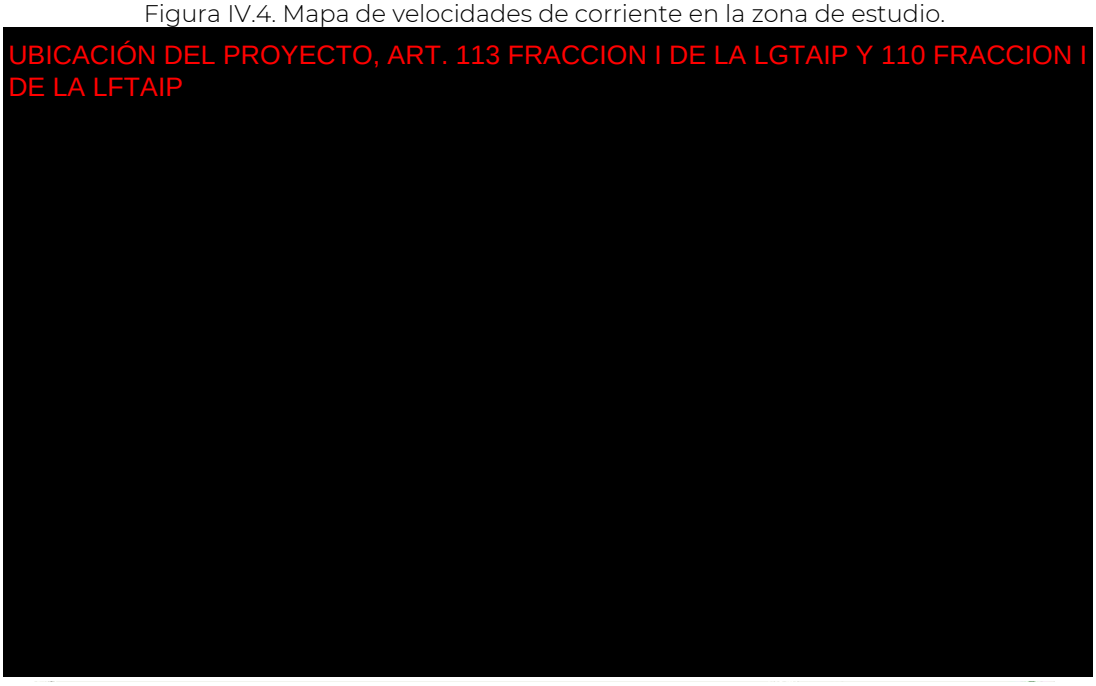
El método utilizado para la modelación hidrodinámica se basa en la Dinámica de Fluidos Computacional con elementos finitos de acuerdo con Hervouet (2007). Este método consiste en convertir un dominio continuo como es el océano en discontinuo, es decir, representarlo como una malla con puntos y elementos definidos. A este proceso se le denomina discretización (anglicismo) espacial. Por otro lado, el tiempo también se divide en pasos con lo que se tiene una discretización temporal particularmente útil para flujos transitorios (que cambian con el tiempo). El código utilizado es Telemac3D desarrollado por Electricité de France. Este código resuelve las ecuaciones hidrodinámicas de conservación de masa y conservación de la cantidad de movimiento. El método de elementos finitos permite variar el tamaño de los elementos de cálculo, con lo cual se optimiza el tamaño de las mallas en función de las zonas de mayor interés o de mayor complejidad para el cálculo.

Resultados.

Corrientes costeras.

En conjunto los parámetros físicos generan un movimiento de la masa de agua que se caracteriza mediante análisis estadísticos. Los resultados indican que el transporte de la masa oceánica tiene dirección preferente de Este a Oeste y que existe una aceleración de 1a corriente rumbo al Oeste donde se presentan las corrientes más intensas. La zona de aceleración cubre de la línea de costa hasta la línea batimétrica a25m y que representa el límite Norte del SAR marino.

Figura IV.4. Mapa de velocidades de corriente en la zona de estudio.



Fuente: Elaboración IMP

En la Figura IV.4. Se muestran los polígonos de las cuencas hidrológicas con líneas negras y el polígono de la zona marina con línea roja. Sobre el mapa se aprecian colores que representan los promedios anuales de la intensidad de la corriente; se observa un aumento en la intensidad de la corriente sobre la costa al oeste de la desembocadura de la Laguna de Mecoacán. Esto indica una aceleración del transporte en esa dirección. También se observa que la zona de mayor intensidad de las corrientes se limita a profundidades menores de 25 m. Por otro lado, en la parte inferior izquierda de la misma Figura IV.4 se presenta la rosa de corrientes extraída en un punto fuera de la Laguna de Mecoacán.

En esta figura se muestran líneas concéntricas de frecuencia y la dirección a donde apuntan las barras representa la dirección de propagación de las corrientes (hacia donde se dirige). Los colores representan las intensidades de la corriente en m/s. La rosa de corrientes indica que las corrientes en ese punto se dirigen preferentemente de Este a Oeste y además son las más intensas. Existen componentes contrarias, es decir, cuando la corriente va de Oeste a Este con frecuencias mucho más bajas e intensidades pequeñas.

Dispersión marina.

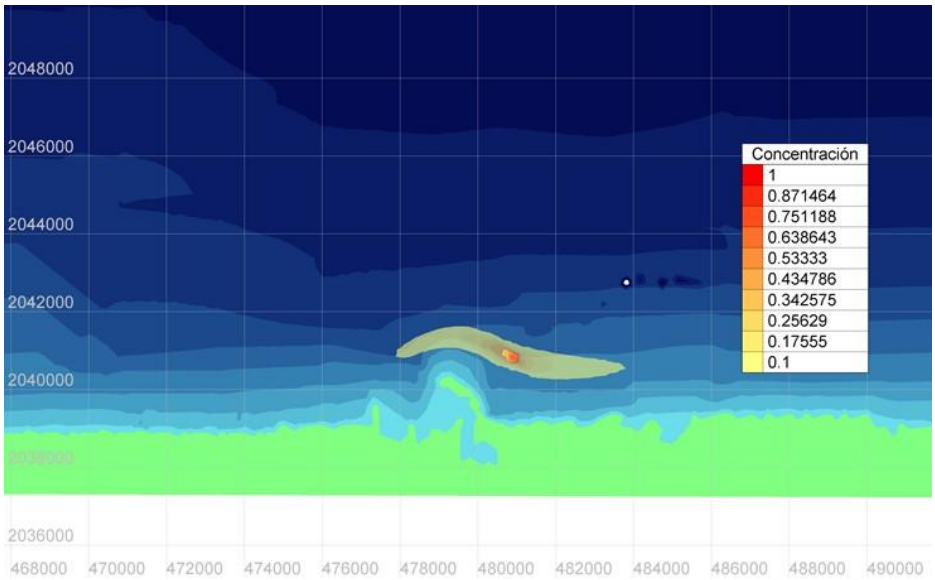
Otro resultado del modelo hidrodinámico es la cuantificación de la dispersión utilizando un trazador que descarga un volumen de 460 L/s en el mar. La simulación

se realiza durante 7 días con corrientes que varían de Oeste a Este ante la presencia de un norte. El resultado indica que la pluma de dispersión con concentración del 10% (el 90% del volumen se ha dispersado) abarca 3km de cada lado del punto de descarga y que las mayores concentraciones (colores rojos) se presentan dentro de un radio de 300 m aproximadamente a partir del punto de descarga.

Delimitación de la zona Marina.

El primer criterio para delimitar el área de la zona marina del SAR fue incluir una zona mayor del lado Oeste de la desembocadura de la Laguna de Mecoacán con base en los resultados hidrodinámicos que indican corrientes más frecuentes y más intensas en esa dirección. El segundo criterio fue incluir una franja que cubra la zona de aceleración de las corrientes (de la línea de costa hasta la línea batimétrica a25m) y que tiene una distancia de entre 8 y 9 km. El tercer criterio fue ampliar la franja frente a la desembocadura de La Laguna de Mecoacán hasta 15 km, debido a que en esta zona se presentan las mayores actividades industriales con a la presencia del Puerto y la Terminal Marítima de Dos Bocas. El cuarto criterio está relacionado con la extensión longitudinal, por un lado, se incluye la desembocadura del Río González que también descarga sus aguas en el Golfo de México y, por otro lado, el límite con la Laguna “La Redonda” que coincide con los límites de ordenamientos del estado.

Figura IV.5. Valores máximos encontrados de concentración de un trazador en presencia de cambios de corriente en la zona de estudio.



Fuente: Elaboración IMP

Simulación atmosférica.

Relevancia de los procesos atmosféricos.

La atmósfera es uno de los principales medios físicos que dan soporte a la vida en el planeta, por lo tanto, los cambios en su constitución física y química pueden afectar las condiciones fundamentales para su preservación. En la atmósfera se desarrollan de manera natural diversos procesos de depuración de sustancias químicas que, a cierto nivel de exposición de los organismos vivos, pueden tener consecuencias negativas en su salud.

Entre estos procesos están la oxidación inducida por la presencia de radicales libres en la atmósfera y la incorporación de estas sustancias a las partículas suspendidas, incluidas las gotas de lluvia. Todos estos procesos favorecen la remoción de estas sustancias químicas de la atmósfera, a través de su precipitación al suelo, reduciendo su tiempo de residencia en la atmósfera (J. Seinfel & S. Pandis, 2006).

Adicional a estos procesos, la dinámica de la atmósfera conlleva el movimiento de masas de aire a diferentes escalas de espacio y tiempo, desde la escala local, regional a la global, lo que favorece el transporte de estas sustancias químicas y su consecuente dilución por la acción de la difusión turbulenta. La circulación atmosférica es resultado de la interacción entre las corrientes de viento de escala local y las de escala mayor (viento sinóptico). El viento local está controlado por las corrientes que se generan por el calentamiento diferenciado del suelo debido a la no homogeneidad en su orografía, cubierta urbana o vegetal y su interacción con los cuerpos de agua. Las corrientes sinópticas por su parte, son resultado del movimiento de grandes masas de aire inducido por la redistribución de calor en el planeta a lo largo del año (J. R. Holton, 2004).

No obstante la acción de estos procesos naturales para depurar la atmósfera, el aporte antropogénico a la emisión de sustancias tóxicas a la atmósfera ha probado ser muy efectivo, incrementando la concentración de los contaminantes en el aire. Como resultado de estas actividades, las consecuencias son evidentes a diferentes escalas espaciales y temporales, como la acumulación de gases y partículas tóxicas a escala local; la formación de lluvia ácida y ozono troposférico a escala regional y el actual calentamiento del planeta es a escala global.

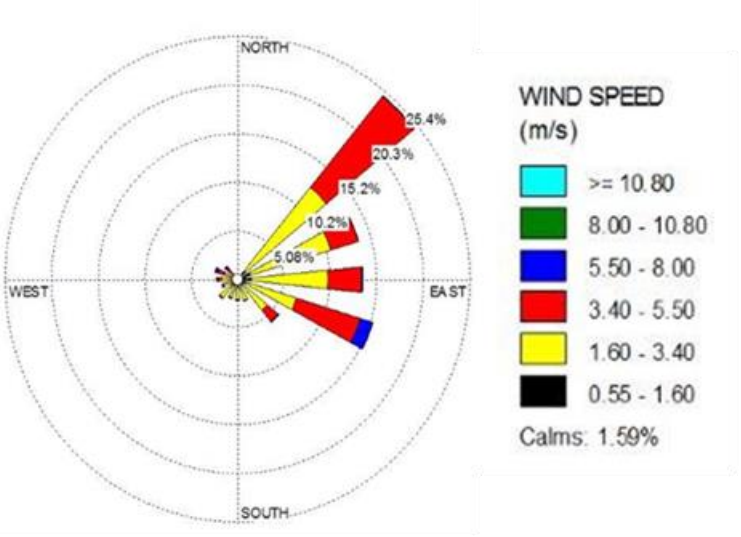
Área de estudio.

De acuerdo con Proaire de Tabasco 2018-2027, la minería petrolera, conformada por la extracción de petróleo y gas, así como de la perforación de pozos petroleros y gas, es la fuente que en mayor medida aporta a las emisiones a la atmósfera en esta región (SEMARNAT, 2018). La mayor contribución a la emisión a la atmósfera por fuentes fijas son el dióxido de azufre (46,676 Mg) y los óxidos de nitrógeno (43,590

Mg), asociados principalmente a las actividades petroleras, seguidos por la emisión de COV y PM_{10}, asociadas a las fuentes de área urbanas y naturales, respectivamente. En cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero el SERNAPAM/INE reporta que la emisión de CO_2 para el sector del petróleo y gas en 2009 fue de 209 Gg, mientras que la emisión de metano fue de 2,245 Gg (SERNAPAM/INE, 2011).

Por otro lado, la ubicación geográfica del predio en donde se construirá la nueva refinería de Dos Bocas (RDB) se localiza sobre la zona costera sur del Golfo de México, a 3 km al noreste de la ciudad de Paraíso, Tabasco. Este sitio colinda al este con la actual Terminal Marítima de Dos Bocas (TMDB), en donde se realizan diversas actividades de servicios portuarios e industriales, entre las que destacan la separación y acondicionamiento del crudo proveniente de los pozos de la Sonda de Campeche. La CONAGUA a través del Servicio Meteorológico Nacional, mantiene un programa de monitoreo continuo de las variables meteorológicas en toda la república, por lo que se dispone de registros históricos para conocer las normales climáticas y las condiciones meteorológicas cada 10 minutos. A partir de la información histórica disponible en la estación de Paraíso, se ha determinado la rosa de vientos promedio representativa a 10 m de altura (Figura IV.6).

Figura IV.6. Rosa de viento promedio anual con registros meteorológicos de la estación Paraíso de la CONAGUA (2017-2018).



Rosa de viento anual

Fuente: Elaboración IMP, datos CONAGUA

Con la información de esta Rosa de Viento se seleccionaron los escenarios meteorológicos que ocurren en la región y que son los responsables de dispersar los contaminantes. Del análisis de esta información se encontró que los vientos locales

están controlados principalmente por la brisa de mar, provocando la variación de la dirección del viento a lo largo del día. Los vientos reinantes, más frecuentes, provienen del Noreste (NE), mientras que los vientos dominantes (más intensos) son del Este a Suroeste (ESE).Otros eventos meteorológicos de escala sinóptica, como nortes y suradas, afectan la dirección e intensidad del viento normal, sin embargo su frecuencia en el año es relativamente baja. Básicamente se identificaron tres temporadas del año en la región con distinto patrón de dispersión, que son: estación de estiaje (abril a julio), estación de lluvias (agosto a noviembre) y estacón seca a fría (diciembre a febrero).

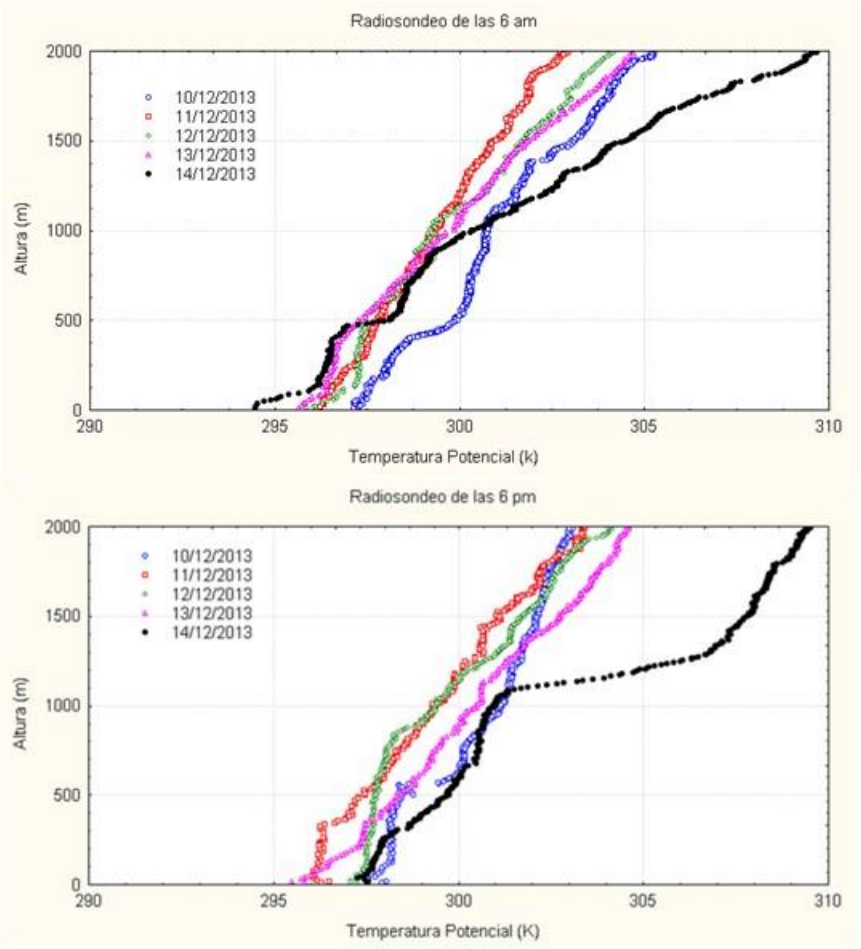
Adicionalmente, para este análisis se integró información de los estudios previos realizados por el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) en esta región, en los cuales se realizaron mediciones meteorológicas a nivel de superficie y en altura. Las mediciones en altura se realizaron mediante radiosondeo atmosférico, que consiste en el lanzamiento de globos sonda que mide las variables meteorológicas según va ascendiendo y al mismo tiempo transmite esta información telemétricamente a la estación de recepción en superficie. El resultado de esta medición es el perfil vertical de las variables meteorológicas, incluyendo la dirección y velocidad del viento (figuras IV.7 y IV.8). Con esta información también se determinó la altura de la capa de mezcla, que es una medida de la capacidad de mezclado de la atmósfera por convección térmica. La profundidad con la que se desarrolla la capa límite (altura de mezclado) depende de la intensidad de convección, de tal forma que entre más se desarrolle esta capa, habrá un mayor volumen de aire en donde los contaminantes emitidos a nivel de superficie pueden diluirse y viceversa.

Figura IV.7. Estación de recepción para radiosondeo atmosférico y lanzamiento del globo sonda en el IMP de Paraíso, Tabasco.



Fuente: Elaboración IMP

Figura IV.8. Perfil vertical de la temperatura potencial en Paraíso Tabasco. Se identifican alturas de mezcla por debajo de los 50 m durante las mañanas y por la tarde se incrementa entre 500 a 1000 m de altura.



Fuente: Elaboración IMP

Modelación de la dispersión de contaminantes.

Para determinar la zona de influencia de las emisiones a la atmósfera originada por la refinería, es necesario incluir también las emisiones de la TMDB. La inclusión de ambas fuentes permitió determinar el efecto neto acumulativo en la calidad del aire de la región. Para esto, el uso de modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos es una práctica común para estimar el impacto directo al ambiente generado por las emisiones a la atmósfera de fuentes puntuales o difusas. Dependiendo de las características del modelo, éstos determinan la concentración de los contaminantes a diferentes distancias de la fuente de emisión, a partir de las condiciones meteorológicas de la zona y las características de emisión de las fuentes de emisión.

En este caso se utilizó el modelo de dispersión HYSPLIT® (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model). Este modelo es un sistema completo de

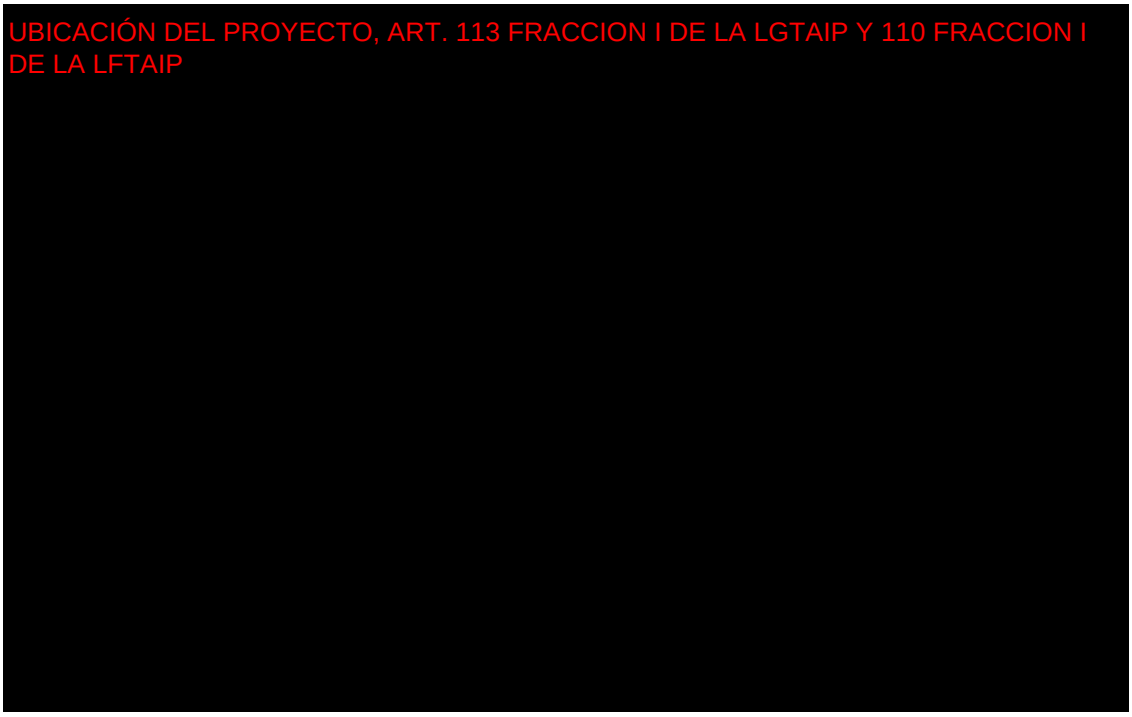
cálculo de los principales factores meteorológicos que afectan el transporte, dispersión, transformación química y depósito atmosférico, de gases y partículas suspendidas. Actualmente el HYSPLIT continua siendo uno de los modelos más utilizados por la comunidad del campo de las ciencias de la atmósfera para estudiar la dispersión y el transporte de contaminantes del aire (Stein, A.F. et al, 2015).

La ventaja de utilizar HYSPLIT® para este propósito, es que cuenta con una extensa base de datos de campos meteorológicos globales 4D, tres coordenadas espaciales y una temporal, que incluyen las tres componentes del viento, además de la presión, temperatura y humedad relativa, a una resolución espacial de 0.5 grados. Estos campos meteorológicos se construyen con modelos meteorológicos globales y se recalculan incorporando información de campo.

La asimilación de datos en los modelos numéricos constriñe los campos resultantes a reproducir las condiciones meteorológicas observadas, facultándolos para su aplicación a estudios ambientales en periodos de tiempo pasados. Los campos resultantes son archivados para el uso generalizado de la comunidad científica. HYSPLIT® simula las emisiones continuas de cada fuente mediante la liberación de partículas virtuales y a cada una de ellas se les asigna una parte proporcional de la masa emitida por unidad de tiempo. El número total de partículas requeridas para cada fuente es de 2,500 cada 24 h. Cada partícula liberada es etiquetada y el modelo da seguimiento de su posición en cada paso de tiempo hasta terminar el tiempo de simulación. En el caso de que la posición de la partícula salga del dominio de simulación o supere las 120 horas de permanencia en la atmósfera, lo que equivale a su remoción por reacción química, el modelo la elimina de los cálculos. La concentración de los compuestos al finalizar cada periodo de simulación se calcula contando el número total de partículas en cada celda y se multiplica por su masa correspondiente para obtener la masa total en cada celda y posteriormente se divide entre el volumen de aire contenido en la misma. Este método requiere de un número grande de partículas para poder reducir el error en el cálculo de la concentración. La concentración se calcula suponiendo una capa de mezcla promedio de 500 m sobre el nivel de piso.

Determinación de la zona de influencia.

Para determinar la zona de influencia de las emisiones combinadas de la NRDB y la TMDB, se utilizaron cuatro fuentes de emisión puntuales, tres que representan las emisiones y una que representa la TMDB, con una distribución espacial como lo muestra la Figura IV.9. Se consideró el dióxido de azufre como trazador de las emisiones de este complejo industrial, suponiendo que el combustible utilizado es combustóleo, es decir, la simulación considera el peor escenario de emisión.



Las simulaciones se realizaron considerando los tres escenarios meteorológicos identificados a lo largo del año: temporada de estiaje, de lluvias y seca-fría. Para cada uno de los escenarios se corrió el HYSPLIT® durante una semana, reportando la concentración promedio a una altura de 40 m, cada de 30 minutos.

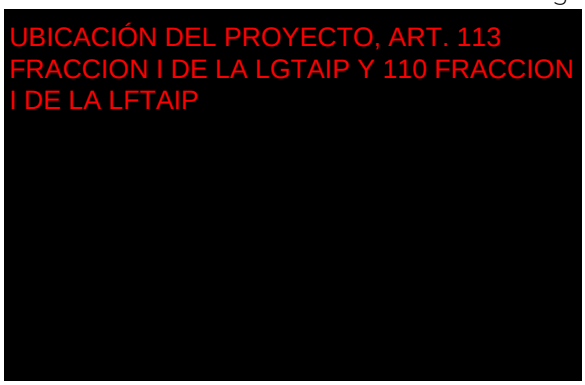
Conclusiones.

En general se observó que la dispersión de contaminantes varía durante el día por efecto de brisa de mar, sin embargo, debido a los vientos reinantes, la mayor parte del tiempo la pluma se dirige hacia el mar en dirección ONO. Ocasionalmente viento del Oeste dispersa los contaminantes hacia las zonas urbanas en la población de Torno Largo. Durante la temporada seca-fría, con predominancia de la entrada de nortes, los vientos son los más intensos del año, con predominancia del N y NE.

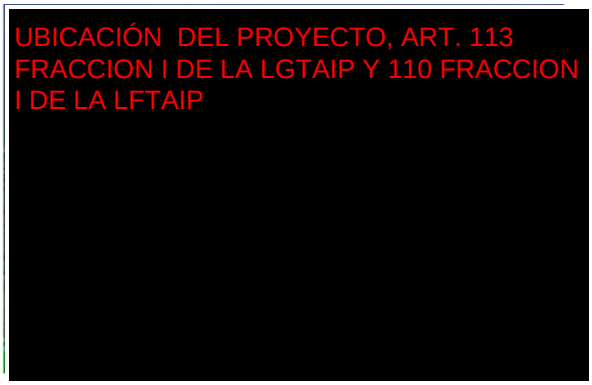
Asumiendo el uso de combustóleo con 2 a 3 % peso de azufre en la operación de la NRDB, el impacto combinado de la RDB y con la TMDB muestra que las máximas concentraciones para los tres escenarios meteorológicos, están dentro de una circunferencia de radio de 10 km, centrada en la fuente de emisión NR3 (Figura IV.10). Por lo que si la operación de la RDB es con gas natural como es el plan, el efecto de la pluma contaminante se prevé mucho menor. De esta manera, el SAR, el radio de 10 km antes mencionado, se ubica dentro de la subcuenca hidrológica RH30Dz

corregida por el IMP y dentro del área del SAR Marino propuesto en las simulaciones marinas elaboradas por el IMP.

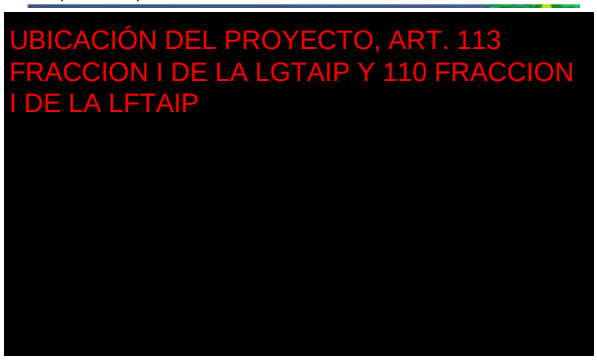
Figura IV.10. Simulación de la concentración del dióxido de azufre para las tres estaciones meteorológicas observadas.



a) Temporada de lluvias: Junio 12-18, 2017.



Diciembre 05-10, 2017.



c) Temporada de estiaje: Marzo a Abril, 2017

Fuente: Elaboración IMP

Paisajes.

A fin de llevar a cabo la definición del SAR de la franja costera, previendo específicamente los límites Este y Oeste para la misma, se utilizó el criterio de ecología de paisaje. Este concepto se fundamenta en los principios formulados por la teoría general de sistemas, acuñada en 1968 por Ludwig Von Bertalanffy y adecuada por Oscar Johansen Bertoglio en 1993 a las ciencias ambientales y de la tierra, la cual establece que un todo es más que la suma de las partes, es decir, que la realidad de un paisaje determinado debe concebirse y estudiarse de forma integral, y no a partir de la sumatoria de sus elementos o factores constitutivos, tales como son los suelos, el clima, la cobertura vegetal, la litología o las actividades humanas entre otros.

Preparación de información.

Bajo este contexto, se llevó a cabo la selección y acopio de información cartográfica en formato vectorial y raster, de fuentes oficiales, para llevar a cabo análisis espaciales a través de Sistemas de Información Geográfica ArcGis 10®, ArcInfo® y QGis®, las temáticas y datos de origen se muestran en la Tabla IV.3.

Tabla IV.3 Información geográfica para conformación de pasajes.

No.	Nombre de la capa	Fuente	Escala	Año	Proyección
1	Corredores Biológicos	CONABIO	1:250,000	2012	CCL
2	Edafología	INEGI	1:250,000	1998	UTM
3	Geología	INEGI	1:250,000	1989	UTM
4	Manglar 2015	CONABIO	1:50,000	2018	CCL
5	Mapa Nacional Forestal	CONAFOR	1:1,000,000	2008	CCL
6	Sistema Topoformas	INEGI	1:1,000,000	2001	CCL
7	Uso de Suelo y Vegetación Serie VI	INEGI	1:250,000	2017	CCL
8	Zonas Ecológicas	CONABIO	1:1,000,000	2009	CCL
9	Continuo de Elevación Mexicano 3.0	INEGI	15 mts	2013	ITRF92
10	Relieve continental E15A78 y 79 (F1y2, E1y2, A3y4, B3y4, C3y4, D3y4)	INEGI	5 mts	2012	ITRF92

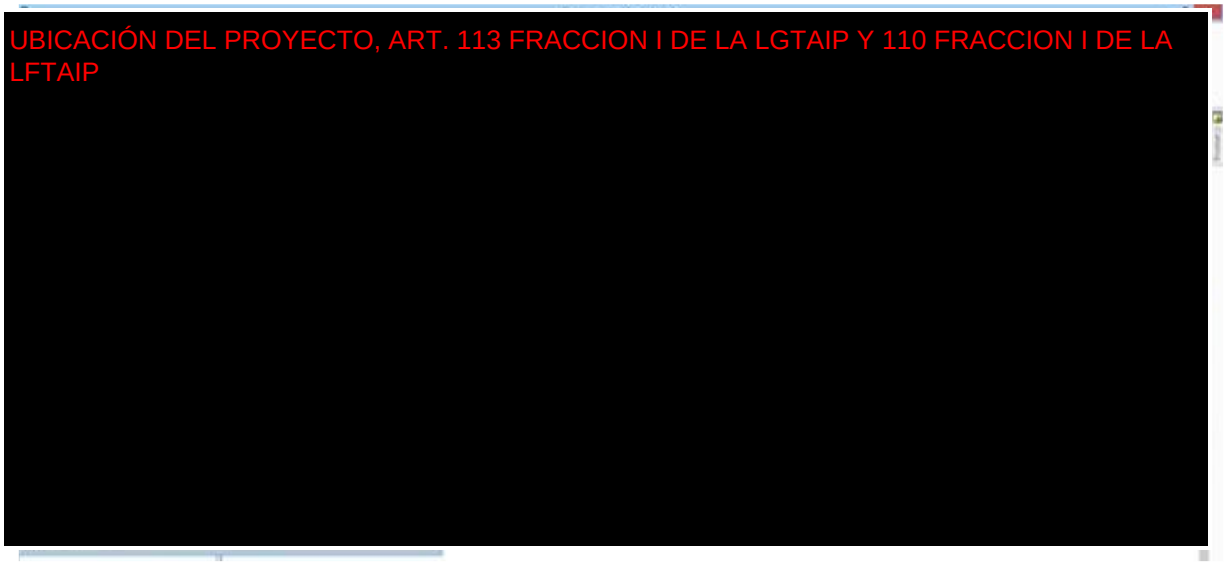
CCL= Cónica Conforme de Lambert.
UTM= Universal Transversa de Mercator.
ITRF= International Terrestrial Reference Frame.

Fuente: Elaboración IMP

Para el caso de la cartografía vectorial escala 1:250,000, el primer proceso a desarrollar fue tomando como referencia la extensión de la cuenca hidrológica y los análisis preliminares del modelo de corrientes oceánicas, llevar a cabo el mosaico de las 4 cartas a esa escala que cubren de manera inicial las coordenadas extremas de los límites preliminares, estas cartas son la E1504 (Coatzacoalcos), 05 (Frontera), 07 (Minatitlán) y 08 (Villahermosa), una vez unidas las cartas y corregidos los límites de frontera, se procedió a hacer el corte de coordenadas extremas de cada una de las temáticas previamente mencionadas, con la finalidad de agilizar el manejo cartográfico y optimizar los tiempo de análisis posteriores.

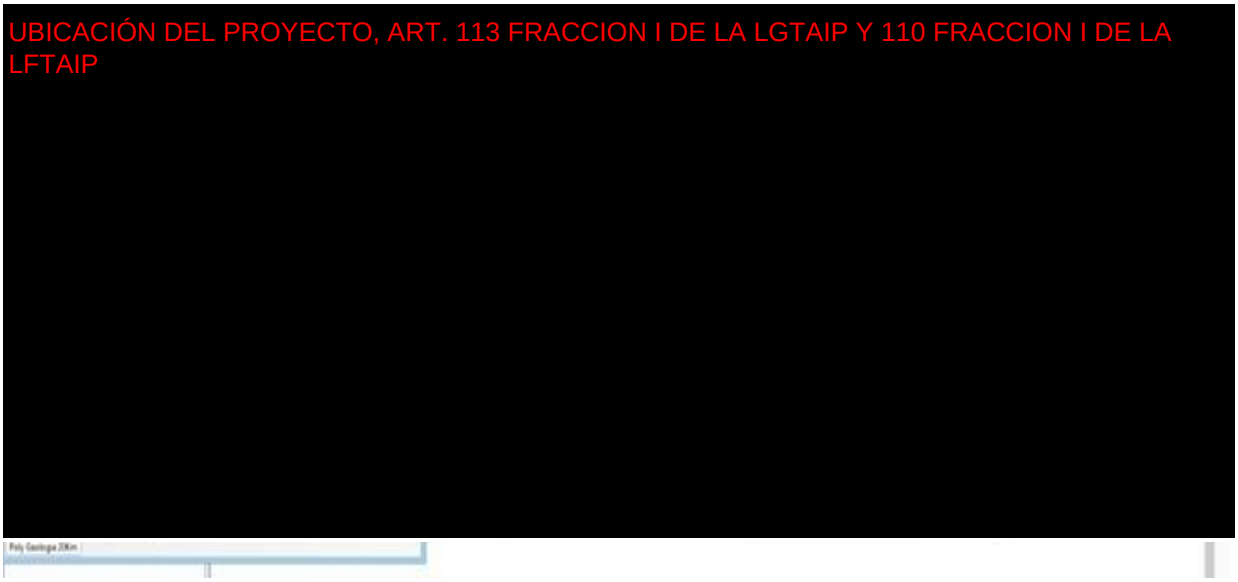
Cada uno de los mosaicos temáticos fue re-proyectado para homogeneizar la cartografía y hacer los análisis espaciales de manera eficiente, además de cumplir con los requerimientos de la guía de Manifiesto de Impacto Ambiental- Modalidad Regional; de esta manera, la cartografía se proyectó a Universal Transversa de Mercator 1984 (UTM 84) Zona 15 N. Tomando como límite la línea de costa, el primer análisis consistió en realizar una sección de 15 km costa adentro en cada una de las temáticas, como manera de ejemplo se muestra en las figuras 11 y 12, esto con la finalidad de realizar los análisis espaciales de manera eficiente sobre la zona costera, toda vez que de manera anticipada el límite Sur del SAR, por consideraciones de cuenca hidrológica había sido determinado.

Figura IV.11. Carta Edafológica de INEGI, seccionamiento costero.



Fuente: Elaboración IMP, base INEGI

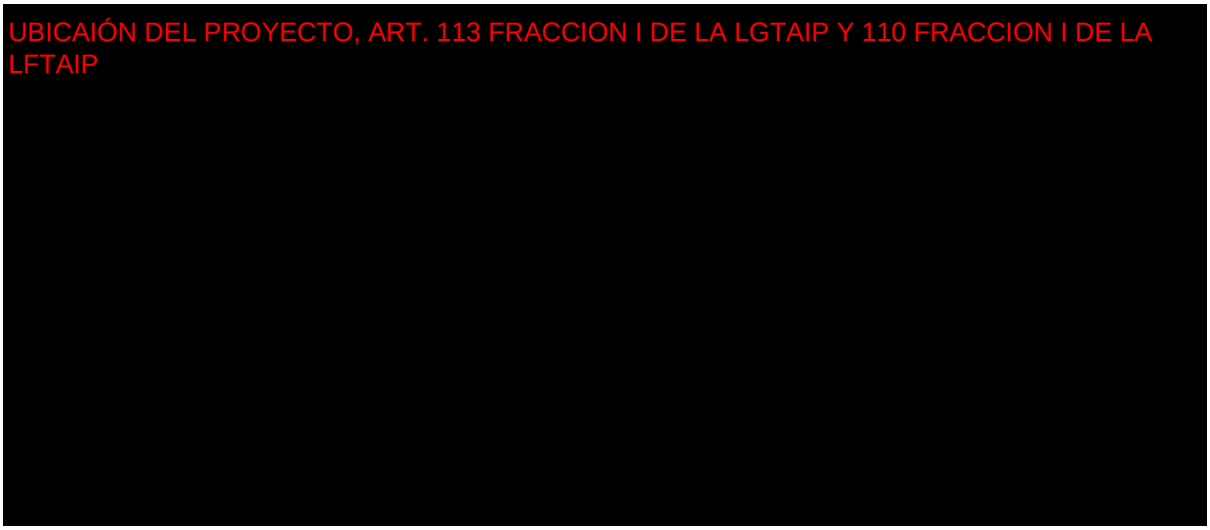
Figura IV.12. Carta Geológica de INEGI, seccionamiento costero.



Fuente: Elaboración IMP, base INEGI

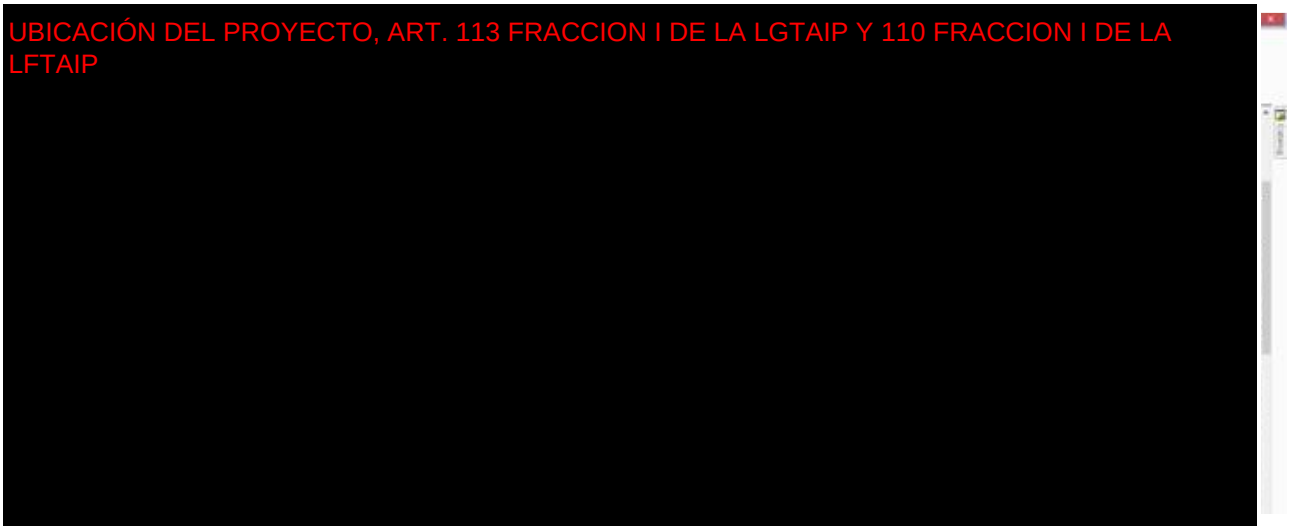
El siguiente proceso, fue el armado de los mosaicos del modelo digital de elevación del terreno con los datos de relieve continental de INEGI, utilizando como base referencial el Continuo de Elevación Mexicano 3.0 (CEM 3.0) del Estado de Tabasco como se muestran en las figuras IV.13 y IV.14.

Figura IV.13. Continúo de Elevación Mexicano 3.0 INEGI.



Fuente: Elaboración IMP, base INEGI

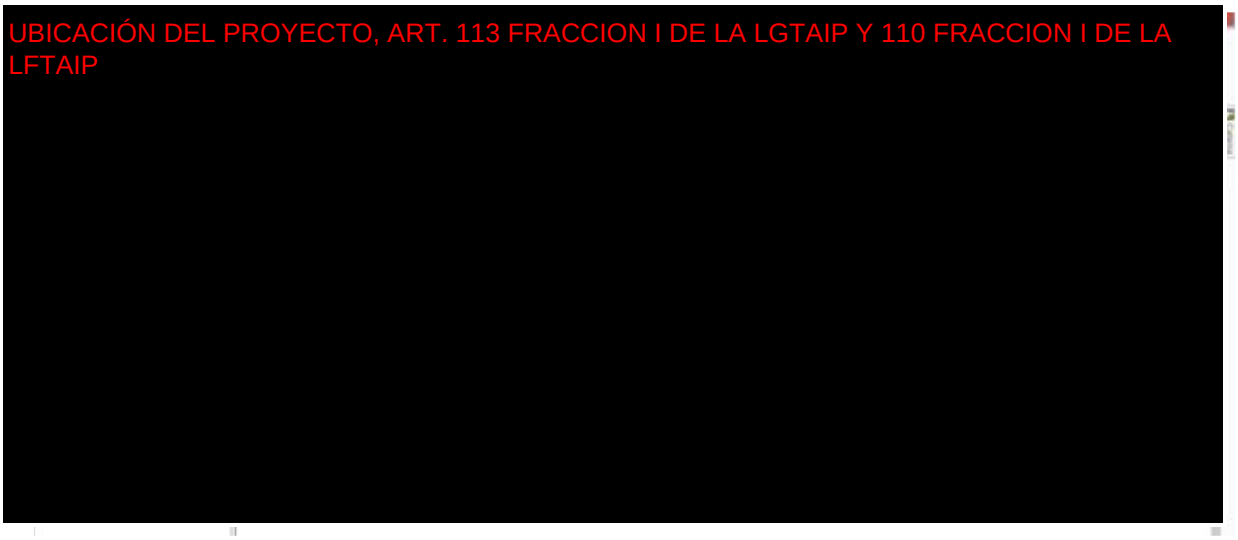
Figura IV.14. Mosaico de modelo digital de elevación de terreno datos INEGI.



Fuente: Elaboración IMP, base INEGI

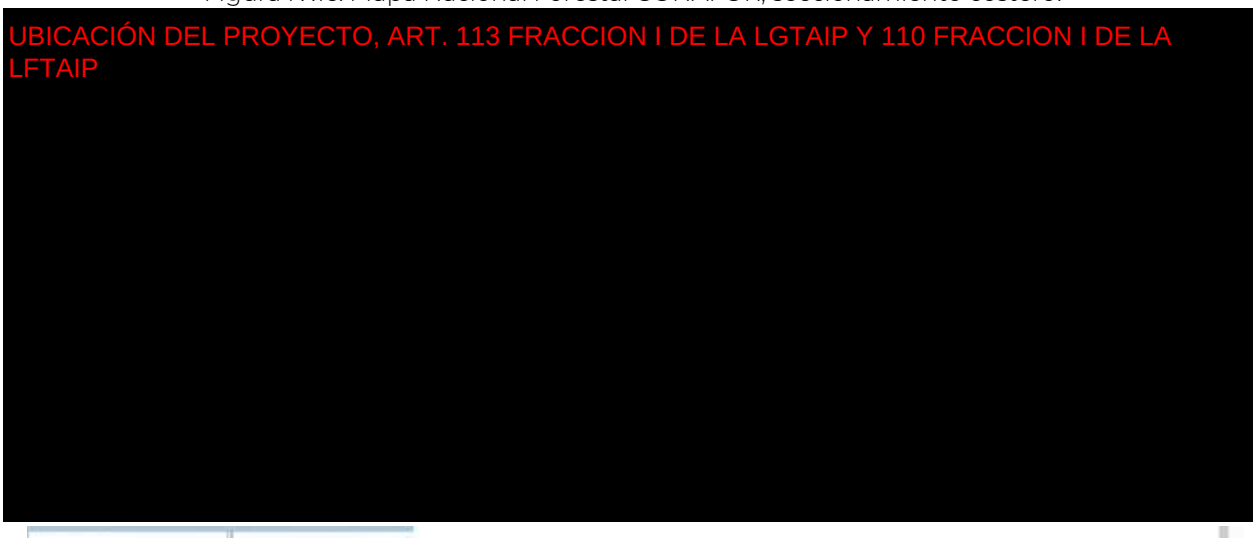
A continuación, se realizó la preparación de la cartografía referente a uso de suelo y vegetación, tomando como base la proporcionada por INEGI y el mapa nacional forestal de CONAFOR, dado los niveles de desagregación de información que ambos materiales incluyen para esta temática, como se muestra en las figuras IV.15 y IV.16.

Figura IV.15. Carta de Uso de suelo y Vegetación Serie VI INEGI, seccionamiento costero.



Fuente: Elaboración IMP, base INEGI

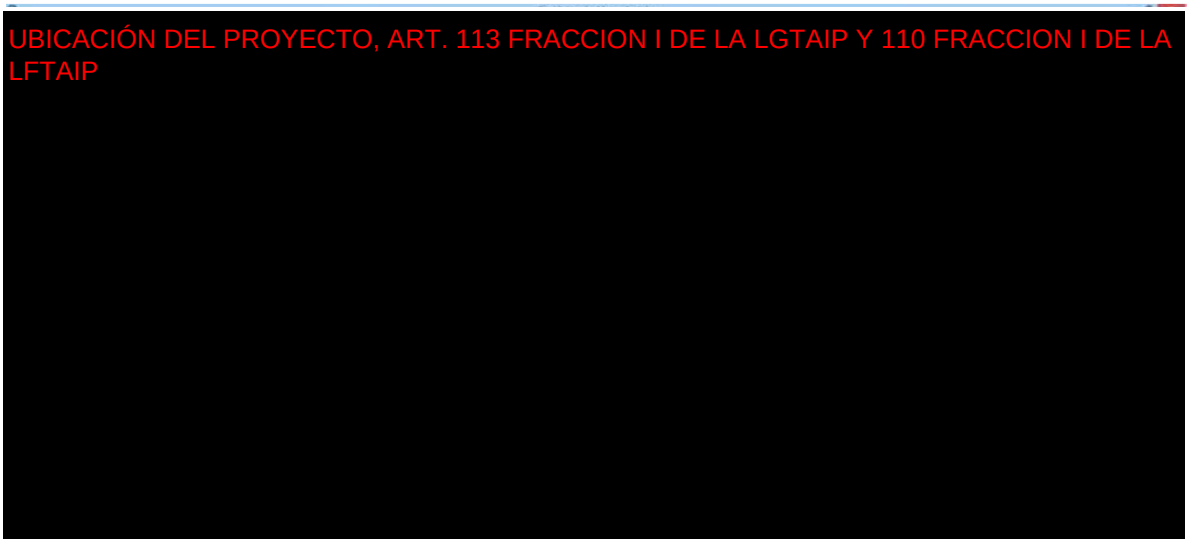
Figura IV.16. Mapa Nacional Forestal CONAFOR, seccionamiento costero.



Fuente: Elaboración IMP, base CONAFOR

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) es la entidad encargada en México de promover el conocimiento de la biodiversidad, motivo por el cual, cuenta con la información más precisa de los ecosistemas sensibles mexicanos, en este sentido, se utilizó la cobertura de manglares más actualizada que tiene en su sistema de datos compartidos para compararlos con los incorporados en las coberturas previamente citadas, como se muestra en la figura IV.17.

Figura IV.17. Comparativo de coberturas de manglar CONABIO, CONAFOR e INEGI.



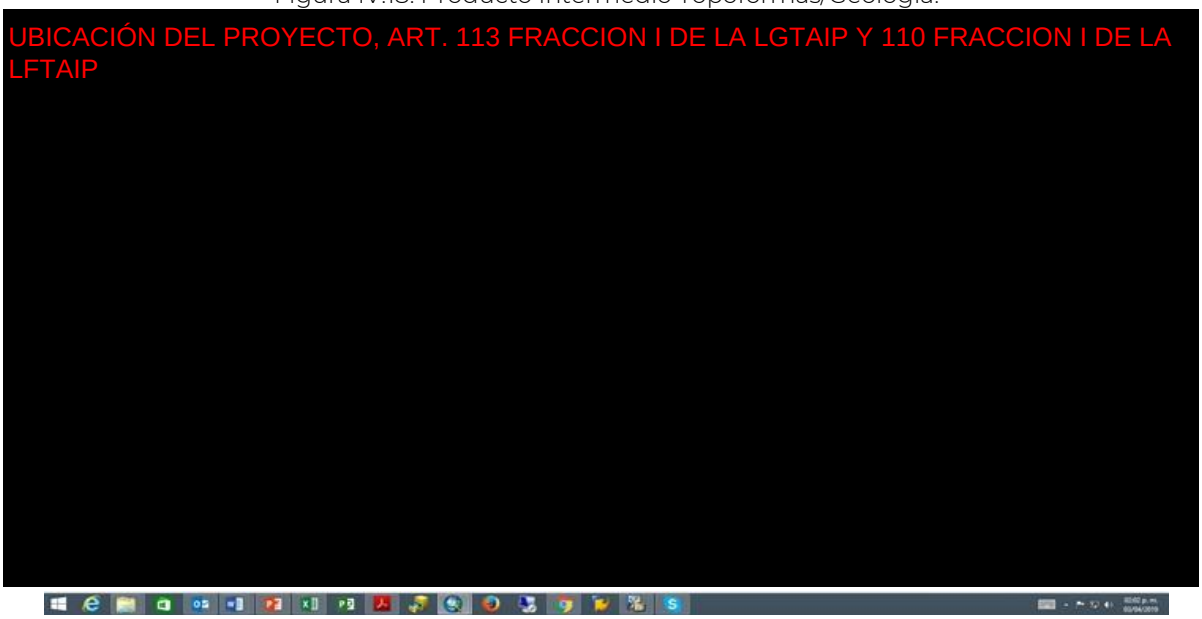
Las diferencias totales en cobertura entre las tres fuentes de datos, representan para el área evaluada aproximadamente el 11%, con las mayores diferencias en la porción Este de la misma.

Análisis Espaciales.

Los análisis espaciales de las capas vectoriales se llevaron a cabo con las herramientas de ArcToolBox – Analysis Tools® y Spatial Analysis Tools® contenidas en la suite de herramientas de ArcGis – Arc Info®. El principio del análisis espacial consiste en la integración de capas de información en pares, para generar nuevas unidades que conserven la información de ambas capas, la nueva capa resultante, es sometida a un proceso de suavizamiento de linderos con apoyo del relieve/modelado para evitar la formación de polígonos de representación cartográfica poco significativa, este producto es llamado “producto intermedio” el cual es sometido nuevamente a la integración con una nueva capa de información original, para ser sometida al mismo proceso.

Estos análisis se basan en un principio de regionalización ecológica (Bocco, G. 1996), es decir, en la elaboración de un mapa, que contenga una definición de unidades espaciales apropiadas, que sirvan como base territorial para evaluar la oferta ambiental y su manejo para efectos de planificación espacial. En la figura IV.18 se muestra como ejemplo, el producto intermedio de la integración de capas de Topoformas con Geología, ambas de fuente INEGI.

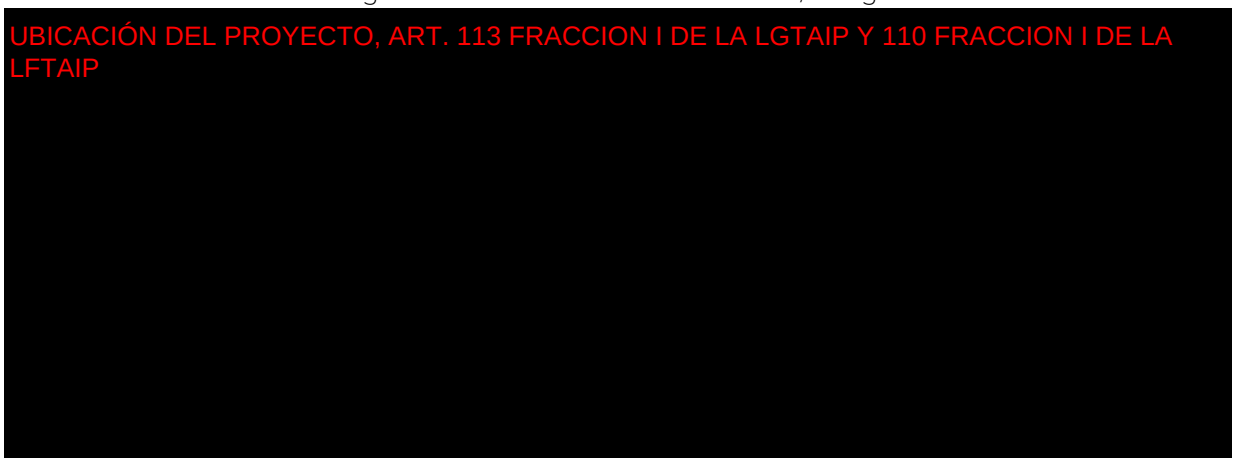
Figura IV.18. Producto Intermedio Topoformas/Geología.



Fuente: Elaboración IMP

Los análisis espaciales se desarrollaron en dos etapas, primero los geomorfológicos topoformas + geología y el resultante + edafología; en un análisis independiente se integraron las capas de mapa nacional forestal (MNF) + manglares de CONABIO como se muestra en la Figura IV.19 y el resultante + zonas ecológicas.

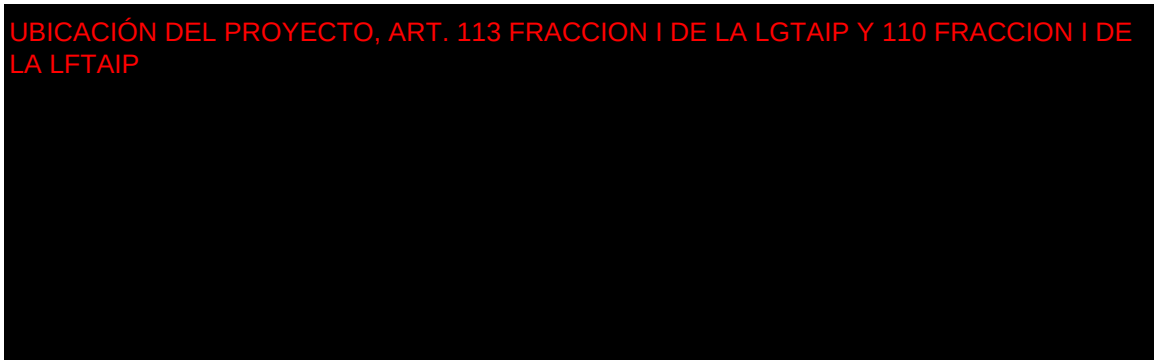
Figura IV.19. Producto intermedio MNF/Manglares.



Fuente: Elaboración IMP

Para llevar a cabo los análisis espaciales de tipo raster, se utilizó QGis 3.4.4® acoplando LASTools® para la lectura y procesamiento de datos del relieve continental de INEGI. Llevando a cabo un re-muestreo de los niveles de pendiente con base a los datos de relieve, y a los resultados geomorfológicos previos, que indican que la mayor parte de la zona se encuentra sobre planicies onduladas y llanuras, se procede a desarrollar un mapa de pendientes, basado en 74 tiles de datos Lidar® como se muestra en la Figura IV.20 que ayude incorporar la mayor diferenciación morfométrica.

Figura IV.20. Mapa de pendientes (Dv).

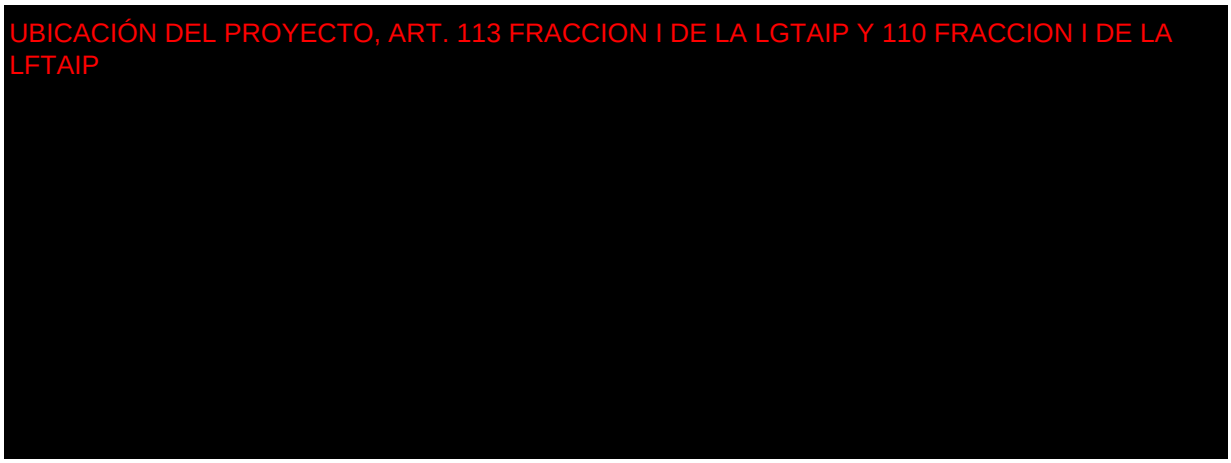


Fuente: Elaboración IMP

Con los resultados obtenidos, se tiene un mayor detalle para definir los linderos de las unidades obtenidas a nivel vectorial, que serán detalladas para la conformación de las unidades de paisaje definitivas. A este nivel, se desean encontrar los límites Este y Oeste del SAR, tomando como base los criterios metodológicos de la ecología del paisaje.

Con los resultados del muestreo del mapa de pendientes, se obtienen resultados detallados de la conformación del terreno como se muestra a continuación, en la Figura IV.21, en este acercamiento se puede denotar los sistemas antiguos de límite de playa (cordones de playa), que a su vez sirven de barreras naturales, al ensancharse con las cercanías de los cuerpos de agua epicontinentales como lagunas y ríos, para la captación de nutrientes y el enraizamiento de la vegetación en la parte superficial.

Figura IV.21. Modelo de terreno a partir de datos INEGI a variación de centímetros.

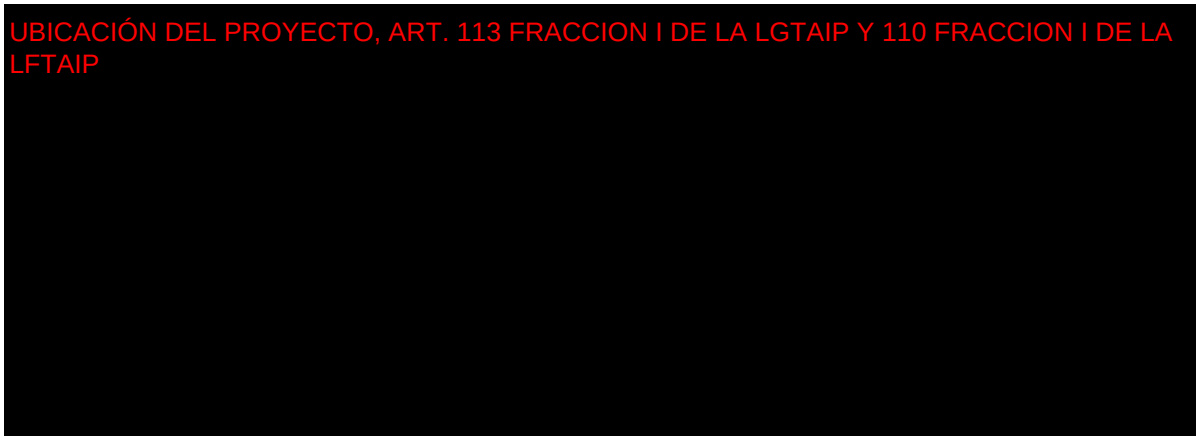


Fuente: Elaboración IMP

El siguiente proceso es el cálculo de la altura de la vegetación, también utilizando como referencia la información Lidar® de INEGI y la capa de información vectorial de los manglares, que ayude a asegurar que la representación clasificada sea representativa de las comunidades de importancia en las inmediaciones del área de desarrollo.

Como se muestra en la Figura IV.22, los manglares de la franja costera, ubicados en las márgenes de los sistemas lagunares, tienen variabilidad en altura, sin embargo, entre la laguna “La Redonda” y la laguna “Mecoacán” se encuentran los ejemplares con mayor altura, considerándose así también sean los de mayor antigüedad y en mejor estado de conservación.

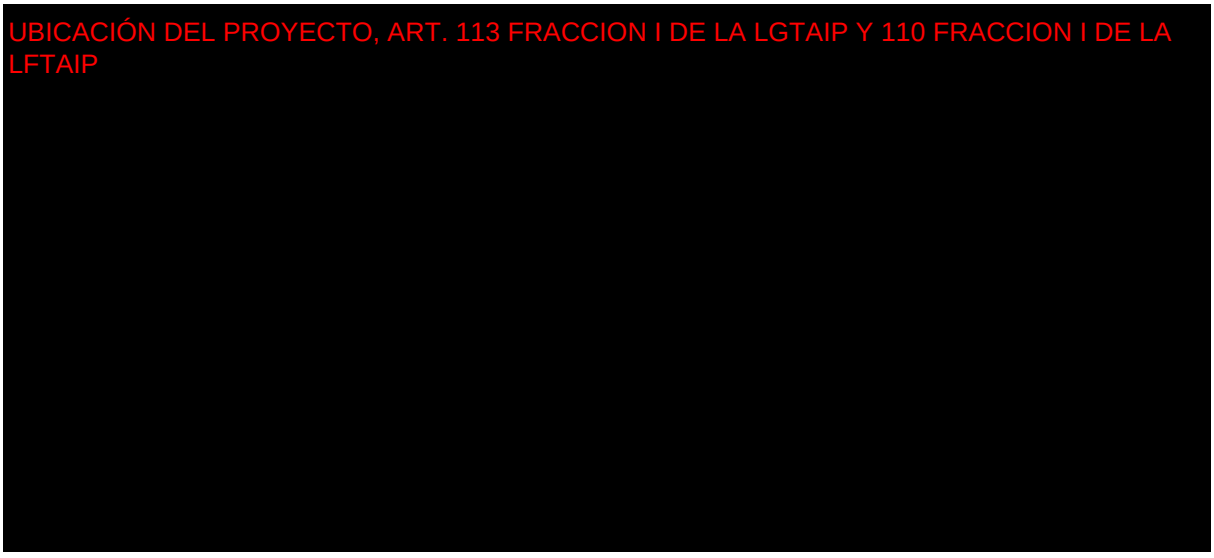
Figura IV.22. Cálculo de altura de vegetación con énfasis en manglares.



Fuente: Elaboración IMP

Con toda la información procesada y obtenida anteriormente, se vectorizaron los rasgos de elevación de terreno, con la finalidad de suavizar la unidades de paisaje obtenidas en los proceso de análisis espacial vectorial previo, pudiendo conformar unidades específicas con características únicas, que conforman el límite costero Este del SAR cómo se muestra en la Figura IV.23.

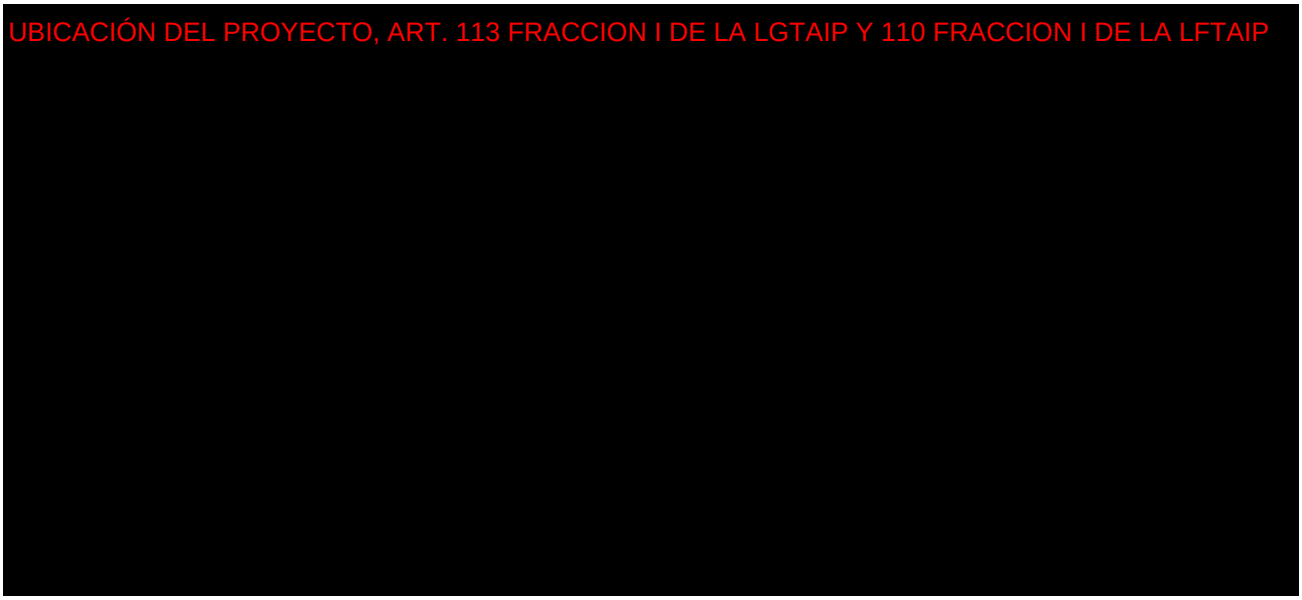
Figura IV.23. Unidades de Paisaje, delimitadoras de la franja costera Este del SAR.



Los criterios para el límite Oeste además de los geomorfológicos y de uso de suelo de suelo y vegetación, que es en los que se sustenta la ecología del paisaje, tomó especial relevancia la madurez de las comunidades de manglar y la calificación dada por CONABIO del índice integral de conectividad (IIC) como se muestra en la Figura IV.24, donde de base se indican los principales paisajes y se sobreponen los IIC reportados por CONABIO, dando cumplimiento a que los límites de paisaje, los

manglares más maduros y con mejor conectividad, conforman los mejores criterios para la frontera del sistema.

Figura IV.24. Paisajes borde Oeste e IIC de la CONABIO para manglares.

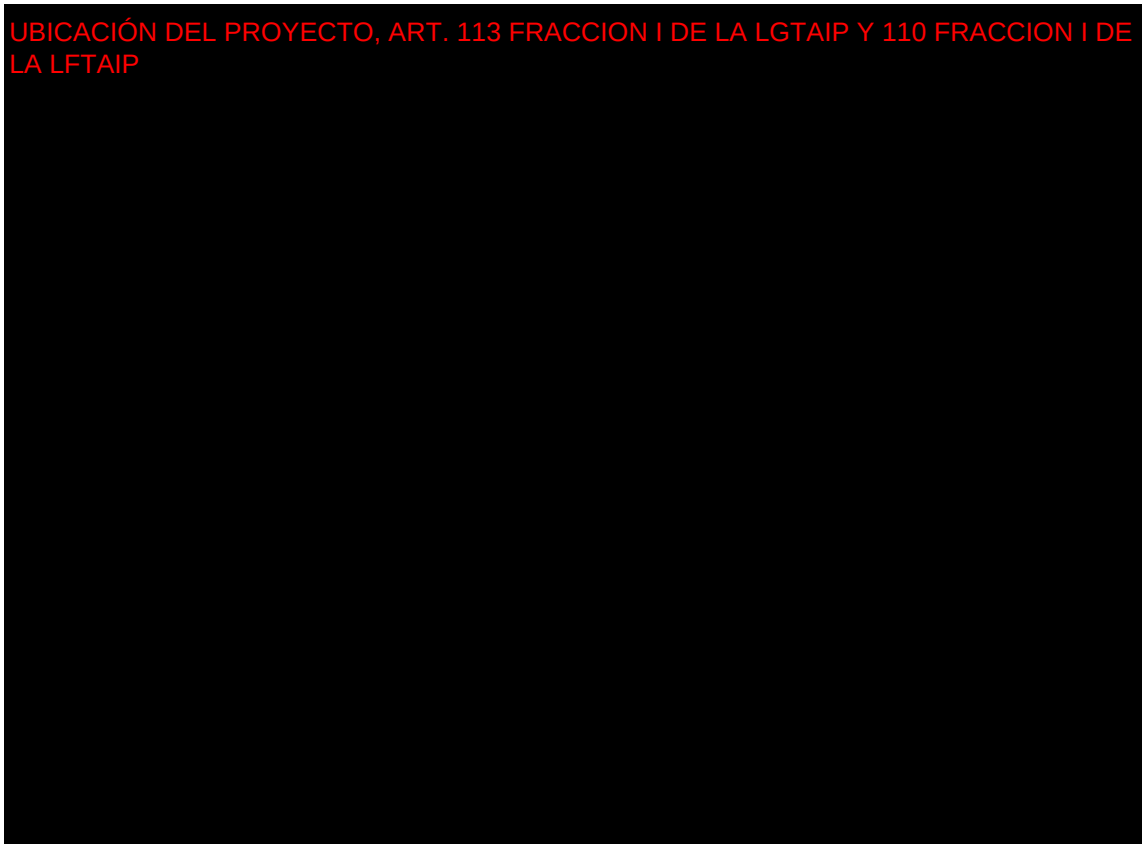


Fuente: Elaboración IMP

Información adicional.

Otros instrumentos utilizados para la delimitación del SAR en sus extremos Este y Oeste, fueron además la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) de Paraíso, del Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Tabasco (POERET, 2019), el cual se muestra en la siguiente Figura IV.25, teniendo como límites además de los políticos, los propios del municipios, como consideraciones físicas y bióticas, del lado Oeste la laguna La Redonda la cual es el límite territorial entre los municipios de Paraíso y Comalcalco, y del lado Este el Río González, el cual es el límite territorial entre los municipios de Paraíso y Centla, Tabasco.

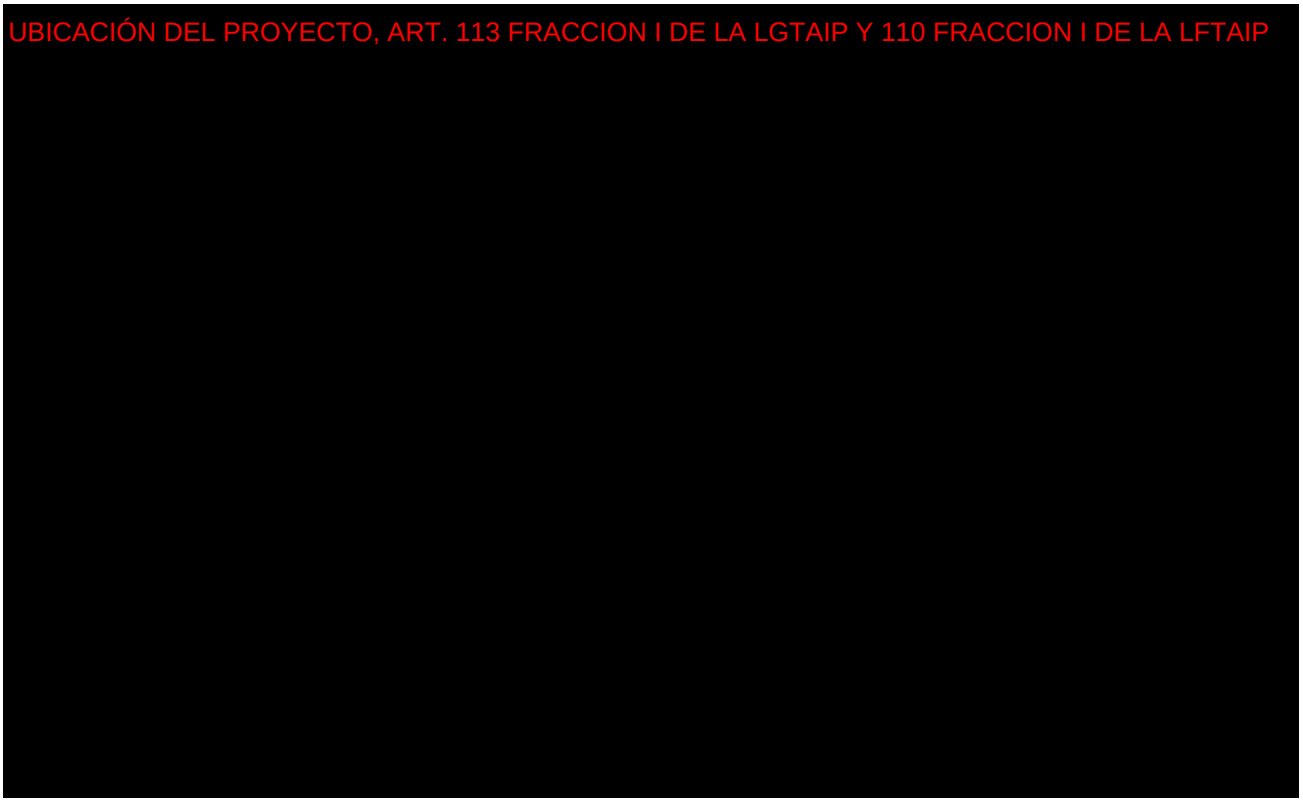
Figura IV.25. UGA Paraíso de acuerdo al POERET.



Fuente: POERET 2019

El siguiente instrumento a considerar, fue el de los corredores biológicos, que si bien el de los Humedales Costeros – Sierra de Huimanguillo es muy amplio para fines de delimitación, al igual que el de Pantanos de Centla – Cañón de Usumacinta, su área limítrofe entre ambos corredores, es coincidente con el Río González como se muestra en la figura IV.26, la cual de manera integrada, incluye la poligonal del SAR.

Figura IV.26. Corredores Biológicos considerados en el SAR.



Fuente: Elaboración IMP, base CONABIO

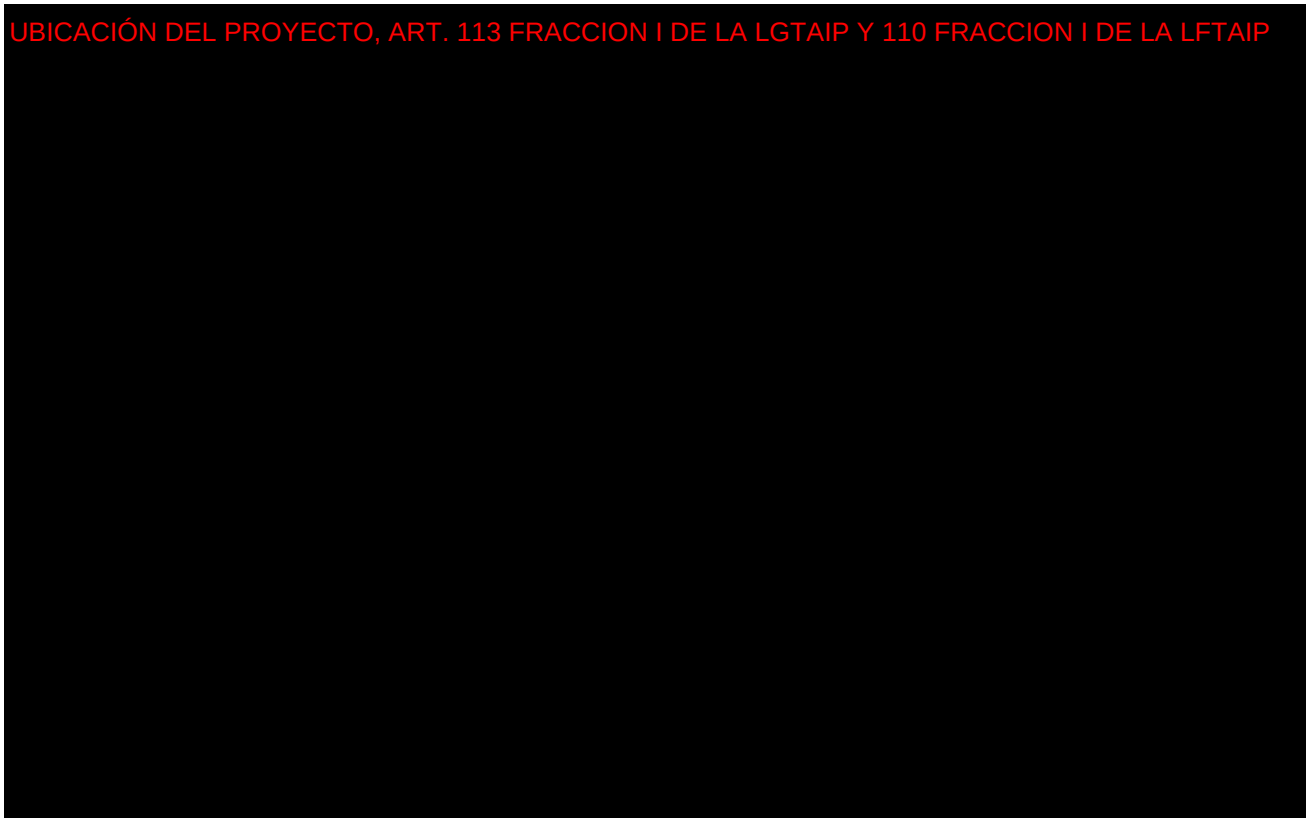
- Región Ecológica 18.3 del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), Unidad Ambiental Biofísica (UBA) 135 “Planicies Aluviales del Occidente de Tabasco” y Región Ecológica 5.32, Unidad Ambiental Biofísica (UBA) 76 “Llanuras Fluviodeltáicas de Tabasco”.

Se tomó en consideración este ordenamiento, en el cual la UBA 135 cuenta con un área de 12,679.01 km2 y abarca Norte, Occidente, Sur y Centro de Tabasco, Norte de Chiapas, Sur de Veracruz. En donde la política ambiental es de restauración y aprovechamiento sustentable con prioridad de atención muy alta. A su vez, la UBA 76 cuenta con área de 9,243.78 km 2 y se extiende sobre el centro y norte del Estado de Tabasco, presenta una política ambiental de Preservación, Aprovechamiento sustentable y Restauración. Sin embargo, debido a que ambas son extensiones territoriales muy amplias, no se utilizó para la de definición de los límites del polígono del SAR.

- Sitios de manglar con relevancia CONABIO: “Lagunas de Mecoacán, Julivá, Santa Anita, Tabasco” y “Laguna La Palma, Tabasco”.

Ambos sitio son considerados para establecer límites del polígono del SAR, para el caso del sitio Lagunas Mecoacán, Julivá, Santa Anita, Tabasco, representa el límite Este, donde la vegetación predominante es de manglar, pastizal halófilo, pastizal inducido, popal y tular, con excepción de un área considerada como uso agrícola – pecuario en el margen derecho del Río González dentro del municipio de Centla, Tabasco, todas las demás áreas de manglar de este sitio están consideradas dentro del polígono de estudio. Por otra parte, para el caso del sitio Laguna La Palma, Tabasco, el cual es el límite Oeste de SAR en donde la predominancia de vegetación es de manglar, pastizal halófilo y popal. Con apoyo de las imágenes Lidar® de altura de vegetación se incorporan las áreas de manglar de mayor estado de conservación. Ver Figura IV.27 en donde se sobreponen las áreas de manglar con relevancia CONABIO al polígono del SAR.

Figura IV.27. Sitios de manglar con relevancia.



Fuente: Elaboración IMP, base CONABIO

IV.2. Caracterización y análisis del sistema ambiental regional.

A continuación se caracterizan los componentes del Sistema Ambiental Regional (SAR), el cual dada la extensión que abarca en el área marina, incluye un apartado específico para su descripción tanto del medio abiótico, como biótico.

La información contenida en el presente apartado, es el resultado de la búsqueda, selección y análisis de información a diferentes escalas de aproximación, desde la regional hasta la local, así como el trabajo de campo para los nuestros directo en zonas de representatividad para el tema a desarrollar.

Todas la fuentes de información utilizadas fueron oficiales: INEGI, CONABIO, CONANP, CONAGUA, CONAFOR, entre otros. Se recurrió a documentos técnicos, especializados y referenciados, así como a los trabajos realizados por el IMP en la zona y de los cuales tiene autoría, motivo por el cual son susceptibles a ser incorporados para los fines del presente documento.

Asimismo, se utilizaron diferentes herramientas especializadas para el manejo, procesamiento y modelado de datos, las cuales son indicadas en cada una de las temáticas desarrolladas durante la caracterización.

IV.2.1. Caracterización y análisis retrospectivo del sistema ambiental regional (SAR).

IV.3.1.1. Medio abiótico.

Sistema Ambiental Regional - Zona Terrestre y Costera.

Clima y fenómenos meteorológicos.

El objetivo del presente apartado es el determinar la variación estadística de las variables meteorológicas que definen las condiciones históricas de la climatología en la región del Sistema Ambiental Regional (SAR) seleccionado para el proyecto de la Refinería de Dos Bocas (RDB) aledaño al Golfo de México, en las costas de Tabasco, a través del análisis estadístico de la información meteorológica histórica disponible. En el anexo: análisis histórico de meteorología, se presenta el informe en extenso del presente apartado para mayor detalle. La caracterización de clima y meteorología, describe las variables para un área de estudio, considerando el comportamiento de los principales parámetros en relación al clima, precipitaciones, temperatura y vientos. Dentro de este rubro se revisarán las siguientes temáticas:

- Clima y meteorología.
- Temperatura media anual.
- Temperatura media mensual.
- Precipitación media anual.

- Precipitación media mensual.
- Humedad relativa.
- Evaporación media anual.
- Balance Hídrico.
- Nubosidad promedio anual.
- Índice UV Solar.
- Eventos extremos (Ciclones, Huracanes, tormentas, etc.).
- Vientos dominantes.
- Velocidad y dirección de los vientos.
- Presión atmosférica.

El clima se define como el conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan una región, deducido principalmente por el estado medio de la atmósfera, determinado a lo largo de un período de tiempo de varias décadas. Los principales elementos constituyentes del clima son: la radiación solar, que incide de forma fundamental en la temperatura, de la que se tiene en cuenta la máxima, la mínima y la temperatura media, así como la oscilación térmica en distintos períodos de tiempo; la lluvia, de la que se registra su cantidad, naturaleza, persistencia e intensidad y su distribución estacional, y los vientos, cuyas características se ven notablemente influenciadas por las oscilaciones térmicas.

Metodología.

Los organismos consultados para recopilar la información meteorológica fueron: CONAGUA, CFE y SEMAR. La fuente de información meteorológica más extensa e intensa en cuanto datos fue la Secretaria de Marina (SEMAR). Por lo que se realizó contacto con la Dirección de Meteorología perteneciente a la Dirección General Adjunta de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología, la cual tiene un área especializada en la recolección y análisis de datos meteorológicos, cuya función principal es obtener, procesar y difundir oportunamente la información meteorológica, avisos de tiempo severo que afecten la seguridad de la vida humana en la mar y actividades de la población en las zonas costeras. Las estaciones que se localizan en la región en estudio y que contiene la mayor cantidad de datos fueron: Cayo Arcas, Coatzacoalcos e Isla Aguada, sus características se describen en la tabla IV.4.

Tabla IV.4. Información de las estaciones meteorológicas localizadas en la región en estudio.

Estación meteorológica	Coordenadas (15Q)		Periodo (años)	Comentarios
	UTM X	UTM Y		
Cayo Arcas	608,290.39	2,234,394.53	2005 a 2016	Información cada 15 minutos, dirección e intensidad viento promedio y ráfaga, temperatura, humedad relativa, presión atmosférica y lluvia.
Coatzacoalcos	350,896.61	2,005,999.84	2005 a 2016	
Isla Aguada	664,557.25	2,086,363.61	2009 a 2016	

Fuente: Elaboración IMP.

Adicionalmente, se utilizó información de la Estación meteorológica de Paraíso, Tabasco (X=483 572.18 – Y=2 036 998.84), aunque la información no está completa (no cuenta con todas las variables meteorológicas) y es limitada a un periodo de tiempo corto e información pasada. Por ello a esta base no se le hizo un tratamiento estadístico, aunque si se tomaron su datos más representativos para contrastar con la tendencia histórica de las otras estaciones meteorológicas. En la figura IV.28 se complementa la descripción de las estaciones meteorológicas seleccionadas para realizar el análisis estadístico.

Figura IV.28. Descripción de las estaciones meteorológicas.

ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA DE SUPERFICIE

CAYO ARCAS, CAMPECHE.



Situación Geográfica

Latitud:	020°12'14.4" N
Longitud:	091°57'48.5" W
Elevación del sitio:	3 mts.SNMM
Clave OMM	76694

ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA DE SUPERFICIE

COATZACOALCOS, VERACRUZ.



Situación Geográfica

Latitud:	018°08'16.0" N
Longitud:	094°24'34.0" W
Elevación del sitio:	4 mts.SNMM
Clave OMM	en trámite

ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA DE SUPERFICIE

ISLA AGUADA, CAMPECHE.



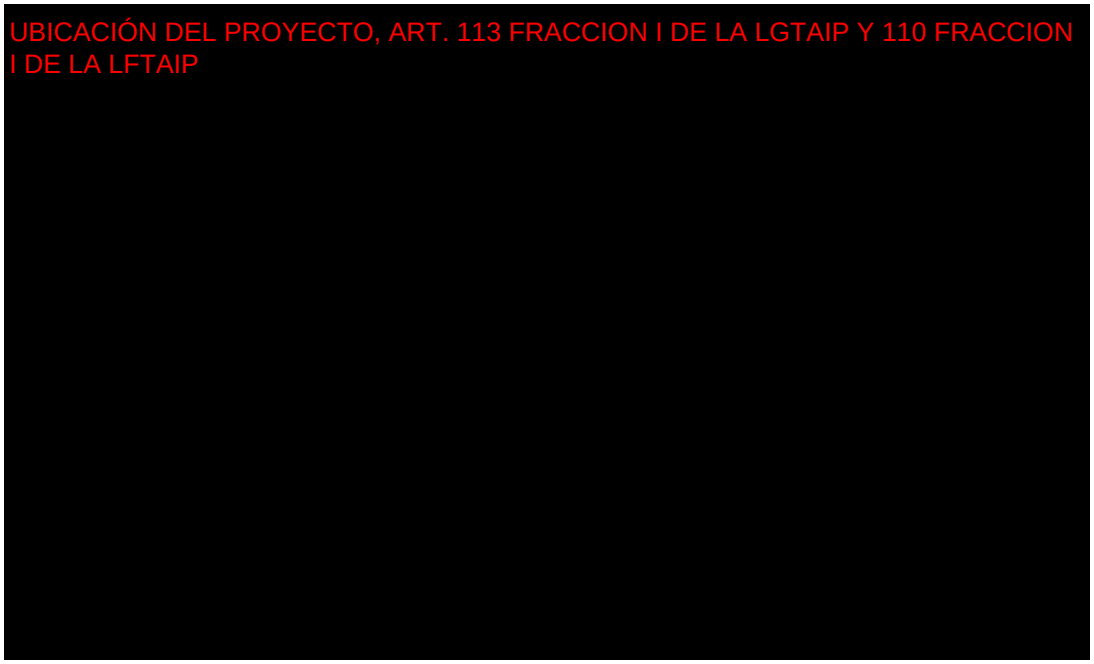
Situación Geográfica

Latitud:	018°51'45.8" N
Longitud:	091°26'15.9" W
Elevación del sitio:	5 mts.SNMM
Clave OMM	76710

Fuente: Elaboración IMP.

En la Figura IV.29 se representa la localización de las estaciones meteorológicas y la zona de estudio de Dos Bocas en Paraíso, Tabasco.

Figura IV.29. Localización de las estaciones meteorológicas.



Fuente: Elaboración IMP.

Con la base de datos meteorológica por estación de monitoreo meteorológico validada, se le aplicó el análisis estadístico denominado Box & Whisker, empleando como elemento agrupador el mes y hora respectivamente. Las variables meteorológicas analizadas son:

- Dirección viento promedio y ráfaga
- Intensidad viento promedio y ráfaga
- Temperatura
- Humedad relativa
- Presión atmosférica
- Precipitación pluvial

Las estaciones meteorológicas analizadas tienen una frecuencia de datos de cada 15 minutos, por lo que se desarrolló una herramienta de cómputo para validar, procesar, promediar e integrar los datos meteorológicos, el número total de datos empleados en cada estación fue de:

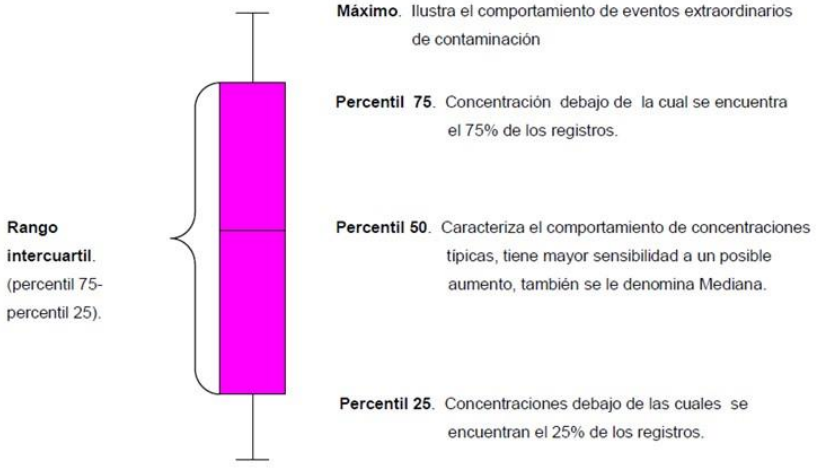
- Cayo Arcas (319,464 registros crudos y 45,260 con promedio)
- Coatzacoalcos (354,069 registros crudos 50,235 con promedio)
- Isla Aguada (249,280 registros crudos 45,747 con promedio)

El análisis estadístico se realizó considerando dos tipos de agrupadores, por hora y por mes. El análisis estadístico denominado Box & Whisker, consiste de una gráfica de caja y su extensión, es un diagrama que proporciona información sobre el centro, la dispersión y la simetría o sesgo de un conjunto de datos. Para su realización se representan los tres cuartiles y los valores mínimo y máximo de los datos, sobre un rectángulo. La caja rectangular, donde los lados más largos muestran el rango intercuartil.

Este rectángulo está dividido por un segmento vertical que indica donde se posiciona la media y por lo tanto su relación con los cuartiles primero y tercero (segundo cuartil coincide con la mediana). Esta caja se ubica a escala sobre un segmento que tiene como extremos los valores mínimo y máximo de la variable. Las líneas que sobresalen de la caja se llaman bigotes. Estos bigotes tienen un límite de prolongación, de modo que cualquier dato o caso que no se encuentre dentro de este rango es marcado e identificado individualmente.

La gráfica contiene el rango intercuartil de los datos en una caja que tiene la media representada. El rango del intercuartil tiene como extremos el percentil 75 (cuartil superior) y el percentil 25 (cuartil interior). Además de la caja se prolongan extensiones, que muestran las observaciones extremas tal y como se presenta la figura IV.30. Los valores máximos o mínimos extremos son los valores fuera del rango o raros, son registros extremos en un conjunto de datos que pueden afectar tanto la media como la desviación estándar del conjunto de datos distorsionado así el centro y la variabilidad.

Figura IV.30. Explicación del gráfico estadístico denominado Box & Whisker.



Fuente: Elaboración IMP.

Clima y meteorología.

Clima.

Con base en los estudios de Köppen (1918) y García (1973), Velázquez (1994) se establece que de acuerdo a su ubicación en el trópico, la cercanía al Golfo de México y por tener un terreno plano el estado de Tabasco posee clima tipo A con subtipos Am, Af, Af(m), Am(w) y Aw. En particular, en la región de Paraíso, Tabasco el clima es cálido-húmedo, con abundantes lluvias en verano. (Am), según la clasificación de Koppen, modificada por E. García. Este clima se caracteriza por un régimen térmico que oscila entre 25.8 y 27.8° C, siendo la temperatura media más alta de 29.4° C en mayo, mientras que la mínima es de 24.1° C en enero. La vegetación que se desarrolla es de selva alta perennifolia asociada con pastizal, pero en las zonas lacustres hay tular y en las pantanosas popal.

Temperaturas promedio mensuales, anuales y extremas.

La temperatura media anual es de 26°C, el máximo y la mínima absolutas alcanzan los 44°C y los 12°C respectivamente. Los promedios anuales de precipitación abarcan desde 1 595.6 mm hasta 3 133.4 mm, haciendo de Tabasco una de las entidades con mayor volumen de captación de aguas por escurrimientos en todo el país. Las mayores velocidades se concentran en los meses de octubre, noviembre y diciembre, con velocidades que alcanzan los 30 km/h, presentándose en mayo y junio las menores, con velocidad de 21 km/h.

La humedad relativa fluctúa entre 80 y 86 por ciento, debido a esto la entidad permanece cubierta de nubes gran parte del año, lo que provoca una insolación baja. Además, Tabasco está considerado entre las seis regiones más lluviosas del país, ya que junto con Veracruz, Chiapas, Oaxaca y Campeche, aporta el 40 por ciento del volumen total de precipitación del territorio nacional.

Por su ubicación en el Golfo de México y su baja elevación sobre el nivel del mar, así como estar dentro de la zona intertropical del hemisferio Norte, la temperatura tiene un marcado ascenso a partir del mes de abril, mayo y agosto (ver tabla IV.5). Esto coincide con el doble paso del Sol por el cenit del lugar, pero el segundo periodo (agosto) es la consecuencia del fenómeno denominado “canícula”, que es una época calurosa a fines de agosto y en el inicio de septiembre. La influencia del mar es notoria por encontrarse en el margen Sur del Golfo de México, con una escasa variabilidad del relieve, donde no se rebasan los 100 m de altura, esto permite que entre el flujo directo del viento proveniente del mar.

En general, los lugares de la República Mexicana situados al Sur del Trópico de Cáncer tienen régimen de lluvias de verano, con un porcentaje de lluvia invernal menor al 10.2% de la precipitación total anual, exceptuando los que se encuentran sobre las laderas de la Sierra Madre Oriental y de las montañas del Norte de Chiapas que se inclinan hacia el Golfo de México, en donde los "Nortes", que dominan durante invierno, y se cargan de humedad en el Golfo de México, hacen aumentar la precipitación en esta época.

Las partes más planas de esta misma vertiente, como la llanura del Golfo de México y la península de Yucatán, tienen generalmente menor porcentaje de lluvia de invierno que las antes mencionadas, porcentaje que en la mayoría de los casos es inferior a 10.2% de la anual.

Tabla IV.5. Valores típicos de temperatura y precipitación promedio para un tipo de clima Am.

Tipo de clima *Am* (Golfo)		
Mes	Temperatura. (°C)	Precipitación (mm)
Enero	22.1	82.3
Febrero	22.8	56.5
Marzo	25.1	64.9
Abril	26.6	58.7
Mayo	28.0	140.4
Junio	27.6	325.9
Julio	26.9	351.1
Agosto	27.1	310.9
Septiembre	26.7	417.4
Octubre	25.3	338.6
Noviembre	23.5	126.2
Diciembre	22.2	119.9
Promedio	25.3	2395

Fuente: Elaboración IMP

El clima tipo Am es muy característico de los lugares húmedos situados al sur del Trópico de Cáncer, como la llanura tabasqueña, en la base y en el declive Este de la Sierra Madre Oriental y en el declive del Pacifico de la porción Sur-Este de la Sierra Madre de Chiapas. La temporada de mayor precipitación en este clima se encuentra en el verano y parte del otoño que son las épocas en que los ciclones tropicales afectan a México, son más frecuentes y hacen aumentar considerablemente la cantidad de lluvia en la zona con este tipo de clima.

La llanura tabasqueña se extiende hasta el Sur-Oeste de Campeche; hacia el Sur-Este penetra por la cuenca del Río Usumacinta en donde es conocida como región lacandona. Las montañas del Norte de Chiapas, que bordean a esta llanura por el Sur, no son muy elevadas ya que no llegan a 2000 metros de altitud, sin embargo

son muy importantes desde el punto de vista climático, pues por correr perpendiculares a la dirección general de los vientos dominantes propician su ascenso orográfico y rápido enfriamiento, lo que se traduce en abundante precipitación.

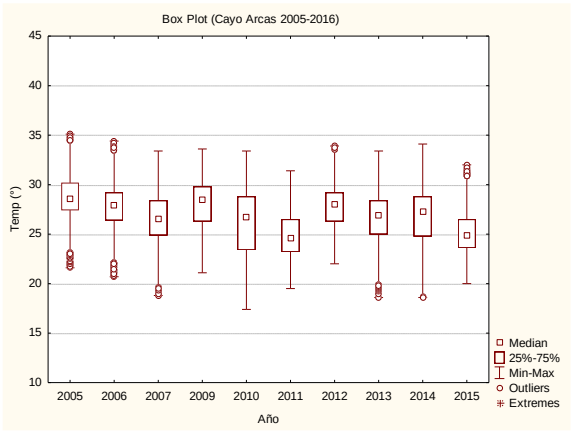
Paraíso, Tabasco se localiza en la zona de dominio de los vientos alisios del Nor-Este, los cuales tienen su origen en el borde Sur de la celda anticiclónica del Atlántico septentrional o celda Bermuda-Azores, que al atravesar el océano recogen humedad.

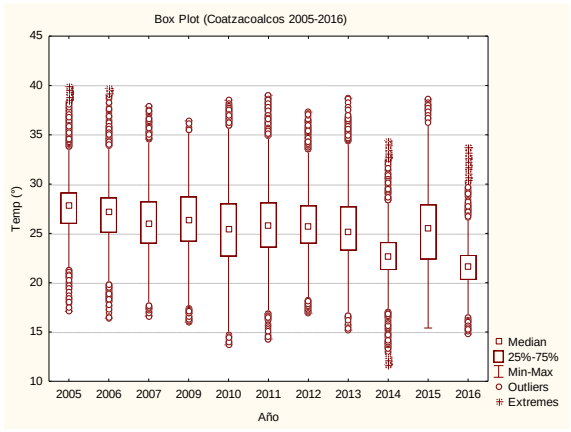
Durante el verano, con el desplazamiento hacia el Norte de dicha celda, los vientos alisios soplan con una dirección general de Nor-Este a Sur-Oeste en superficie, o de Este a Oeste en las alturas, incrementan su contenido humedad al recorrer una gran distancia sobre las aguas calientes del océano; al encontrarse con las laderas montañosas que se inclinan al Golfo de México se ven obligados a ascender, se enfrían adiabáticamente y depositan en forma de lluvia su abundante humedad. La cantidad de lluvia aumenta aún más por la presencia, en el seno de la corriente alisia, de las ondas del Este que, a medida que avanzan sobre el territorio nacional, ocasionan oleadas de abundante precipitación alternadas con periodos secos. Por otra parte, las perturbaciones ciclónicas, y que son más frecuentes en hacia fines del verano y principios de otoño, introducen abundante humedad en la troposfera media; su influencia se pone de manifiesto en el aumento de la cantidad de lluvia de los meses de septiembre y octubre.

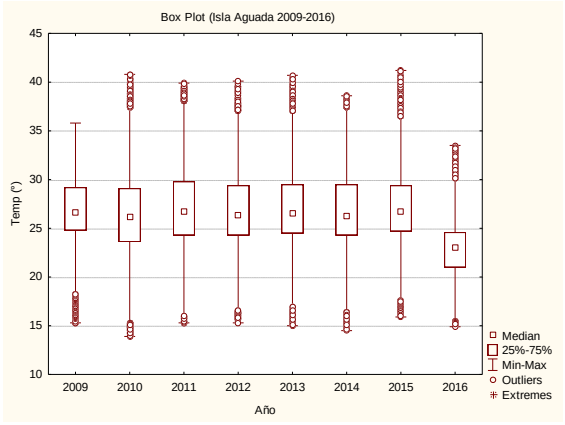
Durante la mitad fría el año, la influencia de los vientos alisios queda relegada a algunas áreas bajas del Sur, ya que la zona subtropical de alta presión se encuentra desplazada hacia este punto, y con ella faja de los alisios, lo que se traduce en una disminución de la precipitación que ocasionan estos vientos; no obstante, durante el invierno, los “Nortes”, que se originan por el desplazamiento hacia el Sur de masas de aire polar procedentes del Norte de Estados Unidos y Sur de Canadá, al pasar sobre las aguas relativamente calientes del Golfo de México, se cargan de humedad y modifican sus condiciones térmicas; al llegar a la región producen precipitaciones que son más abundantes sobre las laderas orientales de las sierras.

En las figuras IV.31 y IV.32 se muestra el comportamiento de las temperaturas media anual y media mensual respectivamente, de las estaciones meteorológicas, con los datos reportados del 2005 al 2016 y en la Tabla IV.6 se presenta el resumen para el caso de Paraíso, Tabasco.

Figura IV.31. Temperatura media anual.







La variación anual de la temperatura en las tres estaciones varia poco, el valor medio anual de la temperatura oscila en 25°C a 30°C, aunque la estación de Isla Aguada tiene menos variaciones de la media anual, salvo en 2016, en que se aprecia una disminución. Cayo Arcas es la estación meteorológica en que la temperatura tiene sus menores variaciones de los valores extremos. Las temperaturas más altas han alcanzado hasta los 42°C. Las temperaturas más bajas pueden llegar a 12°C registrada en la estación Coatzacoalcos en el año 2014.

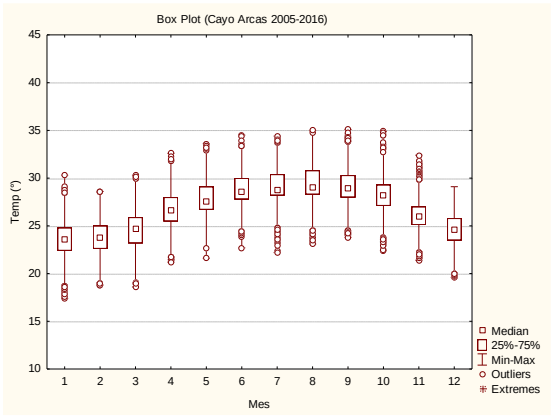
Cabe hacer mención que a nivel regional se observa que la temperatura medía en el año 2016 fue de las más bajas.

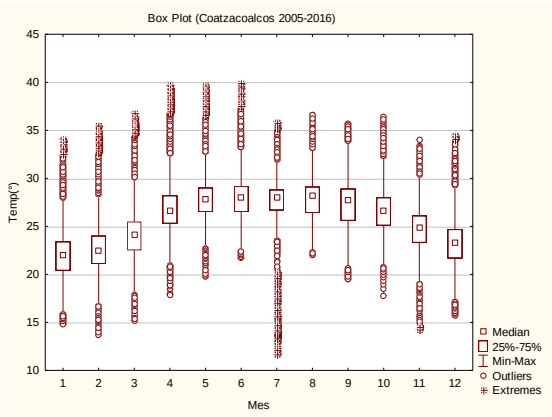
La temperatura promedio del año en Paraíso es de 26.5°C. El mes más cálido, en promedio, es mayo con una temperatura promedio de 29.1°C. El mes más frío en promedio es enero, con una temperatura promedio de 22.7° C.

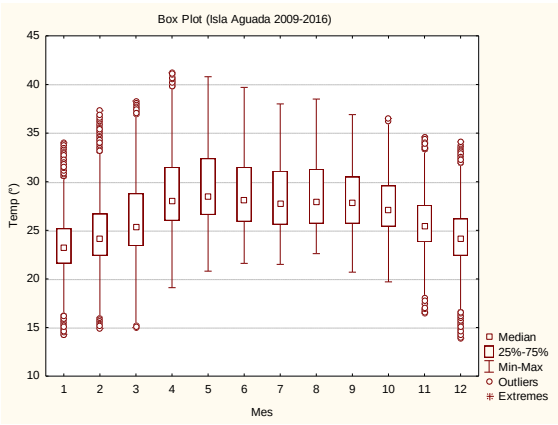
La temperatura más alta registrada en Paraíso es 48°C, que se registró en abril.

Fuente: Elaboración IMP.

Figura IV.32. Temperatura media mensual.







La variación estadística mensual de la temperatura indica que los meses de junio a septiembre tienen los registros más altos del valor medio de la temperatura para la región de Cayo Arcas, mientras que en la región de Coatzacoalcos e Isla Aguada los meses con mayores valores medios de la temperatura son de abril a septiembre. De manera mensual la temperatura media varia de 24°C hasta 28°C.

En Cayo Arcas la temperatura mayor extrema es de 35°C registrada en los meses de agosto a octubre; y la menor extrema de la temperatura media fue 18°C en el mes de enero. La temperatura media oscila de 23 a 28°C.

En Coatzacoalcos la temperatura mayor extrema es de 40°C registrada en los meses de abril a junio; y la menor extrema de la temperatura media fue 13°C en el mes de agosto. La temperatura media oscila de 22 a 27°C.

En Isla Aguada la temperatura mayor extrema es de 41°C registrada en los meses de abril a mayo; y la menor extrema media fue de 14°C en el mes de enero y diciembre. La temperatura media oscila de 23 a 28°C.

Fuente: Elaboración IMP.

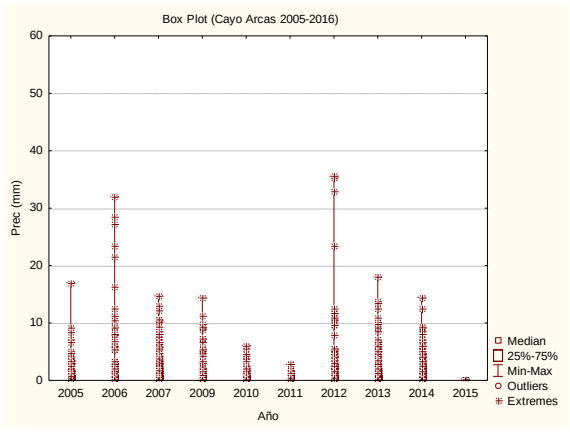
Tabla IV.6. Resumen de temperatura promedio anual y mensual, Paraíso, Tabasco.

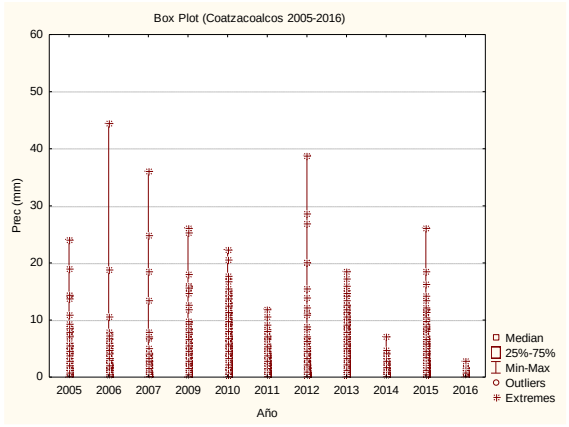
Temperatura (°C)	ANUAL	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temperatura media	26.5	22.7	23.7	26.1	27.8	29.1	28.8	28.5	28.5	27.8	26.7	25.2	23.4
Temperatura alta promedio	31.4	27.1	28.3	31.3	33.3	34.8	33.9	33.5	33.5	32.4	31.1	29.5	27.6
Temperatura baja promedio	21.7	18.4	19.1	20.8	22.4	23.5	23.7	23.5	23.4	23.1	22.4	20.9	19.2
Temperatura más alta registrada	48	38	38.3	41	48	46	44	41	40	39	40	37	36
Temperatura más baja registrada	2	10	10.2	10	2	15	16	2	18	15	16	12	11.5

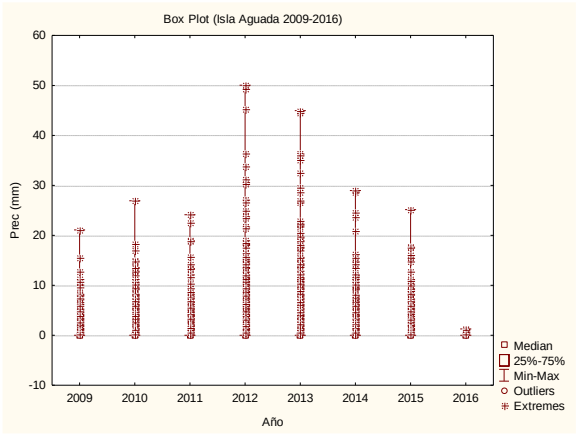
Fuente:http://www.weatherbase.com/weather/weatherall.php3?s=927034&cityname=Paraiso%2C+Tabasco%2C+Mexico&units=

En las figuras IV.33 y IV.34 se muestra el comportamiento de la precipitación media anual y mensual respectivamente de las estaciones meteorológicas para los años 2005 a 2016. En la Tabla IV.7, se indica la precipitación media anual y mensual de la estación correspondiente a Paraíso, Tabasco.

Figura IV.33. Precipitación promedio anual.







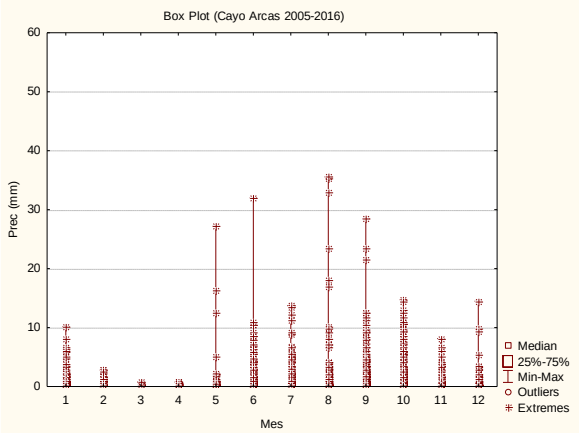
Para determinar la variación estadística anual de la precipitación pluvial en las regiones de Cayo Arcas, Coatzacoalcos e Isla Aguada se empleó la información de precipitación pluvial acumulada en 15 minutos; por ello no hay un valor promedio y si varios valores extremos.

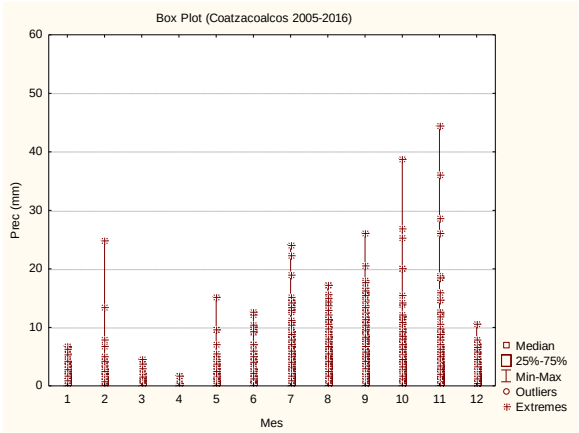
En las gráficas se puede observar que la estación de Isla Aguada es la que presentó los valores más altos de precipitación pluvial, siendo de 50 mm; aunque cabe hacer mención que el valor extremo en los últimos años ha disminuido. La precipitación de Cayo Arcas es la que menores valores ha registrado, sus valores más frecuentes oscilan de 8 a 15 mm.

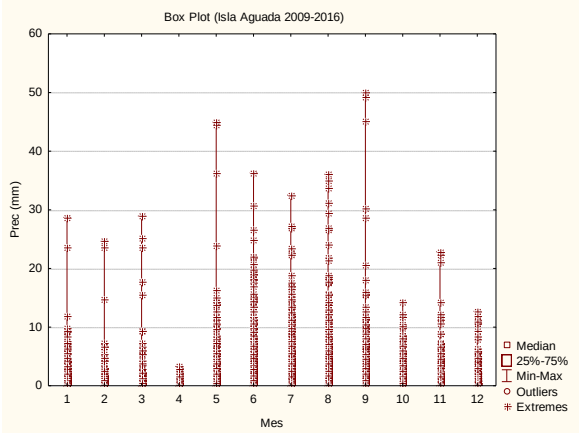
La precipitación promedio para el año en Paraíso es de 1803.4 mm. El mes con la mayor precipitación promedio es octubre con 342.9 mm de precipitación. El mes con la menor precipitación en promedio es abril con un promedio de 43.2 mm. Hay un promedio de 114.5 días de lluvia, con la mayor cantidad de lluvia en octubre con 15.3 días de lluvia, y la menor cantidad de lluvia en abril con 3.5 días de lluvia

Fuente: Elaboración IMP

Figura IV.34. Precipitación media mensual.







La variación estadística mensual de la precipitación pluvial de las regiones de Cayo Arcas y Coatzacoalcos muestra valores bajos en los primeros cinco meses (de 10 a 25 mm, a diferencia de Isla Agua que en dicho periodo alcanza los 30mm.

Los mayores valores de precipitación pluvial es 50 mm en Isla Aguada, 45 mm en Coatzacoalcos y de 35 mm en Cayo Arcas en el periodo de 2005 a 2016.

Las precipitaciones pluviales más intensas ocurren en los meses de Agosto a Octubre.

De acuerdo a la información del sitio web https://www.worldweatheronline.com, en Villahermosa, Tabasco existe un patrón de lluvia semejante a Isla Agua y Coatzacoalcos, aunque con mayor intensidad, alcanzando su valor más alto de 321 mm acumulado en 21 días, ver figura 2.5.1.

El mayor valor de precipitación pluvial acumulado fue de 661 mm en 30 días, ocurrido en el mes de septiembre de 2010.

Fuente: Elaboración IMP.

Tabla IV.7. Resumen de precipitación promedio anual y mensual, Paraíso, Tabasco.

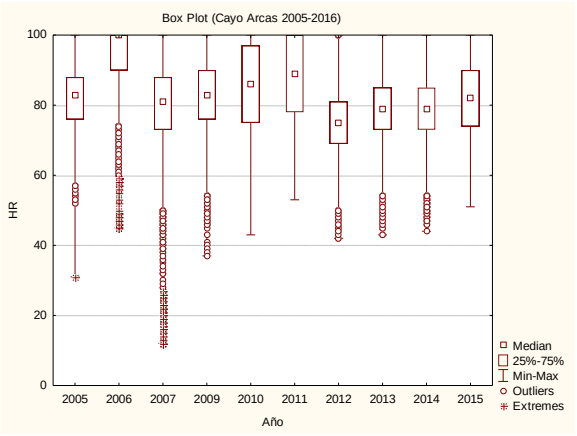
Precipitación (mm)	Anual	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Precipitación promedio	1802	143	93	44	43	65	135	120	144	284	343	210	178
Precipitación mayor por mes	846	611	275	182	248	345	401	315	432	812	846	759	436
Precipitación mayor por día	339	200.5	156.4	81.2	180	150	100.4	120.3	167.4	287.5	244.2	339	180.2
Promedio de días lluviosos	114.5	10.7	7.2	4.7	3.5	4.1	10	10.5	11.6	15	15.3	11	10.9
Día con tormentas eléctrica	5.3	---	---	---	---	0.3	0.8	1.2	1	1.2	0.6	0.2	---
Duración promedio del día (Horas)	12.5	11.6	11.9	12.4	13	13.4	13.6	13.5	13.1	12.6	12.1	11.6	11.4

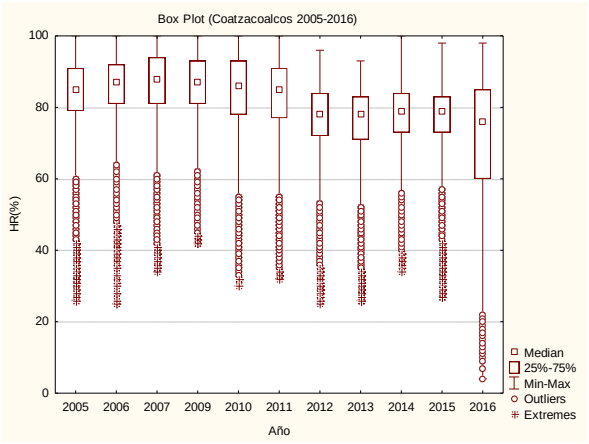
Fuente:http://www.weatherbase.com/weather/weatherall.php3?s=927034&cityname=Paraiso%2C+Tabasco%2C+Mexico&units=

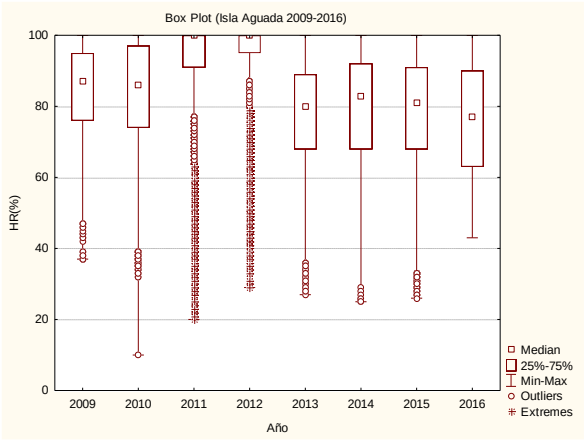
El viento marítimo tiene como consecuencia la alta pluviosidad que se registra en el estado, principalmente en la temporada de lluvias que se extiende de junio a octubre, con dos máximos promedios mensuales en junio y en octubre (220.5 y 371.6 mm al mes, respectivamente). En los meses posteriores, se presentan lloviznas derivadas de los frentes fríos que se presentan en la región, siendo su ocurrencia en promedio de 20 a 25 veces por año. La temporada de secas ocurre entre marzo y abril, donde la precipitación promedio desciende hasta los 40 mm en total al mes (SMN, 2016). El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) indica que la precipitación promedio anual máxima en los últimos 5 años (7 mm/d) sucedió en el 2013, y en el 2010 se calculó el valor promedio anual más bajo (4 mm/d). El valor máximo medio de precipitación mensual ocurre en octubre con 10.8 mm/d, en tanto que el valor mínimo ocurre en abril con 1.4 mm/d.

En las figuras IV.35 y IV.36 se muestra el comportamiento de la humedad relativa anual y mensual respectivamente, para las estaciones de monitoreo evaluadas, para los años 2005 al 2016.

Figura IV.35. Humedad relativa anual







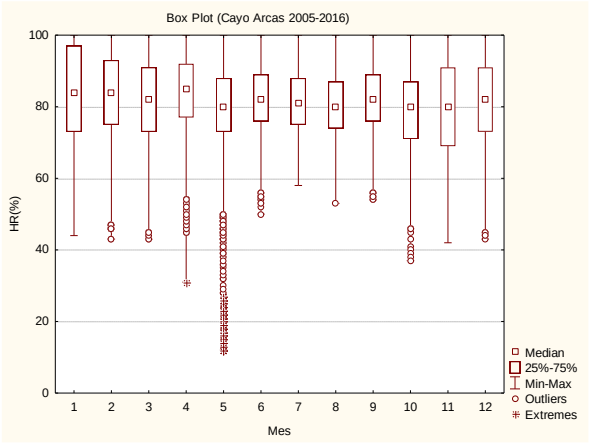
La variación estadística anual de la humedad relativa de las regiones de Cayo Arcas y Coatzacoalcos muestra en general valores altos; el valor medio anual oscila entre 80 a 90% de humedad relativa.

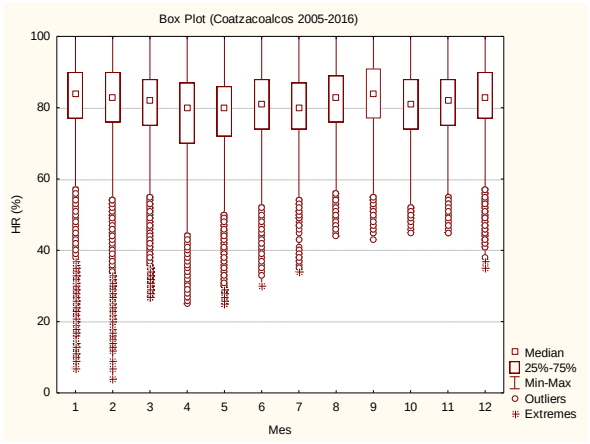
Existen valores extremos mínimos que alcanzan el 10%. Cabe hacer mención que en las estaciones de Coatzacoalcos y de Isla Aguada en años recientes la Humedad Relativa media ha sufrido un marcado descenso (por debajo de 80%).

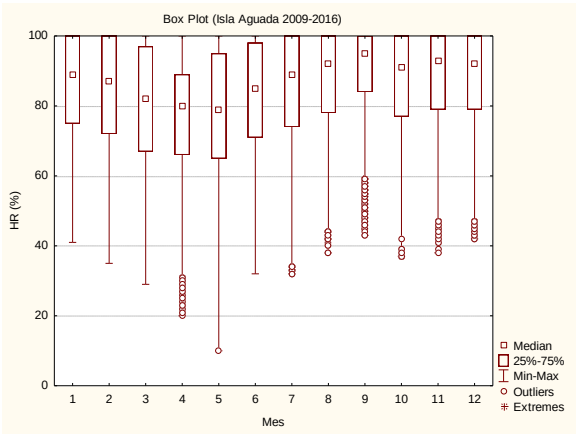
En particular para la zona de Paraíso, la presencia del viento marítimo y la cercanía a la costa, ocasiona que la humedad relativa permanezca en un intervalo de alto, en promedio anual en la estación meteorológica "Paraíso" oscila entre 75.5 – 78.3 %.

Fuente: Elaboración IMP.

Figura IV.36. Humedad relativa mensual.







La tendencia estadística mensual de la humedad relativa media presenta pocas variaciones en la región de Cayo Arcas y Coatzacoalcos, la cual oscila de 80 a 83%, aunque llega a tener valores extremos mínimos de 5%, Coatzacoalcos es la estación que presentan los mayores valores extremos.

En la región de Isla Aguada la humedad relativa media mensual presenta oscilaciones más mayores de su valor medio mensual, teniendo un valor medio menor de 80% y valor medio máximo de 94%.

Mayo es el mes que posee el valor medio de humedad relativa más bajo en Isla Aguada, cabe hacer mención que el cuartil de 25 a 75% es más compacto en las regiones de Cayo Arcas y Coatzacoalcos, a diferencia de Isla Aguada que presenta una mayor amplitud en la distribución de sus datos.

En el análisis mensual para la zona de Paraíso, se encontró que en abril ocurre la humedad relativa promedio más baja (69.5 %). Enero presenta la humedad relativa promedio más alta (83.9 %).

Fuente: Elaboración IMP

Durante el periodo diurno (07:00 h a 19:00 h) el ambiente marino se mantiene, debido a la influencia del mar (el búfer termodinámico), a diferencia del ambiente terrestre, donde la HR del aire presenta valores mínimos muy marcados y pronunciados, alcanzando 50% (alrededor de las 15:00 h), mientras que en el ambiente marino en este periodo de tiempo los valores de la HR se mantiene por arriba de 70 %. Por la noche, la masa enorme de agua del mar emite al aire el calor absorbido durante el día (radiación solar), manteniendo un intercambio térmico con la atmósfera marina–costera, y la variación de la HR y T del aire se mantienen casi constantes; un proceso parecido de intercambio de calor ocurre durante el día. La temperatura (T), como un respuesta viceversa a la HR, marca las misma tendencia: mayores valores (30–35 °C) registrados en el ambiente urbano (marzo a mayo), mientras en el ambiente marino los valores mayores alcanzan 28–30 °C en el mismo periodo de tiempo.

El tiempo de humectación, revela que el valor anual en el ambiente marino–costero de Paraíso ha sido de 7 470 a 8391 horas, durante el período de años en estudio, por lo que se puede asignar a su atmósfera la categoría de agresividad $\tau 5$ ("muy agresiva"), de acuerdo de la norma ISO 9223 (1992). Por ejemplo, el ambiente urbano de Villahermosa es menos agresivo, con categoría $\tau 4$, ya que el tiempo anual de humectación está en el rango de 4603 – 5741 h. El tiempo de humectación está considerado como el tiempo real (efectivo) para los procesos de corrosión de metales, ya que estos se desarrollan solamente en la presencia de una capa húmeda, formada en la superficie metálica. Por lo tanto, debe esperarse que el deterioro de estructuras metálica sea mucho mayor en el ambiente marino. Además, la presencia de salinidad (iones cloruros) en las atmósferas marinas, acelera más el proceso de corrosión. El complejo de CT–HR del clima tropical húmedo da la explicación para las mayores velocidades de corrosión de metales, que han sido obtenidos en ambientes marino–costeros.

Evaporación Media Anual.

La evaporación es el cambio de fase del agua de un estado líquido a sólido por absorción de calor. Se produce una circulación que va de los cuerpos de agua hacia la atmósfera. A mayor evaporación la atmósfera estará más húmeda llegando más rápido a un estado de saturación, lo que eleva la probabilidad de precipitaciones.

En hidrología, la evaporación es una de las variables hidrológicas importantes al momento de establecer el balance hídrico de una determinada cuenca hidrográfica o parte de esta. En este caso, se debe distinguir entre la evaporación desde superficies libres y la evaporación desde el suelo. La evaporación de agua es

importante e indispensable en la vida, ya que el vapor de agua, al condensarse se transforma en nubes y vuelve en forma de lluvia, nieve, niebla o rocío.

En la tabla IV.8 se presenta la información de la evaporación mensual en la región de Isla Aguada en el periodo de 1970 a 2016. De acuerdo a la información, los valores extremos mínimos de evaporación ocurren en el mes de diciembre y enero, por el contrario el mes que presenta el valor extremo mayor es el de abril. La media de los valores de evaporación muestra sus valores más altos de abril a julio (entre 137 y 167). Y los valores menores al inicio y fin del año. Por lo que respecta a la variación anual de los valores de evaporación, se observa una disminución de sus valores promedio.

La evaporación en la región costera del municipio de Paraíso es de 1400 a 1500 mm. Hacia el Este y Oeste del municipio de Paraíso, el promedio de evapotranspiración real disminuye (1 300 – 1 400 mm). Al Sur del municipio y en dirección al estado de Chiapas, la evapotranspiración aumenta, siendo superior a los 1 500 mm.

Tabla IV.8. Evaporación mensual en la región de Isla Aguada en el periodo de 1970 a 2010.

Año	Meses												Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1970	89	105	148	182	191	178	159	161	131	118	79	80	**135.2**
1971	85	109	156	157	195	167	165	156	137	117	84	78	**133.8**
1972	82	91	157	173	201	148	129	145	137	114	80	77	**127.9**
1973	81	85	150	149	172	155	152	125	126	108	99	70	**122.6**
1974	95	100	142	175	174	138	129	153	122	116	92	85	**126.9**
1975	98	99	153	174	174	170	161	154	112	121	103	77	**133.0**
1976	80	101	155	174	165	150	143	149	147	132	79	57	**127.6**
1977	70	79	141	135	166	130	142	139	130	116	90	68	**117.2**
1978	84	86	133	172	195	148	174	182	139	110	90	102	**134.4**
1979	75	93	123	148	168	147	147	122	114	118	93	76	**118.7**
1980	87	89	159	144	204	128	143	123	115	116	85	71	**122.0**
1981	78	79	143	162	174	125	135	152	131	117	83	70	**120.7**
1982	89	100	140	170	181	164	142	131	113	98	81	73	**123.5**
1983	79	78	126	152	179	171	159	152	132	115	86	69	**124.9**
1984	69	86	127	157	137	125	138	145	106	129	87	77	**115.2**
1985	77	87	132	148	173	143	136	141	129	121	93	70	**120.9**
1986	76	101	126	158	156	149	142	145	120	103	97	72	**120.4**
1987	83	86	109	146	166	141	127	133	120	98	82	82	**114.4**
1988	74	86	130	168	184	146	150	137	117	102	85	70	**120.8**
1989	92	100	139	165	180	165	147	128	104	83			**130.3**
1990	73	92	120	154	171	138	153	125					**128.2**
1991	83	91	146	189	189	165	144	125	119	97	68	65	**123.3**
1992	55	93	129	151	172	159	164	152	134	117	133	79	**128.1**
1993	100	91	124	162	174	162	165	142	135	127	90	75	**128.9**
1994	73	112	149	166	140	166	132	118	116	99	86		**123.3**
1995	94	104	129	130	186	170	156	145	124	108	98	79	**127.1**
1996	80	117	136	142	172	158	146	147	154	155	130	92	**135.8**
1997	87	86	123	152	166	183	167	154	152	140	117	87	**134.5**
1998	87	83	106	108	129	122	123	144	128	112	97	95	**111.2**
1999	90	86	107	111	113	110	114	127	113	97	90	88	**103.7**

Año	Meses												Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2000	98	96	113	167	195	128	160	94	69				124.5
2001	72	85	118	118	132	114	91	98	105	121	106	108	105.7
2002	106	95	96	117	136	100	106	101	86	107	89	98	102.8
2003	80	96	108	180	212	119	114	152	141	121	96	97	126.3
2004	95	106	108	189	136	117	102	115	116	110	100	102	116.4
2005	98	86	99	99	124	117	125	114	112	115	109	105	108.6
2006	103	92	98	102	100	107	106	110	104	107	70	84	98.6
2007	86	75	97	116	119	116	115	113	112	118	110	114	107.5
2008	71	67	109	101	106	94							91.5
2009	102.7	102.7	102.7	1									77.3
2010	102.7	102.7	102.7	1									77.3
Mínima	55	67	94	85	100	94	91	94	69	83	68	57	55
Máxima	178	125	178	200	232	198	174	182	158	155	134	114	178
Media	87	94	127	149	167	145	142	137	122	115	94	82	87
Desv. Stand.	18	12	19	28	29	25	20	18	18	12	15	13	18

Fuente: Elaboración IMP

Balance Hídrico.

Conocer el régimen hídrico de una región tiene valiosas aplicaciones en diversas áreas. Una de las mejores maneras de conocer dicho régimen es por medio de un Balance Hídrico Climático (BHC). Este concepto se introdujo para referirse a las entradas y salidas de agua por lluvia (PP) y evapotranspiración (ET) en un sistema, lo que implica conocer la humedad disponible en el suelo al aplicar el principio de conservación de la materia en la zona radical de los cultivos y así saber el exceso o déficit a lo largo de una temporada.

El método más utilizado para realizar un BHC es el establecido por Thornthwaite & Mather, para ello se utiliza la capacidad de almacenamiento de agua del suelo (CA), el promedio mensual de precipitación (PP) y temperatura (T), con esta última estiman la evapotranspiración de referencia (ET0). El período de información climática debe ser de por lo menos 30 años como sugiere la OMM.

Para estimar el balance hídrico climático, se requiere conocer La capacidad de almacenamiento de agua del suelo (CA), se considera que la textura del suelo representativa para el estado es arcilla; para este tipo de suelo y la profundidad promedio (70 cm) del suelo del estado, al aplicar el método del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos. Este método se basa en el uso de tablas, donde se establece que a un suelo de textura y profundidad conocidas corresponde una lámina de agua (cm de agua por cada 10 cm de suelo) específica.

La capacidad de almacenamiento de agua del suelo estimada con el método del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos para el estado de Tabasco fue de 76.3 mm. El balance hídrico climático se estima por la ecuación:

$$HA_i = HA_{i-1} + P_i - ET_{0i}$$

Dónde: HAi = humedad almacenada del mes actual (mm); HAi–1 = humedad almacenada del mes anterior (mm); Pi = precipitación del mes actual (mm); ET0i = evapotranspiración de referencia del mes actual (mm). Existe déficit de humedad si HAi–1 + Pi - ET0i < 0; por otro lado, hay exceso hídrico si HAi–1 + Pi - ET0i > CA. Si el valor numérico obtenido del cálculo se encuentra entre cero y CA, ese valor corresponde a la humedad almacenada (HA) del período y es el que se considera para el cálculo en el período subsecuente.

El balance hídrico en el área de estudio se caracteriza por que la precipitación es mayor que la evapotranspiración durante todo el año, por lo que las deficiencias de humedad del suelo y la vegetación no son significativas. El índice regional de evapotranspiración equivale a 505.3 mm/anual, en relación a si consideramos los niveles porcentuales para cada estación, se obtiene que Paraíso tiene el 28.69%, en comparación con Cárdenas con un 22.55% y Comalcalco con un 22.34%, por lo tanto Paraíso tiene la mayor tasa de evapotranspiración. El agua recuperada por el sistema, indica que la relación existente entre las condiciones meteorológicas, edáficas y biológica se encuentra de manera estable para el en área en cuestión. En la tabla IV.9 se presenta la evapotranspiración potencial estimada por el método Thornthwaite, y su comparación con otras regiones del Estado de Tabasco.

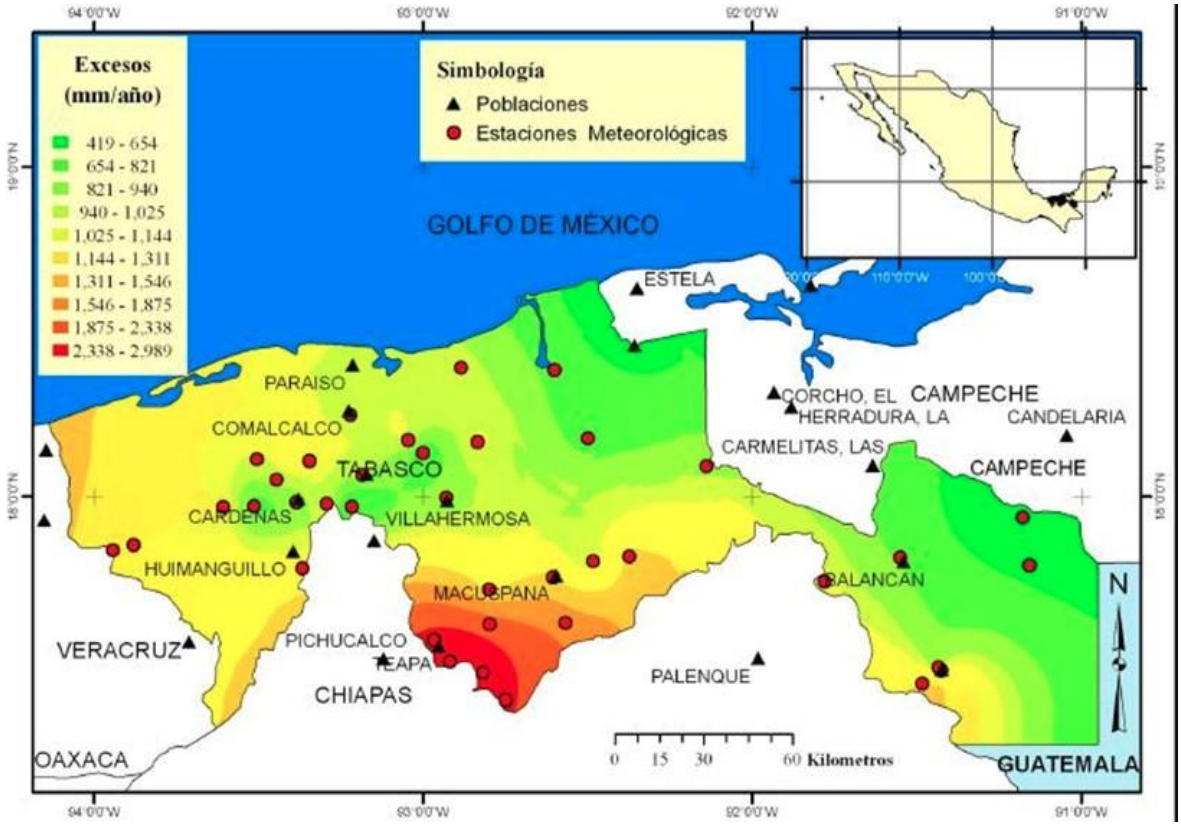
Tabla IV.9. Evapotranspiración potencial (mm/mes).

Mes	Paraíso	Cárdenas	Comalcalco
Enero	8.07	7.72	7.84
Febrero	9.17	9.08	9.21
Marzo	12.37	13.05	13.05
Abril	15.47	16.11	16.11
Mayo	18.14	19.41	19.41
Junio	17.44	19.16	18.91
Julio	17.21	18.18	18.18
Agosto	17.90	18.66	18.67
Septiembre	15.89	16.55	16.55
Octubre	13.85	16.32	13.24
Noviembre	11.00	10.77	10.76
Diciembre	8.47	7.85	8.24
Total Anual	164.98	170.15	170.17

Fuente de datos meteorológicos: Cuadernos estadísticos municipales INEGI (2010)

En la Figura IV.37 se puede apreciar que los mayores excesos se registran al Sur del Estado, principalmente hacia las montañas del Norte de Chiapas.

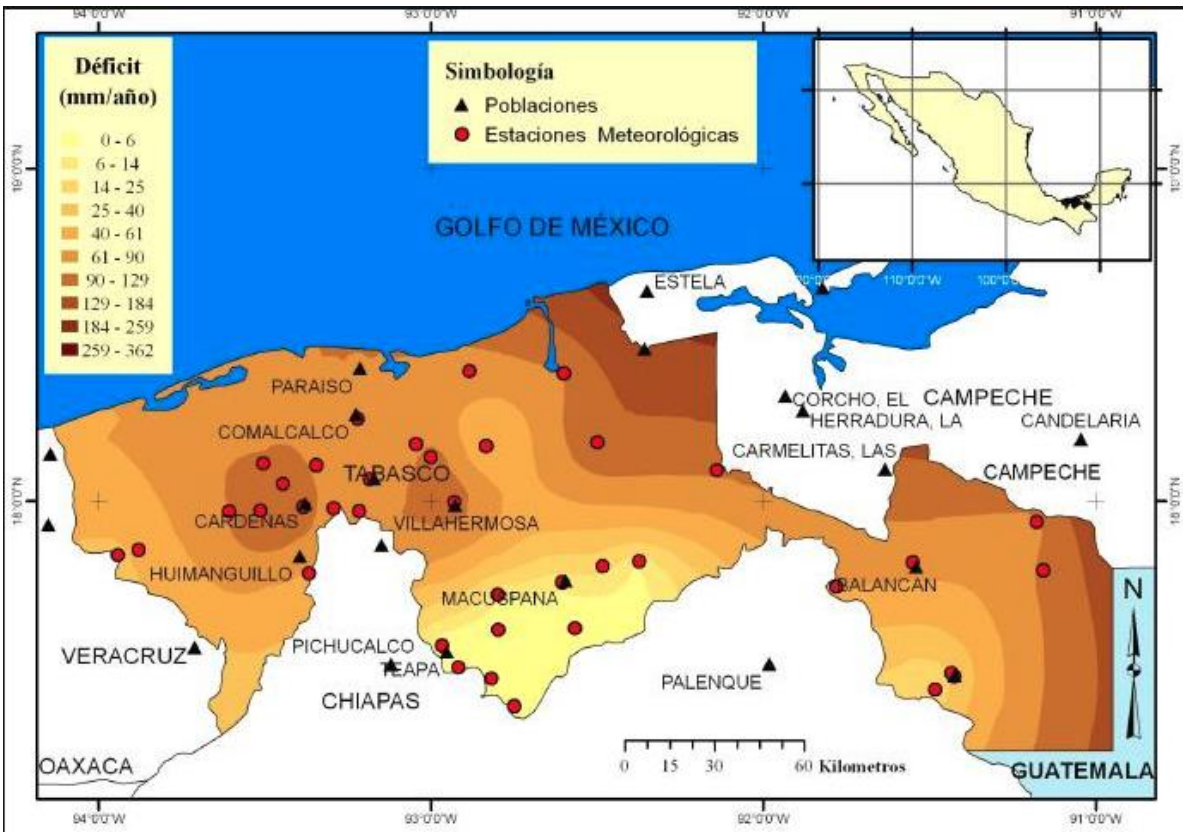
Figura IV.37. Variación del balance hídrico en el Estado de Tabasco 2010.



Fuente: Ruiz-Alvarez, 2012

En relación con los déficits, los valores más altos se presentan al centro, Norte y Nor-Este del Estado, ver la Figura IV.38.

Figura IV.38. Variación del déficit del balance hídrico en el Estado de Tabasco 2010.

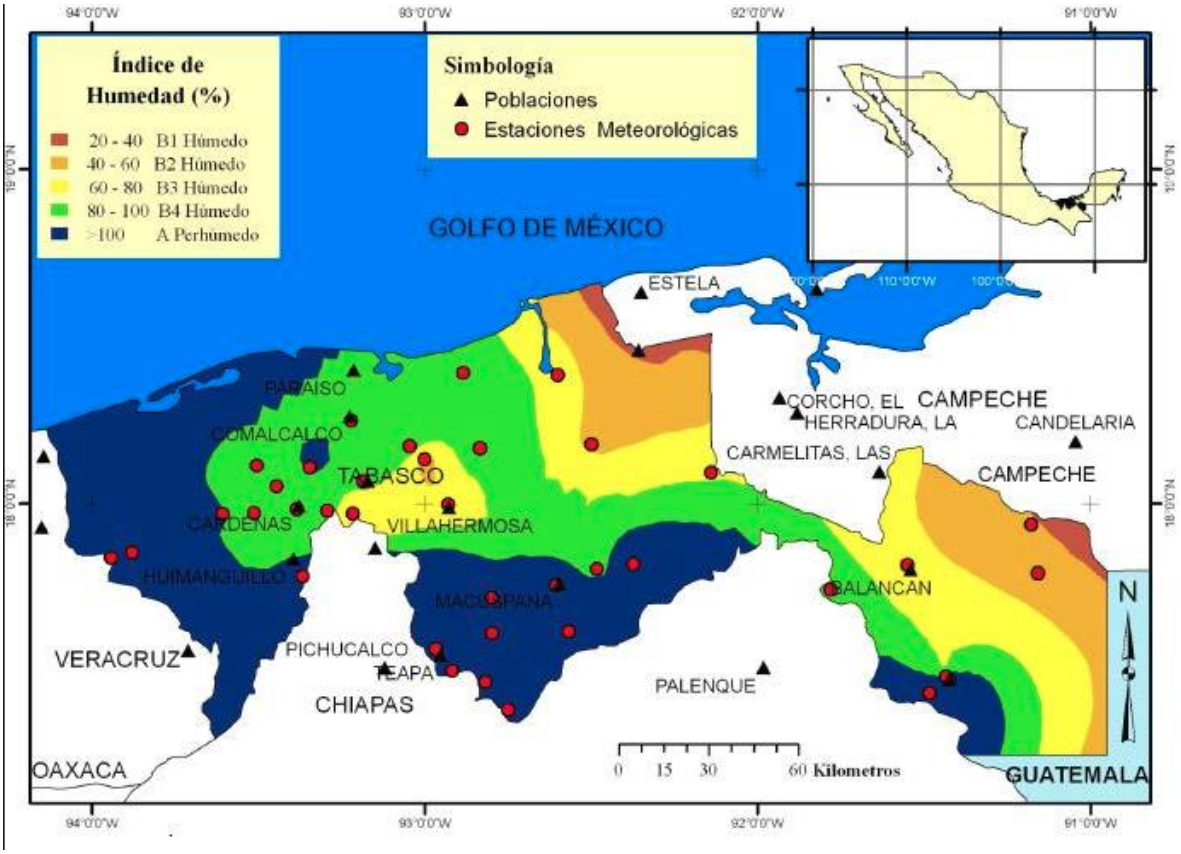


Fuente: Ruiz-Alvarez, 2012

Con el valor anual de los excesos, déficits y evapotranspiración de referencia se obtuvieron los índices de humedad, cuyos valores más altos se distribuyen en lugares con mayor precipitación, los más bajos en áreas con menor cantidad de lluvia anual y elevada evapotranspiración.

Con dichos índices se realizó la clasificación climática con el método de Thornthwaite; encontrándose que en Tabasco existen cinco diferentes tipos de clima, cuatro con la categoría de húmedo, que se diferencian por el valor del índice y un perhúmedo, ver la Figura IV.39.

Figura IV.39. Variación del índice de humedad del Estado de Tabasco 2010.



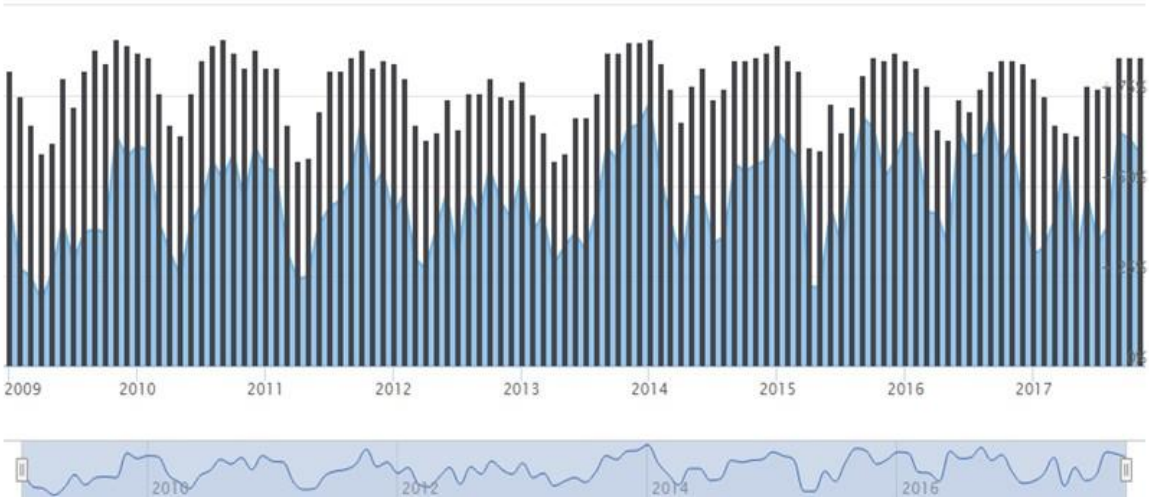
Fuente: Ruiz-Alvarez, 2012

Nubosidad Promedio Anual.

La condición de nubosidad implica que el sol aparece oculto a la vista de un observador. Cabe recordar que una nube está formada por gotas de agua o por cristales de nieve que se encuentran en la atmósfera. Al hablar de nubosidad, por lo tanto, se hace referencia a una fracción del cielo que aparece recubierta de nubes. Esta esta cobertura de nubes se expresa como una fracción llamadas octas o de forma porcentual.

En la Figura IV.40 se presentan las observaciones realizadas en la región de Villahermosa, Tabasco de cobertura de nubes, abarcando el periodo de 2009 a 2017. El área coloreada en azul indica el porcentaje de cobertura de nubes.

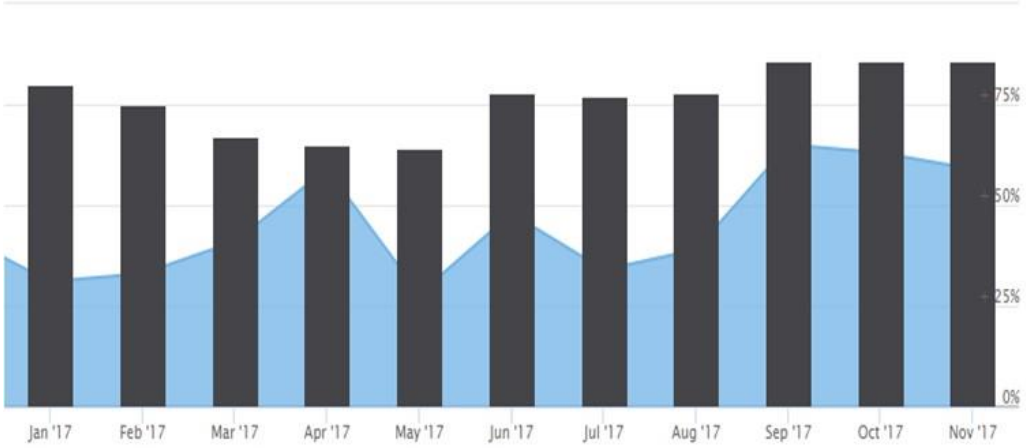
Figura IV.40. Variación de la Nubosidad promedio y la humedad relativa anual, 2009 a 2017.



Fuente: worldweatheronline.com.

De la figura, se puede decir que la nubosidad media anual, el valor más alto es de casi el 75% de cobertura, y su valor menor es de 25%. En la Figura IV.41 se presentan las observaciones realizadas en la región de Villahermosa, Tabasco de cobertura de nubes por mes del año 2017, el mes que presenta la menor cobertura de nubes (~25%). Por otro lado, los meses con mayor cobertura de nubes fueron de septiembre a noviembre (cerca del 60%).

Figura IV.41. Variación de la Nubosidad promedio y la humedad relativa mensual de 2017.



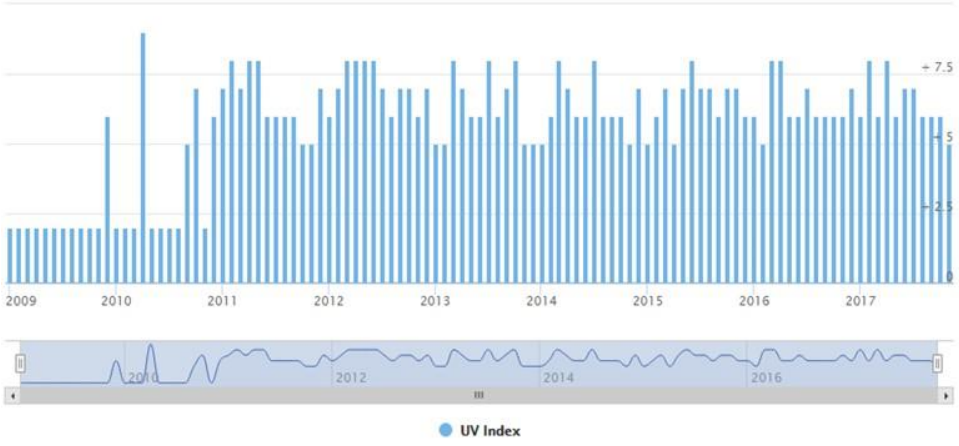
Fuente: worldweatheronline.com.

Para la zona de Paraíso, Tabasco; la nubosidad promedio anual, varía de 40 a 50 %. Con respecto a la variabilidad mensual, el valor promedio mínimo es de 30 % en abril hasta un 60 % de cobertura de nubes en enero y septiembre.

Índice UV solar Anual.

La intensidad de la radiación UV y, en consecuencia, el valor del índice varía a lo largo del día. Al comunicar el IUV, se pone el máximo énfasis en la intensidad máxima de la radiación UV en un día determinado, que se produce durante el periodo de cuatro horas en torno al mediodía solar. Dependiendo de la ubicación geográfica y de si se aplica o no el horario de verano, el mediodía solar puede tener lugar entre las 12 del día y las 2 de la tarde.

Figura IV.42. Variación de índice UV de manera anual para la región de Paraíso, Tabasco.

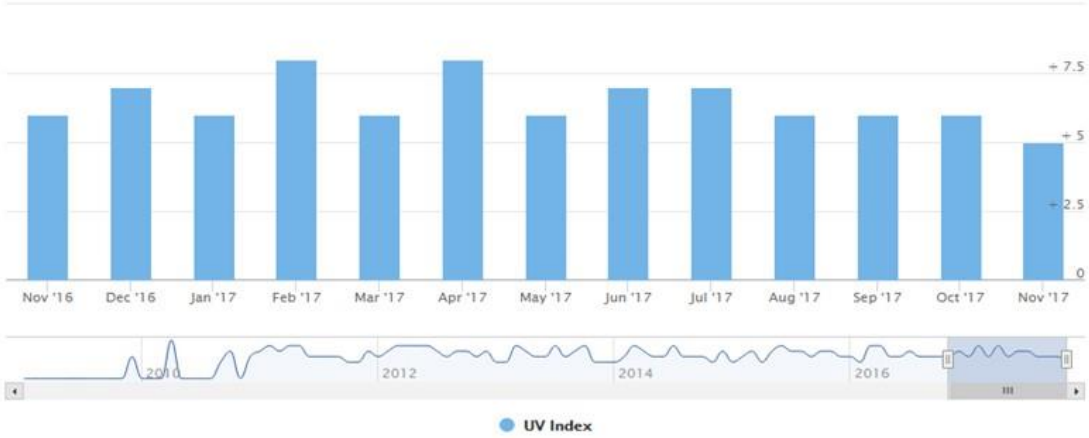


Fuente: worldweatheronline.com.

En la Figura IV.42 se presentan los valores promedio anual del índice UV de 2009 a 2017 en paraíso, Tabasco, los valores promedio más altos oscilan entre 7.5 y 8.0, con lo cual se puede decir que la región está expuesta a valores altos de índice UV. Cabe hacer mención que la escala va de a 1 a 11, siendo 11 el valor más alto.

En la Figura IV.43 se presentan los valores promedio mensual del índice UV en Paraíso, Tabasco, los valores promedio oscilan entre 4 y 5, los meses de mayor incidencia solar fueron febrero y abril, meses con poca actividad de lluvia, no coincide con la época de huracanes y en escasos “Nortes”. Por el contrario en noviembre se registró el valor más bajo del índice UV (5), en dicha época hay “Nortes” y la incidencia solar baja.

Figura IV.43. Variación de índice UV promedio de manera mensual para la región de Paraíso, Tabasco.



Fuente: worldweatheronline.com.

De acuerdo con la Figura IV.44, se establece los periodos del día en que la exposición al índice UV es más riesgoso a la salud.

Figura IV.44. Comportamiento del índice UV y riesgo de exposición.



Fuente: worldweatheronline.com.

Tabla IV.10. Resumen de Radiación solar promedio anual y mensual, Paraíso, Tabasco.

Radiación solar (W/m^2)	Anual	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Promedio diario: global	230.3	174.8	208.3	245.4	269.7	273.1	266.2	277.8	265.0	232.6	202.5	185.2	160.9
Promedio diario: difusa	75.2	59.0	66.0	74.1	82.2	88.0	89.1	85.6	85.6	82.2	72.9	60.2	57.9
Promedio diario: reflejado	238.4	203.7	229.2	254.6	260.4	266.2	269.7	278.9	251.2	233.8	216.4	211.8	188.7
Promedio diario: directa	238.4	209.5	232.6	259.3	268.5	263.9	254.6	275.5	256.9	219.9	206.0	218.7	191.0

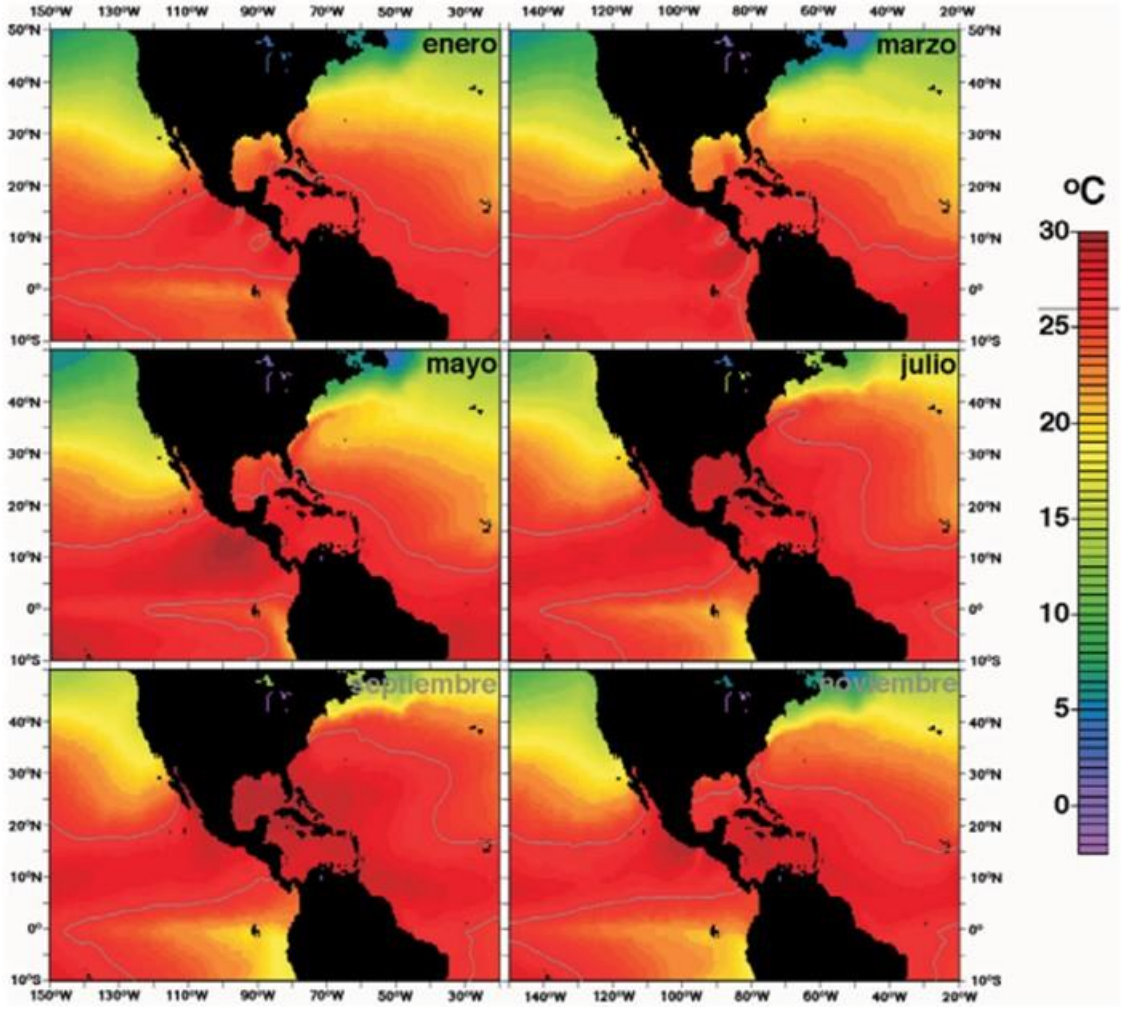
Radiación solar (W/m²)	Anual	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Máximo diario: global	230.3	174.8	208.3	245.4	269.7	273.1	266.2	277.8	265.0	232.6	202.5	185.2	160.9
Máximo diario: difusa	83.3	66.0	75.2	82.2	92.6	98.4	96.1	94.9	91.4	88.0	78.7	67.1	61.3
Máximo diario: reflejada	273.1	246.5	280.1	291.7	289.4	297.5	300.9	307.9	276.6	260.4	265.0	236.1	232.6
Máximo diario: directa	302.1	283.6	322.9	328.7	328.7	322.9	313.7	329.9	312.5	269.7	290.5	259.3	267.4

Fuente:http://www.weatherbase.com/weather/weatherall.php3?s=927034&cityname=Paraiso%2C+Tabasco%2C+Mexico&units=

Eventos Meteorológicos.

Los ciclones tropicales son grandes máquinas de la naturaleza que se alimentan de energía térmica proveniente del mar. La temperatura del mar ideal para la formación de estos meteoros es arriba de los 26° C, por lo que el monitoreo de esta variable es una manera de conocer las zonas donde es posible que los ciclones se desplacen manteniendo o incrementando su intensidad. De hecho, el Caribe Mexicano, así como la costa Sur del Pacífico mantiene temperaturas de la superficie del mar que permiten sustentar ciclones tropicales durante todo el año. En la Figura IV. 45 se muestran seis momentos en la evolución de la temperatura de la superficie del mar a lo largo del año. De enero a marzo la temperatura del mar cercana a México es menor que en el resto del año. A partir de mayo se produce un incremento de la temperatura del mar, principalmente en el océano Pacífico. En julio es más notable el aumento en el Golfo de México.

Figura IV.45. Evolución de la temperatura de la superficie del mar a lo largo del año.



Fuente: CENAPRED 2014.

A partir de noviembre la temperatura del mar comienza nuevamente a disminuir en ambos océanos. Hay que recordar que la temporada de ciclones tropicales comienza el 1° de junio en el Atlántico, mientras que el término de ésta es el 30 de noviembre en ambos océanos. Durante el invierno se presenta una región de aguas más frías directamente al Sur del Istmo de Tehuantepec, producida por el paso de vientos fuertes del Golfo de México que mezclan las aguas superficiales del mar con aguas profundas. Esto demuestra la facilidad con la que el viento marítimo puede conectarse del golfo de México al Pacífico, o viceversa, bajo las condiciones adecuadas. Por lo anterior se puede decir que en la región bajo estudio existe posibilidad de actividad de tormentas tropicales hasta huracanes. En la Figura IV.46 se representan las trayectorias de las tormentas tropicales y huracanes que se registraron en la región del Golfo de México en el periodo de 1990 a 2016, así como sus intensidades.

Figura IV.46. Trayectorias de huracanes de 1990 a 2018 en la región del Golfo de México.



Fuente: Elaboración IMP.

La intensidad del huracán por color: amarrillo categoría 1, naranja categoría 2, rojo categoría 3, rosa categoría 4 y morado categoría 5. Azul depresión tropical y verde tormenta tropical.

En la Figura IV.47 se representan las trayectorias de las tormentas tropicales que se registraron en la región del Golfo de México en el periodo de 1990 a 2018. De dichas figuras se puede observar que existe una alta incidencia de formación de meteoros importantes en la región bajo estudio.

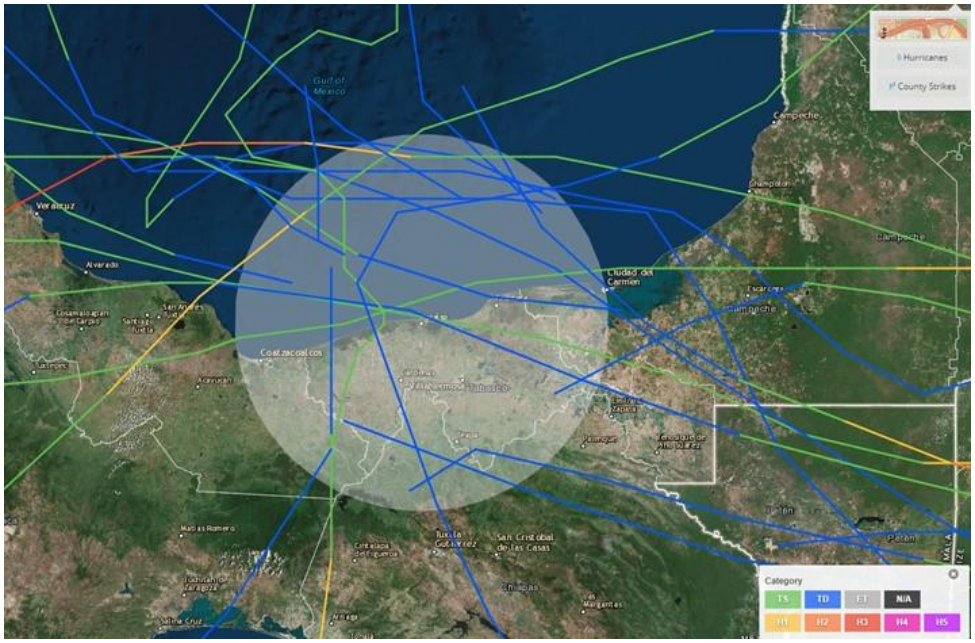
Figura IV.47. Trayectorias de tormentas tropicales de 1990 a 2018 en el Golfo de México.



Fuente: Elaboración IMP.

La Figura IV.48 presenta las trayectorias de las tormentas tropicales y huracanes que se han registrado en la costa de Tabasco en el periodo de 1990 a 2018 y en la Tabla IV.11. el nombre y año de incidencia.

Figura IV.48. Trayectorias de Huracanes y tormentas tropicales de 1990 a 2018 en la costa de Tabasco.



Fuente: Elaboración IMP.

Tabla IV.11. Resumen de huracanes de 1990 a 2018 en la costa de Tabasco.

Huracán	Fecha
DIANA 1990	Aug 04, 1990 a Aug 09, 1990
ANDREW 1992	Aug 16, 1992 a Aug 28, 1992
LIDIA 1993	Sep 08, 1993 a Sep 14, 1993
GERT 1993	Sep 14, 1993 a Sep 21, 1993
GORDON 1994	Nov 08, 1994 a Nov 21, 1994
ALLISON 1995	Jun 03, 1995 a Jun 11, 1995
ERIN 1995	Jul 31, 1995 a Aug 06, 1995
OPAL 1995	Sep 27, 1995 a Oct 06, 1995
ROXANNE 1995	Oct 07, 1995 a Oct 21, 1995
DOLLY 1996	Aug 19, 1996 a Aug 25, 1996
DANNY 1997	Jul 16, 1997 a Jul 27, 1997
EARL 1998	Aug 31, 1998 a Sep 08, 1998
GEORGES 1998	Sep 15, 1998 a Oct 01, 1998

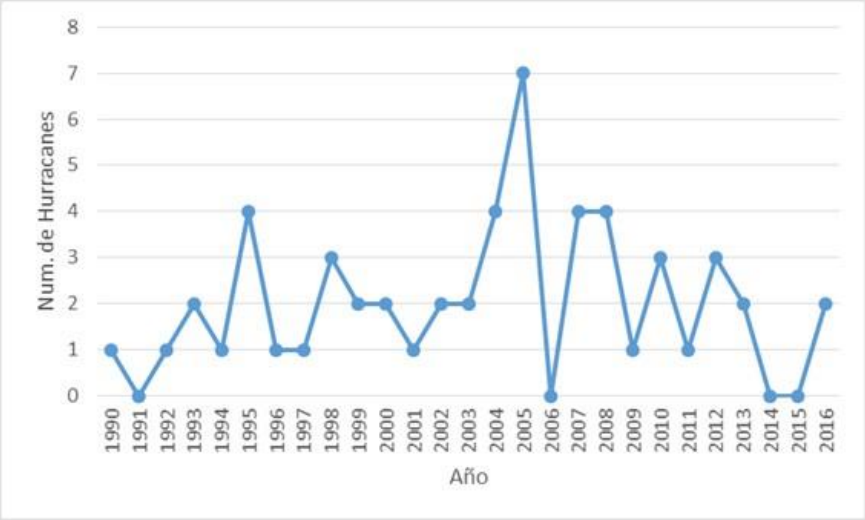
Huracán	Fecha
MITCH 1998	Oct 22, 1998 a Nov 09, 1998
BRET 1999	Aug 18, 1999 a Aug 25, 1999
IRENE 1999	Oct 12, 1999 a Oct 19, 1999
GORDON 2000	Sep 14, 2000 a Sep 21, 2000
KEITH 2000	Sep 28, 2000 a Oct 06, 2000
GABRIELLE 2001	Sep 11, 2001 a Sep 21, 2001
ISIDORE 2002	Sep 14, 2002 a Sep 27, 2002
LILI 2002	Sep 21, 2002 a Oct 04, 2002
CLAUDETTE 2003	Jul 07, 2003 a Jul 17, 2003
ERIKA 2003	Aug 14, 2003 a Aug 17, 2003
CHARLEY 2004	Aug 09, 2004 a Aug 15, 2004
FRANCES 2004	Aug 25, 2004 a Sep 10, 2004
IVAN 2004	Sep 02, 2004 a Sep 24, 2004
JEANNE 2004	Sep 13, 2004 a Sep 29, 2004
CINDY 2005	Jul 03, 2005 a Jul 11, 2005
DENNIS 2005	Jul 04, 2005 a Jul 18, 2005
EMILY 2005	Jul 11, 2005 a Jul 21, 2005
KATRINA 2005	Aug 23, 2005 a Aug 31, 2005
RITA 2005	Sep 18, 2005 a Sep 26, 2005
STAN 2005	Oct 01, 2005 a Oct 05, 2005
WILMA 2005	Oct 15, 2005 a Oct 26, 2005
DEAN 2007	Aug 13, 2007 a Aug 23, 2007
FELIX 2007	Aug 31, 2007 a Sep 06, 2007
HUMBERTO 2007	Sep 12, 2007 a Sep 14, 2007
LORENZO 2007	Sep 25, 2007 a Sep 28, 2007
DOLLY 2008	Jul 20, 2008 a Jul 27, 2008
GUSTAV 2008	Aug 25, 2008 a Sep 05, 2008
IKE 2008	Sep 01, 2008 a Sep 15, 2008
PALOMA 2008	Nov 05, 2008 a Nov 14, 2008
IDA 2009	Nov 04, 2009 a Nov 11, 2009
ALEX 2010	Jun 24, 2010 a Jul 02, 2010
KARL 2010	Sep 13, 2010 a Sep 18, 2010
RICHARD 2010	Oct 19, 2010 a Oct 26, 2010
NATE 2011	Sep 06, 2011 a Sep 12, 2011
CARLOTTA 2012	Jun 13, 2012 a Jun 17, 2012

Huracán	Fecha
ERNESTO 2012	Aug 01, 2012 a Aug 10, 2012
ISAAC 2012	Aug 20, 2012 a Sep 01, 2012
BARBARA 2013	May 28, 2013 a May 30, 2013
INGRID 2013	Sep 12, 2013 a Sep 17, 2013
EARL 2016	Aug 02, 2016 a Aug 06, 2016
HERMINE 2016	Aug 28, 2016 a Sep 08, 2016

Fuente: Elaboración IMP.

En la Figura IV.49 se presenta el número de huracanes por año, registrados en la costa de Tabasco en el periodo de 1990 a 2018, en ella se puede ver que en el 2005 ocurrieron 7 huracanes, siendo el valor máximo. El número de huracanes más frecuente oscila entre 1 y 3 por año.

Figura IV.49. Huracanes registrados en la costa de Tabasco de 1990 a 2018.



Fuente: Elaboración IMP.

En la Tabla IV.12 se presenta el resumen de las tormentas tropicales y año de aparición que afectaron a la región del Golfo de México de 1990 a 2018.

Tabla IV.12. Resumen de tormentas tropicales de 1990 a 2018 en la costa de Tabasco.

Tormentas tropicales	Fecha
MITCH 1998	Oct 22, 1998 a Nov 09, 1998
UNNAMED 1999	Oct 04, 1999 a Oct 06, 1999
CHANTAL 2001	Aug 14, 2001 a Aug 22, 2001
LARRY 2003	Sep 27, 2003 a Oct 07, 2003
GERT 2005	Jul 23, 2005 a Jul 25, 2005
STAN 2005	Oct 01, 2005 a Oct 05, 2005
FELIX 2007	Aug 31, 2007 a Sep 06, 2007
MARCO 2008	Oct 06, 2008 a Oct 07, 2008
KARL 2010	Sep 13, 2010 a Sep 18, 2010
MATTHEW 2010	Sep 23, 2010 a Sep 26, 2010
RICHARD 2010	Oct 19, 2010 a Oct 26, 2010
HARVEY 2011	Aug 19, 2011 a Aug 22, 2011
ERNESTO 2012	Aug 01, 2012 a Aug 10, 2012
HELENE 2012	Aug 09, 2012 a Aug 19, 2012
BARBARA 2013	May 28, 2013 a May 30, 2013
BARRY 2013	Jun 16, 2013 a Jun 21, 2013
FERNAND 2013	Aug 25, 2013 a Aug 26, 2013
INGRID 2013	Sep 12, 2013 a Sep 17, 2013
DOLLY 2014	Sep 01, 2014 a Sep 04, 2014
HANNA 2014	Oct 21, 2014 a Oct 29, 2014
EARL 2016	Aug 02, 2016 a Aug 06, 2016

Fuente: Elaboración IMP.

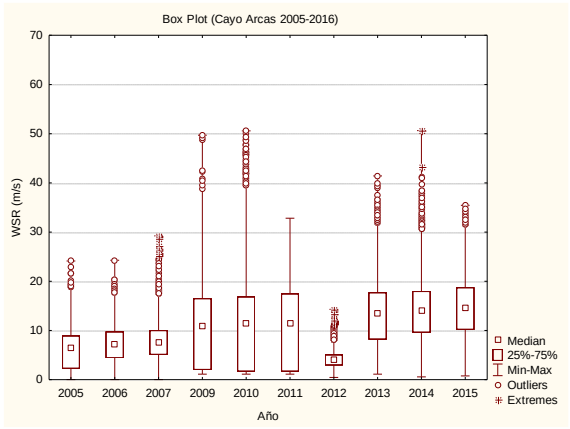
Existe probabilidad de un periodo seco "corto" a partir del 27 de octubre, elevándose aún más hasta alcanzar valores muy cercanos a 1 (0.999) entre el 10 de marzo y el 22 de abril, se presentan lapsos secos que duran entre seis y siete semanas, con periodo de retorno de veinte años. Existe menos riesgo de periodos secos; del 4 de agosto al 4 de octubre. Un aspecto importante es que entre el 9 y 22 de julio, en general, ocurre la sequía intraestival, que no es otra cosa más que días con altas temperaturas y escasa precipitación dentro de una temporada húmeda, la mayor elevación de la

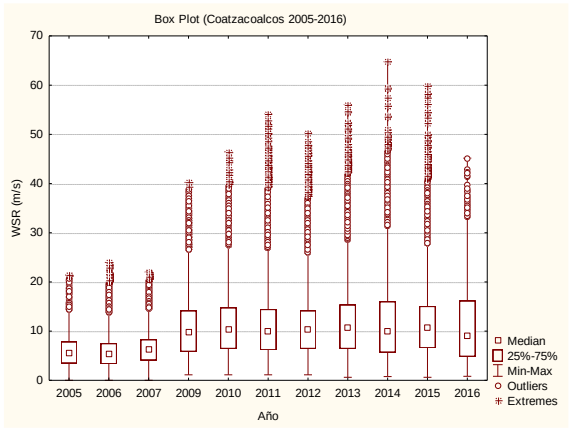
probabilidad se da en Paraíso, donde se presentan periodos secos en nueve de cada diez años.

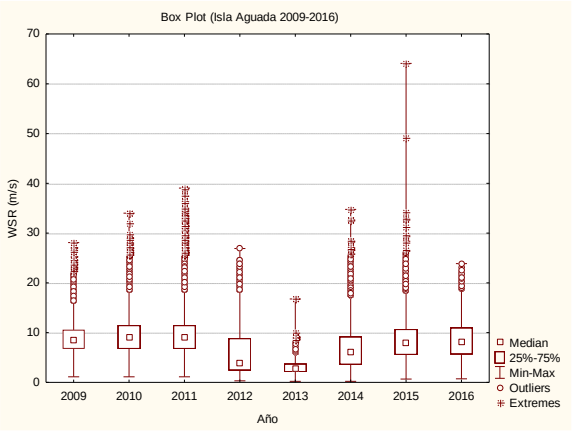
Tabasco es un estado con grandes extensiones inundables que ha sido históricamente una de las regiones que ha sufrido más daños a consecuencia de fenómenos hidrometeorológicos, existiendo registros históricos de inundaciones desde el año 1579 (Álvarez y Tuñón, 2016). Un ejemplo más reciente de los anterior es la inundación de octubre de 2007, cuando en 17 municipios del estado, cerca del 62 % del territorio quedó cubierto por el agua, dejando a cerca del 75 % de la población damnificada en 679 localidades debido a una combinación de elementos naturales (lluvias, escurrimientos, características hidrogeológicas, mareas y el fenómeno del Niño) y antrópicos (cambios de uso de suelo y el inadecuado manejo de las presas) (Perevochtchikova y Lezama, 2010). Los municipios de Centla, Paraíso, Comalcalco, Jalpa de Méndez, Cárdenas, Nacajuca, Cunduacán, Huimanguillo, Teapa y Macuspana presentan una vulnerabilidad “media” de inundación, mientras que el municipio Centro presenta un índice “alto” (CENAPRED, 2007)

En las Figura IV.50, Figura IV.51 y Figura IV.52, se muestra el comportamiento de la intensidad y dirección del viento en las estaciones meteorológicas de Cayo Arcas, Coatzacoalcos e Isla Aguada, para el periodo de 2005 a 2016.

Figura IV.50. Intensidad de Vientos dominantes.







Los vientos dominantes son las tendencias en la dirección del viento con la velocidad más alta sobre una localidad en particular en la superficie de la Tierra. Los vientos dominantes de una región son afectados por pautas o patrones globales del movimiento en la atmósfera de la Tierra.

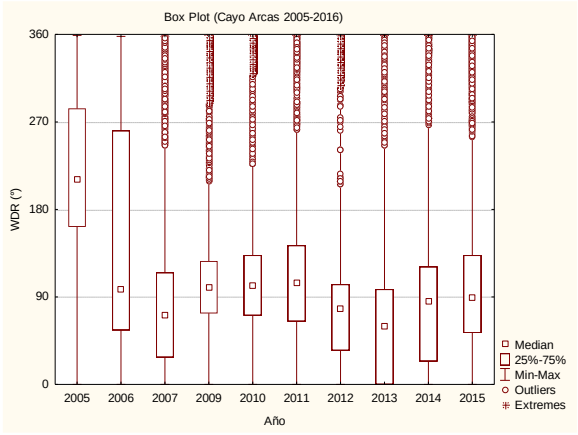
En la región bajo estudio, la intensidad del viento dominante más fuerte registrado fue de 65 m/s ocurrido en el año 2014 y 2015 en la zona de Coatzacoalcos e Isla Aguada, respectivamente.

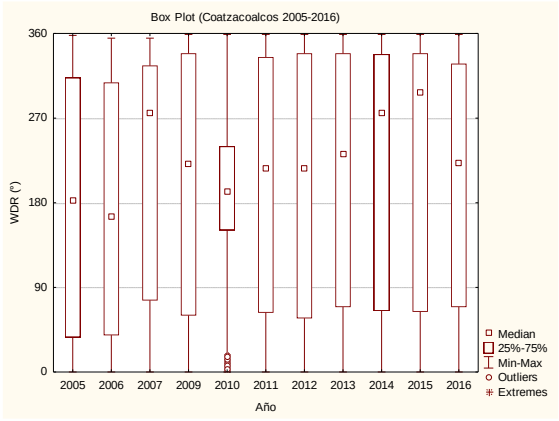
El valor medio anual de la intensidad del viento dominante en general oscila entre 9 a12 m/s.

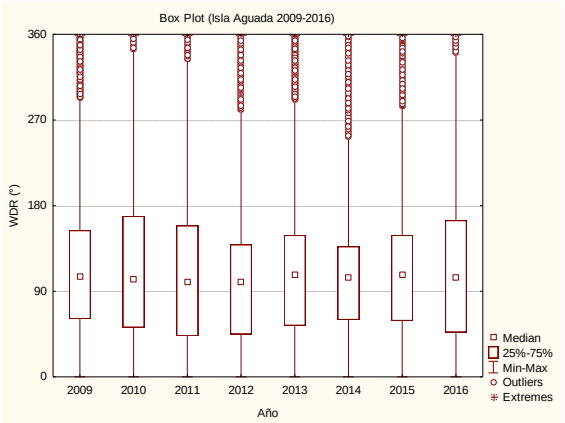
En la zona de cayo Arcas los vientos dominantes no son tan fuertes como en las otras estaciones, aunque el viento dominante medio si es un poco mayor.

Fuente: Elaboración IMP

Figura IV.51. Dirección viento dominante.







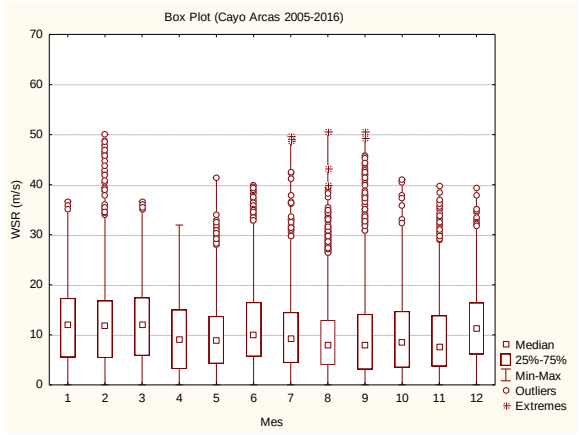
El análisis estadístico de las bases de datos de las estaciones meteorológicas analizadas, indica que la dirección del viento dominante promedio anual más frecuente es del sector Nor-Este y Este para las regiones de Cayo Arcas e Isla Aguada, esta tendencia varía considerablemente en la estación de Coatzacoalcos del Sector Sur-Oeste.

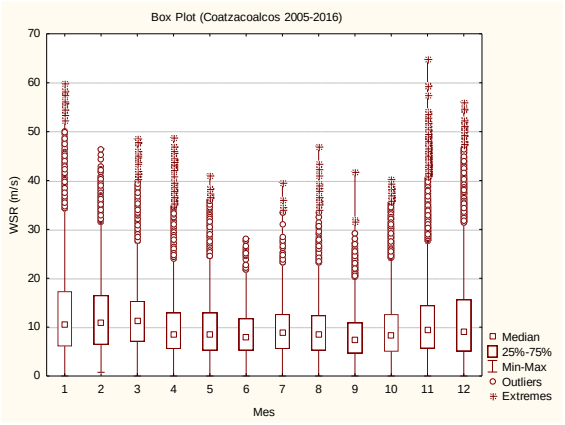
La estación Coatzacoalcos tiene una alta variación en la dirección del viento, esto debido a su localización geográfica, ya que está influenciada por la interacción del Istmo de Tehuantepec, así como de la topografía, haciendo que el campo de vientos se dirija hacia el Sur, hacia el Istmo de Tehuantepec.

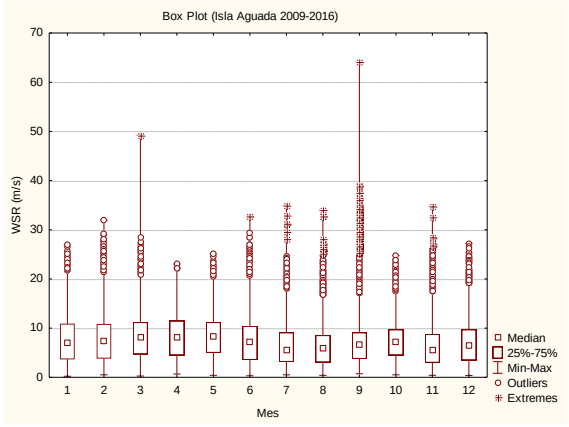
En contra parte las estaciones de Cayo Arcas e Isla Aguada se ubican en una región donde no existen grandes accidentes topográficos y está dominado por vientos anticiclónicos cuyo su principal origen es del sector Este.

Fuente: Elaboración IMP.

Figura IV.52. Intensidad del viento mensual







El análisis estadístico de la intensidad del viento dominante mensual muestra que existe una oscilación del valor de 8 a 12 m/s en las tres estaciones.

El valor más alto es de 65 m/s y ocurrió en noviembre y septiembre en Coatzacoalcos e Isla Aguada; los valores más altos en la región oscilan de 20 a 50 m/s.

El valor medio de la intensidad del viento dominante mensual oscila entre 7 a 12 m/s.

Isla aguada presenta poca variación en la intensidad del viento dominante, ya que el 75% de sus datos llega a 10 m/s.

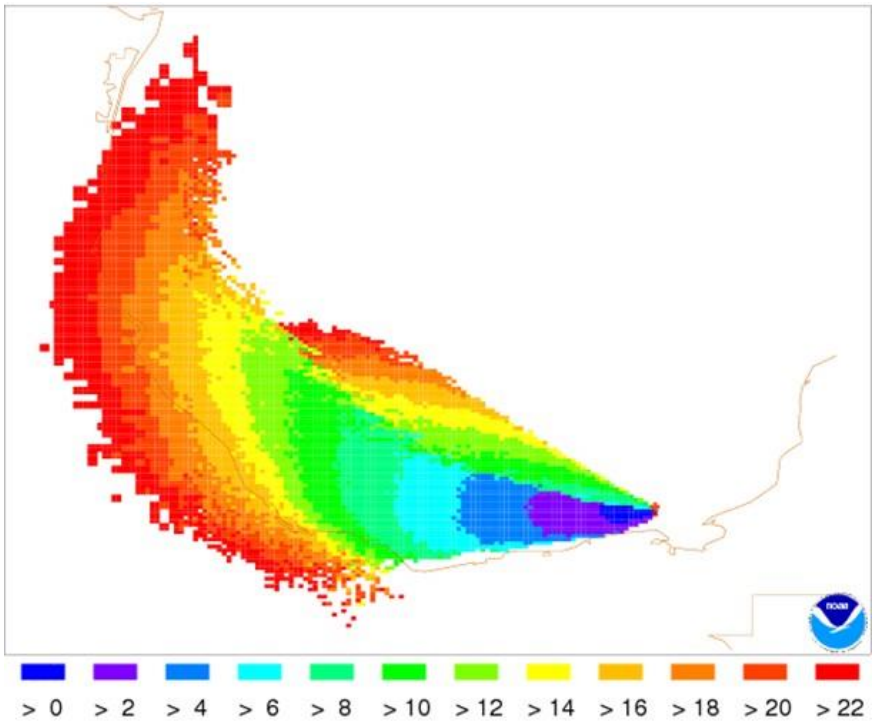
Por el contrario, Cayo Arcas tiene una mayor variación en la intensidad del viento dominante.

Las regiones de Cayo Arcas y Coatzacoalcos presentan los valores más extremos de la intensidad del viento medio.

Fuente: Elaboración IMP.

En la Figura IV.53 se presenta la distribución de tiempos de transporte atmosférico para la región del Golfo de México en aguas someras en frente de las costas de Tabasco y Campeche, a un altura de 100 sobre el nivel del mar. Cada color corresponde a un tiempo de llegada de la parcela de aire desde el punto inicial hasta las diferentes distancias.

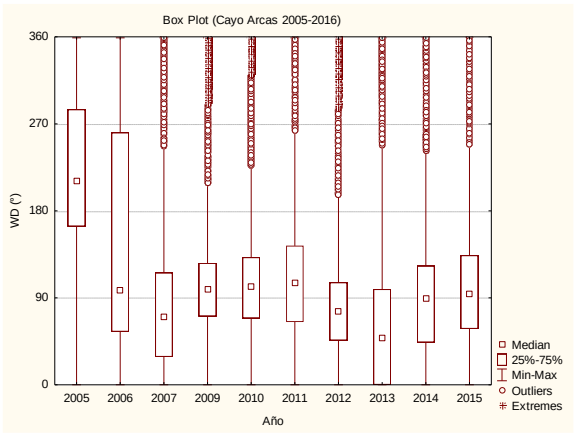
Figura IV.53. Tiempos de alcance del transporte atmosférico en la región del Golfo de México.

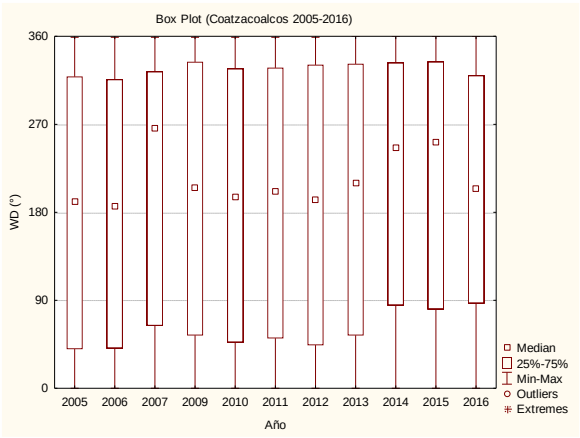


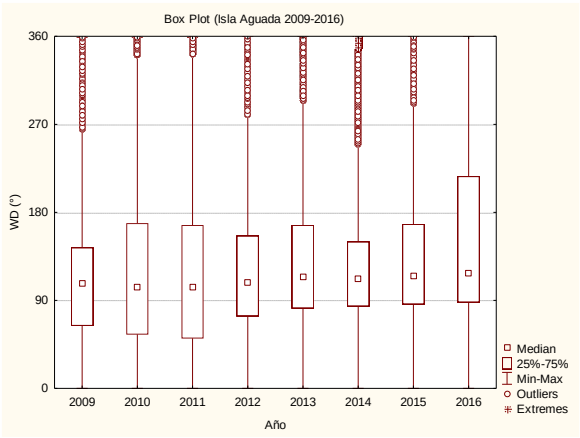
Fuente: Elaboración IMP.

En las figuras IV 54, 55 y 56, se muestra el comportamiento de la dirección e intensidad anual y mensual de los vientos de las estaciones meteorológicas estudiaras. Por su parte en la figura IV.57, se muestra el campo de vientos mensual, para la región de Tabasco.

Figura IV.54. Velocidad y Dirección de los Vientos Reinantes.







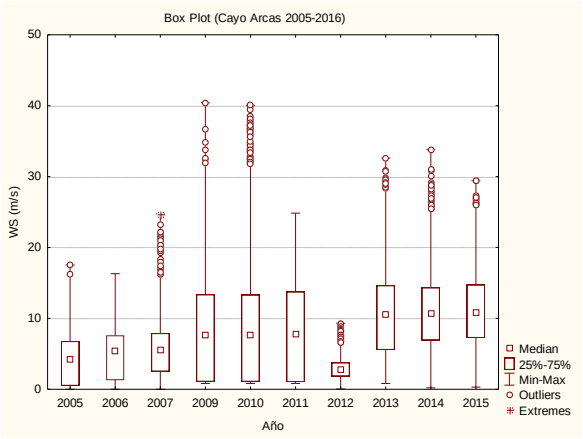
Las bases de datos de las estaciones meteorológicas analizadas, indica que la dirección del viento dominante más frecuente es del sector Nor-Este y Este para las regiones de Cayo Arcas e Isla Aguada, esta tendencia varía en la estación de Coatzacoalcos del Sector Sur-Oeste.

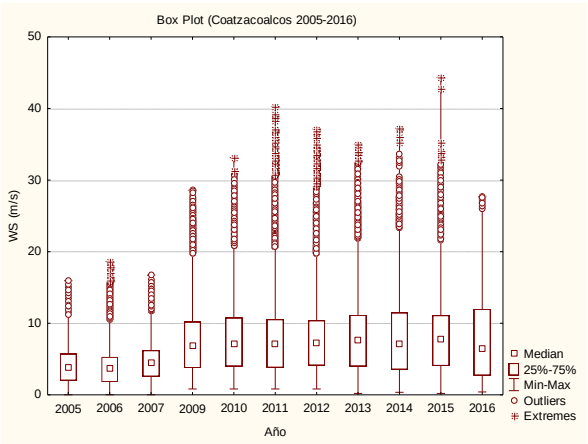
La estación Coatzacoalcos tiene una tendencia de la dirección del viento diferente que las otras estaciones debido a su localización geográfica, ya que está influenciada por el Istmo de Tehuantepec, así como de la topografía, haciendo que el campo de vientos se dirija hacia el Sur, hacia el Istmo de Tehuantepec.

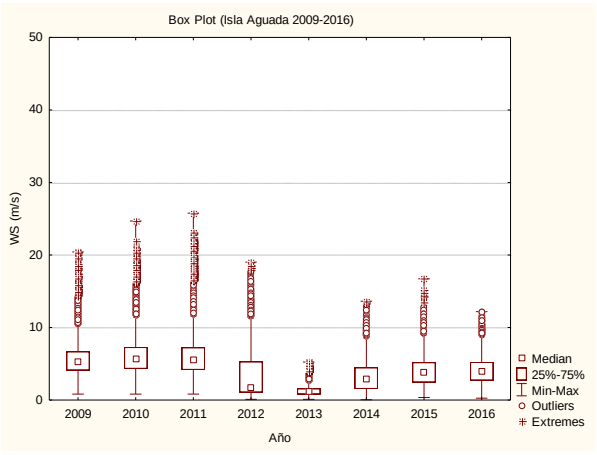
En contra parte las estaciones de Cayo Arcas e Isla Aguada se ubican en una región donde no existen grandes accidentes topográficos y está dominado por vientos anticiclónicos cuyo su principal origen es del sector Este.

Fuente: Elaboración IMP.

Figura IV.55. Intensidad del viento anual.







En la región bajo estudio, la intensidad del viento más fuerte registrado fue de 45 m/s ocurrido en el año 2015 en la zona de Coatzacoalcos.

Los valores más frecuentes de la intensidad del viento más alto en general oscilan entre 20 y 40 m/s.

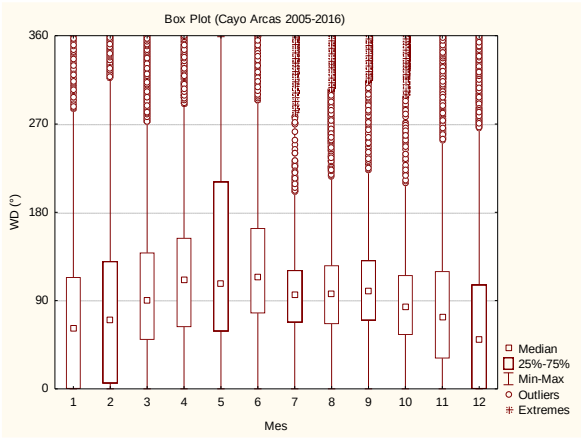
El valor medio anual de la intensidad del viento promedio en general oscila entre 4 a 11 m/s., siendo Isla Aguada la que tiene los menores valores del viento promedio anual, así como poca variación.

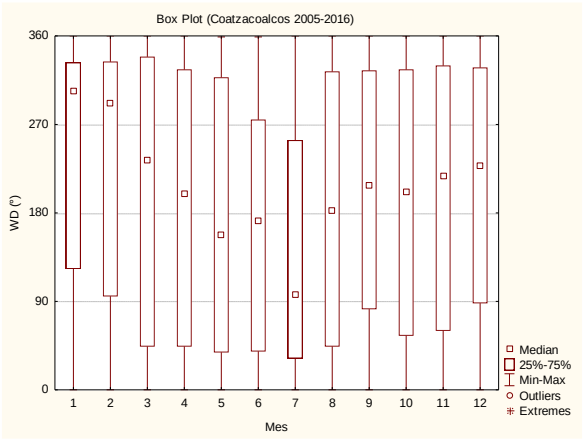
En la zona de cayo Arcas los vientos promedio son los más fuertes, y de alta variación.

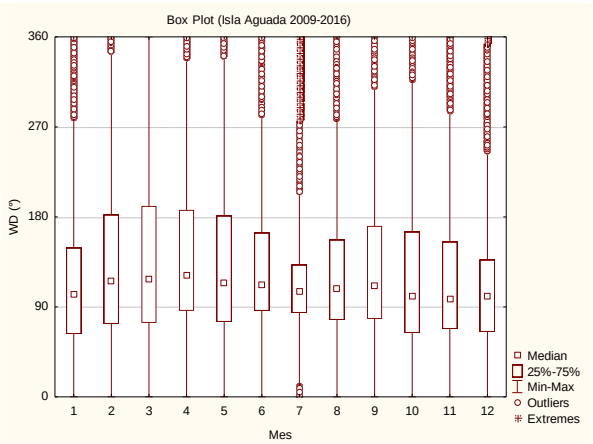
La estación de Coatzacoalcos registró intensidades de viento medio muy similares a largo del periodo analizado.

Fuente: elaboración IMP

Figura IV.56. Dirección del viento mensual







La variación estadística mensual de la dirección del viento tiene un comportamiento semejante en Cayo Arcas e Isla Aguada.

En el inicio del año la dirección del viento proviene del Sector Este, conforme avanza el año la tendencia se va tornando del Este-Sureste a Sur-Este, este comportamiento corresponde a Cayo Arcas e Isla Aguada.

Por otro lado, en Coatzacoalcos la dirección del viento tiene una alta variabilidad, teniendo en el inicio de año diferente una dirección de viento proveniente del sector Nor-Oeste, la cual se va convirtiendo a Sur conforma avanza el año.

Y nuevamente comienza a cambiar a Sur-Oeste en lo que resta del año.

De acuerdo a los datos y sus tendencias el Istmo de Tehuantepec tiene una alta influencia en la región de Coatzacoalcos y casi nula en la región de Cayo Arcas e Isla Aguada.

Fuente: Elaboració IMP.

Figura IV.57. Comportamiento mensual del campo de vientos en la región de Tabasco (2012 a 2018).

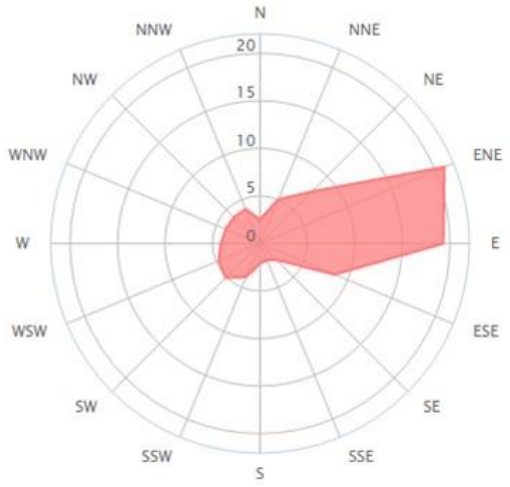


Fuente worldweatheronline.com.

Como se puede observar en las figuras IV. 57 y IV.58, los vientos en esta región de Tabasco tienen una fuerte componente del Sector Nor-Este y Este durante todo el año.

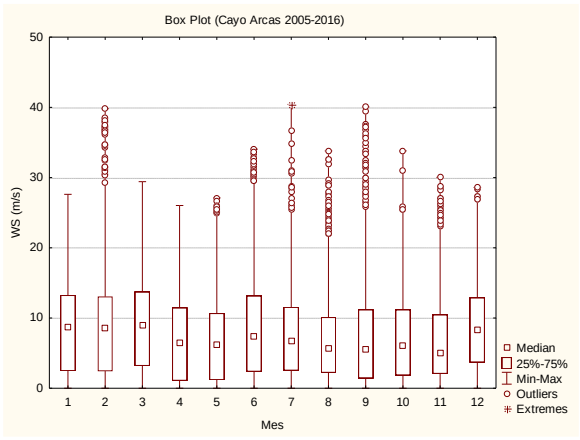
Este comportamiento de la dirección del viento coincide con la tendencia de dirección del viento de las Estaciones de Cayo Arcas y de Isla Aguada, ya que en dichos sitios existe una alta frecuencia de vientos del Sector Nor-Este y Este durante los meses del año.

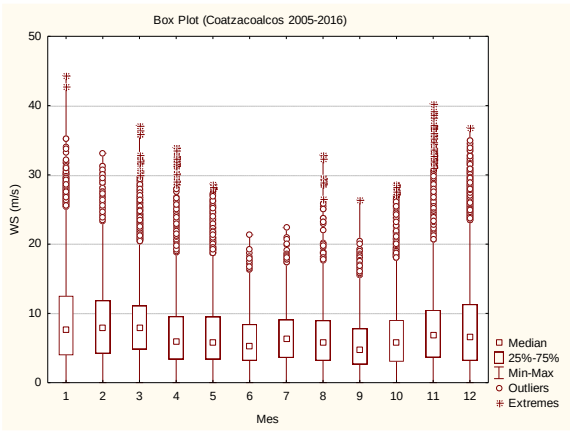
Figura IV.58. Comportamiento del campo de vientos (%) en la región de Tabasco (2012 a 2018).

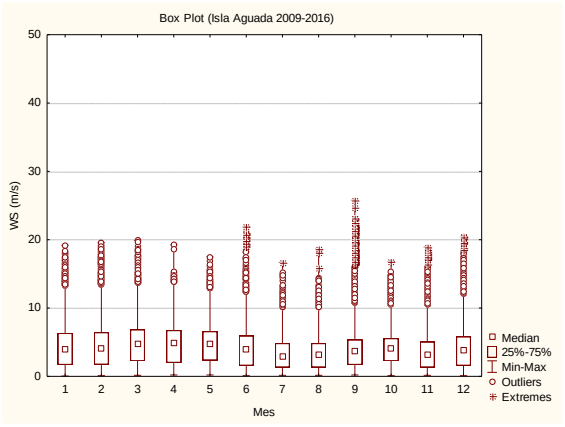


Fuente worldweatheronline.com.

Figura IV.59. Intensidad de viento.







La tendencia de la variación estadística mensual de la intensidad del viento promedio en las estaciones de Cayo Arcas y Coatzacoalcos es muy semejante en los primeros meses del año, registrando valores promedio de 8 m/s durante los 3 primeros meses, posteriormente en los siguientes dos meses la intensidad del viento disminuye llegando a 6 m/s.

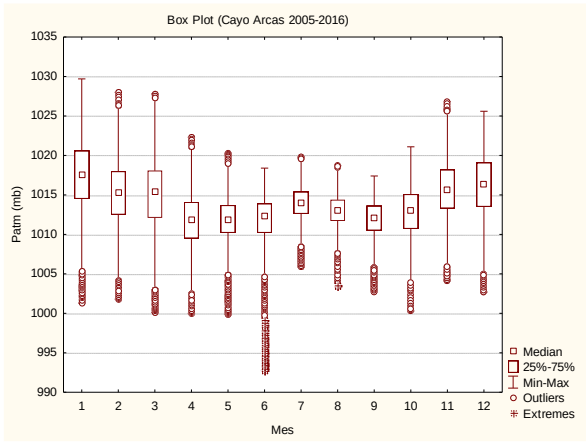
La intensidad de viento promedio más alto llega a ser de 45 m/s en el mes de enero en Coatzacoalcos. En Isla Aguada se registran las menores intensidades de viento medio (~3 a 5 m/s), en contraste en la región de Cayo Arcas presenta las mayores fluctuaciones de la intensidad del viento medio.

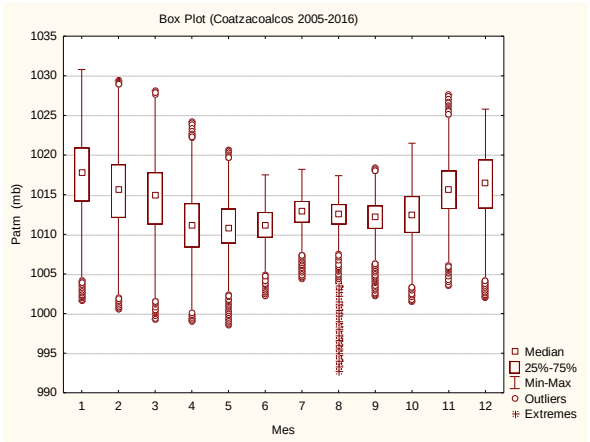
En Coatzacoalcos los mayores valores de la intensidad del viento medio se presentan en los meses de noviembre a enero, lo cual corresponde a la temporada de “Nortes”.

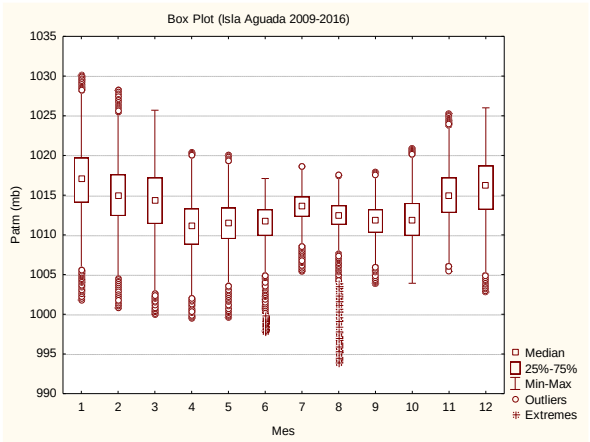
En la región de cayo Arcas los mayores valores de la intensidad del viento corren en los meses de julio a septiembre.

Fuente: Elaboración IMP

Figura IV.60. Presión atmosférica mensual.







La variación estadística mensual de la presión atmosférica presenta una tendencia semejante, siendo los meses de enero y diciembre los que tienen los valores medios más altos de presión. Cabe mencionar que la variación mensual en las tres regiones, presentan dos mínimos, el primero en los meses de abril a junio (1012 mb) y el segundo periodo de septiembre a octubre (1013 mb).

En el mes de julio existe un punto de inflexión que divide ambos periodos de valores mínimos. El segundo periodo de mínimos es cuando la prevalecía de nubosidades y tormentas tropicales es mayor.

El promedio mensual para la zona de Paraíso, Tabasco oscila entre 1010.5 – 1012.4 mb en los meses de abril a octubre se presentan condiciones de baja presión, a diferencia de los meses de noviembre a febrero en que se presentan condiciones de mayor presión (1014.4 – 1016.7 mb).

Fuente: Elaboración IMP.

Modelación meteorológica.

En las siguientes figuras se presenta el análisis de principales trayectorias del transporte atmosférico en la región del Golfo de México en aguas someras, frente a las costas de Tabasco por mes del año, estas simulaciones de la trayectoria fueron obtenidas con la herramienta HYSPLIT, la cual considera las diferentes variaciones del campo de viento, como se indicó en el numeral IV.1 Delimitación y justificación del sistema ambiental regional (SAR) donde pretende establecerse el proyecto, en el apartado de Dispersión Atmosférica.

Las nuevas características del modelo incluyen algoritmos de advección mejorados, revisión y actualización en la estabilidad y las ecuaciones de dispersión, una nueva interfaz gráfica de usuario, y la opción de incluir módulos para las transformaciones químicas. Sin la dispersión de los módulos adicionales, HYSPLIT calcula la advección de una partícula solo contaminante, o simplemente de su trayectoria.

También se utilizaron las bases de datos meteorológicas globales llamadas GDAS, la cual tiene una resolución de un grado y tiene información desde 2006 a la fecha, estas bases de datos son administradas por la NOAA.

El Servicio Meteorológico Nacional de los Centros Nacionales de Predicción Ambiental (NCEP) realiza una serie de análisis y previsiones de equipo operacional. Por lo que utiliza habitualmente los datos del modelo del NCEP para el uso en el transporte aéreo y para el cálculo de los modelos de dispersión. En 1989 comenzaron a archivar las bases de datos para que sean utilizadas en estudios de investigación futuros. La información de las bases de datos puede ser obtenida a través de ftp.

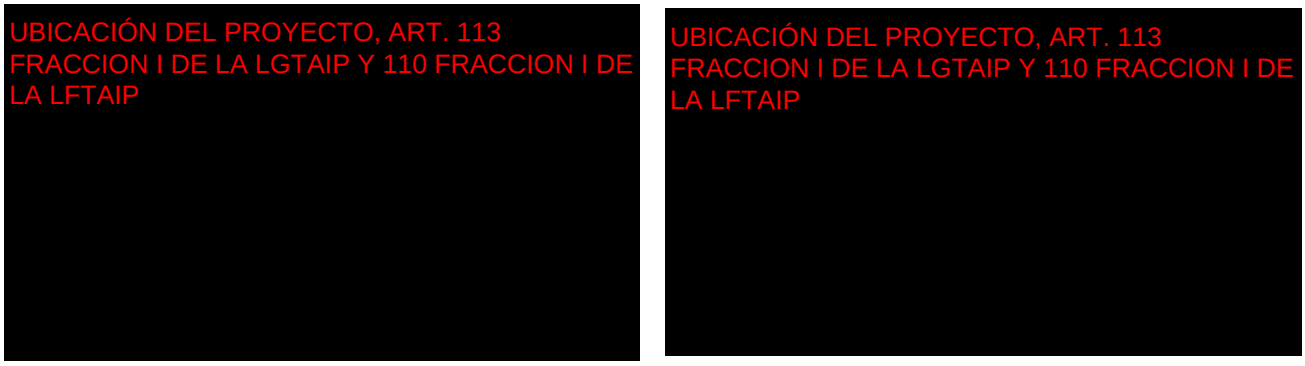
Se realizó una simulación por mes, bajo las mismas características, con el objeto de conocer la influencia del campo de vientos sobre el transporte atmosférico.

En la misma figura se observa el efecto del Istmo de Tehuantepec, el cual jala a las parcelas de aire presentes en la cercanía de la costa del Golfo de México frente a Coatzacoalcos, este efecto también se ha observado en el análisis histórico del campo de vientos. En la región frente a la costa de Campeche el campo de vientos proviene del sector Este.

Conforme avanza la parcela de aire hacia la costa de Coatzacoalcos, el efecto del Istmo de Tehuantepec jala a las parcelas de aire hacia la tierra. Cabe hacer mención que esta descripción es representativa de la región del Golfo de México en aguas

someras. Durante el año hay una corta temporada en que ocurren vientos del Sur llamadas “Suradas”.

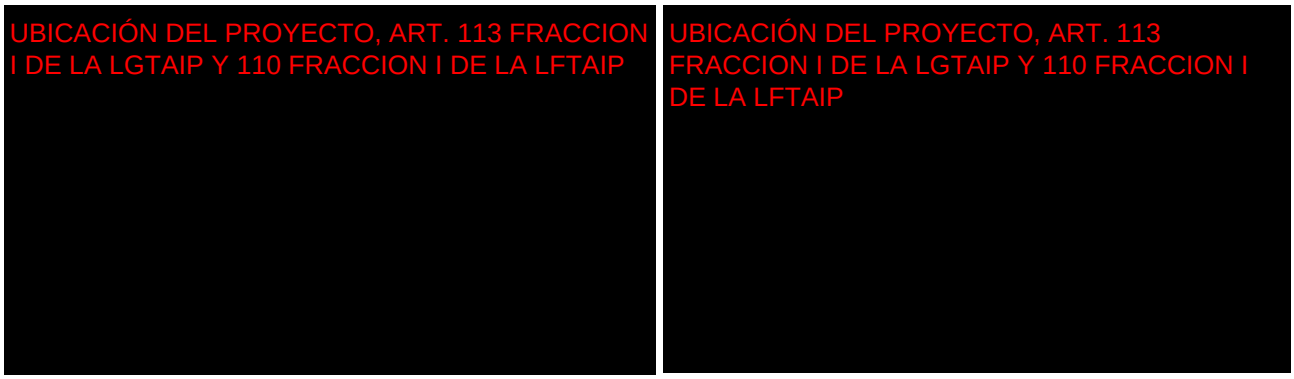
Figura IV.61. Trayectorias del transporte atmosférico para el mes de enero (izq.) y febrero (der.) 2017.



Fuente: Elaboración IMP.

En concordancia con el análisis estadístico, se observa que el transporte atmosférico tiene una tendencia del Este al Oeste y dependiendo de las condiciones meteorológicas, cuando se aproxime a la región de Coatzacoalcos, tendera a ingresar a tierra firme por efecto Istmo de Tehuantepec. El mes de febrero tiene un comportamiento similar.

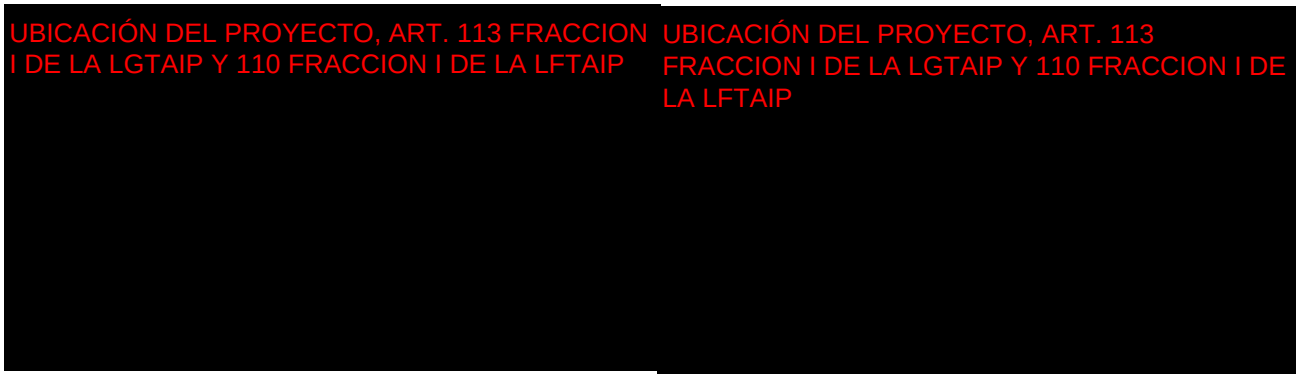
Figura IV.62. Trayectorias del transporte atmosférico para el mes de marzo (izq.) y abril (der.) 2017.



Fuente: Elaboración IMP.

En el mes de marzo el campo de vientos tiene más marcado el componente Nor-Este por lo que el transporte atmosférico tiende a dirigirse más cercano a la costa. El mes de abril el campo de vientos tiene una mayor frecuencia de vientos del Este, por lo que la trayectoria vuelve hacer muy simular a los meses de enero y febrero.

Figura IV.63. Trayectorias del transporte atmosférico para el mes de mayo (izq.) y junio (der.) 2017.

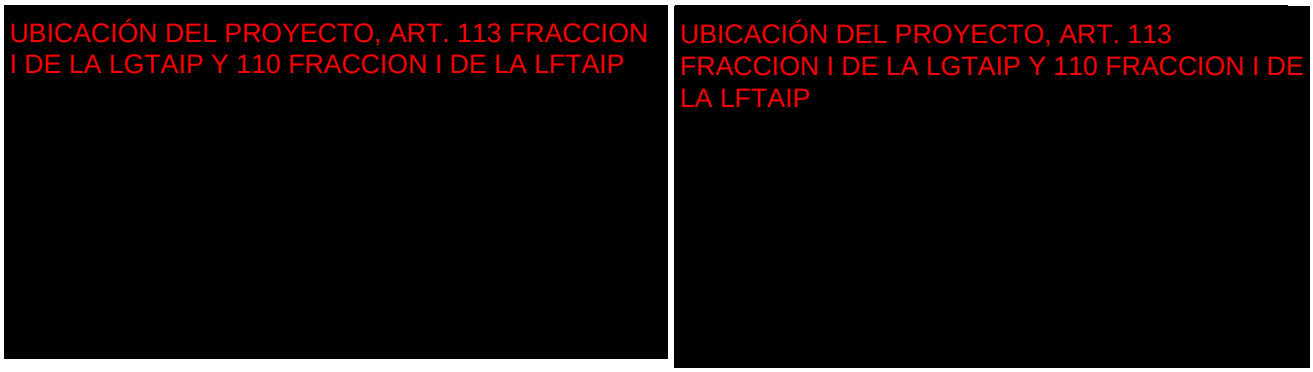


Fuente: Elaboración IMP.

La simulación de la trayectoria atmosférica muestra que una tendencia de vientos de Nor-Este. En estos primeros meses del año se reafirma que los vientos provienen en gran medida del sector Nor-Este y Este.

Cabe hacer mención que en el mes de junio, por primera vez se observa que los vientos no penetran a tierra, sino que se transporta por el Golfo de México.

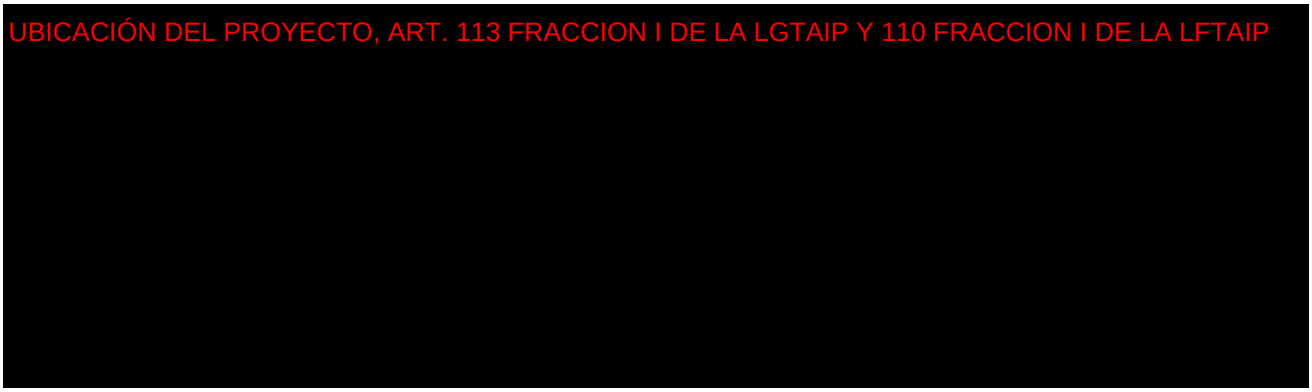
Figura IV.64. Trayectorias del transporte atmosférico para el mes de julio (izq.) y agosto (der.) 2017.



Fuente: Elaboración IMP.

En julio y agosto se observa un transporte bastante diferente, quizás debido a la transición del clima a nivel mesoescala, debido que están por iniciar la temporada de huracanes y también coincide con la época de la canícula, que una época en que existe mucho calor y existe poco viento.

Figura IV.65. Trayectorias del transporte atmosférico para el mes de septiembre (izq.) y octubre (der.) 2017.

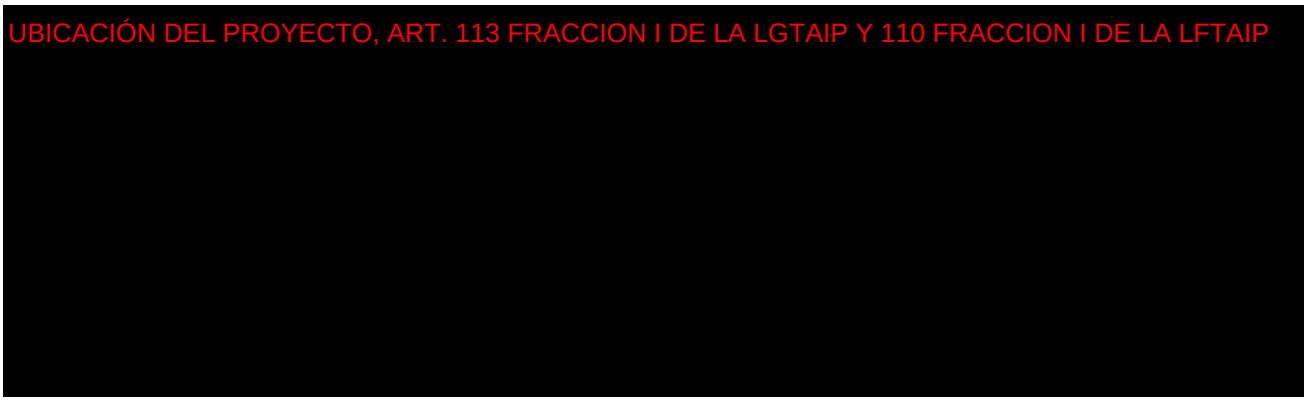


Fuente: Elaboración IMP.

El mes de septiembre mantiene la tendencia de vientos del sector Nor-Este y Este, ingresando de forma más cercana a la costa, esto por la presencia de viento que proviene del Norte.

En el mes de octubre se observa más marcado el efecto de “Nortes” sobre la trayectoria del transporte atmosférico, ya que la parcela de aire se dirige de forma directa al Sur, es decir hacia la costa.

Figura IV.66. Trayectorias del transporte atmosférico para el mes de noviembre (izq.) y diciembre (der.)



Los meses de noviembre y diciembre tienen una tendencia semejante al mes de octubre, época en que los vientos del “Norte” dominan a la circulación de vientos y en esta época el transporte atmosférico podría tener un impacto en la zona costera, esto dependiendo de las otras variables meteorológicas involucradas en la dispersión atmosférica.

Nivel sonoro

Con la finalidad de tener un referente y conocer el nivel sonoro basal existente en la actualidad en la región del municipio de Paraíso, Tabasco y en el Sistema Ambiental regional de la RDB, lo cual será utilizado posteriormente como insumo para la modelación y pronóstico de los niveles, se llevó a cabo una campaña de medición de nivel sonoro, se realizaron mediciones en 60 sitios, en la región del SAR y en la zona aledaña de la Terminal Marítima de Dos Bocas, de acuerdo a lo establecido en la legislación, reglamentos y normas en materia ambiental, entre las que figuran el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013–2018, la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), las cuales contemplan una serie de acciones para minimizar las afectaciones al entorno y retornar a su uso original las áreas donde desarrollan actividades de la industria en cuestión.

El monitoreo del nivel sonoro se realizó en dos periodos, del 10 al 15 y del 22 al 24 del mes de abril de 2019. Los equipos empleados para dicha determinación, fueron: un Sonómetro marca CEL Modelo 480 y un calibrador acústico marca CEL Modelo 282; para mayor detalle ver Anexo A – Reporte Monitoreo ruido basal del presente reporte.

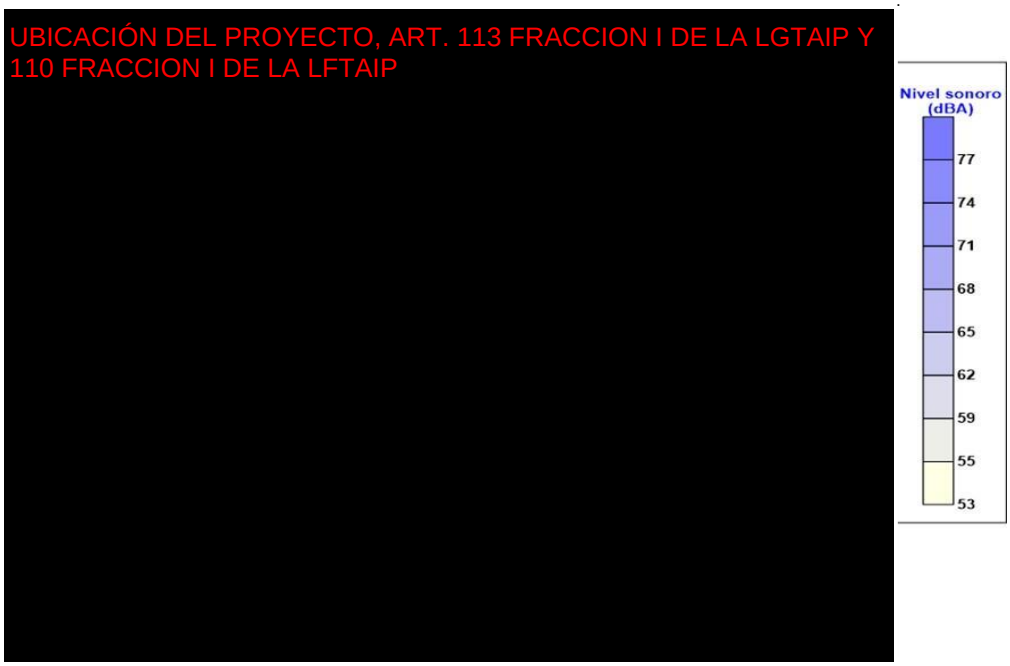
En la Figura IV.67 se presenta el mapa del nivel sonoro medido en toda la región del SAR, en la figura se puede observar la influencia de la zona urbana e industrial del municipio de Paraíso, Tabasco y de la región aledaña a la autopista que comunica la Ciudad de Villahermosa, (en tonos azules), los niveles registrados alcanzan los 74 dB. En la parte central del mapa (zona amarrilla) se registraron los niveles más bajos de nivel sonoro; el cual muestra valores inferiores a 68 dB.

En la Figura IV.68 se presenta un acercamiento del mapa del nivel sonoro en el municipio de Paraíso, Tabasco. En dicho gráfico se puede observar que los valores más altos del nivel sonoro se registran en las inmediaciones del puerto de Dos Bocas, alcanzado un valor de 77 dB. El nivel sonoro sufre una atenuación natural, y ya en la zona urbana se registran valores de 53 dB a un radio de 1.7 kilómetros con respecto a las instalaciones del puerto de Dos Bocas.

Aledaño a dichas instalaciones existe una zona comercial y una carretera que presenta alto aforo vehicular.

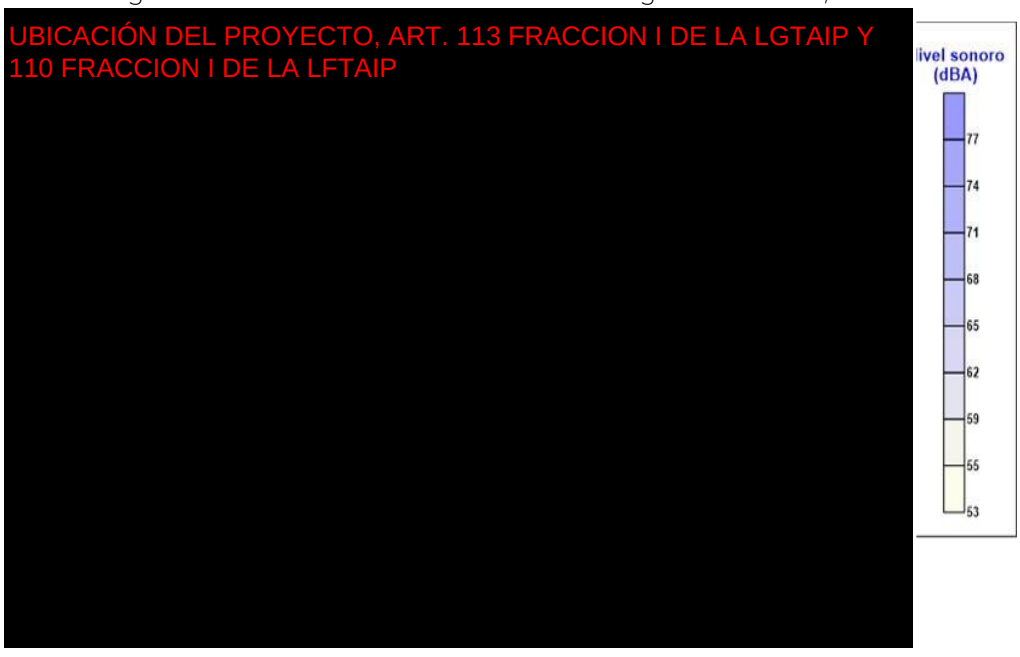
Es decir, en los alrededores del proyecto de la RDB, existen fuentes sonoras que ya impactan en el nivel sonoro del ambiente. Los valores sonoros están del orden de 68 a 70 dB, ya que la zona tiene un constante flujo vehicular, así como la existencia de

actividad comercial e industrial, por lo que el impacto se estima sea ligero y que con medidas convencionales y buenas prácticas de ingeniería se puedan mitigar.



Fuente: Elaboración IMP.

Figura IV.68. Nivel sonoro basal medido en región de Paraíso, Tabasco.



Fuente: Elaboración IMP.

Cabe hacer mención, que en los alrededores del proyecto de la RDB, los valores sonoros están del orden de 68 a 70 dB, ya que la zona tiene un constante flujo vehicular, así como la existencia de actividad comercial e industrial, por lo que el impacto se estima sea ligero y que con medidas convencionales y buenas prácticas de ingeniería se puedan mitigar.

Evaluación de la Calidad del Aire.

Se evaluó la calidad del aire en 24 sitios ubicados dentro del SAR, mediante el monitoreo de contaminantes normados, como son: Ozono (O_3), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrógeno (NO_2), Dióxido de Azufre ($_{SO2}$), Partículas Menores a 2.5 ($PM_{2.5}$) y 10 Micrones (PM_{10}), adicionalmente se medirán las Partículas Suspendidas Totales (PST) y el Ácido Sulfhídrico (H_2S), así como la determinación de parámetros meteorológicos; de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera, en el Artículo 17, Fracción V y las Normas Oficiales Mexicanas de salud ambiental.

Simultáneamente al monitoreo se efectuó la medición continua de las condiciones meteorológicas prevalecientes durante el periodo de monitoreo. Los sensores meteorológicos se instalaron en una torre retráctil acoplada al laboratorio móvil, midiendo los parámetros meteorológicos conforme a las especificaciones de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), con el objeto de tener una medición representativa de la región y no medir efectos locales provocados por estructuras, topografía, vegetación, etc. instalando los sensores meteorológicos en una torre retráctil que está acoplada al laboratorio móvil.

Las variables meteorológicas registradas fueron las siguientes: velocidad y dirección del viento, temperatura ambiente, humedad relativa, presión barométrica y radiación solar. En el Anexo “Monitoreo de la Calidad del Aire”, se presenta el informe detallado, incluyendo hojas de laboratorio, acreditaciones y anexo fotográfico.

Todos los analizadores del sistema integral de monitoreo están fijos en anaqueles y montados en el laboratorio móvil, el cual cuenta con aire acondicionado para mantenerlos a una temperatura controlada para la operación óptima de dichos equipos. La captura de datos del monitoreo de contaminantes y parámetros meteorológicos se realizó mediante un sistema de adquisición de datos que registra la información de manera continua.

Los equipos analizadores instalados en las Unidades Móviles de Calidad del Aire (UMCA´s) del IMP que se emplearon para el monitoreo de calidad del aire, operan

conforme a los métodos equivalentes establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) vigentes.

La evaluación de la calidad del aire se efectúa mediante la comparación de las concentraciones obtenidas para los contaminantes normados monitoreados, contra los límites permisibles establecidos en las Normas de Salud Ambiental que se mencionan en la tabla IV.13.

Tabla IV.13. Periodos y Normas Oficiales Mexicanas para evaluar cada contaminante atmosférico.

CONTAMINANTE CRITERIO	PERIODO	LÍMITE PERMISIBLE	NORMA OFICIAL MEXICANA
Ozono (O_3)	Promedio máximo de 1 hora	0.095 ppm	NOM-020-SSA1-2014
	Promedio de 8 horas móviles	0.07 ppm	
Monóxido de carbono (CO)	Promedio de 8 horas móviles	11.0 ppm	NOM-021-SSA1-1993
Dióxido de azufre (SO_2)	Promedio de 24 horas	0.11 ppm	NOM-022-SSA1-2010
	Promedio de 8 horas móviles	0.20 ppm	
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	Promedio máximo de 1 hora	0.21 ppm	NOM-023-SSA1-1993
Partículas menores a 10 micras (PM_{10})	Promedio de 24 horas	75 µg/m^3	NOM-025-SSA1-2014
Partículas menores a 2.5 micras ($PM_{2.5}$)		45 µg/m^3	

Fuente: Elaboración IMP.

La concentración de los contaminantes atmosféricos gaseosos se expresa en unidades del Sistema Internacional (µmol/mol). La unidad µmol/mol es equivalente a partes por millón (ppm). La concentración de partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) se expresa en microgramos por metro cúbico (µg/m^3). Las Normas anteriores se aplican a todo el territorio nacional y están establecidas como medida de protección a la salud humana.

Para clasificar la calidad del aire se tomó como referencia el Índice Metropolitano de Calidad del Aire (IMECA), el cual establece 5 clasificaciones como se muestra en la tabla IV.14.

Tabla IV.14. Clasificación de la calidad del aire en términos del IMECA (*).

INTERVALOS DE IMECA	CALIDAD DEL AIRE
0 – 50	BUENA
51 – 100	REGULAR
101 – 150	MALA
151 – 200	MUY MALA
>200	EXTREMADAMENTE MALA

(*)Secretaria del Medio Ambiente: www.sma.df.gob.mx
Norma Ambiental NADF-009-AIRE-2006 publicada en la Gaceta Oficial del Gobierno del Distrito Federal el 29 de abril de 2006.

Fuente: Elaboración IMP.

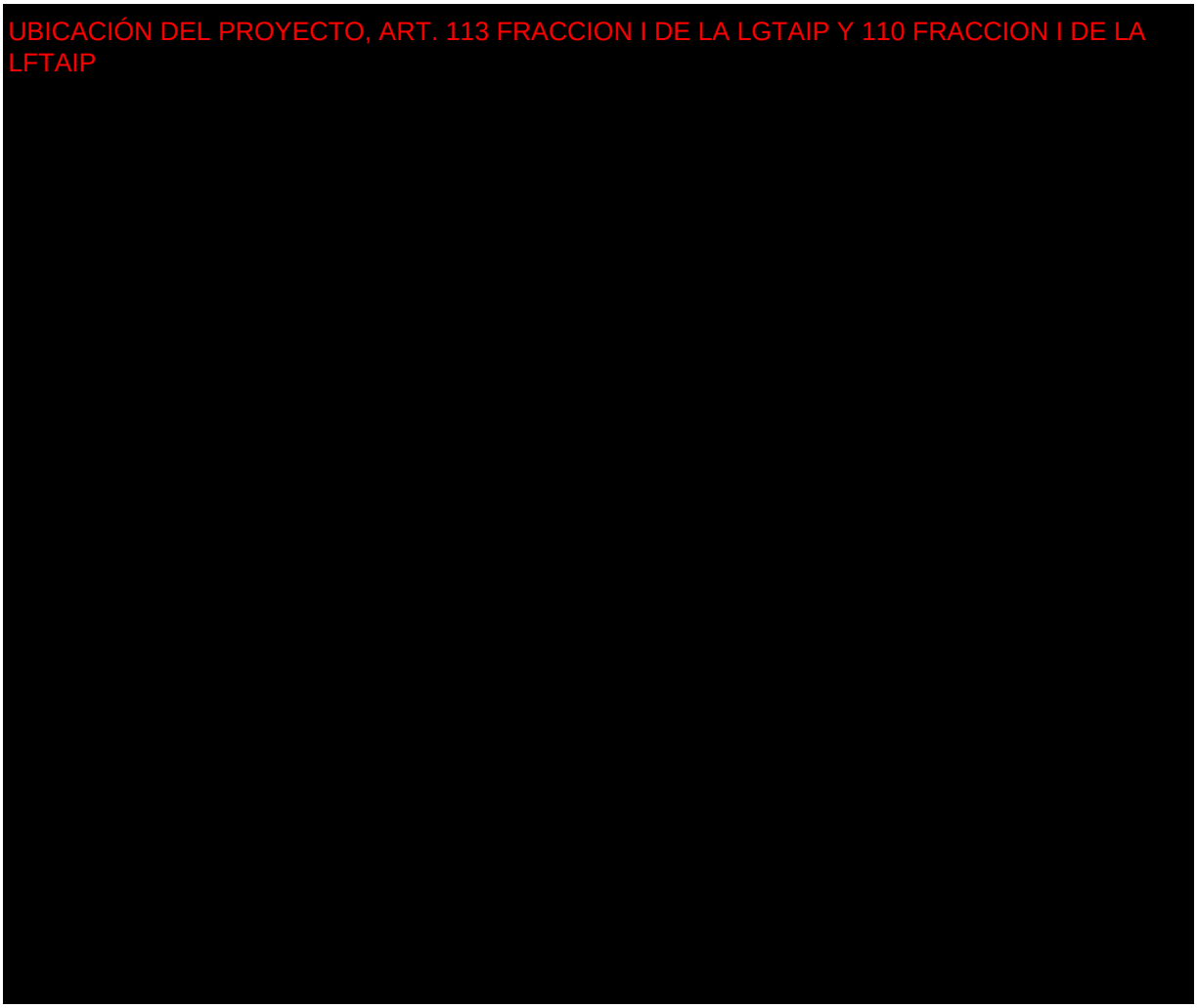
Los trabajos de campo del monitoreo de calidad del aire fueron realizados por el Laboratorio de Sistemas de Combustión, Sección Especies Atmosféricas y Calidad del Aire (SEACA) del IMP, el cual cuenta con la acreditación “ema” No. FF-087-017/10 y fueron desarrollados en la región del SAR de la NRDB en Tabasco del 18 de marzo al 4 de abril de 2019, de acuerdo con el siguiente programa de trabajo.

Ubicación de los puntos de monitoreo.

La ubicación de los puntos de monitoreo y muestreo se realizó de acuerdo al campo de vientos prevaleciente en la época del año, del SAR y de criterios de representatividad y operación de las Unidades de Monitoreo de Calidad del Aire (UMCA), también se consideró puntos de referencia.

En la Figura IV.69 se muestra la ubicación de los sitios de monitoreo de calidad del aire así como en la Tabla IV.15.

Figura IV.69. Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad del aire en el Sistema regional Ambiental de la NRDB en Tabasco.



Fuente: Elaboración IMP.

Tabla IV.15. Localización geográfica de los puntos de monitoreo de calidad del aire.

SITIO	NOMBRE	UTM X	UTM Y
S1	ÁREA API, PARAÍSO	477,263	2,037,749
S2	COLONIA DE CONFIANZA, PARAÍSO	477,859	2,035,739
S3	KAAN CEIBA, PARAÍSO	480,042	2,035,814
S4	RESTAURANTE CRUSTÁCEOS, PARAÍSO	484,473	2,035,916
S5	SAN JUAN, CENTLA	502,100	2,035,541
S6	TMDB 1, PARAÍSO	481,002	2,038,701
S7	MUELLE DE LA SECCIÓN TANQUE, CHILTEPEC.	492,113	2,037,333
S8	TMDB 2, PARAÍSO	482,535	2,038,764
S9	IMP- PARAÍSO	476,942	2,034,381
S10	TMDB 3, PARAÍSO	481,722	2,036,237

SITIO	NOMBRE	UTM X	UTM Y
S11	HOTEL PARAÍSO MAR	474,488	2,038,572
S12	EJIDO OCCIDENTE SAN FRANCISCO, COMALCALCO	473,327	2,026,670
S13	LA UNIÓN 3a. SECCIÓN, PARAÍSO	458,581	2,037,284
S14	RANCHERÍA ZARAGOZA 3a. SECCIÓN, COMALCALCO	464,208	2,030,023
S15	LA UNIÓN 2a. SECCIÓN, PARAÍSO	462,015	2,037,387
S16	NICOLÁS BRAVO 2a. SECCIÓN, PARAÍSO	490,647	2,025,583
S17	TECNOLÓGICO DE COMALCALCO, COMALCALCO	477,265	2,022,798
S18	FRACC. BLANCAS MARIPOSAS, PARAÍSO	478,069	2,028,613
S19	COMUNIDAD 11 DE FEBRERO, COMALCALCO	466,796	2,002,216
S20	PARQUE INDUSTRIAL REFORMA – DOS BOCAS, CUNDUACÁN	480,737	2,003,101
S21	VILLA ALDAMA, COMALCALCO.	463,146	2,017,205
S22	SUR 4ª SECCIÓN “RESTAURANTE LA HUASTECA, COMALCALCO	477,183	2,015,875
S23	CUCUYULAPA, CARDENAS	473,394	1,989,848
S24	POBLADO SOYATACO, JALPA DE MENDEZ	492,162	2,014,968

UTM: Universal Transversa de Mercator.

Fuente: Elaboración IMP.

Resultados.

A continuación se muestran los resultados del análisis estadístico del monitoreo de calidad del aire realizado en el SAR de la RDB del 18 de marzo al 4 de abril de 2019, las lecturas de Calidad del Aire fueron analizadas estadísticamente para cada sitio de monitoreo y por contaminante. En las siguientes tablas se presentan las concentraciones promedio de 24 horas de los contaminantes medidos por las UMCA´s, en los respectivos sitios del SAR de la RDB y la comparación contra los límites de las Normas de Salud Ambiental vigentes.

Tabla IV.16. Concentraciones de los contaminantes y comparación con valores de las normas de salud respectivas.

Sitio	Bióxido de Azufre		Bióxido de Nitrógeno	Óxido Nítrico	Óxidos de Nitrógeno	Monóxido de Carbono	Ozono		Partículas	Partículas Finas		Ácido Sulfhídrico
	(SO_2) (ppm)		(NO_2) (ppm)	(NO) (ppm)	(NO_X) (ppm)	(CO) (ppm)	(O_3) (ppm)		(PST) ($\mu g/m^3$)	(PM_{10}) ($\mu g/m^3$)	($PM_{2.5}$) ($\mu g/m^3$)	(H_2S) (ppm)
	NOM-022-SSA1-2010		NOM-023-SSA1-1993	-	-	NOM-021-SSA1-1993	NOM-020-SSA1-2014		-	NOM-025-SSA1-2014		*
	0.11 Prom. 24 Hrs	0.20 Prom. 8 Hrs	0.21 Prom. 1 Hr	-	-	11.0 Prom. 8 Hrs	0.095 Prom. 1 Hr	0.07 Prom. 8 Hrs	-	75Prom. 24 Hrs	45 Prom. 24 Hrs	0.03 Prom. 24 Hrs
S1	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.11	0.027	0.025	51	45	17	0.006
S2	0.000	0.000	0.003	0.001	0.004	0.05	0.028	0.025	43	20	6	0.000
S3	0.002	0.003	0.017	0.015	0.066	0.04	0.024	0.024	60	50	17	0.012
S4	0.000	0.000	0.004	0.002	0.005	0.03	0.022	0.012	29	19	3	0.003
S5	0.004	0.006	0.021	0.009	0.03	0.23	0.035	0.031	64	61	20	0.004
S6	0.000	0.000	0.006	0.002	0.007	0.10	0.019	0.018	31	16	4	0.005
S7	0.001	0.002	0.011	0.028	0.035	0.06	0.018	0.015	44	40	34	0.019

Sitio	Bióxido de Azufre		Bióxido de Nitrógeno	Óxido Nítrico	Óxidos de Nitrógeno	Monóxido de Carbono	Ozono		Partículas	Partículas Finas		Ácido Sulfhídrico
	(SO_2) (ppm)		(NO_2) (ppm)	(NO) (ppm)	(NO_x) (ppm)	(CO) (ppm)	(O_3) (ppm)		(PST) ($\mu g/m^3$)	(PM_{10}) ($\mu g/m^3$)	($PM_{2.5}$) ($\mu g/m^3$)	(H_2S) (ppm)
	NOM-022-SSA1-2010		NOM-023-SSA1-1993	-	-	NOM-021-SSA1-1993	NOM-020-SSA1-2014		-	NOM-025-SSA1-2014		*
	0.11 Prom. 24 Hrs	0.20 Prom. 8 Hrs	0.21 Prom. 1 Hr	-	-	11.0 Prom. 8 Hrs	0.095 Prom. 1 Hr	0.07 Prom. 8 Hrs	-	75Prom. 24 Hrs	45 Prom. 24 Hrs	0.03 Prom. 24 Hrs
S8	0.000	0.000	0.025	0.007	0.025	0.04	0.041	0.029	21	15	14	0.000
S9	0.001	0.002	0.02	0.008	0.025	0.14	0.012	0.006	78	34	23	0.005
S10	0.000	0.000	0.004	0.002	0.006	0.03	0.035	0.031	45	28	16	0.000
S11	0.002	0.003	0.011	0.022	0.033	0.03	0.02	0.012	90	38	31	0.007
S12	0.002	0.006	0.005	0.003	0.007	0.16	0.038	0.020	57	46	23	0.000
S13	0.001	0.002	0.01	0.005	0.012	0.25	0.018	0.013	60	20	18	0.004
S14	0.011	0.016	0.014	0.027	0.040	0.19	0.043	0.038	44	24	12	0.013
S15	0.005	0.007	0.01	0.008	0.018	0.05	0.041	0.036	52	47	21	0.003
S16	0.006	0.010	0.005	0.003	0.008	0.79	0.047	0.042	67	56	40	0.008
S17	0.001	0.002	0.01	0.002	0.013	0.07	0.009	0.007	64	56	26	0.001
S18	0.020	0.033	0.004	0.003	0.007	0.19	0.053	0.040	61	57	39	0.023
S19	0.002	0.002	0.02	0.002	0.023	0.05	0.023	0.01	47	39	13	0.002
S20	0.007	0.012	0.010	0.005	0.013	0.08	0.036	0.022	44	39	17	0.010
S21	0.002	0.005	0.012	0.014	0.023	0.27	0.013	0.007	47	39	31	0.002
S22	0.002	0.005	0.010	0.008	0.039	0.17	0.037	0.027	57	25	16	0.003
S23	0.002	0.006	0.016	0.068	0.083	0.37	0.026	0.006	56	38	16	0.001
S24	0.009	0.015	0.006	0.008	0.011	0.06	0.047	0.037	45	39	31	0.007

Fuente: Elaboración IMP.

Como se puede ver en la Tabla IV.16, la concentración para los contaminantes atmosféricos normados: Ozono (O_3), Monóxido de Carbono (CO), Bióxido de Nitrógeno (NO_2), Bióxido de Azufre (SO_2) y Partículas Menores a 10 y 2.5 Micras (PM_{10} y $PM_{2.5}$), no superaron el valor límite de la norma de salud respectiva.

En cuanto a los contaminantes atmosféricos no normados: Óxido Nítrico (NO), Óxidos de Nitrógeno (NOx), Ácido Sulfhídrico (H_2S) y las Partículas Suspendidas Totales (PST), no se midieron valores de concentración significativos en los sitios de muestreo y monitoreo.

Las condiciones meteorológicas son es un factor importante a considerar en el análisis de la calidad del aire, ya que controlan el fenómeno de la dispersión atmosférica, se presenta el análisis tipo Box & Whiskers aplicado a las variables meteorológicas medidas durante las mediciones.

En la Figura IV.70 se presenta la variación diurna de las variables meteorológicas medidas durante el monitoreo de calidad del aire realizado en el SAR de la RDB en

el periodo de 18 de marzo a 4 de abril de 2019. La radiación solar tiene un comportamiento diurno normal, aunque se observan la existencia de variaciones amplias en su valor, esto significa que existieron días nublados y despejados, aunque no se distingue algún fenómeno meteorológico importante, esto debido a que la presión atmosférica tiene un comportamiento regular.

La temperatura ambiente y la humedad relativa tienen una variación diurna esperada y nuevamente hay fluctuaciones horarias que indican momentos de nubosidad, aunque nada anormal que indica algún evento meteorológico relevante.

La intensidad del viento tiene también un comportamiento normal, ya que al incidir la radiación solar en la superficie se genera movimientos convectivos y se genera a la vez un incremento de la intensidad del viento, ya en la tarde, la intensidad comienza a reducirse y ser más estable la atmosfera. La intensidad del viento en promedio tiene pocas oscilaciones.

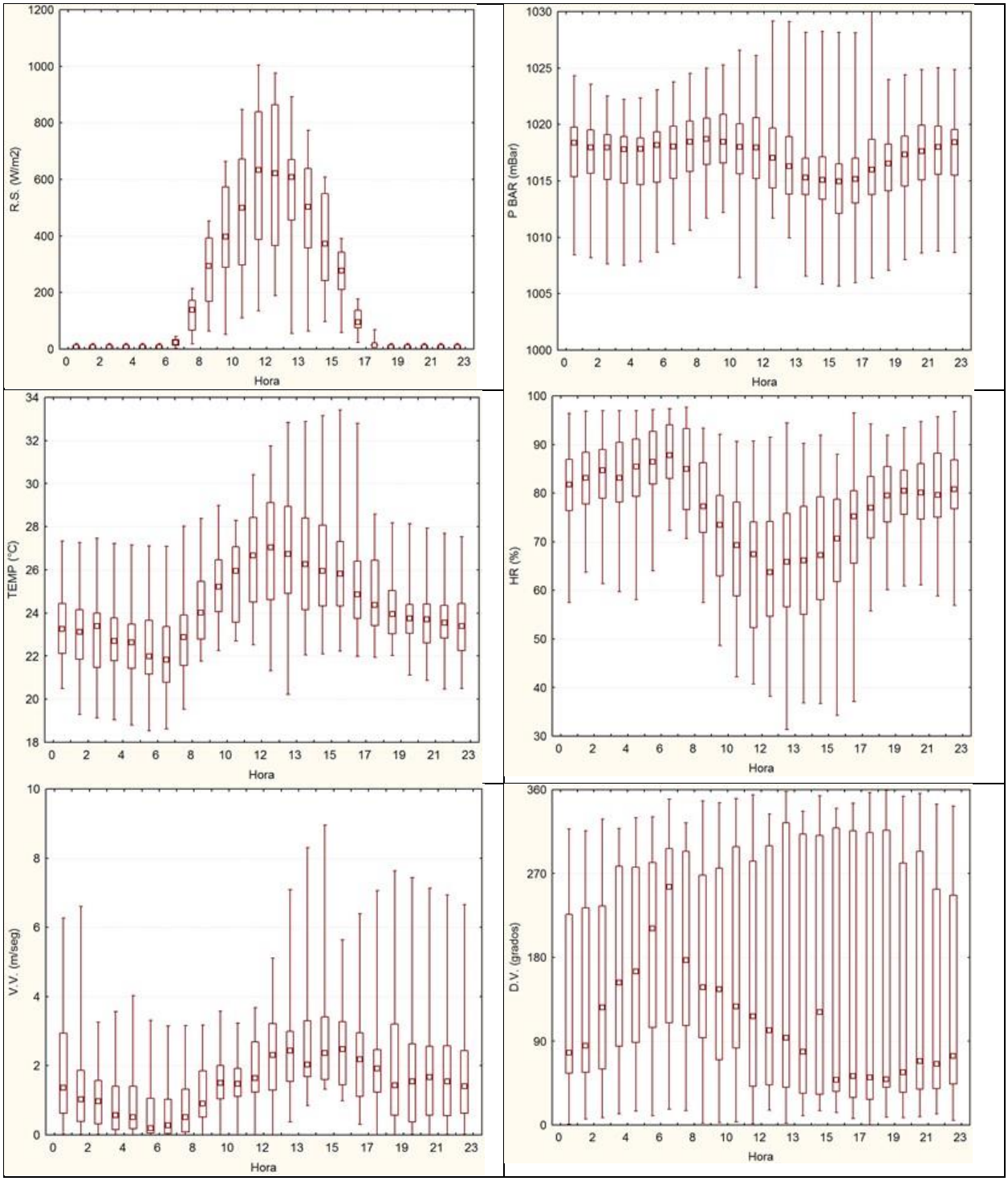
Por lo que corresponde a la dirección del viento, este tiene una fluctuación diurna que tiene que ver con el efecto del mar, se genera una brisa tierra - mar y mar - tierra. Es decir, durante la incidencia de la radiación solar se calienta más el suelo que la superficie marina, generando que el viento provenga principalmente del mar hacia la tierra; y viceversa, en la noche la tierra se enfría más rápidamente que el mar, generando que el viento provenga de la tierra hacia el mar.

En la Figura IV.70 se presenta la fluctuación de las variables meteorológicas, registradas en los sitios de monitoreo de calidad del aire durante el periodo de 18 de marzo al 4 de abril de 2019 en la región del SAR de la RDB. Se puede apreciar que al inicio de la campaña de monitoreo existieron nublados y posteriormente existieron periodos, y a la mitad de la campaña existieron breves momentos de mayor nubosidad. Esta nubosidad no estuvo asociada a un evento meteorológico importante, ya que la variación de la presión atmosférico en los sitios de monitoreo no fue alta (oscilación de 6 mbar).

La nubosidad tiene un efecto en la temperatura, ocasionando una fluctuación de cerca de 4°C, de igual manera, existe un efecto en la humedad relativa de cerca de 20%.

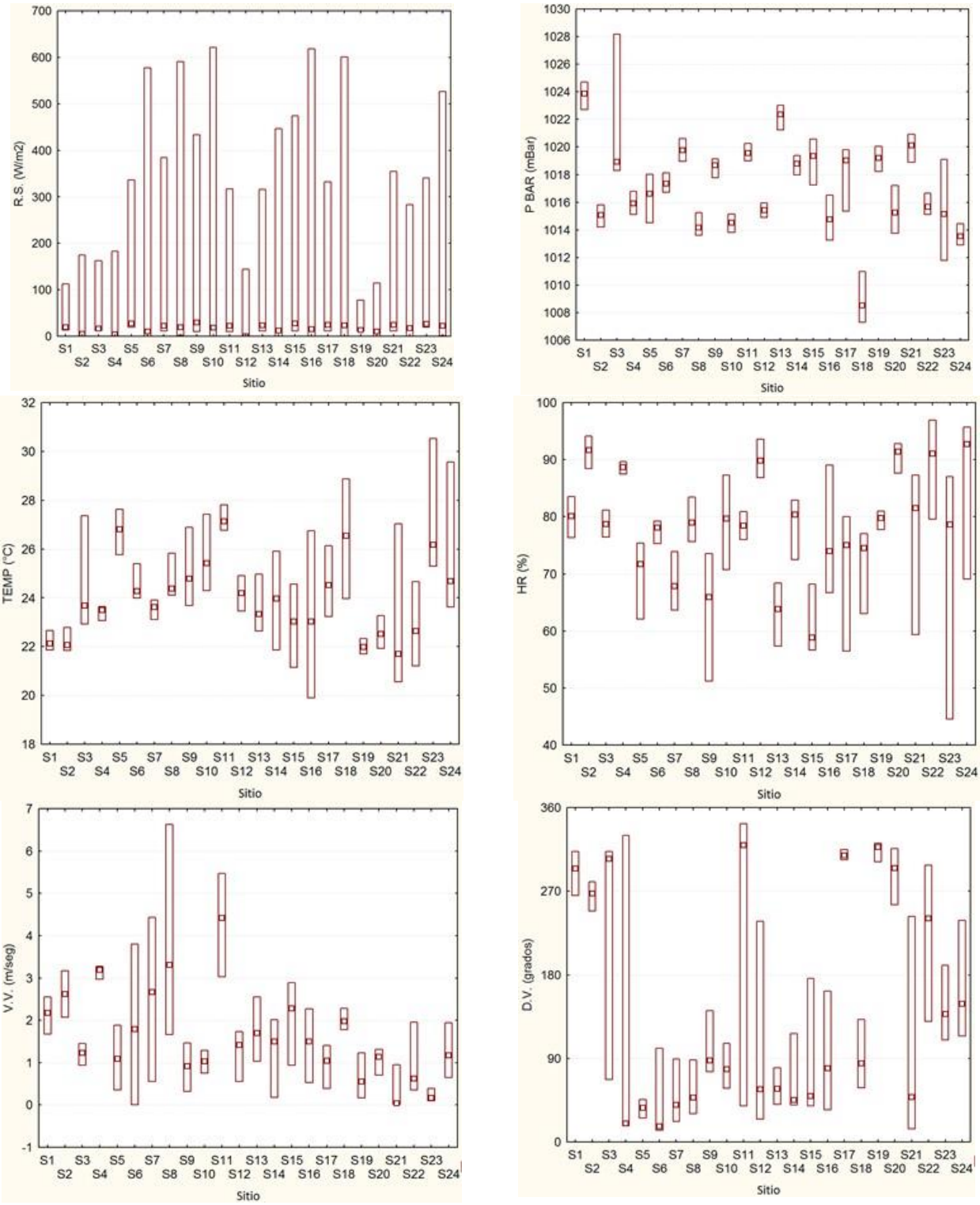
La intensidad del viento tiene una tendencia a disminuir durante el periodo de monitoreo de calidad del aire, es decir existió una atmosfera con calmas y en la parte final de la campaña de monitoreo, la procedencia de la dirección del viento cambio del sector Norte y Este a Sur.

Figura IV.70. Variación horaria de las condiciones meteorológicas durante el monitoreo de calidad del aire.



Fuente: Elaboración IMP.

Figura IV.71. Distribución de las condiciones meteorológicas en los sitios de monitoreo de calidad del aire.



Fuente: Elaboración IMP.

A continuación se presenta el análisis estadístico de las condiciones meteorológicas y de las concentraciones de los contaminantes monitoreados en el periodo del 18 de marzo al 4 de abril de 2019.

Tabla IV.17. Resumen análisis estadístico de la concentración de Ozono (O_3) medida en los sitios.

Parámetro estadístico	Concentración de O_3 en sitios de monitoreo de Calidad del aire en el SAR de la RDB																							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24
Número de datos	1500	1494	1496	1439	1441	1501	1443	1501	1440	1443	1441	1440	1441	1441	1441	1441	1440	1441	1440	1444	1440	1441	1441	1441
Promedio	0.023	0.022	0.021	0.012	0.028	0.017	0.011	0.018	0.005	0.022	0.009	0.011	0.011	0.031	0.029	0.030	0.007	0.035	0.007	0.021	0.004	0.019	0.004	0.022
Inter.de confianza -95.0%	0.023	0.021	0.020	0.011	0.028	0.016	0.011	0.017	0.005	0.022	0.009	0.011	0.011	0.030	0.029	0.029	0.007	0.034	0.006	0.021	0.004	0.019	0.004	0.021
Inter. de confianza +95.0%	0.023	0.022	0.021	0.012	0.028	0.017	0.011	0.018	0.005	0.023	0.009	0.012	0.011	0.031	0.030	0.031	0.007	0.035	0.007	0.021	0.004	0.020	0.004	0.023
Mediana	0.024	0.023	0.022	0.011	0.028	0.017	0.011	0.016	0.004	0.024	0.007	0.009	0.011	0.033	0.033	0.033	0.007	0.034	0.005	0.021	0.003	0.018	0.001	0.018
moda	0.024	0.023	0.024	0.010	0.026	0.017	0.009	0.013	0.004	Múltiple	0.006	0.008	0.015	0.030	0.033	0.041	0.007	0.031	0.005	0.021	0.001	0.007	0.001	0.007
Frecuencia	291	182	431	287	229	328	162	85	329	58	426	111	135	78	203	72	508	119	450	119	428	105	793	64
Mínimo	0.015	0.000	0.008	0.006	0.009	0.005	0.001	0.000	0.001	0.000	0.003	0.000	0.002	0.000	0.011	0.003	0.000	0.000	0.001	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000
Máximo	0.028	0.036	0.025	0.038	0.035	0.030	0.020	0.055	0.022	0.053	0.021	0.121	0.022	0.063	0.043	0.082	0.010	0.070	0.024	0.042	0.024	0.059	0.029	0.114
Cuartil inferior	0.021	0.020	0.019	0.009	0.026	0.016	0.008	0.010	0.003	0.012	0.006	0.005	0.007	0.026	0.020	0.017	0.006	0.029	0.004	0.017	0.001	0.007	0.001	0.010
Cuartil superior	0.025	0.025	0.024	0.012	0.032	0.018	0.015	0.024	0.006	0.032	0.009	0.014	0.014	0.040	0.036	0.040	0.008	0.042	0.006	0.024	0.006	0.030	0.004	0.031
Percentil 10.0	0.017	0.015	0.015	0.008	0.020	0.013	0.004	0.004	0.002	0.004	0.005	0.002	0.005	0.006	0.013	0.012	0.005	0.020	0.003	0.014	0.001	0.003	0.001	0.006
Percentil 90.0	0.026	0.027	0.024	0.014	0.034	0.019	0.017	0.032	0.007	0.037	0.020	0.024	0.016	0.045	0.040	0.044	0.008	0.050	0.012	0.028	0.006	0.034	0.012	0.042
Rango	0.013	0.036	0.017	0.032	0.026	0.025	0.019	0.055	0.021	0.053	0.018	0.121	0.020	0.063	0.032	0.079	0.010	0.070	0.023	0.036	0.023	0.059	0.029	0.114
Rango del cuartil	0.004	0.005	0.005	0.003	0.006	0.002	0.007	0.014	0.003	0.020	0.003	0.009	0.007	0.014	0.016	0.023	0.002	0.013	0.002	0.007	0.005	0.023	0.003	0.021
Std.Dev.	0.003	0.005	0.004	0.004	0.005	0.003	0.005	0.011	0.003	0.012	0.005	0.012	0.005	0.013	0.009	0.013	0.001	0.011	0.005	0.006	0.004	0.012	0.006	0.016
Skewness	-0.61	-0.92	-1.14	3.649	-0.87	-0.67	-0.26	0.819	3.313	-0.174	1.532	4.313	0.123	-0.74	-0.68	-0.12	-1.34	0.014	2.452	0.711	2.952	0.207	2.566	1.638
Std.Err. Skewness	0.063	0.063	0.063	0.065	0.064	0.063	0.064	0.063	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064
Kurtosis	-0.71	1.728	0.812	15.804	0.729	3.640	-0.85	0.682	17.770	-1.036	0.904	28.938	-0.59	0.029	-0.91	-0.77	4.574	0.309	4.760	0.867	12.119	-1.08	6.074	4.552
Std.Err. Kurtosis	0.126	0.127	0.126	0.129	0.129	0.126	0.129	0.126	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129

Fuente: Elaboración IMP.

En la Tabla IV.17 se presenta el resumen estadístico de la concentración de Ozono medido en el aire ambiente en la región del SAR, dicho contaminante tiene poca presencia en la zona, se puede observar valores promedio bajos de concentración de 0.022 ppm y el tercer cuartil tiene un valor de 0.042 ppm. Cabe hacer mención que los valores máximos permitidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2014 es de 0.095 ppm en un promedio de 1 hora y de 0.07 ppm promedio de 8 horas móviles.

En la Tabla IV.18 se presenta el resumen estadístico de la concentración de Monóxido de Carbono registrado en el aire ambiente en la región del SAR, dicho contaminante tiene poca presencia en la zona, el valor promedio más alto es de 0.296 ppm en el sitio S16, y el tercer cuartil tiene un valor de 0.32 ppm. Estos valores se encuentran dos órdenes de magnitud por abajo del valor máximo permitido en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-1993 que es de 11.0 ppm en un promedio de 8 horas móviles.

Tabla IV.18. Resumen análisis estadístico de la concentración de Monóxido de Carbono (CO) medida en los sitios.

Parámetro estadístico	Concentración de CO en sitios de monitoreo de Calidad del aire en el SAR de la RDB																							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24
Número de datos	1494	1494	1472	1434	1441	1496	1443	1501	1440	1443	1441	1436	1440	1436	1427	1441	1440	1441	1440	1444	1440	1441	1413	1441
Promedio	0.062	0.047	0.036	0.023	0.082	0.051	0.032	0.019	0.078	0.023	0.019	0.095	0.109	0.069	0.036	0.296	0.056	0.108	0.048	0.055	0.156	0.110	0.213	0.032
Inter.de confianza -95.0%	0.059	0.044	0.034	0.022	0.068	0.049	0.030	0.018	0.074	0.022	0.018	0.086	0.095	0.057	0.034	0.270	0.055	0.090	0.046	0.052	0.148	0.104	0.202	0.030
Inter. de confianza +95.0%	0.065	0.050	0.038	0.024	0.096	0.054	0.034	0.020	0.083	0.023	0.020	0.104	0.123	0.082	0.038	0.322	0.058	0.126	0.050	0.059	0.165	0.117	0.223	0.034
Mediana	0.050	0.040	0.030	0.020	0.010	0.020	0.020	0.020	0.050	0.020	0.010	0.050	0.020	0.020	0.030	0.020	0.050	0.070	0.040	0.050	0.080	0.070	0.140	0.020
moda	0.040	0.040	0.030	0.020	0.010	0.010	0.010	0.000	0.020	0.010	0.010	0.030	0.010	0.020	0.020	0.010	0.020	0.090	0.030	0.020	0.050	0.050	0.090	0.010
Frecuencia	383	714	708	614	554	404	561	395	268	502	737	329	457	420	400	387	337	214	330	233	157	272	159	332
Mínimo	0.020	0.030	0.010	0.010	0.000	0.000	0.010	0.000	0.010	0.010	0.000	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.010	0.020	0.010	0.010	0.020	0.010	0.000
Máximo	1.100	1.730	1.020	0.260	3.790	0.260	0.410	0.110	0.460	0.100	0.100	2.980	2.300	1.890	0.220	3.120	0.160	6.300	0.520	1.640	0.940	1.260	1.430	0.370
Cuartil inferior	0.040	0.040	0.030	0.010	0.010	0.010	0.010	0.000	0.030	0.010	0.010	0.030	0.010	0.010	0.020	0.010	0.020	0.040	0.030	0.020	0.050	0.050	0.090	0.010
Cuartil superior	0.070	0.050	0.040	0.030	0.030	0.080	0.030	0.030	0.090	0.030	0.020	0.090	0.100	0.020	0.040	0.320	0.090	0.090	0.060	0.070	0.200	0.120	0.270	0.040
Percentil 10.0	0.030	0.030	0.020	0.010	0.000	0.010	0.010	0.000	0.020	0.010	0.010	0.030	0.010	0.000	0.010	0.010	0.020	0.030	0.020	0.010	0.020	0.040	0.060	0.000
Percentil 90.0	0.110	0.060	0.050	0.030	0.080	0.130	0.070	0.040	0.160	0.040	0.030	0.170	0.210	0.080	0.060	1.100	0.110	0.120	0.080	0.100	0.400	0.200	0.480	0.070
Rango	1.080	1.700	1.010	0.250	3.790	0.260	0.400	0.110	0.450	0.090	0.100	2.960	2.300	1.890	0.220	3.120	0.150	6.290	0.500	1.630	0.930	1.240	1.420	0.370
Rango del cuartil	0.030	0.010	0.010	0.020	0.020	0.070	0.020	0.030	0.060	0.020	0.010	0.060	0.090	0.010	0.020	0.310	0.070	0.050	0.030	0.050	0.150	0.070	0.180	0.030
Std.Dev.	0.058	0.053	0.043	0.017	0.277	0.053	0.038	0.017	0.087	0.013	0.013	0.172	0.270	0.233	0.037	0.505	0.037	0.339	0.030	0.070	0.170	0.121	0.199	0.038
Skewness	7.697	23.51	16.72	6.542	6.121	1.234	3.235	1.129	2.466	1.637	2.241	7.837	5.493	5.809	2.517	2.246	0.606	11.82	4.796	13.11	2.052	3.540	2.538	3.393
Std.Err. Skewness	0.063	0.063	0.064	0.065	0.064	0.063	0.064	0.063	0.064	0.064	0.064	0.065	0.064	0.065	0.065	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064	0.065	0.064
Kurtosis	105.2	684.5	322.8	68.528	50.14	0.893	13.91	2.338	5.845	4.056	6.435	89.597	33.99	36.41	6.147	4.855	-0.78	166.6	50.76	256.6	4.430	16.64	8.624	17.62
Std.Err. Kurtosis	0.127	0.127	0.127	0.129	0.129	0.126	0.129	0.126	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.130	0.129

Fuente: Elaboración IMP.

En la Tabla IV.19 se presenta el resumen el análisis estadístico de la concentración ambiental de Óxido de Nitrógeno medido en la región del SAR, este contaminante tiene poca presencia en la zona, el valor promedio más alto es de 0.018 ppm en el sitio S23, y el tercer cuartil tiene un valor de 0.033 ppm; cabe hacer mención que dicho sitio se encuentra próximo a la autopista federal que conecta a la ciudad de Villahermosa, Tabasco. El Óxido de Nitrógeno no se considera como un contaminante criterio en México.

Tabla IV.19. Resumen análisis estadístico de la concentración de Óxido de Nitrógeno (NO) medida en los sitios.

Parámetro estadístico	Concentración de NO en sitios de monitoreo de Calidad del aire en el SAR de la RDB																							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24
Número de datos	0	1494	1360	1439	1441	1501	1443	1501	1440	1443	1441	1440	1440	1441	1440	1441	1440	1441	1440	1444	1440	1441	1441	1441
Promedio		0.000	0.004	0.001	0.002	-0.001	0.006	0.002	0.003	0.001	0.003	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.003	0.002	0.018	0.001
Inter.de confianza -95.0%		0.000	0.003	0.001	0.002	-0.001	0.006	0.002	0.003	0.001	0.003	0.001	0.002	0.001	0.003	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.003	0.002	0.017	0.001
Inter. de confianza +95.0%		0.000	0.004	0.001	0.002	-0.001	0.007	0.002	0.003	0.001	0.003	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.003	0.002	0.020	0.001
Mediana		0.000	0.002	0.001	0.001	-0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.000	0.002	0.003	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.005	0.000
moda	Múltiple	0.000	0.001	0.000	0.001	-0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.002	0.000

Parámetro estadístico	Concentración de NO en sitios de monitoreo de Calidad del aire en el SAR de la RDB																							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24
Frecuencia	1	1141	200	684	466	943	376	365	303	796	429	623	470	1120	414	624	484	1007	430	604	426	446	199	1043
Mínimo		-0.001	-0.010	0.000	-0.005	-0.002	0.000	-0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.003	0.000	-0.001	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Máximo		0.027	0.048	0.013	0.052	0.016	0.142	0.022	0.035	0.004	0.149	0.030	0.085	0.050	0.067	0.004	0.010	0.051	0.010	0.074	0.023	0.075	0.089	0.022
Cuartil inferior		0.000	0.001	0.000	0.001	-0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.002	0.000
Cuartil superior		0.000	0.005	0.001	0.003	0.000	0.004	0.003	0.004	0.001	0.003	0.002	0.003	0.000	0.003	0.003	0.003	0.001	0.003	0.002	0.003	0.003	0.033	0.001
Percentil 10.0	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
Percentil 90.0	0.000	0.001	0.010	0.001	0.004	0.000	0.014	0.004	0.007	0.001	0.005	0.003	0.004	0.001	0.005	0.003	0.004	0.001	0.004	0.003	0.005	0.005	0.058	0.001
Rango		0.028	0.058	0.013	0.057	0.018	0.142	0.026	0.035	0.004	0.149	0.030	0.085	0.050	0.067	0.007	0.010	0.052	0.010	0.075	0.023	0.075	0.089	0.022
Rango del cuartil		0.000	0.004	0.001	0.002	0.001	0.003	0.003	0.003	0.001	0.002	0.001	0.002	0.000	0.002	0.002	0.002	0.000	0.002	0.001	0.002	0.003	0.031	0.001
Std.Dev.		0.001	0.006	0.001	0.004	0.001	0.014	0.002	0.003	0.001	0.007	0.002	0.003	0.007	0.005	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.023	0.002
Skewness		18.5	2.4	3.9	5.9	4.6	4.4	3.5	2.4	0.9	10.4	6.9	15.9	5.0	6.3	-0.6	1.1	22.9	1.0	14.7	2.9	8.6	1.2	5.2
Std.Err. Skewness		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Kurtosis		483.1	8.9	40.2	50.9	58.2	23.1	20.9	14.0	2.0	148.1	65.8	346.0	26.6	57.4	-0.3	1.9	677.4	1.0	284.5	9.8	156.2	0.2	35.4
Std.Err. Kurtosis		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Fuente: Elaboración IMP.

En la Tabla IV.20 se presenta el resumen el análisis estadístico de la concentración ambiental de Dióxido de Nitrógeno medido en la región del SAR, dicho contaminante tiene poca presencia en la zona, el valor promedio más alto es de 0.009 ppm en el sitio S23, y el tercer cuartil tiene un valor de 0.014 ppm. El Dióxido de Nitrógeno tiene un valor máximo permitido en México de 0.210 ppm en un promedio de 1 hora, esto se establece en la norma NOM-023-SSA1-1993.

Tabla IV.20. Resumen análisis estadístico de la concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO2) medida en los sitios.

Parámetro estadístico	Concentración de NO_2 en sitios de monitoreo de Calidad del aire en el SAR de la RDB																							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24
Número de datos	1500	1494	1464	1439	1441	1501	1443	1501	1440	1443	1441	1440	1440	1441	1440	1441	1440	1441	1440	1444	1440	1441	1441	1441
Promedio	0.000	0.002	0.009	0.002	0.005	0.004	0.006	0.004	0.012	0.002	0.005	0.003	0.004	0.003	0.004	0.003	0.006	0.003	0.007	0.005	0.006	0.005	0.009	0.002
Inter.de confianza - 95.0%	0.000	0.002	0.009	0.002	0.005	0.004	0.006	0.004	0.011	0.002	0.005	0.002	0.004	0.003	0.004	0.003	0.006	0.002	0.007	0.005	0.006	0.005	0.009	0.002
Inter. de confianza +95.0%	0.000	0.002	0.009	0.002	0.005	0.004	0.006	0.005	0.012	0.002	0.005	0.003	0.005	0.004	0.004	0.003	0.007	0.003	0.008	0.005	0.007	0.005	0.009	0.003
Mediana	0.000	0.002	0.007	0.001	0.004	0.003	0.005	0.003	0.011	0.002	0.004	0.002	0.004	0.001	0.003	0.003	0.006	0.002	0.007	0.004	0.006	0.004	0.009	0.002
moda	0.000	0.001	0.004	0.001	0.003	0.003	0.005	0.003	0.011	0.002	0.005	0.002	0.004	0.001	0.003	0.004	0.006	0.002	0.006	0.003	0.005	0.002	0.007	0.001
Frecuencia	981	598	118	765	317	668	242	455	165	815	261	511	247	841	227	424	242	729	170	364	228	272	194	470
Mínimo	-0.002	-0.004	-0.003	0.000	-0.003	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001
Máximo	0.002	0.014	0.040	0.012	0.037	0.021	0.025	0.067	0.025	0.009	0.033	0.014	0.018	0.037	0.037	0.008	0.016	0.041	0.026	0.033	0.016	0.028	0.028	0.010
Cuartil inferior	0.000	0.001	0.004	0.001	0.002	0.003	0.004	0.003	0.009	0.002	0.003	0.002	0.003	0.001	0.002	0.002	0.005	0.002	0.005	0.003	0.005	0.003	0.007	0.001
Cuartil superior	0.000	0.003	0.012	0.002	0.005	0.005	0.007	0.005	0.014	0.003	0.006	0.003	0.006	0.003	0.006	0.004	0.008	0.003	0.009	0.006	0.008	0.007	0.011	0.003
Percentil 10.0	-0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.003	0.001	0.007	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.003	0.001	0.003	0.002	0.003	0.002	0.005	0.001
Percentil 90.0	0.001	0.003	0.018	0.003	0.010	0.006	0.010	0.006	0.018	0.004	0.008	0.004	0.008	0.012	0.009	0.004	0.010	0.004	0.013	0.008	0.010	0.009	0.014	0.005
Rango	0.004	0.018	0.043	0.012	0.040	0.019	0.025	0.067	0.024	0.008	0.033	0.014	0.018	0.037	0.037	0.008	0.016	0.041	0.026	0.032	0.016	0.028	0.027	0.009
Rango del cuartil	0.000	0.002	0.008	0.001	0.003	0.002	0.003	0.002	0.005	0.001	0.003	0.001	0.003	0.002	0.004	0.002	0.003	0.001	0.004	0.003	0.003	0.004	0.004	0.002
Std.Dev.	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Skewness	-0.03	1.45	0.99	2.39	3.00	2.82	1.46	6.51	0.53	1.98	2.67	2.42	1.11	2.42	2.24	0.03	0.42	8.74	1.33	2.42	0.61	1.26	0.66	1.42

Parámetro estadístico	Concentración de NO_2 en sitios de monitoreo de Calidad del aire en el SAR de la RDB																							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24
Std.Err. Skewness	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Kurtosis	0.33	6.58	0.83	8.97	10.08	22.97	3.65	50.62	0.04	7.00	13.04	13.34	1.72	5.98	10.12	-0.44	0.48	113.91	2.33	11.09	0.30	3.14	0.54	2.05
Std.Err. Kurtosis	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13

Fuente: Elaboración IMP.

La concentración promedio de Óxidos de Nitrógeno registradas durante el monitoreo de calidad del aire en la región del SAR se presenta en la Tabla IV.21, en ella se observa que existe poca presencia de dicho contaminante, el valor promedio más alto es de 0.028 ppm en el sitio S23, y el tercer cuartil tiene un valor de 0.044 ppm. Este sitio se ubica en la cercanía de la autopista que comunica a la ciudad de Villahermosa.

Tabla IV.21. Resumen análisis estadístico de la concentración de Óxidos de Nitrógeno (NOx) medida en los sitios.

Parámetro estadístico	Concentración de NOx en sitios de monitoreo de Calidad del aire en el SAR de la RDB																							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24
Número de datos	1500	1494	1464	1439	1441	1501	1443	1501	1440	1443	1441	1440	1440	1441	1440	1441	1440	1441	1440	1444	1440	1441	1441	1441
Promedio	0.000	0.002	0.012	0.002	0.007	0.003	0.012	0.006	0.015	0.002	0.008	0.004	0.006	0.005	0.007	0.005	0.008	0.003	0.009	0.007	0.009	0.009	0.028	0.003
Inter.de confianza - 95.0%		0.002	0.012	0.002	0.007	0.003	0.012	0.006	0.014	0.002	0.007	0.004	0.006	0.005	0.007	0.005	0.008	0.003	0.009	0.007	0.009	0.008	0.026	0.003
Inter. de confianza +95.0%		0.002	0.013	0.002	0.008	0.003	0.013	0.007	0.015	0.002	0.008	0.004	0.007	0.006	0.007	0.005	0.008	0.004	0.010	0.007	0.009	0.009	0.029	0.003
Mediana	0.000	0.002	0.010	0.002	0.005	0.002	0.008	0.006	0.014	0.001	0.006	0.004	0.006	0.001	0.006	0.006	0.008	0.003	0.009	0.006	0.008	0.006	0.014	0.002
moda	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.002	0.007	0.006	0.012	0.001	0.006	0.003	0.005	0.001	0.003	0.007	0.007	0.003	Múltiple	0.005	0.007	0.002	0.01	0.001
Frecuencia	1500	362	117	357	238	581	196	335	146	719	201	356	205	779	193	368	241	758	145	379	203	208	136	569
Mínimo	0.000	-0.001	-0.004	0.000	-0.008	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000
Máximo	0.000	0.023	0.087	0.021	0.069	0.032	0.156	0.067	0.049	0.012	0.177	0.044	0.100	0.062	0.080	0.010	0.090	0.092	0.032	0.091	0.035	0.071	0.098	0.024
Cuartil inferior	0.000	0.001	0.005	0.001	0.004	0.002	0.006	0.003	0.011	0.001	0.004	0.003	0.004	0.001	0.003	0.004	0.006	0.003	0.006	0.005	0.006	0.003	0.010	0.001
Cuartil superior	0.000	0.003	0.016	0.003	0.007	0.004	0.012	0.007	0.018	0.002	0.008	0.005	0.008	0.003	0.008	0.007	0.010	0.003	0.011	0.007	0.011	0.011	0.044	0.004
Percentil 10.0	0.000	0.000	0.001	0.000	0.003	0.001	0.004	0.001	0.008	0.001	0.003	0.002	0.003	0.001	0.002	0.002	0.005	0.002	0.004	0.004	0.005	0.002	0.007	0.001
Percentil 90.0	0.000	0.004	0.026	0.005	0.012	0.006	0.022	0.010	0.023	0.005	0.011	0.006	0.011	0.015	0.013	0.008	0.012	0.004	0.015	0.010	0.014	0.015	0.069	0.007
Rango	0.000	0.024	0.091	0.021	0.077	0.031	0.155	0.067	0.048	0.012	0.177	0.044	0.100	0.062	0.080	0.010	0.090	0.091	0.032	0.090	0.035	0.071	0.096	0.024
Rango del cuartil	0.000	0.002	0.011	0.002	0.003	0.002	0.006	0.004	0.007	0.001	0.004	0.002	0.004	0.002	0.005	0.003	0.004	0.000	0.005	0.002	0.005	0.008	0.034	0.003
Std.Dev.	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00
Skewness		2.26	1.91	2.13	3.82	3.02	4.06	4.78	0.92	1.83	8.47	5.01	8.30	3.37	4.14	-0.35	8.63	15.72	1.22	8.08	2.15	3.64	1.12	2.30
Std.Err. Skewness		0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Kurtosis		19.55	5.06	9.27	17.37	24.50	20.43	31.09	1.30	3.63	107.75	45.35	145.75	11.95	26.98	-0.99	190.88	342.49	2.12	105.55	6.12	16.73	-0.11	7.16
Std.Err. Kurtosis		0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13

Fuente: Elaboración IMP.

La concentración promedio de Dióxido de Azufre medido en la región del SAR durante el monitoreo de calidad del aire se presenta en la Tabla IV.22, en ella se observa que existe poca presencia de dicho contaminante, el valor promedio más alto es de 0.020 ppm en el sitio S18, y el tercer cuartil tiene un valor de 0.032 ppm. De acuerdo a la norma NOM-022-SSA1-2010, la cual establece un valor máximo

permitido de 0.11 ppm en un promedio de 24 horas y de 0.200 ppm en un promedio de 8 horas móviles. El valor medido se encuentra casi a la cuarta parte del límite permitido a 24 horas.

Tabla IV.22. Resumen análisis estadístico de la concentración de Dióxido de Azufre (SO_2) medida en los sitios.

Parámetro estadístico	Concentración de SO_2 en sitios de monitoreo de Calidad del aire en el SAR de la RDB																							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24
Número de datos	1485	1473	1481	1439	1441	1486	1443	1501	1440	1443	1441	1431	1440	1432	1441	1441	1440	1441	1440	1444	1440	1441	1426	1441
Promedio	0.001	0.000	0.001	0.000	0.004	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.002	0.002	0.001	0.011	0.005	0.006	0.001	0.020	0.002	0.007	0.002	0.002	0.002	0.009
Inter.de confianza - 95.0%	0.001	0.000	0.001		0.004		0.001		0.001		0.002	0.002	0.001	0.011	0.005	0.006	0.001	0.020	0.001	0.007	0.002	0.002	0.002	0.008
Inter. de confianza +95.0%	0.001	0.000	0.001		0.004		0.001		0.001		0.002	0.002	0.001	0.011	0.005	0.006	0.001	0.021	0.002	0.008	0.002	0.002	0.003	0.010
Mediana	0.001	0.000	0.001	0.000	0.003	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001	0.012	0.004	0.006	0.001	0.020	0.001	0.006	0.001	0.001	0.001	0.003
moda	0.000	0.000	0.001	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.003	0.000	0.001	0.013	0.004	0.007	0.001	0.036	0.001	0.006	0.000	0.000	0.001	0.001
Frecuencia	674	1469	409	1439	360	1486	659	1501	598	1443	488	1321	602	225	214	241	732	182	457	168	515	498	648	385
Mínimo	0.000	0.000	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Máximo	0.002	0.006	0.007	0.000	0.022	0.000	0.005	0.000	0.022	0.000	0.004	0.039	0.003	0.018	0.018	0.020	0.004	0.036	0.015	0.022	0.007	0.007	0.042	0.094
Cuartil inferior	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.007	0.002	0.003	0.001	0.011	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.001
Cuartil superior	0.001	0.000	0.002	0.000	0.004	0.000	0.002	0.000	0.002	0.000	0.003	0.000	0.002	0.015	0.006	0.007	0.002	0.032	0.002	0.011	0.005	0.003	0.001	0.013
Percentil 10.0	0.000	0.000	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001	0.001	0.000	0.004	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Percentil 90.0	0.002	0.000	0.004	0.000	0.010	0.000	0.003	0.000	0.002	0.000	0.003	0.000	0.003	0.016	0.010	0.013	0.003	0.036	0.003	0.020	0.005	0.007	0.002	0.018
Rango	0.002	0.006	0.009	0.000	0.022	0.000	0.005	0.000	0.022	0.000	0.004	0.039	0.003	0.018	0.018	0.022	0.004	0.036	0.015	0.022	0.007	0.007	0.042	0.094
Rango del cuartil	0.001	0.000	0.002	0.000	0.003	0.000	0.002	0.000	0.002	0.000	0.002	0.000	0.001	0.008	0.004	0.004	0.001	0.021	0.001	0.008	0.005	0.003	0.001	0.012
Std.Dev.	0.001	0.000	0.002	0.000	0.004	0.000	0.001	0.000	0.003	0.000	0.001	0.008	0.001	0.005	0.004	0.005	0.001	0.012	0.001	0.006	0.002	0.002	0.007	0.015
Skewness	0.47	23.74	0.44		1.70		1.22		6.32		-0.16	3.83	0.41	-0.51	1.21	1.14	0.85	-0.06	2.74	1.01	0.78	0.94	3.95	3.13
Std.Err. Skewness	0.06	0.06	0.06		0.06		0.06		0.06		0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Kurtosis	-1.15	582.87	-0.16		2.83		0.49		44.11		-1.17	13.22	-0.94	-0.95	1.53	0.92	-0.06	-1.31	16.93	-0.10	-0.98	-0.51	15.14	11.05
Std.Err. Kurtosis	0.13	0.13	0.13		0.13		0.13		0.13		0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13

Fuente: Elaboración IMP.

La concentración promedio de Ácido Sulfhídrico medido en la región del SAR durante el monitoreo de calidad del aire se presenta en la Tabla IV.23, en ella se observa que existe poca presencia de dicho contaminante, el valor promedio más alto es de 0.023 ppm en el sitio S18, y el tercer cuartil tiene un valor de 0.045 ppm. En México el Ácido Sulfhídrico no tiene norma. La concentración de Ácido Sulfhídrico propuesta en el estándar de calidad del aire del Estado de california en EE.UU. es de 0.03 ppm en promedio de una hora (California Ambient Air Quality Standards (CAAQS)).

Tabla IV.23. Resumen análisis estadístico de la concentración de Ácido Sulfhídrico (H2S) medida en los sitios.

Parámetro estadístico	Concentración de H_2S en sitios de monitoreo de Calidad del aire en el SAR de la RDB																							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24
Número de datos	1485	1488	1481	1439	1441	1487	1443	1501	1440	1443	1441	1431	1440	1433	1441	1441	1440	1441	1440	1444	1440	1441	1427	1441
Promedio	0.006	0.000	0.011	0.003	0.004	0.005	0.019	0.000	0.005	0.000	0.007	0.000	0.004	0.013	0.003	0.008	0.001	0.023	0.002	0.010	0.002	0.003	0.001	0.007

Parámetro estadístico	Concentración de H_2S en sitios de monitoreo de Calidad del aire en el SAR de la RDB																							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24
Inter.de confianza - 95.0%	0.006	0.004	0.010	0.003	0.004	0.005	0.018		0.004		0.006	0.000	0.004	0.013	0.003	0.008	0.001	0.022	0.002	0.010	0.002	0.003	0.001	0.006
Inter. de confianza +95.0%	0.006	0.008	0.012	0.003	0.005	0.005	0.019		0.006		0.007	0.001	0.005	0.013	0.003	0.008	0.001	0.024	0.002	0.011	0.002	0.003	0.001	0.007
Mediana	0.004	0.000	0.001	0.003	0.002	0.006	0.017	0.000	0.003	0.000	0.004	0.000	0.001	0.012	0.003	0.007	0.001	0.018	0.001	0.007	0.001	0.002	0.001	0.004
moda	0.003	0.000	0.001	0.004	0.001	0.008	0.004	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.003	0.003	0.000	0.002	0.001	0.003	0.001	0.001	0.001	0.002
Frecuencia	333	1011	441	369	478	341	88	1501	362	1443	278	1345	400	227	515	233	473	144	451	136	669	498	731	389
Mínimo	0.000	-0.001	-0.001	0.000	-0.001	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Máximo	0.031	0.403	0.136	0.007	0.090	0.011	0.115	0.000	0.163	0.000	0.097	0.010	0.078	0.032	0.008	0.027	0.004	0.051	0.005	0.033	0.011	0.009	0.003	0.025
Cuartil inferior	0.003	-0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.007	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.006	0.002	0.003	0.000	0.005	0.001	0.003	0.001	0.001	0.000	0.002
Cuartil superior	0.007	0.000	0.015	0.004	0.002	0.008	0.025	0.000	0.005	0.000	0.009	0.000	0.005	0.018	0.004	0.008	0.002	0.045	0.002	0.013	0.002	0.004	0.001	0.007
Percentil 10.0	0.002	-0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.004	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001	0.002	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001
Percentil 90.0	0.013	0.000	0.039	0.007	0.011	0.009	0.036	0.000	0.009	0.000	0.017	0.000	0.012	0.025	0.004	0.019	0.003	0.050	0.004	0.031	0.004	0.008	0.002	0.022
Rango	0.031	0.404	0.137	0.007	0.091	0.013	0.115	0.000	0.163	0.000	0.097	0.010	0.078	0.032	0.008	0.027	0.004	0.051	0.005	0.033	0.011	0.009	0.003	0.025
Rango del cuartil	0.004	0.001	0.014	0.002	0.001	0.006	0.018	0.000	0.003	0.000	0.008	0.000	0.005	0.012	0.002	0.005	0.002	0.040	0.001	0.010	0.001	0.003	0.001	0.005
Std.Dev.	0.005	0.040	0.019	0.002	0.010	0.003	0.015	0.000	0.011	0.000	0.009	0.002	0.007	0.008	0.001	0.007	0.001	0.019	0.001	0.010	0.002	0.003	0.001	0.007
Skewness	2.05	7.63	2.52	0.29	4.35	-0.17	1.68		9.45		3.28	4.16	4.08	0.43	0.42	1.19	0.46	0.32	0.56	1.23	2.15	0.94	0.03	1.45
Std.Err. Skewness	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06		0.06		0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Kurtosis	4.19	61.25	7.80	-0.70	21.78	-1.42	4.64		110.18		16.94	15.64	23.96	-0.54	0.44	0.52	-0.75	-1.47	-0.61	0.21	4.58	-0.56	-0.92	0.64
Std.Err. Kurtosis	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13		0.13		0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13

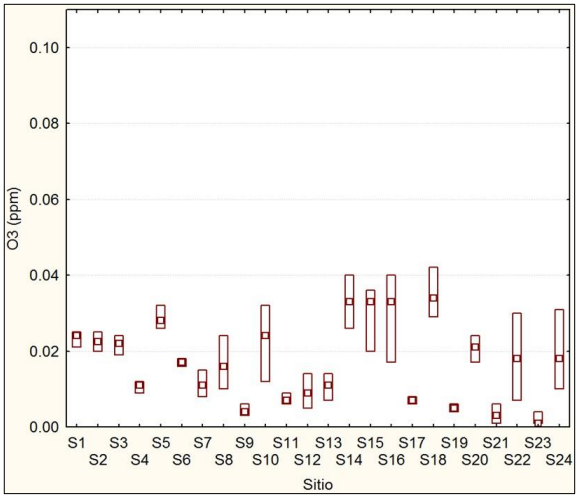
Fuente: Elaboración IMP.

De acuerdo al análisis de las mediciones de la concentración de los contaminantes atmosféricos que son criterio, no existen valores que rebasen la normatividad de salud nacional, además de que muestra valores bastante bajos que no representan un problema de salud para la población.

En las siguientes figuras se presenta el comportamiento de los contaminantes criterio en los sitios de monitoreo de calidad en la región del SAR de la RDB en el periodo de 18 de marzo al 4 de abril de 2019, dichas figuras representan el análisis Box & Whiskers.

En la Figura IV.72 se presenta la distribución de la concentración de Ozono medido en el aire ambiente en la región del SAR, de acuerdo a la NOM-020-SSA1-2014 los valores máximos permitidos son de 0.095 ppm en un promedio de 1 hora y de 0.07 ppm promedio de 8 horas móviles. El rango de las concentraciones de O_3 oscila en general entre 0.01 y 0.04 ppm

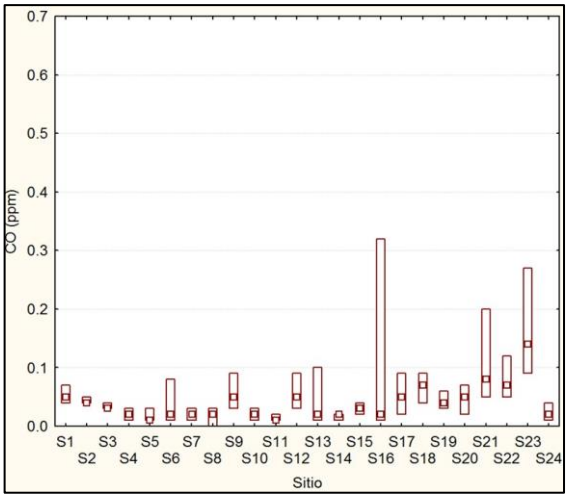
Figura IV.72. Análisis Box & Whiskers de la concentración de Ozono (O3) en los sitios de monitoreo.



Fuente: Elaboración IMP.

En la Figura IV.73 se presenta la distribución de la concentración de Monóxido de Carbono medida en el aire ambiente en la región del SAR, la cual indica que existe poca presencia de este contaminante. En general el rango de concentraciones promedio esta entre 0 y 0.01 ppm, únicamente en el sitio S23 la concentración promedio se encuentra fuera del rango. Que puede tener la influencia de la autopista, con un continuo paso de vehículos. La NOM-021-SSA1-1993 establece un valor máximo permitido de 11.0 ppm en un promedio de 8 horas móviles, por lo que comparándolo con el valor de las concentraciones medidas, se puede decir que la zona tiene poco impacto por efecto del Monóxido de Carbono.

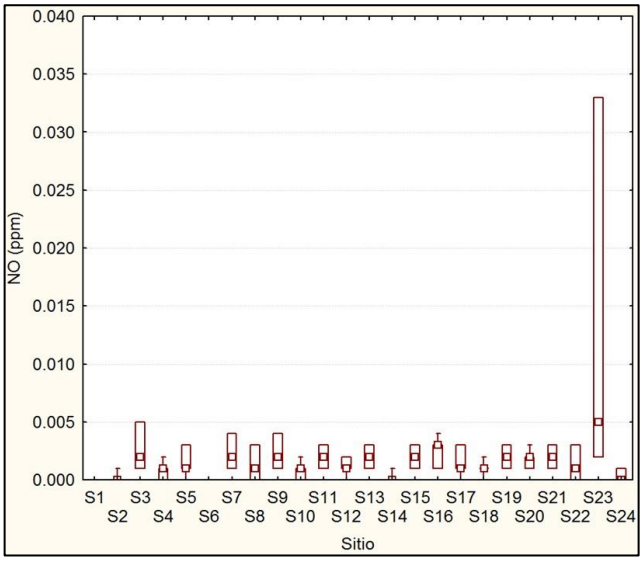
Figura IV.73. Análisis Box & Whiskers de la concentración de Monóxido de Carbono (CO) en los sitios de monitoreo.



Fuente: Elaboración IMP.

En la Figura IV.74 se presenta la concentración de Óxido de Nitrógeno medida en el aire ambiente en la región del SAR, el rango de las concentraciones promedio esta entre 0 y 0.005 ppm, lo cual indica poca presencia de este contaminante. El sitio S23 puede tener la influencia de la autopista, en la cual existe un continuo paso de vehículos.

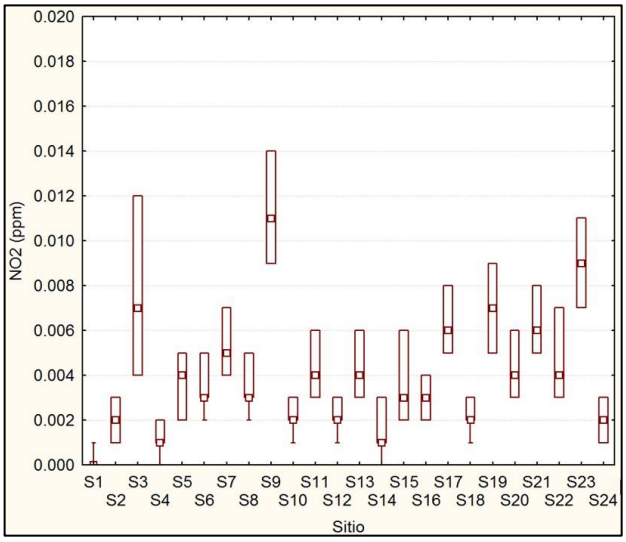
Figura IV.74. Análisis Box & Whiskers de la concentración de Óxido de Nitrógeno (NO) en los sitios de monitoreo.



Fuente: Elaboración IMP.

En la Figura IV.75 se presenta la concentración de Dióxido de Nitrógeno medida en el aire ambiente en la región del SAR, el rango de las concentraciones promedio esta entre 0.001 y 0.014 ppm, que representan valores bajos de concentración. La NOM-023-SSA1-1993 establece un valor máximo permitido 0.210 ppm en un promedio de 1 hora, esto se establece en la norma.

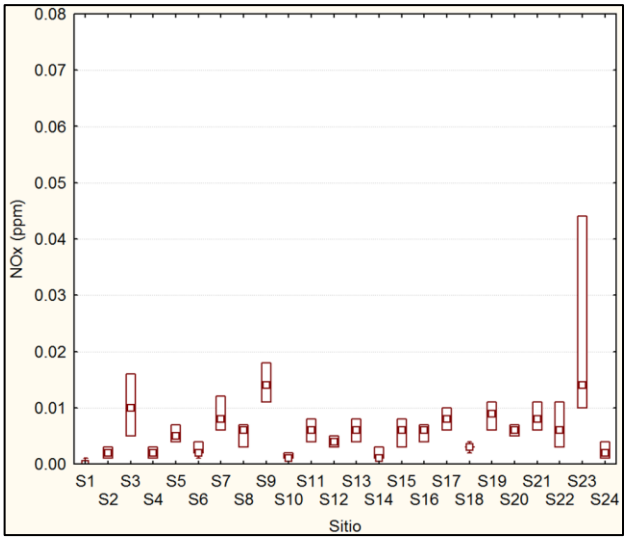
Figura IV.75. Análisis Box & Whiskers de la concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO_2) en los sitios de monitoreo.



Fuente: Elaboración IMP.

En la Figura IV.76 se muestra la distribución de la concentración de Óxidos de Nitrógeno medida en el aire ambiente en la región del SAR, el rango de las concentraciones promedio esta entre 0 y 0.02 ppm, lo cual representa una presencia de este contaminante en el aire ambiente. Destaca el valor de concentración el sitio S23, el cual puede tener influencia de emisiones vehiculares provenientes de la autopista.

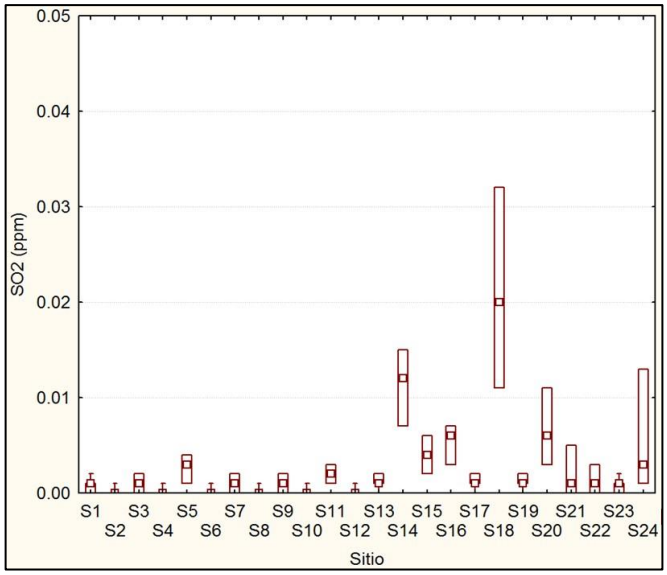
Figura IV.76. Análisis Box & Whiskers de la concentración de Óxidos de Nitrógeno (NOx) en los sitios de monitoreo.



Fuente: Elaboración IMP.

En la Figura IV.77 se presenta la distribución de la concentración de Dióxido de Azufre registrado en la región del SAR durante el monitoreo de calidad del aire, en ella se observa que existe poca presencia de dicho contaminante, el valor rango de concentraciones oscila entre 0.002 y 0.007 ppm promedio. Los valores más altos se midieron en el sitio S14 y S18 (llegando el valor promedio a 0.02 ppm). De acuerdo a la norma NOM-022-SSA1-2010, la cual establece un valor máximo permitido de 0.11 ppm en un promedio de 24 horas y de 0.200 ppm en un promedio de 8 horas móviles.

Figura IV.77. Análisis Box & Whiskers de la concentración de Dióxido de Azufre (SO_2) en los sitios de monitoreo.

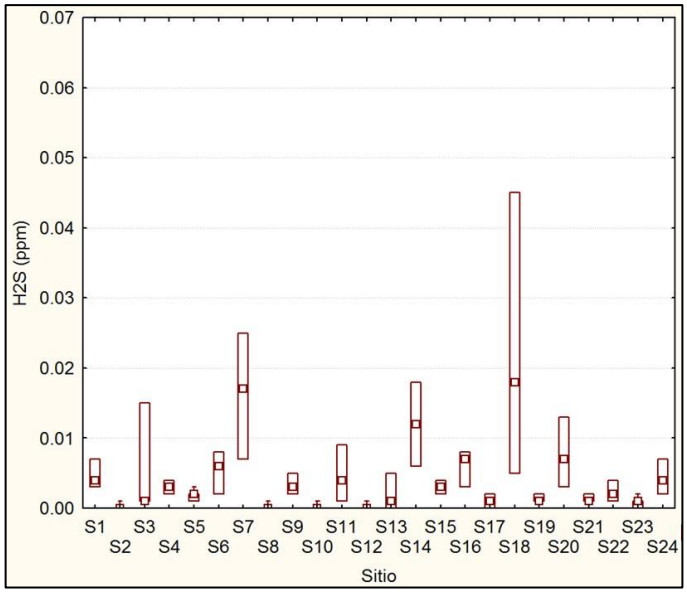


Fuente: Elaboración IMP.

La

Figura IV.78 muestra la variación de la concentración medida en aire ambiente de Ácido Sulfhídrico en la región del SAR durante el monitoreo de calidad del aire. En México el Ácido Sulfhídrico no tiene norma, si se compara con el estándar de California (0.03 ppm en promedio de una hora California Ambient Air Quality Standards (CAAQS)), no se alcanza a rebasar este estándar. El valor promedio de la concentración no rebasa el 0.02 ppm.

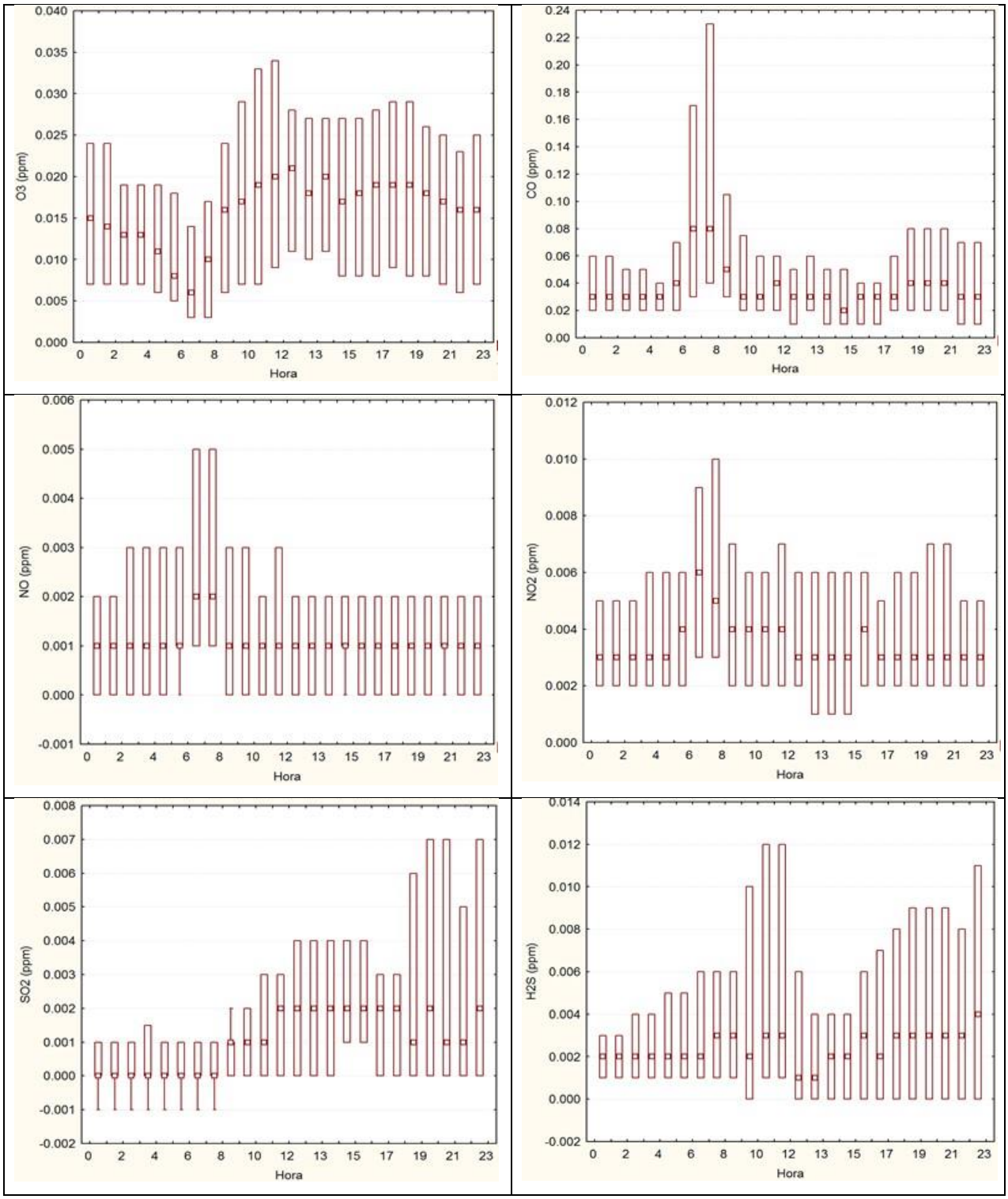
Figura IV.78. Análisis Box & Whiskers de la concentración de Ácido Sulfhídrico (H2S) en los sitios de monitoreo.



Fuente: Elaboración IMP.

En la Figura IV.79 se presenta la variación diurna de la concentración de las especie medidas en el monitoreo de calidad del aire en la región del SAR de la RDB; en ella se observa el efecto de la radiación solar en la concentración de O_3. Esta figura también permite identificar un patrón de compartimiento típico de las emisiones vehiculares, ya que existe un pico en la mañana (traslado a escuelas y trabajo) y otro pico en la tarde (regreso de las actividades), esto permite decir que en la región, domina la dinámica poblacional sobre la actividad industrial. Las concentraciones son bajas, si se comparan con otros centros de población más densamente poblados.

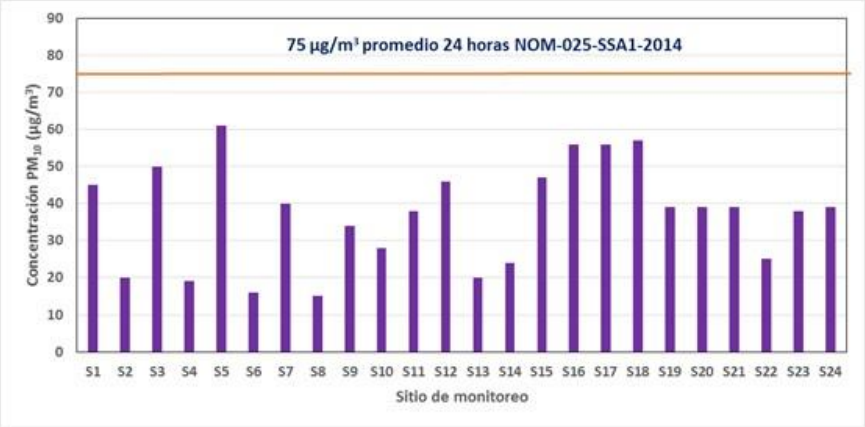
Figura IV.79.Variación diurna de la concentración de contaminantes criterio.



Fuente: Elaboración IMP.

En la interpretación de los resultados del monitoreo de calidad del aire, para las partículas, no se aplicó un análisis estadístico ya que por la forma y el método de medición, solo se obtiene una muestra por sitio. Las concentraciones para partículas en general son bajas y no rebasan sus respectivas normas de salud. En la Figura IV.80 se presenta la distribución de la concentración de partículas finas PM_{10} en los sitios del monitoreo de calidad del aire. Todos los sitios se encuentran por abajo del valor máximo permitido de 75 µg/m3 en promedio de 24 horas, definido en la norma NOM-025-SSA1-2014.

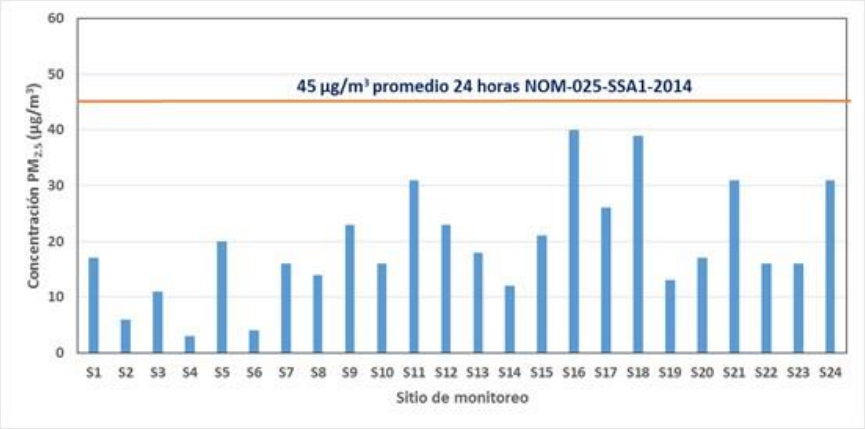
Figura IV.80. Distribución espacial de la concentración de PM10.



Fuente: Elaboración IMP.

En la Figura IV.81 se presenta la distribución de la concentración de partículas finas $PM_{2.5}$ en los sitios del monitoreo de calidad del aire. Todos los sitios se encuentran por abajo del valor máximo permitido de 45 µg/m3 en promedio de 24 horas, definido en la norma NOM-025-SSA1-2014.

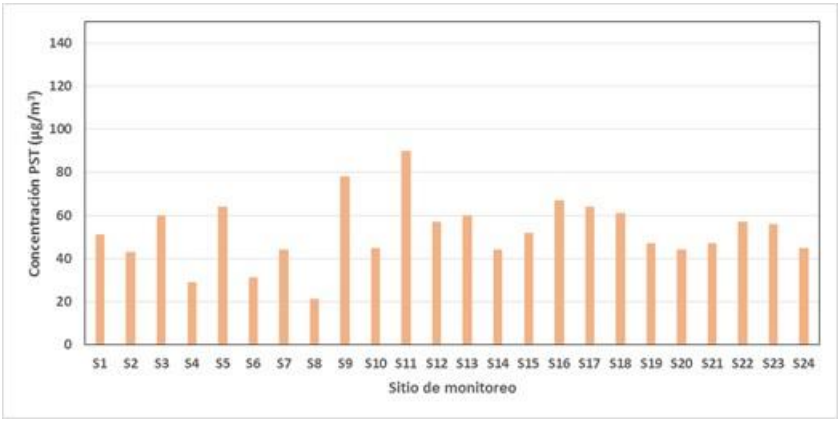
Figura IV.81. Distribución espacial de la concentración de PM2.5.



Fuente: Elaboración IMP.

En la Figura IV.82 se presenta la distribución de la concentración de partículas suspendidas totales en los sitios del monitoreo de calidad del aire. Este contaminante no se encuentra actualmente regulado a nivel nacional.

Figura IV.82. Distribución espacial de la concentración de PST.

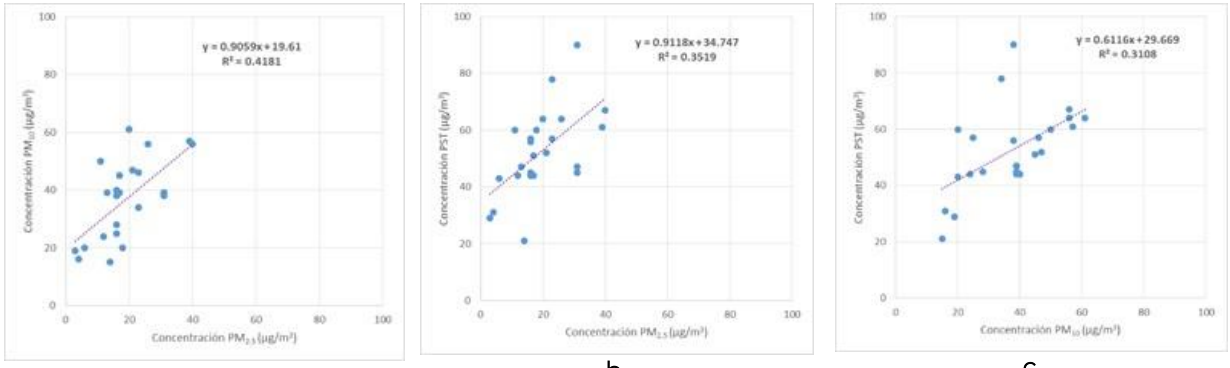


Fuente: Elaboración IMP.

En la Figura IV.83 se presenta la comparación entre la concentración de partículas finas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y totales, la gráfica (a) indica que existe relación entre las PM_{10} y $PM_{2.5}$, aunque con alta dispersión en los datos, esto podría indicar que comparten la misma fuente de emisión. En la gráfica (b) se presenta la relación entre las PST y $PM_{2.5}$, existe relación entre ambas, aunque tienen una mayor dispersión en el comportamiento que en comparación al caso anterior. La gráfica (c) muestra la comparación entre la concentración de PST y PM_{10}, en este existe un desacoplamiento aun mayor y una dispersión de datos mayor. Estos resultados

indican que las PM_{10} y $PM_{2.5}$ comparten fuentes de emisión comunes, pero también existe otra fuente importante que participa y que podría ser suelo muy fino.

Figura IV.83. Comparación entre partículas y su tendencia.



a b c

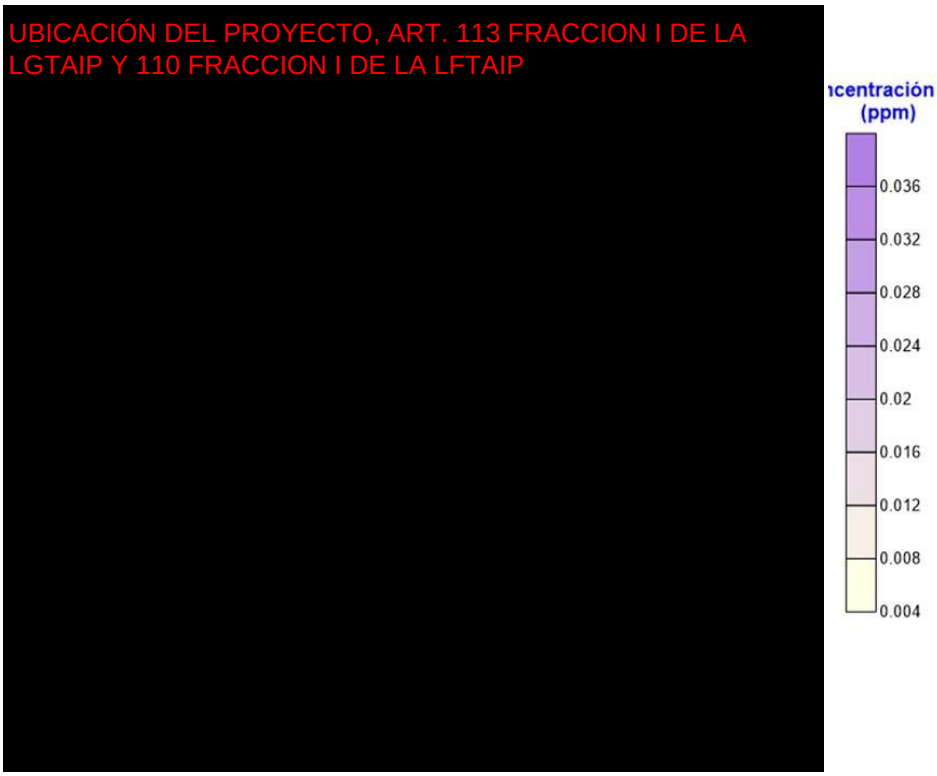
Fuente: Elaboración IMP.

El monitoreo de calidad del aire realizado, indica una baja presencia de contaminantes criterio, en los 24 sitios de monitoreo la calidad del aire fue buena, de acuerdo a la respectiva normatividad. El nivel de concentración de las especies monitoreadas es bastante bajo, incluso, cerca del límite inferior de detección del equipo analizador. El patrón de comportamiento que presentan los contaminantes criterio se aproxima al producido por la actividad urbana y vehicular.

En las siguientes figuras se presenta la distribución geográfica de contaminantes criterio monitoreados.

En la Figura IV.84 se representa la distribución geográfica de la concentración promedio de Ozono (O_3) medida en la campaña de monitoreo de calidad del aire. Los valores de O3 son bajos, y los valores más altos se concentraron en las zonas cercanas a la acosta, en particular, en el sector Este y Oeste, con respecto al municipio de Paraíso. Los valores más bajos se ubican en la región tierra adentro; esta distribución se puede deber al patrón de campo de vientos existente durante el monitoreo de calidad del aire. No se observa un comportamiento que pueda ocasionar un impacto en la salud de la población o del ecosistema.

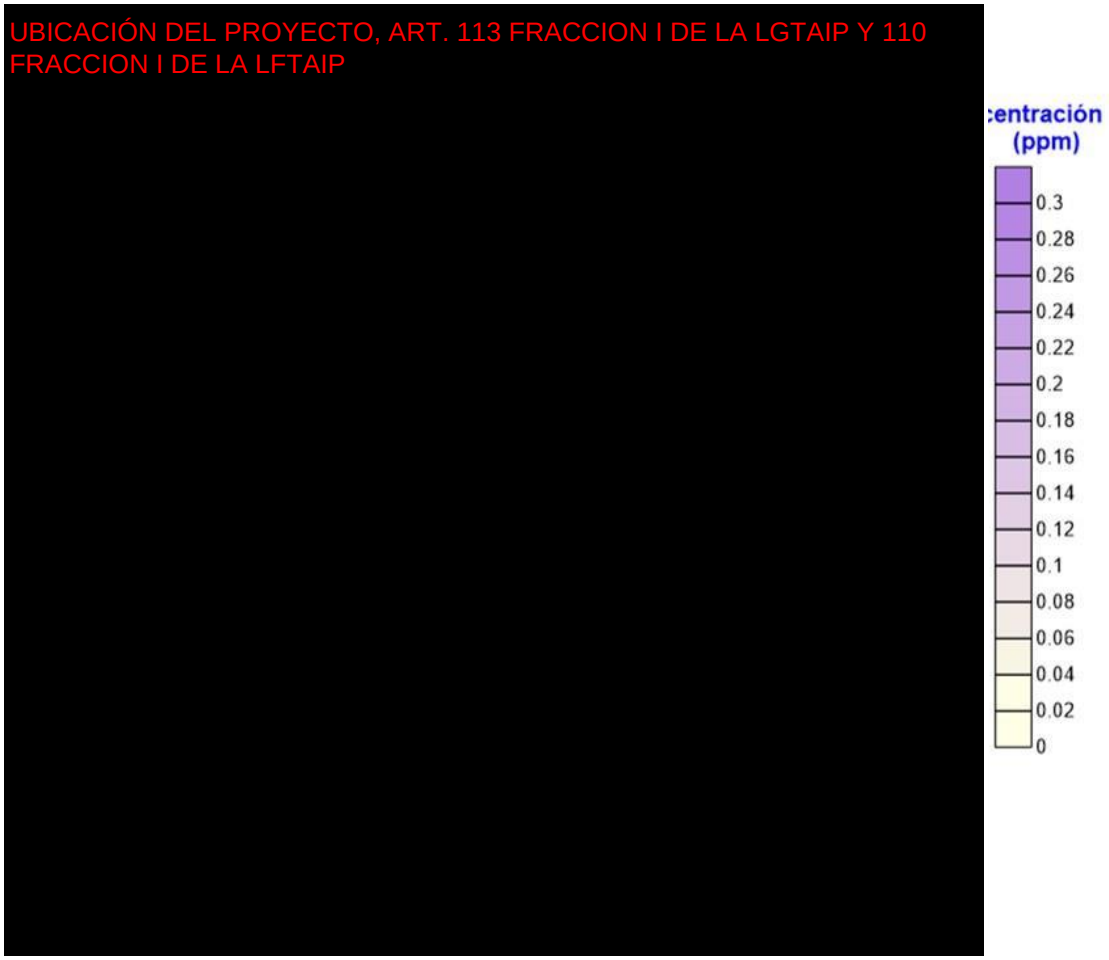
Figura IV.84. Distribución espacial de la concentración de O_3 en el área bajo estudio.



Fuente: Elaboración IMP.

En la Figura IV.85 se representa la distribución geográfica de la concentración promedio del Monóxido de Carbono (CO) registrada durante la campaña de monitoreo de calidad del aire; las concentraciones son bajas en general, cabe hacer mención que en tres sitios (S16, S21 y S23) los valores de concentración fueron los más más altos, esto se puede deber a efectos puntuales y momentáneos, como puede ser la quema de pastizales que en esta época son frecuentes para preparar la tierra para el próximo ciclo de cultivo. Estos valores de concentración no representan un riesgo de salud en la población o del ecosistema.

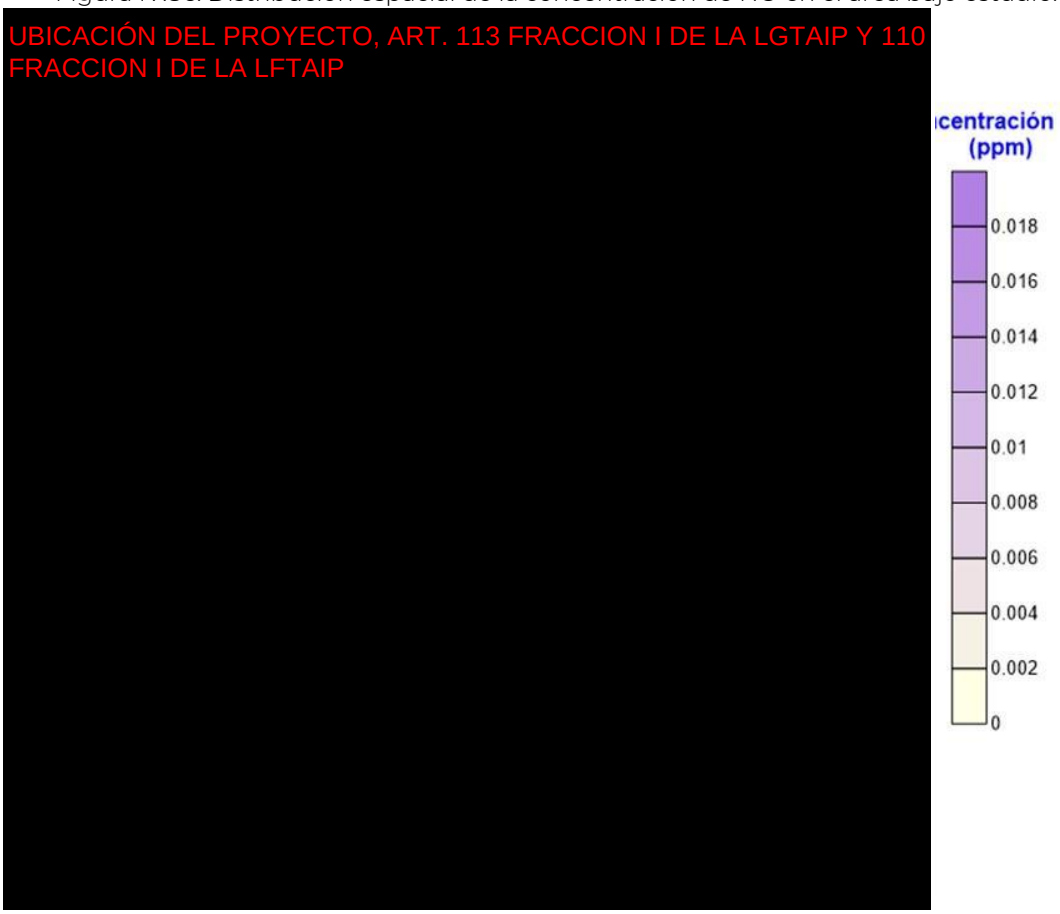
Figura IV.85. Distribución espacial de la concentración de CO en el área bajo estudio.



Fuente: Elaboración IMP.

En la Figura IV.86 se muestra la distribución espacial de la concentración promedio de Óxido de Nitrógeno (NO) medida durante el desarrollo de la campaña de monitoreo de calidad del aire. Los valores de NO son bastante bajos, en ocasiones próximos al límite inferior de detección del equipo analizador; los valores en general son bajos, el valor más alto de concentración promedio se ubicó en la cercanía de la autopista que comunica a la Ciudad de Villahermosa, la cual presenta un alto flujo vehicular y paso de vehículos de carga, dichas emisiones pudieron influir en la calidad del aire. No se observa un comportamiento que pueda ocasionar un impacto en la salud de la población o del ecosistema.

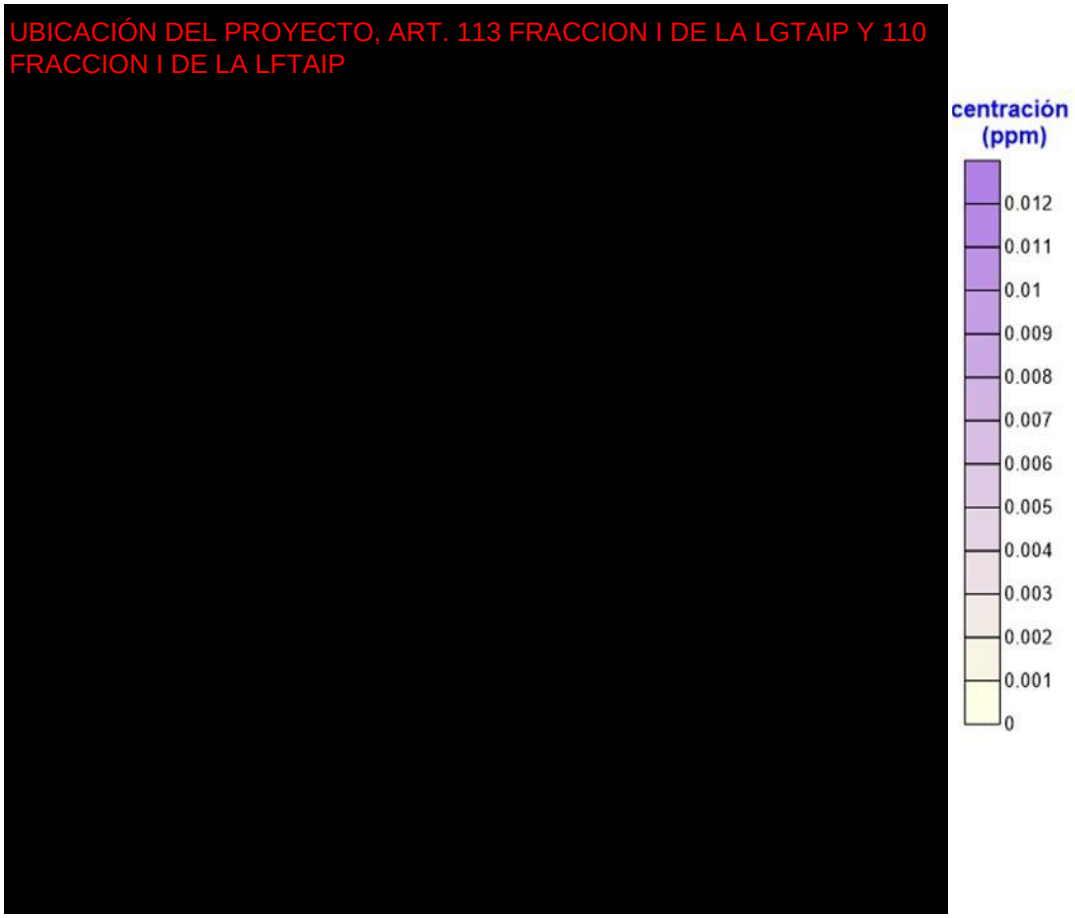
Figura IV.86. Distribución espacial de la concentración de NO en el área bajo estudio.



Fuente: Elaboración IMP.

En la Figura IV.87 se visualiza la distribución geográfica de la concentración promedio de Dióxido de Nitrógeno (NO_2) registrada en la campaña de monitoreo de calidad del aire. Los valores de NO_2 son bastante bajos, y en varios momentos cercanos al límite inferior de detección del equipo analizador. Los valores más altos de concentración promedio se ubican en la cercanía de la autopista que comunica a la Ciudad de Villahermosa, la cual presenta un alto flujo vehicular y paso de vehículos de carga, dichas emisiones pudieron influir en la calidad del aire, así como en la zona cercana al municipio de Paraíso. No se observa un comportamiento que pueda ocasionar un impacto en la salud de la población o del ecosistema.

Figura IV.87. Distribución espacial de la concentración de NO_2 en el área bajo estudio.

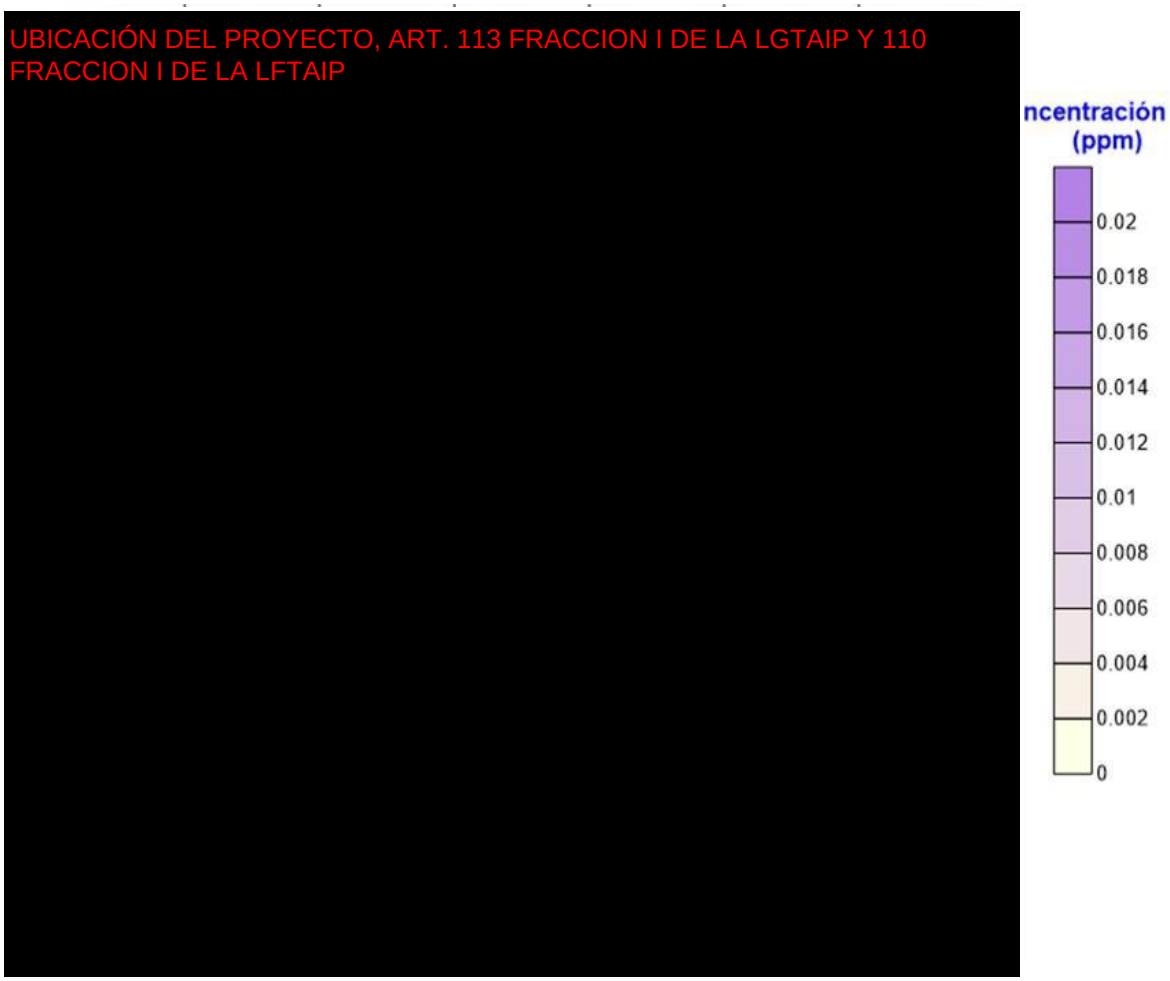


Fuente: Elaboración IMP.

En la

Figura IV.88 se representa la distribución geográfica de la concentración promedio de Dióxido de Azufre (SO_2) obtenida en la campaña de monitoreo de calidad del aire. Los valores de SO_2 son bastante bajos e inferiores a los límites máximos permitidos en la norma respetiva de salud. Los valores más altos de concentración promedio se ubican al sur del municipio de Paraíso, esto podría deberse al efecto de los quemadores elevados del Puerto de Dos Bocas. No se observa un comportamiento que pueda ocasionar un impacto en la salud de la población o del ecosistema.

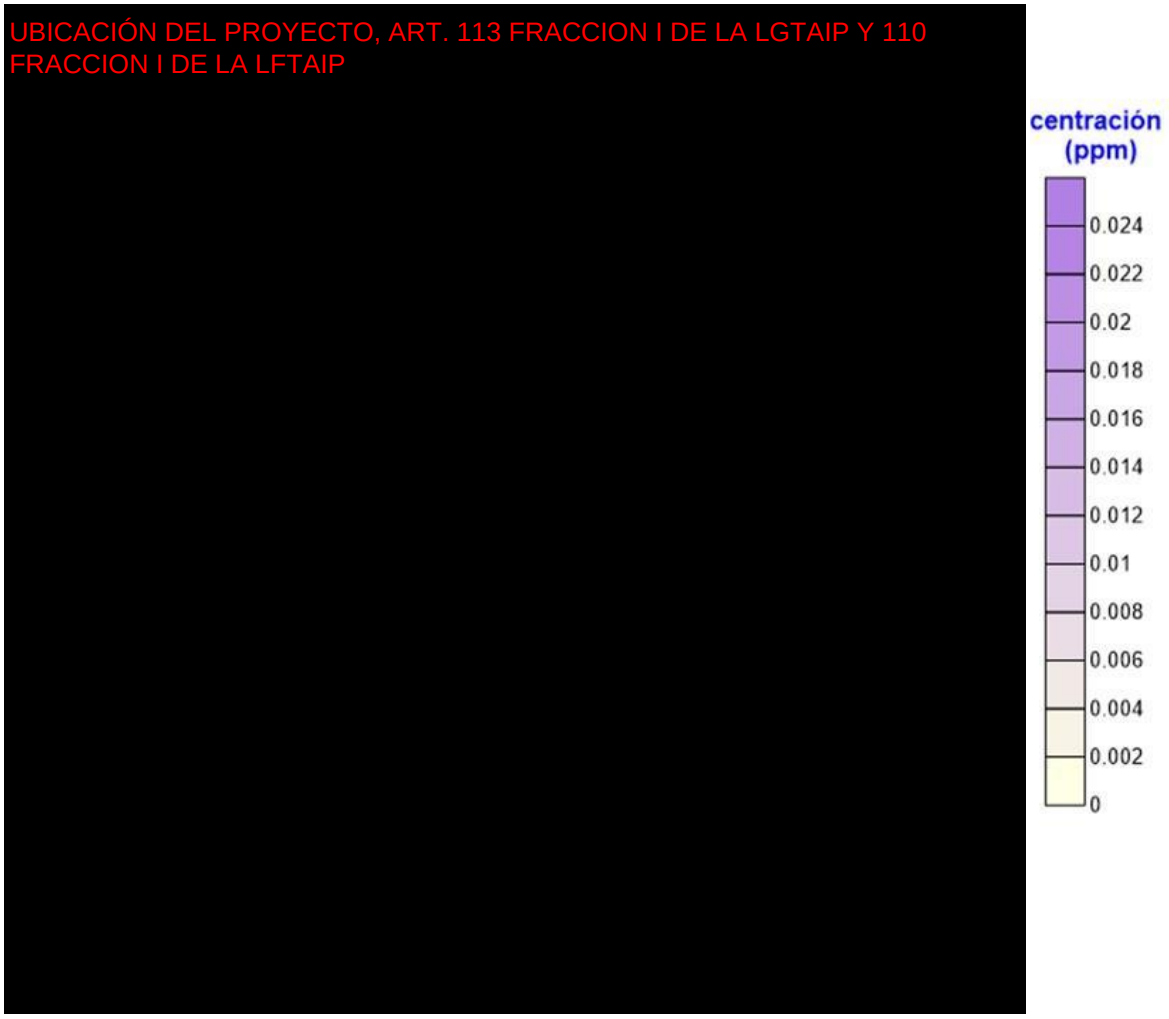
Figura IV.88. Distribución espacial de la concentración de SO_2 en el área bajo estudio.



Fuente: Elaboración IMP.

En la Figura IV.89 se puede observar la distribución espacial de la concentración promedio de Ácido Sulfhídrico (H_2S) obtenida en la campaña de monitoreo de calidad del aire. Los valores son bajos, como se mencionó, en México no existe una norma que determine el valor máximo permitido en aire ambiente, el California Ambient Air Quality Standards (CAAQS), define un valor de 0.03 ppm en promedio de una hora, cabe hacer mención que en la región existen diversas fuentes biógenicas y antropogénicas de H_2S. No se observa un comportamiento que pueda ocasionar un impacto en la salud de la población o del ecosistema.

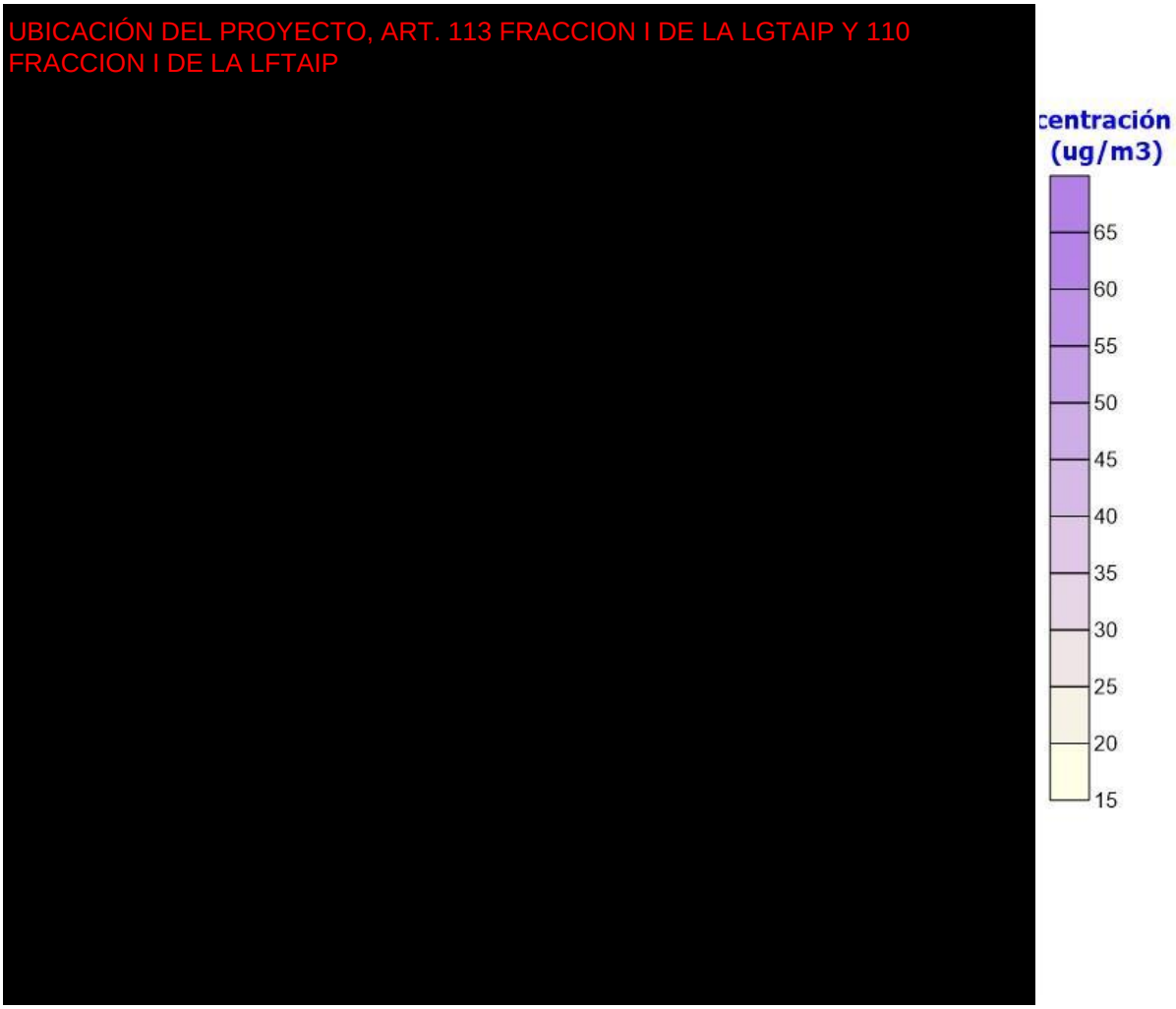
Figura IV.89. Distribución espacial de la concentración de H_2S en el área bajo estudio.



Fuente: Elaboración IMP.

En las Figuras IV.90, IV.91 y IV.92 se presentan la distribución espacial de la concentración promedio de partículas finas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y Partículas Suspendidas Totales obtenidas durante el desarrollo de la campaña de monitoreo de calidad del aire. Los valores de PM_{10} y $PM_{2.5}$ son inferiores a los límites máximos permitidos establecidos en la norma de calidad de salud (65 y 45 µg/m^3, respectivamente). No se observa un comportamiento que pueda representar un efecto adverso en la salud de la población o del ecosistema.

Figura IV.90. Distribución espacial de la concentración de PM_{10} en el área bajo estudio.



Fuente: Elaboración IMP.

Figura IV.91. Distribución espacial de la concentración de PM2.5 en el área bajo estudio.

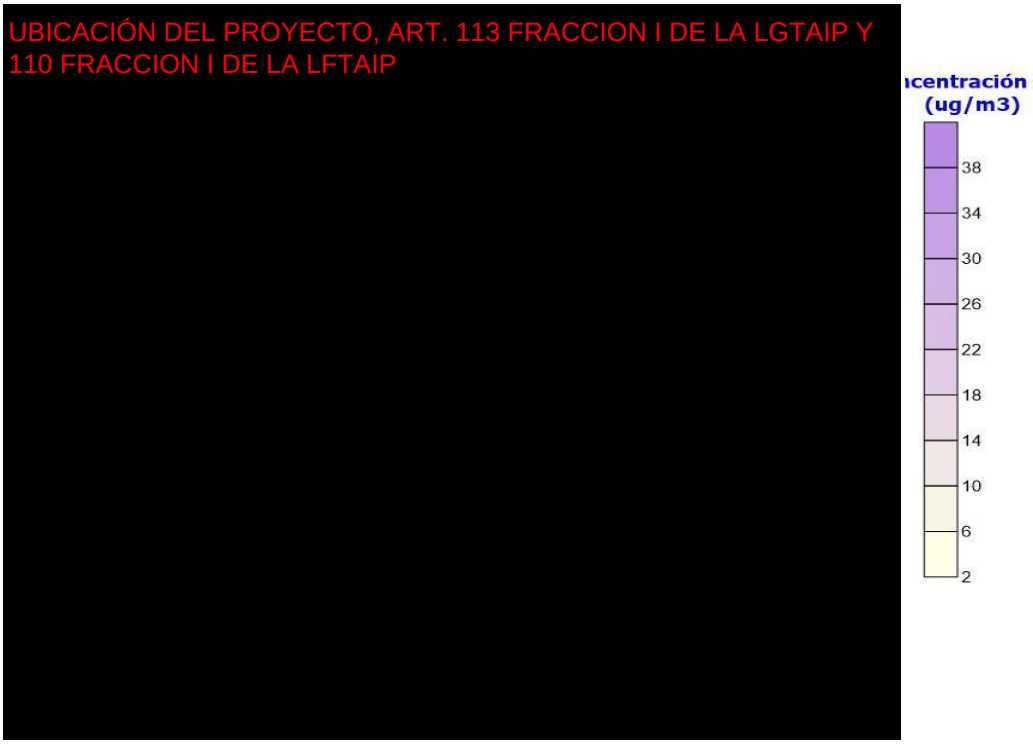
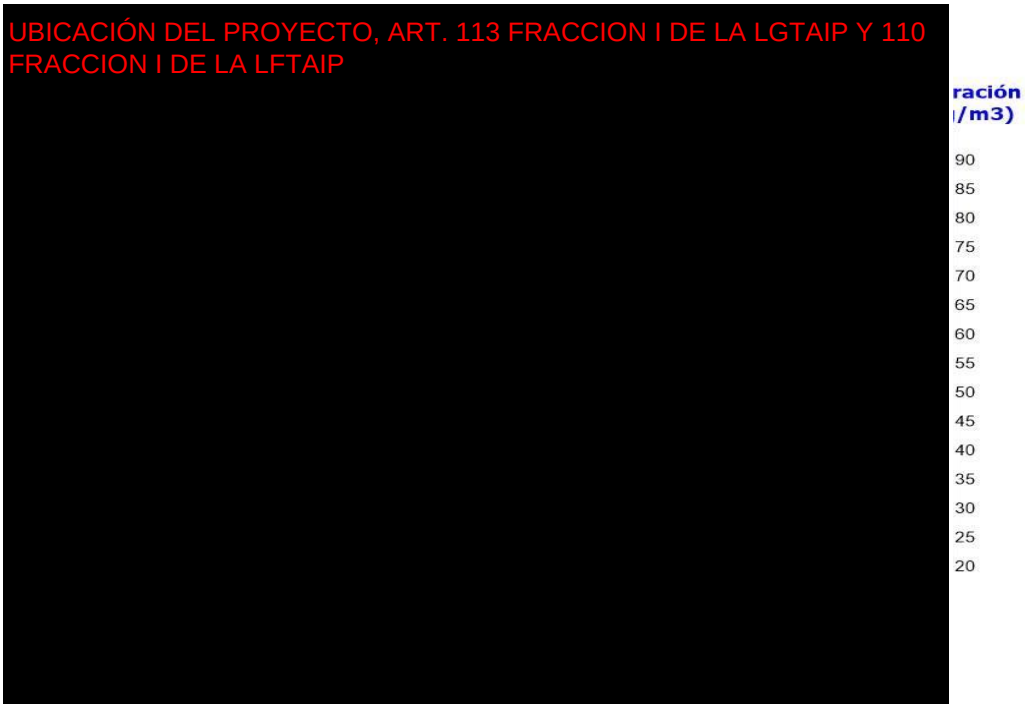


Figura IV.92. Distribución espacial de la concentración de PST en el área bajo estudio.



Fuente: Elaboración IMP.

Conclusiones

De acuerdo al análisis de las mediciones de la concentración de los contaminantes atmosféricos que son criterio, no existen valores que rebasen la normatividad de salud nacional, además de que muestra valores bastante bajos que no representan un problema de salud para la población.

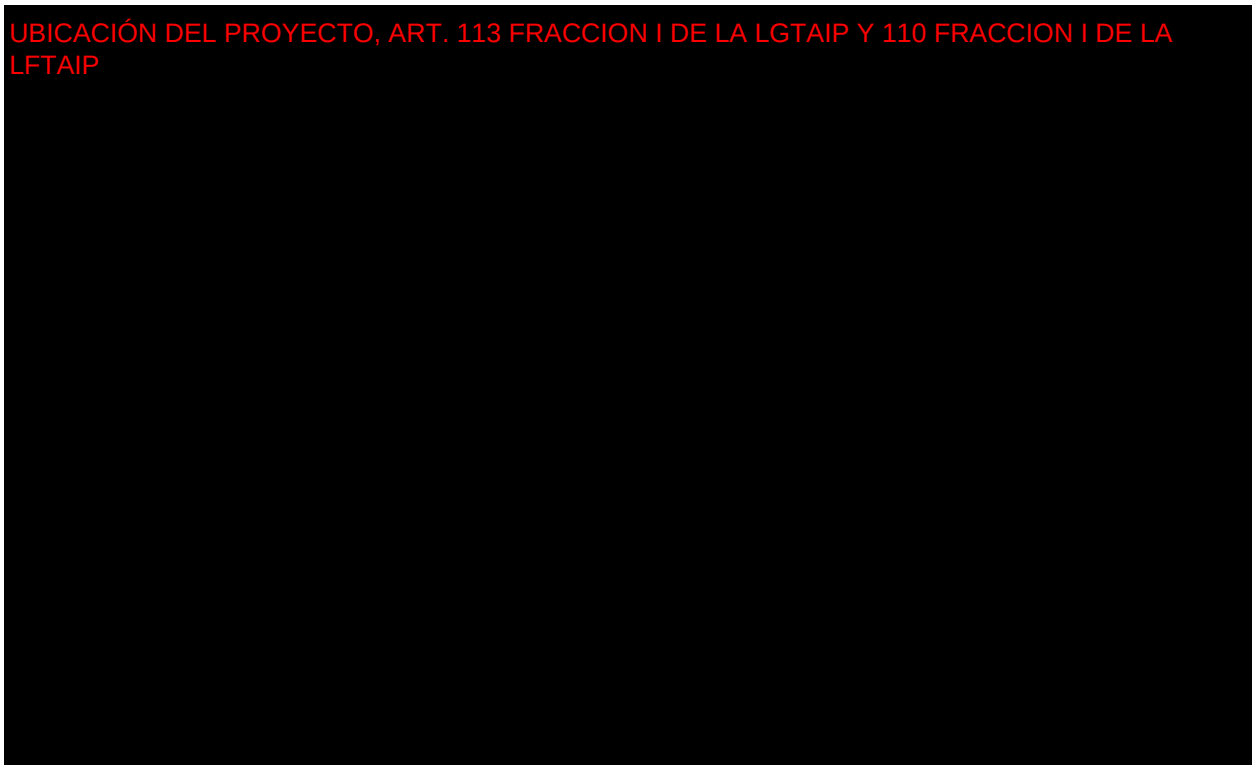
La concentración promedio de las Partículas Menores a 10 y 2.5 Micras (PM_{10} y $PM_{2.5}$) oscila en el rango de 15 a 61 µg/m3 y de 3 a 40 µg/m3, respectivamente. En ambos casos no superaron el valor límite de la norma de salud respectiva. No se distingue alguna zona que muestre valores altos.

De acuerdo al comportamiento de las variables meteorológicas en el periodo del 18 de marzo al 4 de abril de 2019, se puede decir que prevalecieron condiciones bastante homogéneas durante el periodo de monitoreo de la calidad del aire en la zona del Sistema Ambiental Regional de la RDB.

Geomorfología y Geología

Las características geológicas regionales del SAR se reconocen en la Carta Geológica Minera Frontera E-15-5, editada por el Servicio Geológico Mexicano de escala 1: 250 000 (Figura IV.93), donde los rasgos litológicos y los factores geológicos que han influido en el modelado del relieve de esta entidad son: el tectonismo en sus fases de plegamiento y fallamiento, que se manifiesta en las sierra de Chiapas y el relleno de cuencas marinas y lacustres con aportes de materiales terrestres, transportados por una compleja red de corrientes superficiales a lo largo de la provincia fisiográfica Planicie Costera del Golfo.

Figura IV.93. Carta Geológica Minera Frontera E 15-5



Fuente: Servicio Geológico Mexicano, SGM 2004

Figura IV.94. Mapa geológico del área de estudio,



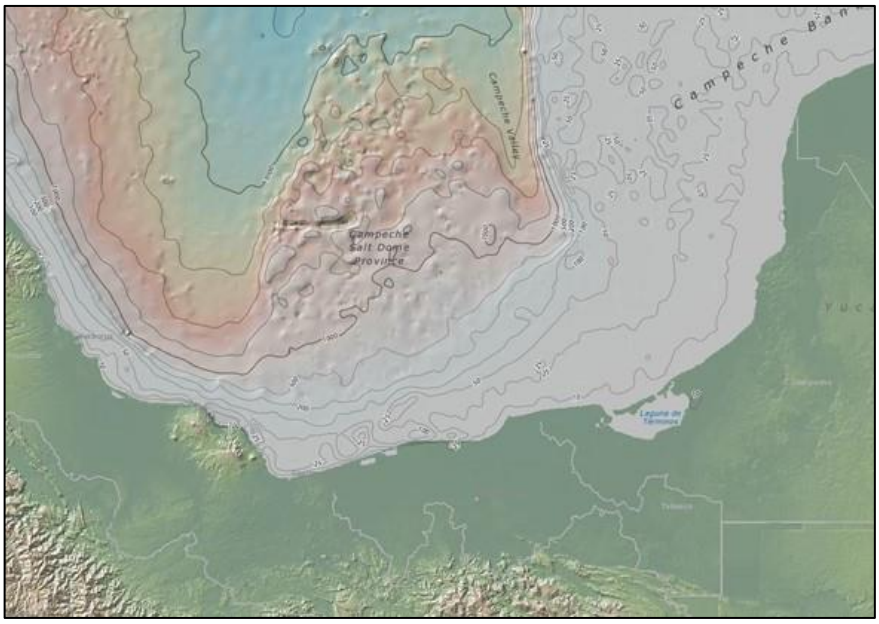
Fuente: Servicio Geológico Mexicano, 2004

Fisiografía

El SAR se localiza en la porción sur de la Provincia Fisiográfica Planicie Costera del Golfo, esta provincia se caracteriza por su poco relieve, casi plano, con altitudes menores de 100 metros, las cuales están cortadas por amplios valles, resultado de la acumulación de grandes depósitos fluviales en diferentes medios, entre los que se encuentran el lacustre, el palustre y el litoral del Cuaternario (figura IV.95). Este relieve presenta extensas planicies de inundación y grandes y pequeñas lagunas, entre las que destacan La Machona, Mecoacán, El Carmen, Laguna Grandes la Flores, Laguna Cocal y Laguna La Redonda.

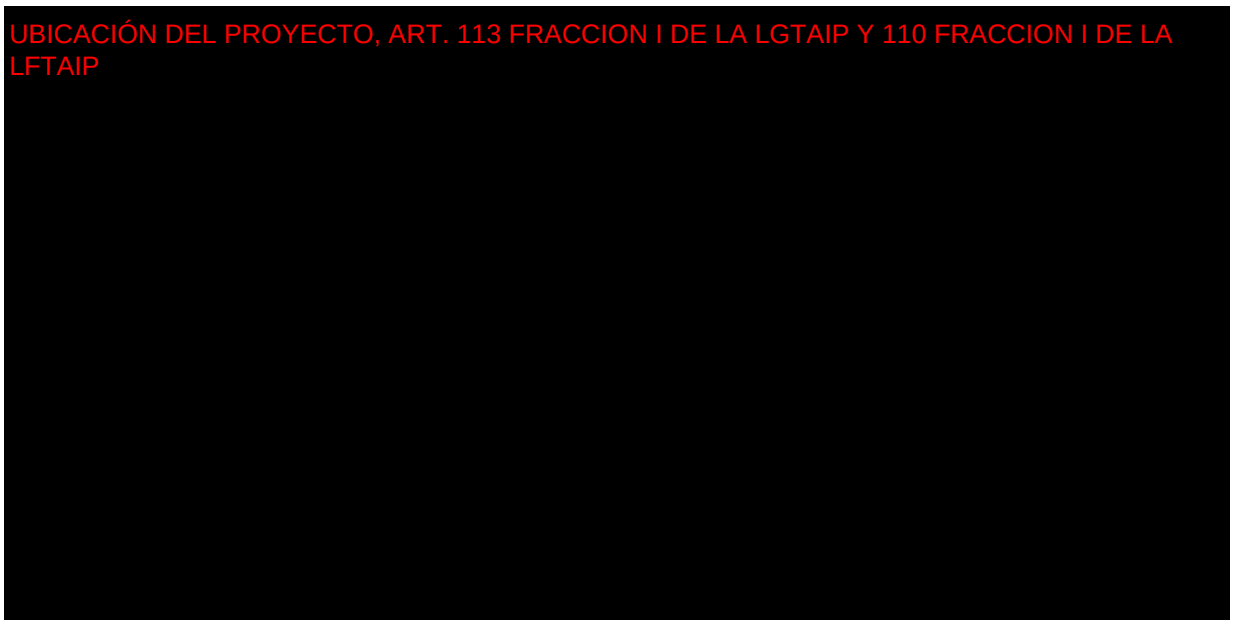
Este sistema está plenamente desarrollado, con una red de drenaje de grande a mediana densidad, bien integrada, excepto en algunas porciones al Sur y Sureste de Villahermosa donde están presentes rocas más antiguas que afloran del Mesozoico (Cretácico Superior), por su constitución litológica indican la existencia de una plataforma donde las aguas someras y tranquilas propiciaron el depósito de sedimentos carbonatados biogenéticos.

Figura IV.95. Imagen de rasgos fisiográficos de la Planicie Costera del Golfo



Fuente: https://maps.ngdc.noaa.gov/viewers/bathymetry/, 2018

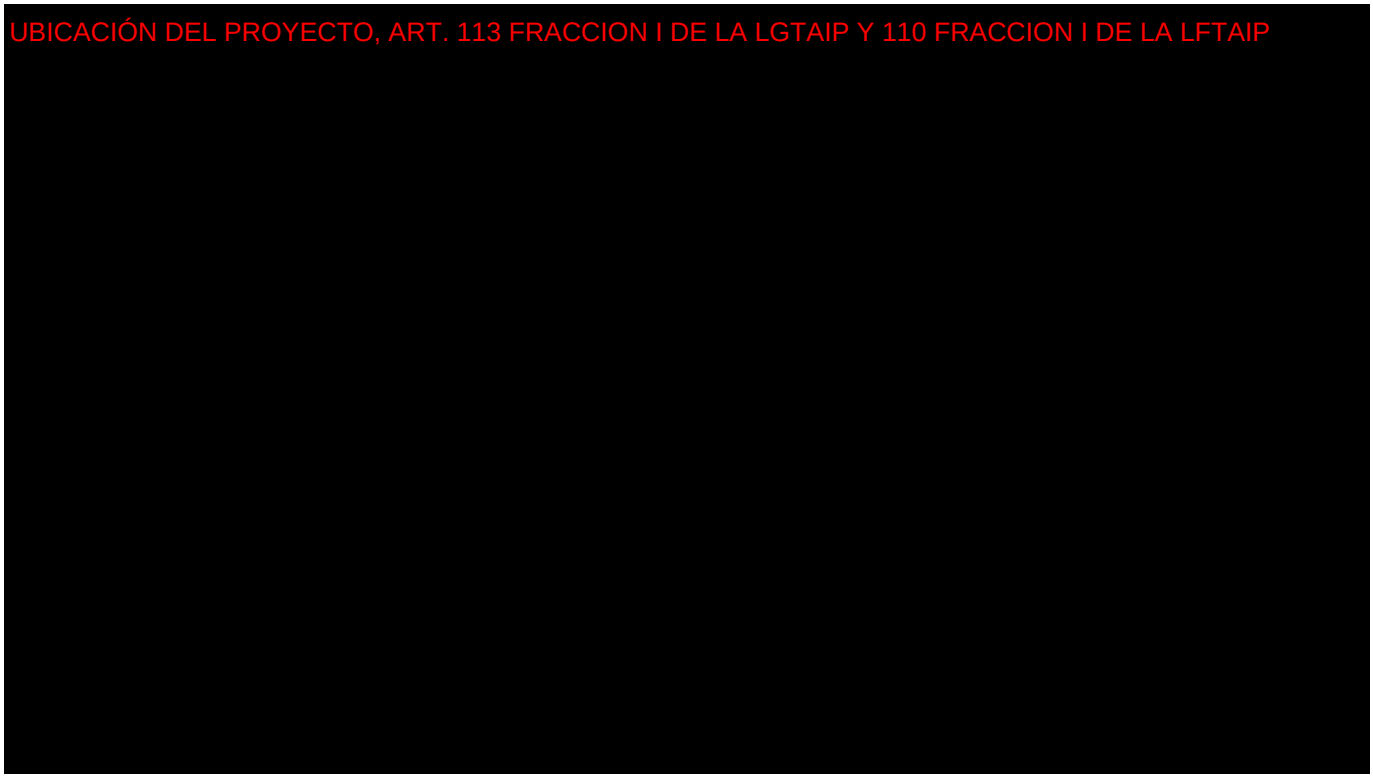
Como se ha indicado, Tabasco se divide en las provincias Llanura Costera del Golfo Sur de México extendiéndose a casi todo el Estado y, Sierras de Chiapas y Guatemala (Figura IV.96) que cubre (aproximadamente 6%)la parte sur del Estado.



Fuente: INEGI 2010.

Las rocas más antiguas que afloran son del Mesozoico (Cretácico Superior), por su constitución litológica indican la existencia de una plataforma donde las aguas someras y tranquilas propiciaron el depósito de sedimentos carbonatados. (UNAM, 2009). Respecto a la geología y con base en su localización geográfica en la capa de INEGI, esta pertenece al periodo Cuaternario, con suelos tipos Palustre, Aluvial, Litoral y Lacustre, sin presentar sitio de interés geológico. El área del proyecto presenta suelos aluviales del periodo cuaternario (Figura IV.97).

Figura IV.97. Geología del SAR donde se ubican los sitios que se requieren para la construcción.



Fuente: Elaboración IMP, base INEGI

Estratigrafía

Los factores geológicos que han influido en el depósito de las unidades litoestratigraficas en el SAR ha sido el tectonismo, principalmente manifestado por el relleno de cuencas marinas y lacustres con aportes de materiales terrestres, transportados por una compleja red de corrientes superficiales, lo cual constituye la respuesta a un evento de carácter distensivo más joven desarrollado en la región, que se caracteriza por la ocurrencia de grandes fallas de crecimiento sindepositacional, de posible edad Mioceno Tardío y Plioceno-Pleistoceno.

La columna litoestratigráfica del área está constituida principalmente por secuencias de suelos y rocas consolidadas y no consolidadas de edad Cuaternario y/o Reciente, La litología que caracteriza a esta secuencia, está representada predominantemente por arenas, con algunas gravas y arcillas, acumuladas dentro de los últimos 10 000 años, y cuyo origen se relaciona con procesos principalmente de carácter fluvial.

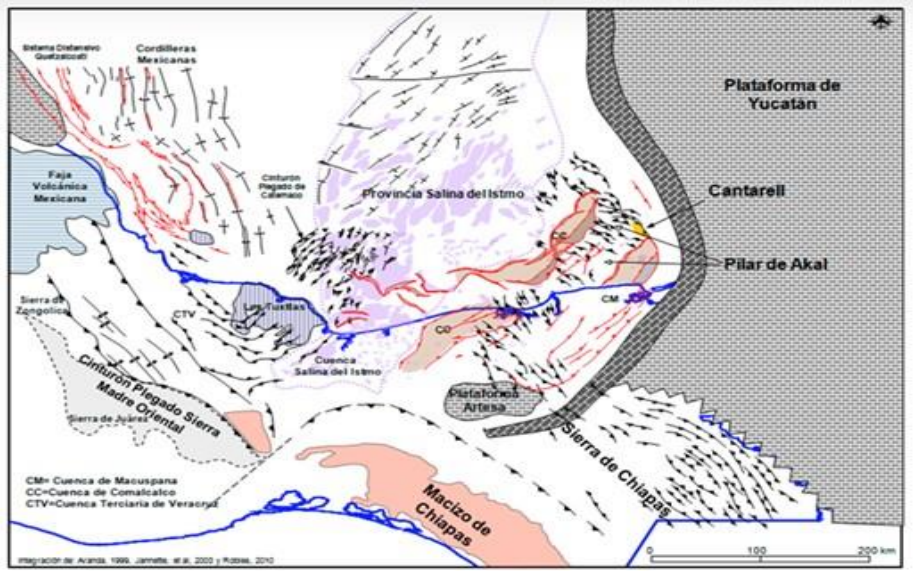
Hacia la parte basal se tienen depósitos de edad Pleistoceno, que litológicamente, se caracteriza como una secuencia de areniscas, dispuestas conformando cuerpos lenticulares, y de lutitas, con ocasionales cuerpos de conglomerados, gravillas y arenas, los cuales se asocian desarrollados dentro de ambientes transicionales de tipo deltaico y paludal, y aún esporádicamente de carácter continental, bajo condiciones fluviales.

Litológicamente el Plioceno se caracteriza, por una alternancia monótona de lutitas fosilíferas de color gris azuloso, las cuales son las más predominantes y areniscas.estas últimas, en partes tienen una matriz arcillo-calcárea, con algunas interestratificaciones de horizontes de bentonita y presentan ocasionalmente algo de “mudstone” arcilloso. Hacia la parte superior se marca una ligera tendencia al predominio de las areniscas.

Geología Estructural

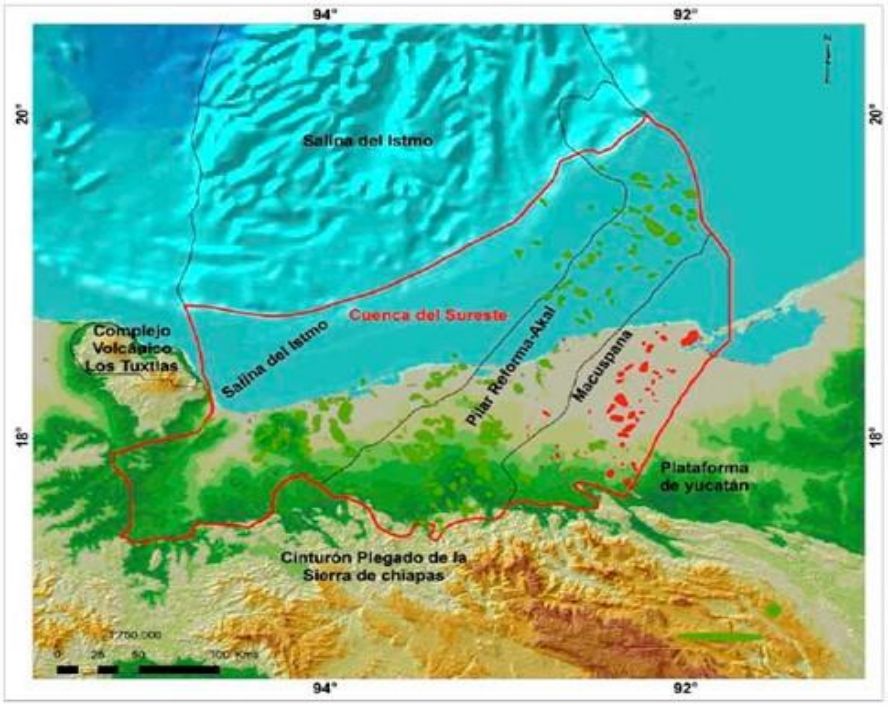
Los rasgos estructurales terciarios que se encuentran en el SAR, son incipientes flexiones las cuales presentan suaves echados de las capas arcillosas con orientación general al SE, otras estructuras presentes en menor proporción son la presencia de un fracturamiento aislado no sistemático cuya orientación y dirección de las mismas es muy irregular presentando de manera general una dirección NW-SE. Estos se encuentran más frecuentemente en los sedimentos más consolidados (lutitas) y escasamente en los menos consolidados confundiéndose en algunos casos con procesos de desecación de suelos (agrietamientos). La deformación para esta región es de tipo extensional relacionado al proceso de evolución de la Cuenca del Golfo de México (figura IV.98), la cual se caracteriza por fallas lístricas de orientación noreste-suroeste e inclinación e inclinación hacia el sureste y anticlinales elongados y apretados del Plio-Pleistoceno tipo “roll over” asociados a la evacuación de arcillas o intrusiones salinas de edad Oligoceno,dando lugar a la formación de las cuencas Terciarias del sureste: Comalcalco, Macuspana Salina del Istmo y Pilar Reforma Akal (Figura IV.98), con grandes rellenos de sedimentos del Plioceno de hasta 5,000 metros de espesor. Este movimiento gravitacional y extensional también estuvo interactuando con el levantamiento de la Sierra de Chiapas al Sur.

Figura IV.98. Rasgos estructurales regionales del Sureste de México donde se ubica la Planicie Costera del Golfo



Fuente: Pemex Exploración-Producción 2010

Figura IV.99. Ubicación de las Cuencas Terciarias del Sureste de México



Fuente: Pemex Exploración-Producción 2010

Geomorfología

Se clasificaron 12 paisajes geomorfológicos (Figura IV.100), sobre en por su extensión las terrazas costeras, planicie palustre, planicie Fuvial activa y planicie Fuviodeltaica inactiva, todas en Planicie Costera del Golfo Sur (PSGS); que representan el 77.6 % de la superficie del estado. En este ambiente destacan los paisajes geomorfológicos de planicies y terrazas. La planicie es una porción extensa no confinada, de posición baja, con poca energía de relieve y pendientes suaves; con alturas de 0 a 70 msnm y pendientes dominantes de 0 a 3 %, hasta 10 %. La planicie de cordones de playa (4.9 %) es un conjunto de bordos arenosos acumulados por las corrientes playeras y litorales. De la costa hacia el interior se alternan franjas de cordones altos bien drenados y bajos inundables, siendo evidentes a ambos lados de la desembocadura del río Usumacinta, donde la costa tiene una anchura de 30 km. Un sistema de dunas estables se ubica entre las bocas de Tupilco y Sánchez Magallanes donde la costa es de 100 a 300 m con erosión litoral.

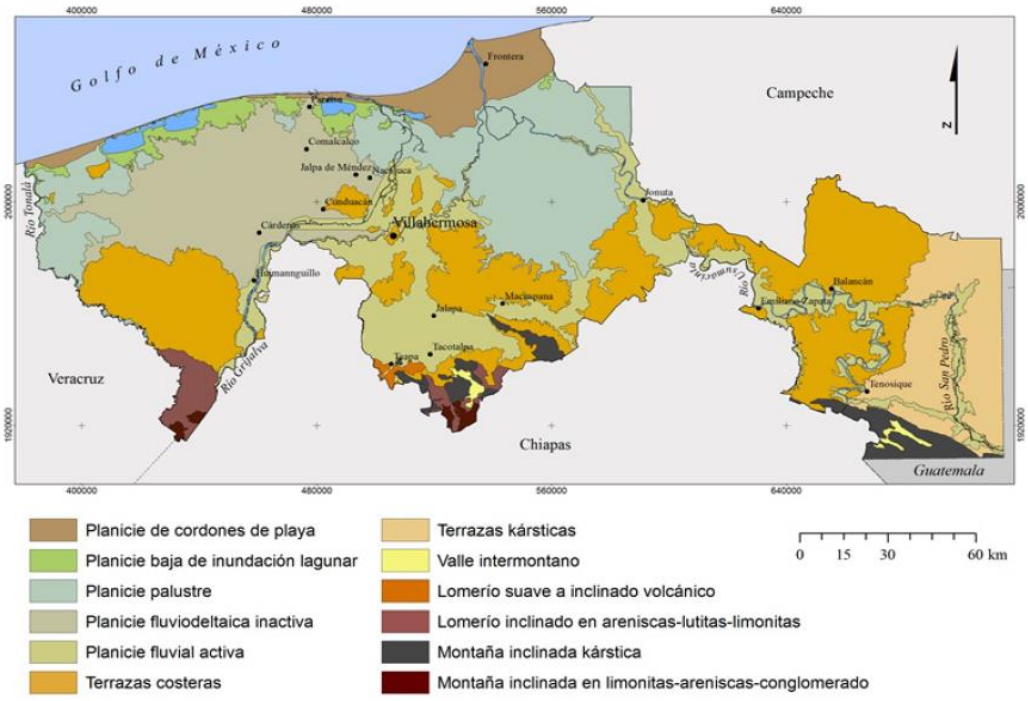
La planicie baja de inundación lagunar (2.6 %) es de relieve cóncavo con materiales finos a arenosos acumulados por corrientes de agua salobre, a través de bocas que comunican a las lagunas costeras con el Golfo de México y por corrientes fluviales; protegida por la planicie de cordones de playa. Se favorece la acumulación de turba por el anegamiento durante casi todo el año y por los residuos del manglar en las zonas cóncavas. La planicie palustre (18.5 %) consiste de extensas depresiones entre las planicies costera y fluvial, permanece inundada con agua dulce la mayor parte del año, tienen una capa de turba de alrededor de 1 m de espesor sobre sedimentos aluviales finos, como resultado de la lenta descomposición de los materiales orgánicos aportados por la vegetación hidrófila.

La planicie fluviodeltaica inactiva (14.8 %) está formada por extensas superficies planas a cóncavas, con sedimentos aluviales acumulados por el río Mezcalapa. Permanece inactiva al no recibir sedimentos aluviales por el control de las avenidas del sistema de presas en la cuenca media del río Grijalva, por los bordos de protección y del sistema de drenes en la planicie del Plan Chontalpa. La secuencia de relieves en sentido perpendicular a los paleocauces es de diques naturales con sedimentos de textura media a ambos lados de los cauces, ocupan los sitios más elevados, tienen forma ligeramente convexa y buen drenaje superficial; posteriormente, se localizan las llanuras de inundación sobre sedimentos arcillosos, presentan mal drenaje durante varios meses, excepto en el Plan Chontalpa; las cubetas de decantación sobre arcillas se ubican en las zonas más cóncavas e inundables. La planicie Fluvial activa (17.6 %) se localiza entre las terrazas costeras,

tiene relieves similares a la planicie fluviodeltaica, prevaleciendo las geoformas inundables, los ríos se desbordan y acumulan sedimentos en la época de lluvias, al carecer de presas y bordos de contención.

Las terrazas costeras representan el 26.7 %, están formadas sobre rocas detríticas, tienen superficies extensas de lomeríos con pendiente suave con buen drenaje superficial, resultado de procesos de intemperización, con zonas de valles acumulativos y depresiones, receptoras de sedimentos fluviodeluviales en la época de lluvias. Varias terrazas aisladas emergen de las planicies fluviales, destacando las de Villahermosa y Ocuiltzapotlán. Las terrazas kársticas (9 %) se sitúan en el ambiente morfogenético PY, consisten de lomeríos suaves con procesos incipientes de karsicación, y planicies sobre sedimentos deluviales arcillosos con drenaje deficiente; con alturas y pendientes menores de 90 msnm y 6 %. El ambiente SCHG tiene paisajes de valles intermontanos, lomeríos y montañas, con alturas y pendientes de 40 a 1020 msnm y de 6 a 100 %. El valle es una porción del terreno alargada y plana, intercalada entre dos zonas circundantes de relieve alto generalmente drenadas por ríos. Los valles intermontanos (0.4 %) se localizan en Tacotalpa y Tenosique, tienen relieves de llanuras aluviales y deluviales; laderas sobre rocas detríticas y calizas, donde prevalecen procesos de erosión. El lomerío es una porción del terreno quebrado, caracterizado por una repetición de colinas redondas o lomas alargadas, con cumbres a alturas variables, separadas por valles coluvio-aluviales. Los paisajes de lomerío suave a inclinado volcánico (0.3 %) (Figura 5a) y lomerío inclinado de areniscaslutitas-limonitas (2 %), se alternan con relieves convexos y valles erosivos. Las pendientes moderadas a fuertes, precipitaciones de 2 500 a 4 000 mm y la desforestación, contribuyen a los procesos de intemperización y erosión. El paisaje de montaña se define como una porción del terreno, elevada, escabrosa, disectada y caracterizada por alturas importantes con relación a las unidades de paisajes circundantes de posición baja. El paisaje de montaña inclinada kárstica (2.9 %) (Figura 5b), consiste de laderas convexas sometidas a procesos de disolución química del carbonato de calcio y magnesio de la roca caliza, al entrar en contacto con el agua y los ácidos húmicos del suelo. En la montaña inclinada en limonitasareniscas-conglomerado (0.4 %) prevalecen laderas convexas y valles con procesos erosivos.

Figura IV.100.- Paisajes geomorfológicos del estado de tabasco.



Fuente: Joel Zavala *et al*., 2016.

En resumen, el sistema ambiental regional se caracteriza por presentar los paisajes geomorfológicos siguientes: Planicies de cordones de playa, Planicie baja de inundación lagunar, Planicie palustre, Planicie fluvodeltaica inactiva, Planicie fluvial activa, Terrazas costeras, esta última en las cercanías de la cabecera municipal del municipio de Cunduacán y extendiéndose a territorios del municipio de Centro, en el estado de Tabasco.

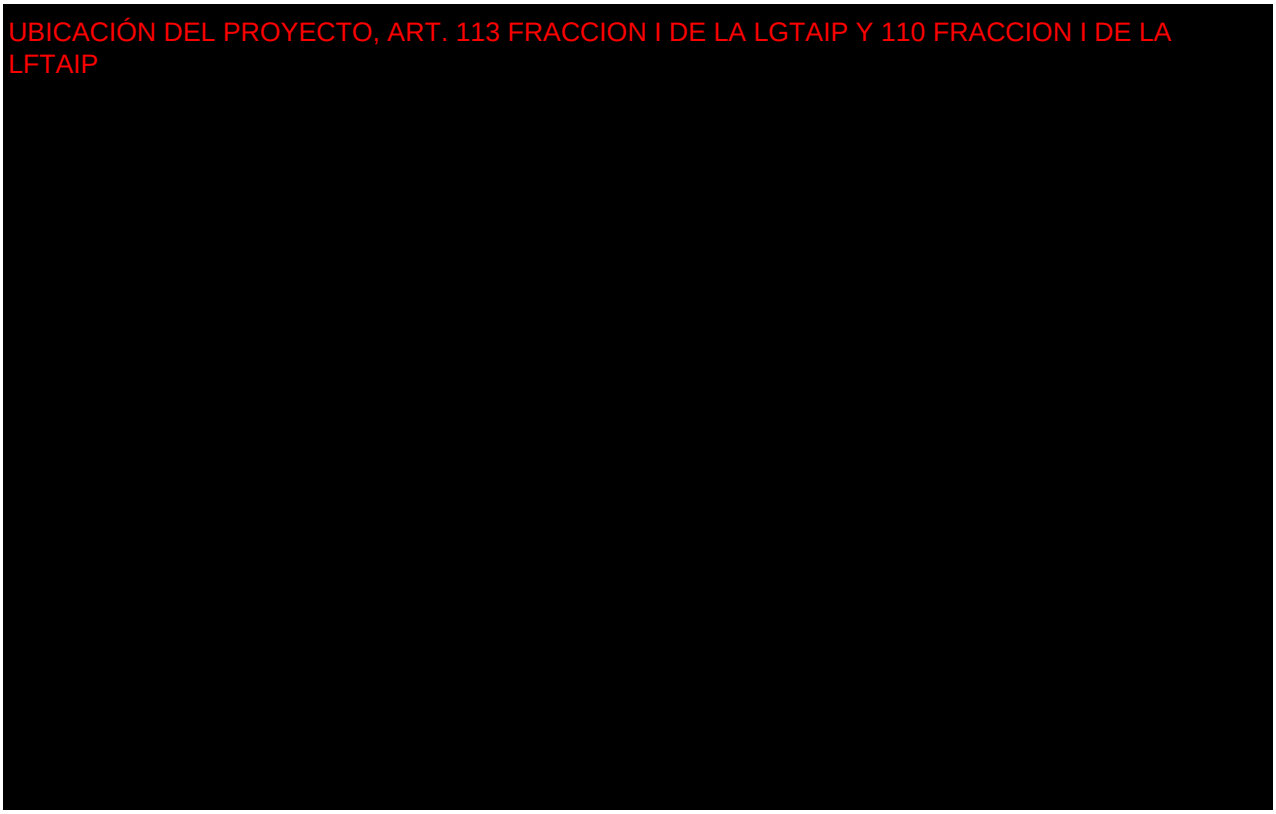
Relieve

El suelo del municipio de Paraíso forma parte de la llanura del Golfo de México; es plano y con ligero declive hacia el mar. Lo forman tierras arenosas (las del litoral del Golfo), arcillo arenosas a medida que nos vamos alejando de la costa y arcillosas en el resto de su territorio; la superficie está formada en gran parte por bajo relieve que da lugar a la formación de lagunas, esteros y pantanos. Su altitud va de 0 a 4 metros sobre el nivel del mar (Figura IV.101).

En el bajo Grijalva, en sus partes bajas se encuentran selvas tropicales muy perturbadas. Remata hacia el norte la Llanura costera del Golfo, de topografía plana,

sujeta a una intensa erosión regresiva, que forma una amplia llanura aluvial y de barrera, West et al 1976 mencionado en (INECC, 2002).

Figura IV.101. Topografía del Sistema Ambiental Regional

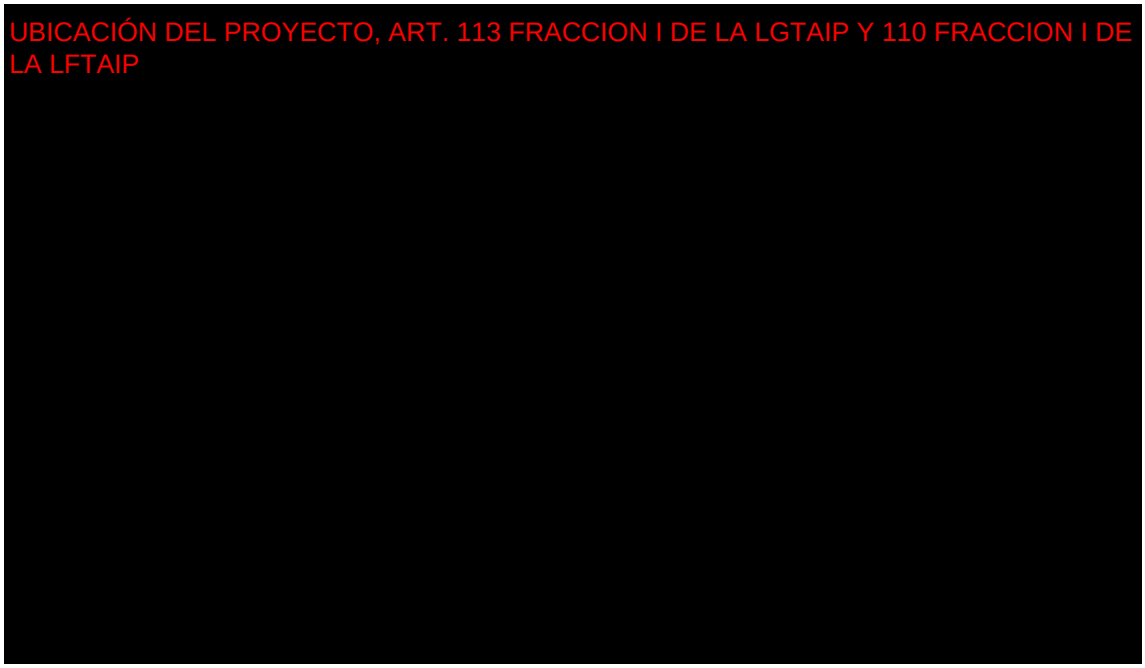


Fuente: Elaboración IMP, base INEGI

La ubicación de la Refinería Dos Bocas, en la Llanuras Costeras, se caracteriza por ser de tipo sedimentario con un relleno gradual de material detrítico, con presencia de zonas erosionadas de poca elevación predominando lomeríos de areniscas y calizas. Esta zona es fuente de grandes y diferentes depósitos fluviales como el lacustre, palustre y litoral vinculados a extensas planicies de inundación, cauces abandonados y lagunas costeras (INEGI, 2001).

La Topografía, en cuanto a las curvas de nivel o elevaciones en los sitios 1, ,2 y 3 va de 0.00 a 4.00 metros sobre el nivel medio del mar, con un gradiente de incremento de dirección de norte a sur, como se muestra en la Figura IV.102.

Figura IV.102.- Curvas de nivel de los sitios 1, 2 y 3 para la construcción de la refinería.



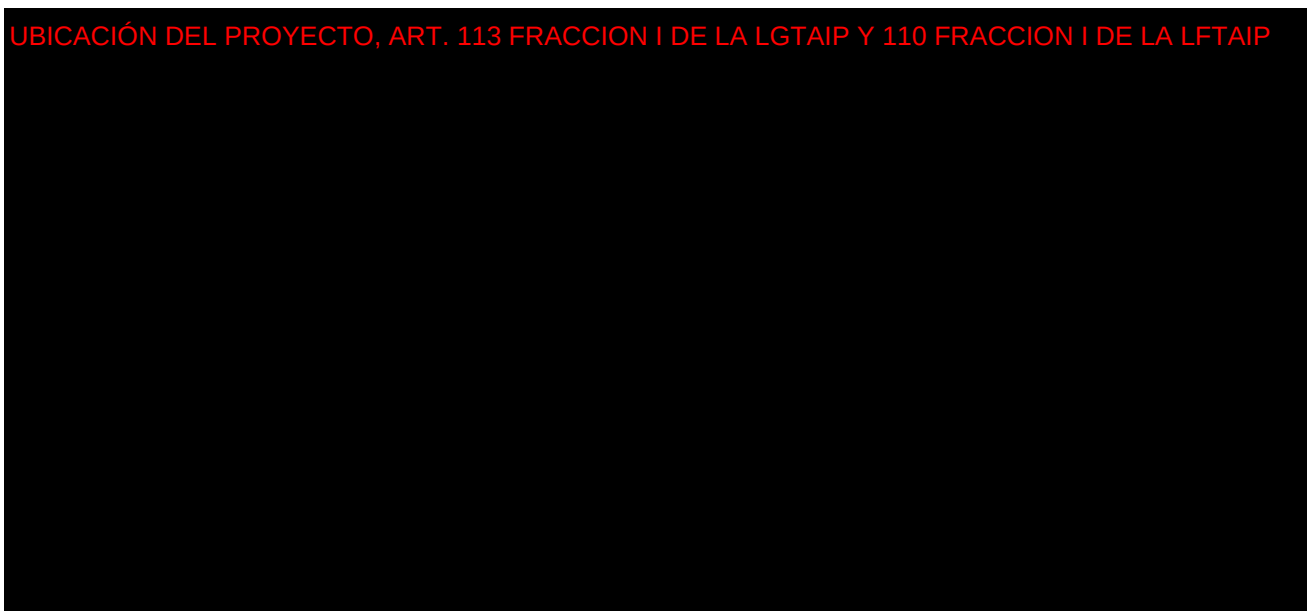
Fuente: Elaboración IMP con datos de campo 2019.

Fallas y fracturas

Con relación al análisis realizado a la carta temática Villahermosa E 15-8 de Geológica (Figura IV.103), en la región donde se delimita el SAR, no existen la presencia de fallas o fracturas. Estas características geológicas se distribuyen hacia el sur, hacia los límites del estado de Tabasco con el estado de Chiapas ya que se tiene la influencia de la provincia fisiográfica Sierras de Chiapas y Guatemala, específicamente la subprovincia Sierras del Norte de Chiapas.

La falla geológica más cercacana localizada al límite Sur del SAR, se ubica a una distancia aproximada de 45 km en dirección al poblado Plan Chontalpa (figura IV.103), en las inmediaciones de la comunidad de Francisco Sarabia, la cual es clasificada de tipo normal, orientada de sureste-noreste.

Figura IV.103. Fallas y fracturas ubicadas al sur del SAR.



Fuente: Carta temática (geología) escala 1:250000.

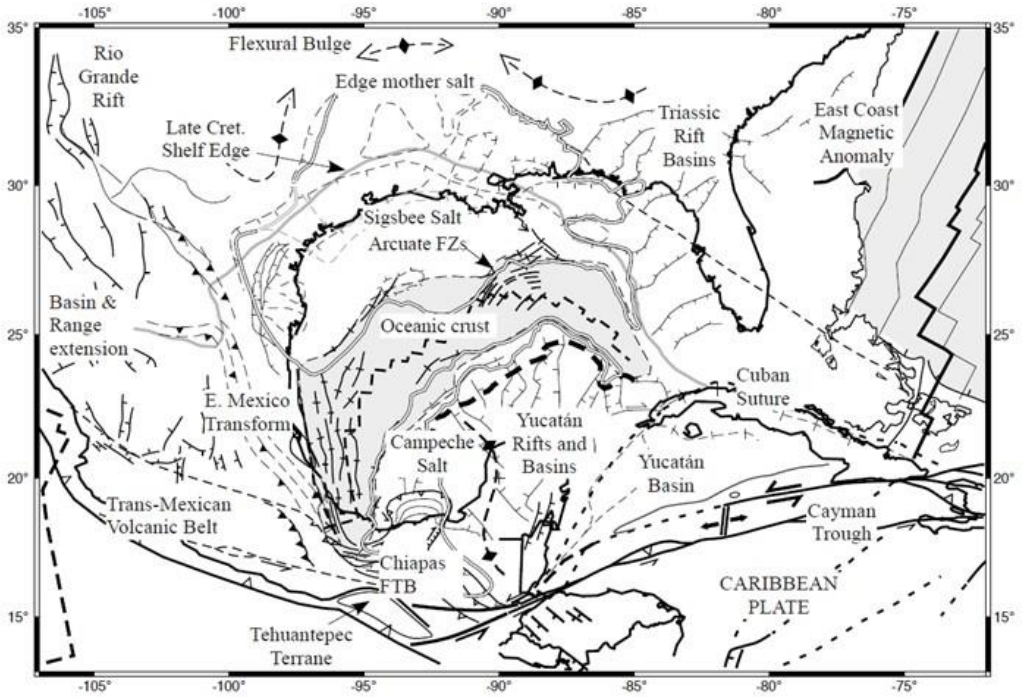
Respecto a las fracturas geológicas, dentro de los límites del SAR así como de sus inmediaciones (menos de 40 Km) no se tiene la presencia de estos rasgos geológicos. Estas estructuras se ubican hacia el suroeste, en lo que corresponde a la jurisdicción territorial del estado de Chiapas.. De igual manera, en la zona donde se localizan los sitios seleccionados para la construcción de la refinería no se tiene la existencia de fracturas.

Sismicidad

Como se mencionó anteriormente en el tema de Geología Estructural, el SAR geológicamente está ligado al proceso de evolución del Golfo de México donde se observa una complejidad tectónica de la región sureste de México (figura IV.104).

Teniendo esta referencia como contexto, el Golfo de México es un tipo cuenca extensional con fosas y pilares y desarrollo de fallas lístricas asociadas con estructuras diapíricas de arcilla, estas fallas generaron grandes depocentros durante el Mioceno Superior y Plioceno, los cuales dieron la distribución de grandes secuencias clásticas, lo que implica que no está ausente de actividad sísmica, por lo que con fines de diseño antisísmico, la República Mexicana se dividió en cuatro zonas sísmicas (figura IV.105), utilizándose los catálogos de sismos del país desde inicios de siglo.

Figura IV.104. Contexto tectónico estructural actual del Golfo de México



Fuente: Pindel y Kennan 2009

- La zona A, es una zona donde no se tienen registros históricos de sismos, no se han reportado sismos en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a un 10% de la aceleración de la gravedad a causa de temblores.
- Las zonas B y C, son zonas intermedias, donde se registran sismos no tan frecuentemente o son zonas afectadas por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo.
- La zona D, es una zona donde se han reportado grandes sismos históricos, donde la ocurrencia de sismos es muy frecuente y las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad.

Figura IV.105. Zonas sísmicas en la República Mexicana



Fuente: www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Riesgos.../Sismologia-de-Mexico.htm).

El SAR se ubica en la zona B, donde se considera una zona de sismicidad intermedia a baja y que por sus características tectónicas se considera zona asismica o de menor riesgo sísmico por presentar algunos sismos de baja magnitud o menor a 5 grados.

Hay pocos trabajos que estudien la sismicidad en las costas mexicanas del Golfo Sur, se ha registrado una importante actividad sísmica, principalmente en el área comprendida por las costas de los estados de Veracruz y Tabasco. En general, dichos sismos son poco frecuentes, con hipocentros de profundidad menor a 30 km, aproximadamente, y de relativamente baja magnitud, esto se debe probablemente a que los sismos ocurren infrecuentemente y que son de magnitud moderada.

Sin embargo al revisar la sismicidad histórica en el año 2015, 2016 y 2017 del estado de Tabasco, se tienen reportes de 7 sismos entre Comalcalco y Paraíso, Tabasco (Tabla IV.24) de magnitud entre 3.7 a 4, y profundidad de ocurrencia con un rango de 10 a 20 kilometros (cercanos al límite de corteza-manto o muy cercana a la de la discontinuidad del Moho en la zona), estos probablemente se deban a procesos de subsidencia causada por la acumulación de sedimentos de la desembocadura de los ríos presentes en la zona. En la figura IV.106, se muestra la región de consulta de sismos, para el área donde se ubicará la Refinería Dos Bocas.

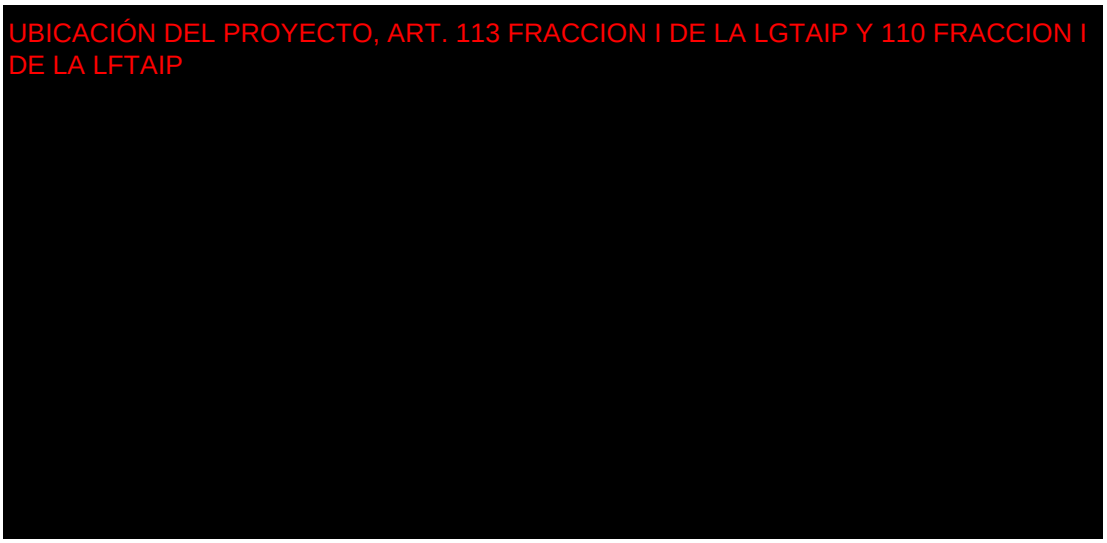
Tabla IV.24. Sismicidad del estado de tabasco en el periodo de enero del 2015 al 28 de mayo de 2018, se muestra magnitudes y profundidades de los sismos.

Fecha	Hora	Magnitud	Latitud	Longitud	Profundidad (km)	Referencia de localizacion
09/02/2017	02:34:42	4.0	18.4802	-93.4632	20	28 km al NOROESTE de PARAISO, TAB
11/02/2017	04:48:35	3.9	18.3728	-93.1282	10	9 km al SURESTE de PARAISO, TAB
19/04/2017	00:19:01	3.7	18.446	-93.015	10	22 km al ESTE de PARAISO, TAB
24/06/2017	00:35:55	3.7	18.2408	-93.2525	16.1	4 km al SUROESTE de COMALCALCO, TAB
12/05/2018	07:37:36	3.8	18.49	-93.63	20	45 km al OESTE de PARAISO, TAB
07/09/2016	04:11:19	3.7	18.2473	-93.4228	15	21 km al OESTE de COMALCALCO, TAB
24/06/2017	00:35:55	3.7	18.2408	-93.2525	16.1	4 km al SUROESTE de COMALCALCO, TAB

Fuente: http://www.ssn.unam.mx/, 2018

Notas:
Fecha y hora local en tiempo del centro de México. Coordenadas geográficas (latitud y longitud) del epicentro en grados decimales. Profundidad en kilómetros.
La localización es solo una referencia a una localidad importante en cuanto a número de habitantes y cercana al epicentro.
Los registros con estatus verificado son los calculados y publicados de manera oportuna por al menos un analista de sismogramas.
Los registros obtienen estatus revisado cuando se realiza un análisis, de ser posible, con más y mejores datos para el cálculo de parámetros y cuyo tiempo de publicación es variable.

Figura IV.106. Región de consultas de sismos para los Sitios 1, 2 y 3.



En las figuras IV.107, IV.108 y IV.109 se pueden observar los mapas de sismicidad de los años 2015 a 2017 construidos con base en los catálogos de la sismicidad registrada en el Servicio Sismológico Nacional (SSN), donde se puede establecer que para la zona de estudio, esta sismicidad, no es asociada a un borde activo.

Deslizamientos.

Debido a las características fisiográficas del SAR presenta pocas pendientes y el relieve es relativamente plano, las probabilidades de deslizamientos de tierra son nulas. Los derrumbes también se consideran nulos debido a los aspectos geomorfológicos de la región. Asimismo, en la figura (X) donde se presentan las curvas de nivel de los sitios 1, 2 y 3, mismos que no sobrepasan los 0 4 msnm y no presentan elevaciones considerables, por lo que estos fenómenos tienen baja posibilidad de ocurrencia.

Derrumbes.

Debido a las características fisiográficas del SAR presenta pocas pendientes y el relieve es relativamente plano derrumbes también se consideran nulos debido a los aspectos geomorfológicos. Asimismo dadas las características topográficas de los sitios 1, 2 y 3 donde se construirá la refinería, las posibilidades de ocurrencia también son nulas.

Movimientos de tierra o roca.

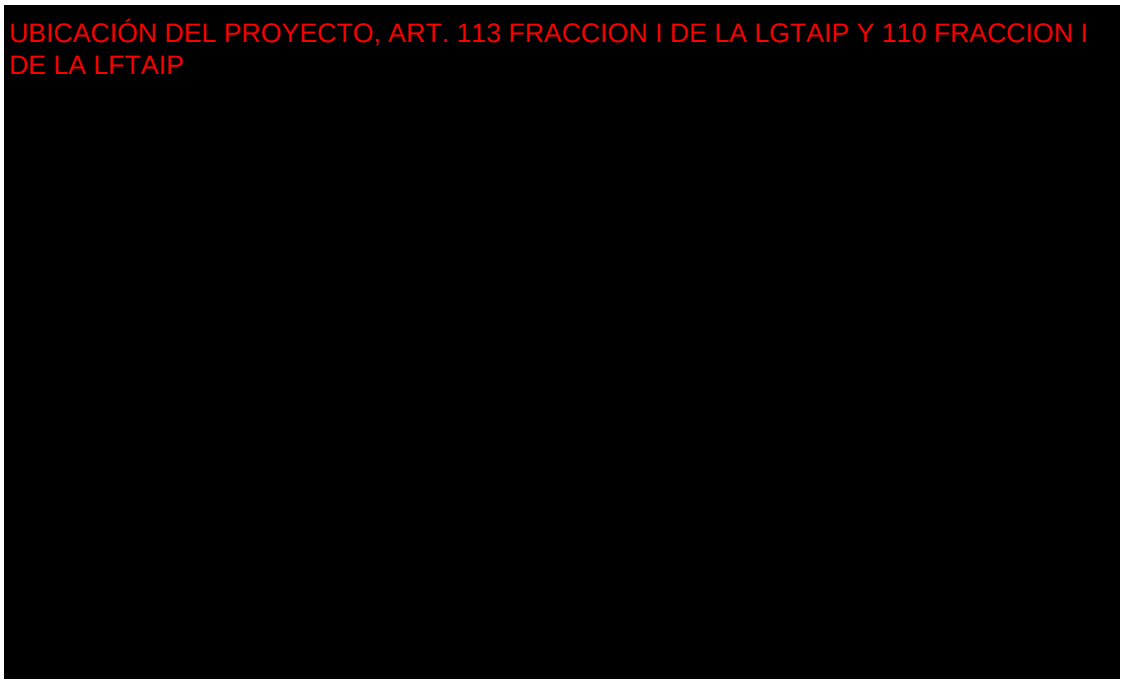
El SAR y la zona donde se localizan los sitios 1, 2 y 3 no son susceptibles de sufrir movimientos de tierra o roca, ya que se localizan dentro de la Subprovincia Llanuras y Pantanos Tabasqueños donde no se presentan afloramientos de roca y además de presentar poco relieve carente de elevaciones abruptas.

Posible actividad Volcánica.

En la región donde se ubica el SAR así como los sitios 1, 2 y 3, donde se construirá la refinería no se tienen vestigios de afloramientos volcánicos, además de ubicarse en la subprovincia Llanura de Pantanos Tabasqueños donde se cuentan registros o datos geológicos de estas estructuras.

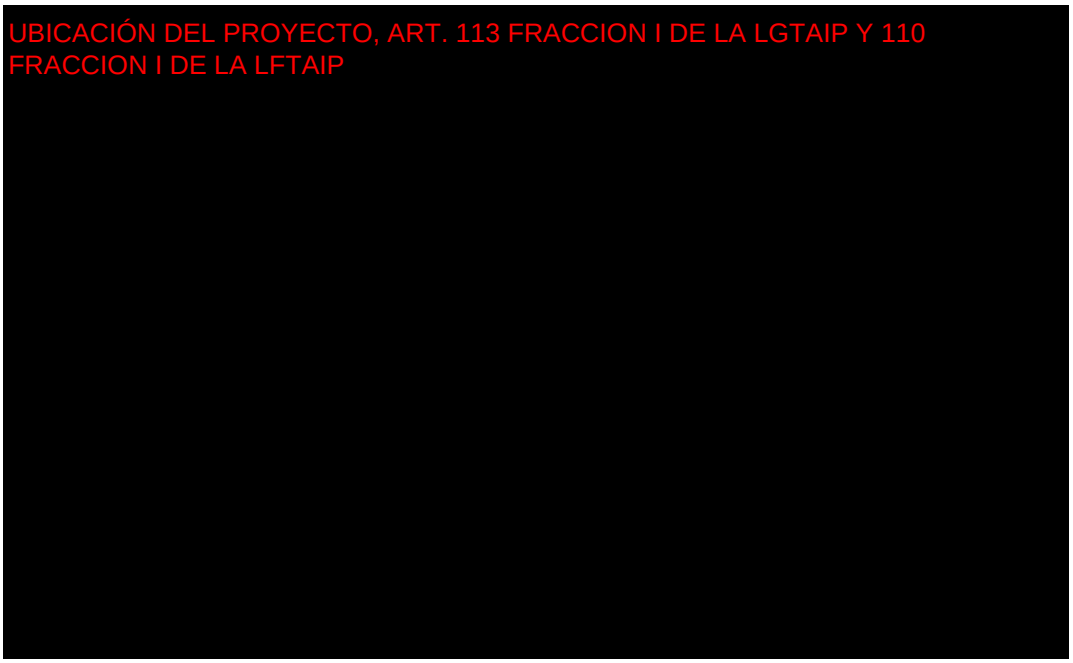
Sin embargo, se cita que el aparato Volcánico más cercano se ubica en el estado de Chiapas a una distancia aproximada de 72 Km hacia el Sur del Límite del SAR y de 123 Km de los sitios seleccionados.

Figura IV.107. Mapa de sismicidad anual del año 2015



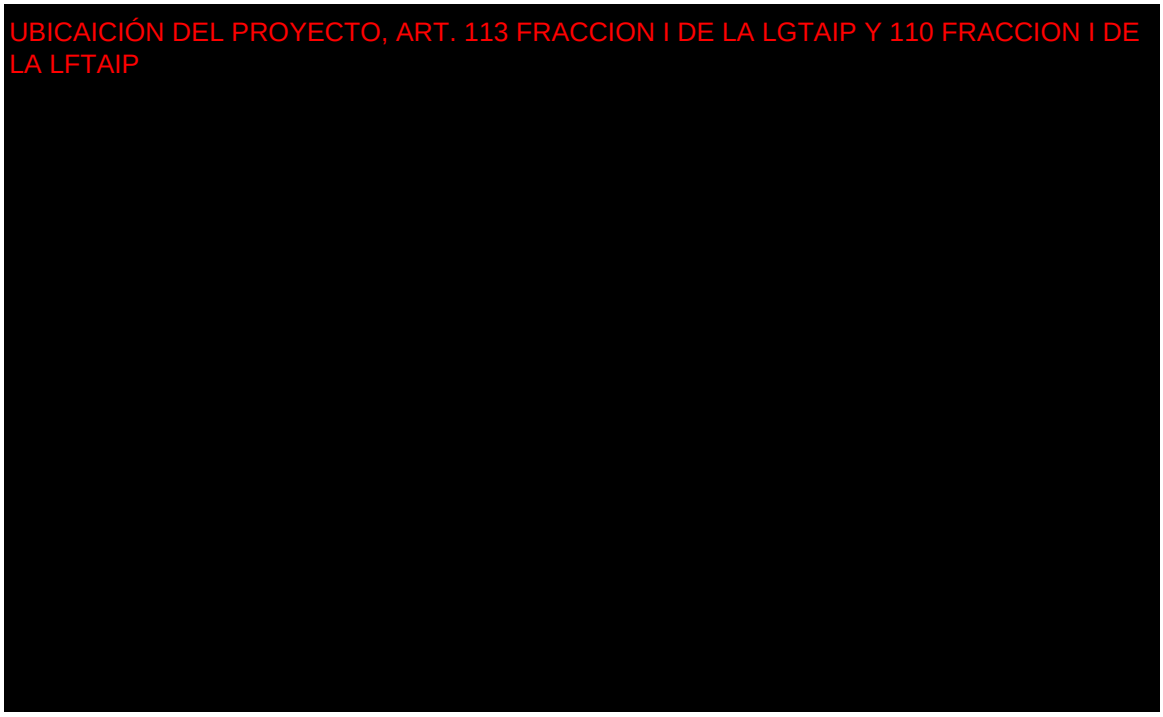
Fuente: http://www.ssn.unam.mx/, 2018

Figura IV.108. Mapa de sismicidad anual del año 2016



Fuente: http://www.ssn.unam.mx/, 2018

Figura IV.109. Mapa de sismicidad anual del año 2017



Fuente: http://www.ssn.unam.mx/, 2018

Con base a los registros realizados y emitidos por SSN así como al mapa de regionalización sísmica, la zona donde se localizan los sitios 1, 2 y 3 para la construcción de la refinería, no son susceptibles de sismos de carácter catastróficos

Suelos.

Los suelos son sistemas naturales abiertos y complejos, que mantienen una gran diversidad de plantas, aportando nutrientes además de servir de soporte a las mismas, por lo que desde el punto de vista ecológico representan un importante sostén en la cadena trófica. Las características y propiedades de los suelos son influenciadas por el clima y la biota actuando sobre los materiales geológicos, acondicionados por el relieve y drenaje durante un período de tiempo.

En la región tropical existen suelos con características muy particulares influenciadas fuertemente por factores climáticos y bióticos, lo que hace que en estos suelos los procesos de formación sean intensos. En el trópico mantienen su fertilidad principalmente por la vegetación, por lo que al eliminar la cobertura vegetal son frágiles al manejo, cuando esto sucede se remueven grandes cantidades de materia orgánica, causando la disgregación de las partículas del suelo, la pérdida de la capacidad para retener la humedad y la fertilidad del mismo. Al cultivar la tierra, ésta tiende a compactarse, sobre todo si no se aplican técnicas de mejoramiento de suelos, con ello se reduce la infiltración y la percolación de la lluvia, la escorrentía se hace variable y fluye torrencialmente aumentando las inundaciones.

Los suelos de Tabasco, son un ejemplo de esta situación, donde la desaparición de las selvas para dedicar las tierras a actividades agrícolas y pecuarias ha originado problemas de degradación física y química de los mismos. Los problemas de erosión hídrica se ven favorecidos por las altas y concentradas lluvias anuales, sobre todo si comparamos que una tormenta en Tabasco equivale a lo que llueve todo un año en estados con climas semiáridos.

Los tipos de suelos del estado tienen una distribución muy relacionada con la fisiografía (Tabla IV.25), que a su vez tiene gran influencia en los procesos de formación de suelos y sus propiedades. Los suelos de Tabasco, como se indicó anteriormente, presentan problemas de degradación física y química, que tienen que ver no tan solo con sus características intrínsecas, sino además con la fisiografía, clima, el uso de suelo y otras actividades humanas.

Tabla IV.25. Suelos del Estado de Tabasco por zona fisiográfica, relacionado con el SAR.

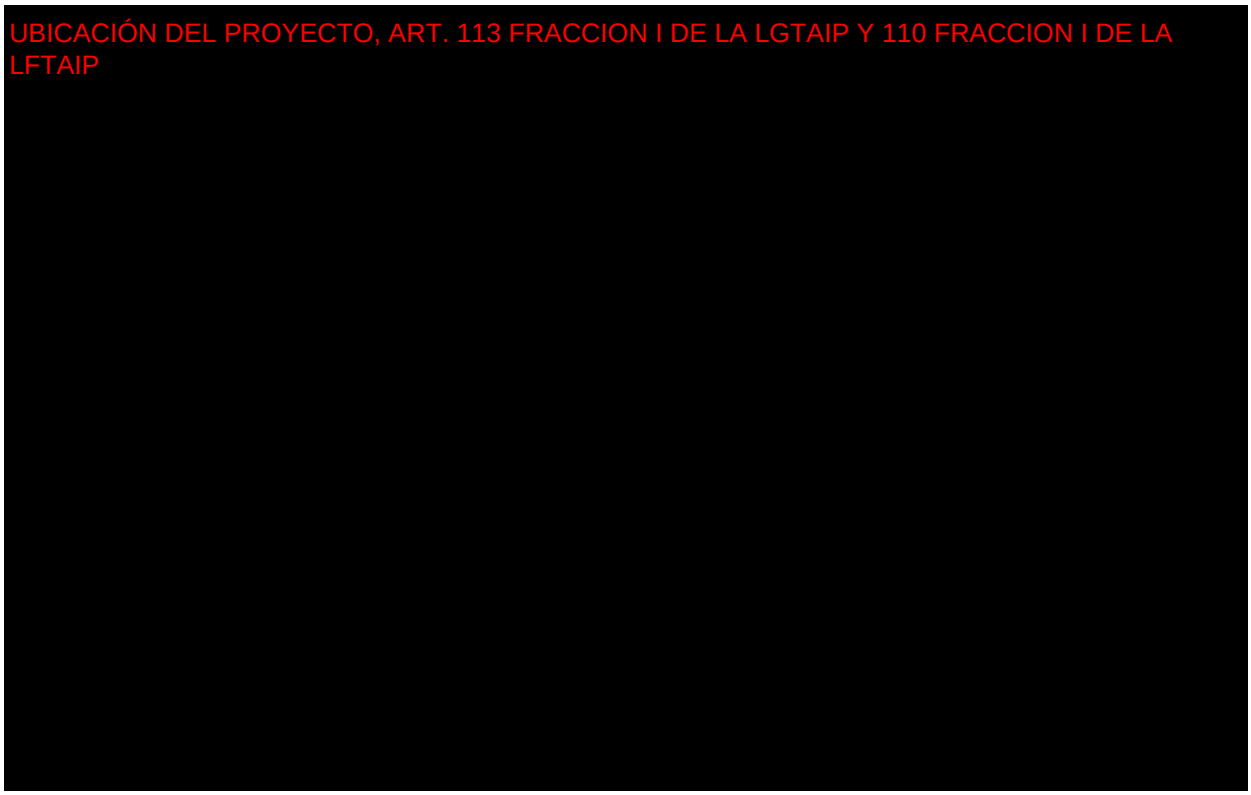
Zono fisiográfica/tipo de suelo	Llanura aluvial	Llanura de inundación	Vega de río	Costa
Vertisol (VR)				
Fluvisol (FL)				
Solonchak (SC)				

Zono fisiográfica/tipo de suelo	Llanura aluvial	Llanura de inundación	Vega de río	Costa
Gleysol (GL)				
Arenosol (AR)				
Luvisol (LV)				
Cambisol (CM)				
Histosol (HS)				

Fuente: Elaboración IMP, base Palma, et al, 2008

Por otra parte, los tipos de unidades y subunidades de suelo identificados en el SAR, se clasificaron tomando como referencia la carta de unidades de suelo de INEGI que se muestra en la figura IV.110, en la cual se identifican los tipos de suelo que se distribuyen dentro del mismo.

Figura IV.110. Suelos localizados en el SAR



Fuente: Elaboración IMP, base INEGI carta Frontera E-15-5

La región de Tabasco pertenece al período cuaternario, su composición es de rocas ígneas extrusivas y arenas de aluvión, los tipos de suelos localizados en el Estado son el Vertisol, que son suelos muy arcillosos, presentan problemas de agrietamientos en la época de sequía y tienen problemas de drenaje en épocas de lluvia; Regosoles,

son suelos arenosos de bordes de playas; Solonchak, son suelos salinos debido a las cercanías de las aguas del Golfo de México; Gleysoles, son suelos generalmente de texturas francas que presentan problemas de exceso de humedad por deficiente drenaje; el Cambisol y Fluvisol, son aquellos ubicados en las márgenes o vegas de los ríos; las Rendzinas, son en términos generales suelos ricos en materia orgánica y materiales calcáreos, que están asociados a pendientes abruptas, se localizan en los límites con el estado de Chiapas; por su parte los Acrisoles, son suelos arenosos, ácidos y de baja fertilidad (UNAM, 2009).

De acuerdo a los tipos de suelo reportados por INEGI para el SAR, a continuación se presenta una breve descripción de cada una de las unidades y principales sub-unidades con presencia.

Gleysoles (Gl).

Suelos formados sobre materiales no consolidados (excluyendo materiales de texturas gruesas y depósitos aluviales que tengan propiedades flúvicas), que presentan propiedades gléyicas (saturación con agua durante ciertos períodos durante el año o todo el año y que manifiestan procesos evidentes de reducción o una reducción asociada a la segregación del hierro, dichos procesos se pueden observar en el perfil por la presencia de colores azulosos o verdosos, ya sea como color dominante o como moteado asociado con colores rojizos, amarillentos u ocres), a menos de 50 cm de profundidad. Los Gleysoles no presentan otros horizontes de diagnóstico que un horizonte A mólico, un horizonte H hístico, un horizonte B cámbico, un horizonte cálcico o un horizonte gypsico; no deben de tener las características de diagnóstico de un Vertisol o un Arenosol, ni propiedades sálicas; no deben de tener plintita a menos de 125 cm de profundidad (figura IV.111).

Aunque este grupo de suelos es de los menos estudiados debido al poco interés agronómico que presentan, en Tabasco se han logrado identificar las siguientes subunidades, que se diferencian solamente por los tipos de horizontes de diagnóstico que presentan.

Figura IV.111. Fotografía en la que se muestra el tipo de suelo Gleysol (Gl).



Fuente: Palma, *et al*, 2008

Gleysoles Mólicos (GLmo)

Son Gleysoles con horizonte A mólico o un horizonte H Hístico y sin propiedades asociadas a las cenizas volcánicas (ándicas) al menos en los primeros 200 cm de profundidad. Se localizan principalmente en las áreas cercanas a las lagunas interiores de los municipios de Huimanguillo, Cárdenas, Paraíso y Centla, así como en partes bajas dispersas en el resto de los municipios. Fisiográficamente ocupan zonas bajas con pendiente de plana a ligeramente cóncava inferior a 0.5%. El material parental de estos suelos es en un primer término derivado de sedimentos aluviales del Cuaternario Reciente, pero estos han sido modificados por el efecto de sedimentación palustre que acompaña a estas zonas bajas. Localmente se les conoce como "popalerías" o "bajiales".

Las características principales de esta subunidad son las siguientes: tienen un horizonte A friable y enriquecido por material orgánico en proceso de descomposición, por lo que tienen altos contenidos de nutrimentos y materia orgánica; presentan texturas francas en la superficie que sobreyacen a texturas arcillo limosas (horizonte C), en ocasiones se pueden presentar texturas arenosas en el fondo del perfil. Son suelos profundos, sin embargo, el manto freático se encuentra cercano a la superficie la mayor parte del año, por lo que la verdadera profundidad de enraizamiento es en realidad menor a la que podía esperarse. Los problemas de anegamiento, manto freático elevado y régimen de humedad ácuico, predisponen a estos suelos para su uso agrícola, recomendándose su uso solo para actividades pecuarias, forestales o de reserva de la vida silvestre.

Desde el punto de vista de uso actual, este es dominado por la vegetación hidrófila (popales, tulares, tasistales, etc.), las selvas bajas inundables (apompales, estribales, etc), manglares y los pastizales resistentes a los altos contenidos de humedad del suelo, sin embargo, es posible observar un uso extendido de estos suelos con maíz "marzeño", es decir, cultivado en la estación de secas, de hecho, este tipo de siembra se muestran excelentes desde el punto de vista de producción, alcanzándo altos rendimientos por hectárea (de 3 a 6 t ha-1), esto con tecnología tradicional de roza-quema. El cultivo de arroz de forma tradicional es también una actividad importante.

Gleysoles Eútricos (GLeu)

Son los Gleysoles que tienen una saturación de bases igual o superior al 50%, en al menos entre los 20 y 50 cm de profundidad; sin más horizontes de diagnóstico que un A ócrico o un B cámbico; no tienen características ándicas dentro de los 200 cm de profundidad. Se distribuyen principalmente en los bajos de las regiones de los Ríos y de la Sierra, en zonas cercanas a los cauces de los ríos y arroyos. Fisiográficamente ocupan superficies cóncavas con pendientes inferiores a 0.5%. El material parental de estos suelos son los sedimentos aluviales recientes.

Éstos son muy parecidos a los Gleysoles mólicos, con excepción de que no presentan un horizonte A tan enriquecido en materia orgánica y por lo tanto su consistencia no es tan friable como en el caso del horizonte A mólico, esto se debe principalmente a que la vegetación que se encuentra sobre lo Gleysoles éutricos no es tan abundante y aportadora de residuos como en los mólicos. En general son suelos profundos con horizontes A y C no muy desarrollados, ricos en nutrimentos, anegados la mayor parte del año y con manto freático elevado.

Vertisoles (Vr)

Son suelos que, después de mezclados los primeros 18 cm, tienen 30% o más de arcilla hasta al menos la profundidad de 50 cm; poseen grietas que se forman la mayor parte de los años debajo de la superficie, en alguna época del año (a menos que estén irrigados), que tienen por lo menos 1 cm de ancho a la profundidad de 50 cm; tienen caras de deslizamiento (caras de frotamiento o "slikensides") con intersecciones (recortes), y/o agregados estructurales en forma de cuña o paralelepípedo a una profundidad entre 25 y 100 cm, con o sin "gilgai" (microrelieve en forma de pequeños promontorios producidos por los fenómenos de expansión y contracción). En Tabasco se han identificado tres subunidades y asociaciones con Leptosoles.

En Tabasco se localizan en Huimanguillo, Cárdenas, Cunduacán, Comalcalco, Jalpa, Nacajuca, Teapa, Tacotalpa, Jalapa, Macuspana, Jonuta, Balancán y Tenosique. Estos suelos son los más extendidos en el Estado. Fisiográficamente se localizan en planicies con ligera inclinación, sin embargo, los Vertisoles localizados en la sierra presentan relieves ondulados con pendientes que pueden superar el 15%. El material parental está constituido, en la mayor parte de los casos, por sedimentos aluviales del Cuaternario Reciente. Sin embargo, los Vertisoles ubicados en los extremos sur y este del estado se originan directamente a partir de rocas sedimentarias del Terciario, principalmente calizas y lutitas.

Son suelos cuya profundidad varía de 60 a más de 200 cm, de texturas arcillosas y que normalmente presentan solamente horizontes A y C, que se diferencian por el grado de agregación ver figura IV.112. Sus características principales están determinadas por la gran cantidad de arcillas expandibles que contienen, por lo que son pesados para el manejo con maquinaria, ya que en la época de lluvias se anegan fácilmente volviéndose resbalosos e impermeables, mientras que, en la época de secas son duros y con profundas grietas, lo cual, por un lado, dificulta el trabajo de la maquinaria agrícola, y por otro rompe las raíces de las plantas. Los procesos de expansión y contracción provocan que los primeros 80 cm de profundidad sufran un fenómeno de inversión de suelo o autoarado, por lo que los primeros horizontes del suelo se encuentran muy mezclados. Nutrimentalmente son suelos ricos y con pH que fluctúa de ligeramente ácido a neutro.

Figura IV.112. Fotografía en la que se muestra el tipo de suelo Vertisol (Vr).



Fuente: Palma *et al*. 2008

Vertisoles Pélicos (VRpe)

Son los Vertisoles que tienen en los 30 cm superiores de la matriz del suelo un valor de Munsell en húmedo de 3.5 o menos y un croma de 1.5 o menos, es decir se trata de suelos con un horizonte superficial oscuro. Esta característica únicamente se presenta en este grupo. Están limitados para su uso agrícola por el anegamiento, manto freático elevado y encharcamiento durante la mayor parte del año. A estos suelos se les conoce localmente como “barro negro”.

Vertisoles Éutricos (VReu)

Se trata de aquellos que tienen un porcentaje de saturación de bases (PSB1) determinada por acetato de amonio, de 50% o más, al menos entre 20 y 50 cm de profundidad; no presentan horizonte cálcico o gypsico. Estos suelos se encuentran ampliamente extendidos en el estado de Tabasco y constituyen a los suelos arcillosos, que localmente reciben el nombre de “barriales" o "atascaderos".

Fluvisoles (Fl)

Son suelos que presentan propiedades flúvicas, es decir, que se derivan de sedimentos fluviales, lacustre o marinos y que reciben materiales nuevos a intervalos regulares y que, con excepción de materiales encauzados, tienen contenidos de carbono orgánico que decrecen irregularmente con la profundidad o que se mantienen superiores a 0.20% a una profundidad de 125 cm; pueden presentar estratos finos de arena con un contenido menor, siempre y cuando los sedimentos más finos subyacentes tengan contenidos suficientes, excluyendo horizontes A enterrados. Una característica fundamental de los Fluvisoles es que mantienen una estratificación en al menos 25% del volumen de suelo entre la superficie y los 125 cm de espesor. Los Fluvisoles no deben tener ningún otro horizonte de diagnóstico que un A ócrico, mólico o úmbrico, un horizonte H hístico o un horizonte sulfúrico o materiales sulfídicos a menos de 125 cm de profundidad, o características salinas (figura IV.113).

Se han identificado las subunidades Fluvisol éutrico y Fluvisol eutri-gléyico, esta última para separar a los Fluvisoles que presentan características gléyicas debido a un manto freático elevado en alguna época del año, presente o pasada. Ambos tipos de suelos se les conoce localmente como "tierras de vega de río" o "arenillas".

Los Fluvisoles se distribuyen prácticamente en todo el estado en forma paralela a los cauces de los ríos y arroyos, existiendo un área compacta de estos suelos en la "vega" del río Seco (antiguo cauce del río Grijalva), la cual abarca parte de los municipios de Cárdenas, Cunduacán y Comalcalco. Fisiográficamente estos suelos se localizan

sobre bordos aluviales recientes, los cuales son especies de camellones paralelos a la dirección del cauce, con pendientes convexas inferiores al 3%. El material parental de estos suelos está conformado por sedimentos aluviales del Cuaternario Reciente, en una buena parte de los casos aún activos.

Figura IV.113. Fotografía en la que se muestra el tipo de suelo Fluvisol (Fl).



Fuente: Palma *et al*. 2008

Solonchaks (Sc)

Son suelos que no muestran propiedades flúvicas, tienen propiedades sálicas y no tienen otros horizontes de diagnóstico más que un horizonte A, un H hístico, un B cámbico, un cálcico o un gypsico. En el caso de Tabasco se trata de suelos arcillosos, inundables, cercanos a la costa y que presentan intrusión de agua salina procedente de la costa una buena parte del año.

Solonchanks Sodi-Gleyicos (SCsogl)

Se refiere a los Solonchaks que presentan características gléyicas y además presentan más del 15 por ciento de sodio intercambiable o más del 50 por ciento de sodio más magnesio intercambiable en el complejo de intercambio dentro de los 50 cm desde la superficie del suelo. Es afectado por salinidad, sodicidad y manto freatico elevado.

Arenosoles (Ar)

Suelos de textura más gruesa que franco arenoso hasta una profundidad de al menos 100 cm de la superficie, excluyendo materiales que muestran propiedades flúvicas o ándicas; no tienen otros horizontes de diagnóstico que un A ócrico o un E álbico (Figura IV.114). Se trata de los suelos arenosos que en la anterior clasificación

de FAO se denominaban Regosoles (Palma-Lopez *et al*. 1985). En Tabasco se pueden encontrar los Arenosoles de la costa (Arenosoles Háplicos, Arenosol Endo-Gléyico) o también los suelos arenosos formados in situ a partir de areniscas (Arenosoles Hipolúvicos).

Figura IV.114. Fotografía en la que se muestra el tipo de suelo Arenosol (Ar).



Fuente: Palma *et al*. 2008

Arenosoles Endogleyicos (ARgln)

Éstos son los que tienen propiedades gléyicas entre 50 y 100 cm desde la superficie del suelo. Se pueden localizar en las partes cercanas a los Gleysoles e Histosoles con vegetación de mangle. El uso más extendido es la asociación coco con pastos. En las zonas más cercanas a las costas se utiliza con nopal y uva de playa; sin embargo, en la época de humedad residual es común que se use con maíz y hortalizas de ciclo corto.

Regosoles (Rg)

Son suelos jóvenes, que no han tenido desarrollo pedogenético y tampoco han sufrido cambios pedogenéticos ocasionados por el hombre. Este grupo contiene a todos los suelos que no pueden ser acomodados en algún otro grupo del Referencial. Son suelos minerales con un ligero desarrollo, que solo tienen un horizonte superficial ocrico y no son tan someros como para ser designados como Leptosoles, no son tan arenosos como para definirse Arenosoles y no presentan propiedades fluvicas como para designarse Fluvisoles. Los Regosoles tienen un incipiente proceso de formación tal como los Entisoles de la clasificación americana.

Éstos son descritos en términos de las propiedades que no tienen, son suelos de material mineral no consolidado con alguna profundidad, excluyendo materiales de textura gruesa y materiales con características fluvicas, no tienen otros horizontes de diagnóstico que el horizonte ócrico

El concepto central de Regosol dice que son suelos bien drenados, con textura media, con una expresión mínima de horizontes, propiedades o materiales de diagnóstico.

En este grupo están los Regosoles Dístricos, en estos se incluye aquellos suelos que han sido alterados por el hombre, con horizontes alterados o enterrados por actividades de dragado o relleno y los Regosoles Úrbicos son los suelos que han sido afectados por actividades de industriales, por derrames de hidrocarburos o por residuos sólidos, ambos tipos de suelos no han tenido el tiempo suficiente para expresar propiedades que los ubiquen como Antrosoles, por lo que tan solo se clasifican como Regosoles con influencia antrópica.

Phaeozems (Ph)

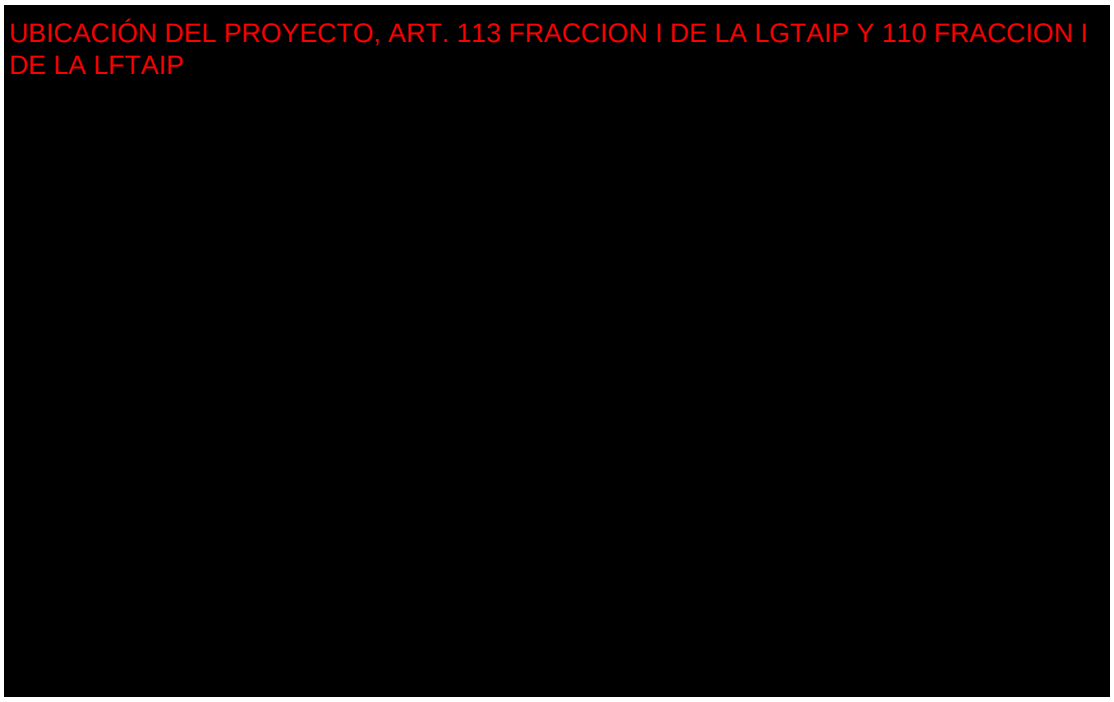
Estos suelos presentan un horizonte superficial profundo y con altos contenidos de materia orgánica. Son suelos fértiles y friables que son usados en agricultura intensiva. Tienen presencia de roca calcárea pulverulenta dentro de los 50 cm de profundidad.

Tipos de Suelo en el Área del Proyecto.

En la Costa Tabasqueña se desarrolla un suelo arenoso clasificado como Arenosol. Estos son suelos llamados “de playa” o “tierras arenosas”, los cuales se localizan en la zona de cordones litorales a lo largo de la línea de playa.

El material que conforma los tipos de suelos son principalmente sedimentos gruesos de origen marino, de edades recientes. Según la clasificación de la FAO y de acuerdo a la Carta Edafológica, Escala 1:250 000 emitida por INEGI en las áreas destinadas para el desarrollo del proyecto, el tipo de suelo dominante corresponde a Vertisoles y Arenosoles, cuya clase textural es de fina a granular (Figura IV.115).

Figura IV.115. Tipos de suelo en el área destinada para el proyecto.



Fuente: Elaboración IMP, Base INEGI.

De acuerdo con los tipos de suelo, en el sitio 1 es posible encontrar dos tipos de suelo, mismos que corresponde a los Arenosoles y Vertisoles; con respecto al sitio 2 la predominancia es de suelo Vertisol; y por último, en el sitio 3 el suelo dominante es Arenosol.

Características edafológicas del área seleccionada para el desarrollo del proyecto

Para indicar la profundidad, textura, porcentaje de materia orgánica y los horizontes en cada unidad del suelo, se realizó una revisión documental y se obtuvo la siguiente información:

Cabe mencionar que en el sitio 1 se distribuyen dos unidades de suelos, mismos que ocupan las áreas seleccionadas para los sitios 2 y 3, los cuales corresponden a VRpeglp + GLvr/3 que es un Vertisol pélico Epigleyico + Gleysol Vértico/3, así como AReu + GLeu/1 que es: Arenosol Éutrico + Gleysol Éutrico/1; el sitio 2 solo se tiene la presencia de VRpeglp + GLvr/3 que es un Vertisol pélico Epigleyico + Gleysol Vértico/3; con relación al sitio 3, la unidad que se presenta es VRpeglp + GLvr/3 que es un Vertisol pélico Epigleyico + Gleysol Vértico/3. Las características se describen a continuación;

- Grupo de suelo / Calificador Primario / Calificador Secundario

- VRpeglp + GLvr/3 que es un Vertisol pélico Epigleyico + Gleysol Vértico/3
- Forma: 9 - Masiva
- Tamaño de estructura: 0 - Sin dimensión
- Pendiente: 2
- Relieve 2 - Casi Plano
- Drenaje Externo/Interno: 3/3 - Escasamente drenado/Moderadamente drenado
- Clase Textural: R - Arcilla
- Textura: Arcilla.
- Grupo de suelo / Calificador Primario / Calificador Secundario
- AReu + GLeu/1 que es: Arenosol Éutrico + Gleysol Éutrico/1
- Forma: 7 - Granular
- Tamaño de estructura: 1 - Muy Fina
- Pendiente: 0 (Se observa trabajos de nivelación realizados durante los años 80´s).
- Relieve 1 - Plano
- Drenaje Externo/Interno: 6/6 – Excesivamente drenado/Excesivamente drenado
- Clase Textural: A - Arena
- Textura: Arena

Degradación de suelos.

La degradación de los suelos en las áreas seleccionadas no está exenta de los fenómenos que afectan a nivel global, tales como los que se mencionan a continuación:

Hernández et al (2008) mencionan que la estructura de la interface tierra–mar determina que en las costas del litoral mexicano del Golfo de México estén ocurriendo cambios geomorfológicos importantes, que operan a distintas escalas espaciales y de tiempo (Psuty, 1965; Ortiz, 1992), derivados de la influencia del cambio climático global sobre el nivel oceánico que, a su vez, son acelerados por las actividades humanas, que de manera consciente o no, acentúan este efecto indirecto de los gases de invernadero sobre el sistema costero (Titus, 1987), y cuya repercusión, en el caso que nos refiere, es el ascenso del nivel medio del mar. Las consecuencias de este fenómeno son la erosión, las inundaciones y la salinización de tierras, de aguas superficiales y del manto freático cercano que, a su vez, influyen en las características estructurales y en la distribución espacial de los ecosistemas asociados (Pannier, 1992) y, por otro lado, se altera la verdadera vocación original del uso del suelo, con efectos directos sobre la economía regional que, en ocasiones,

determinan el abandono del territorio (Hernández, 1999). (Citado por Hernández et al., 2008).

De manera general existen múltiples trabajos en el Golfo de México (Ortiz, 1992; Ortiz et al., 1996a; GEF–PNUD, 1999; Pérez, 2003; Morton et al., 2005; Hernández et al., 2005; Moreno et al, 2005) que reflejan un predominio de los procesos de retroceso de la costa del Golfo de México. Magaña et al. (2000) señalan que más de 15 000 km2 de zonas costeras mexicanas están amenazados por el ascenso del nivel del mar, afectando por igual a los ecosistemas, la ganadería y la agricultura (citado por Hernández et al., 2008).

El caso de Tabasco constituye un excelente ejemplo de lo que se podría denominar "desarrollo deteriorante" (Tudela, 1992), ya que las condiciones de vida y calidad del ambiente no sólo son hoy deficientes, sino que han sufrido un fuerte deterioro en las últimas décadas, esto es evidente por la desaparición casi completa de sus selvas originales debido a las actividades agrícolas que requieren insumos tecnológicos en cantidad y complejidad crecientes, así como fuertes problemas de salud en la población, como la desnutrición. Paradójicamente, en Tabasco fue implementado uno de los más ambiciosos proyectos de modernización de la agricultura tropical y de desarrollo social que se hayan planteado en cualquier zona tropical de América Latina. Sin embargo, este aparente "desarrollo" ha llevado a una degradación de sus recursos y en especial de sus suelos, ya que en el último estudio de evaluación de la degradación de los suelos en la República Mexicana, Tabasco ocupa el tercer sitio como uno de los estados más degradados (SEMARNAT y Colegio de Postgraduados, 2002) (Palma López, Moreno Cáliz, Rincón Ramírez, & Shirma Torres, 2008)

Calidad de los suelos.

Como parte del Manifiesto de Impacto Ambiental se tiene que tener en cuenta siempre que el suelo representa una de las reservas más importantes de la biodiversidad y tiene una estrecha relación con el funcionamiento de los ecosistemas, mantiene la delicada estabilidad ambiental y es sumamente frágil, por lo que es importante conocer la calidad del suelo y sus condiciones actuales, antes de la realización de actividades relacionadas con el manejo de hidrocarburos, o bien como es el caso, tener bien ubicadas y delimitadas las áreas con posible afectación.

Los suelos aledaños al municipio de Paraíso, así como las cuencas de los ríos Seco y Cuxcuxapa, revisten importancia desde el punto de vista ecológico y como parte importante del sector productivo agrícola. Por lo tanto, es importante determinar las condiciones del suelo, antes de iniciar cualquier actividad relacionada con la industria del petróleo, considerando la cuantificación de hidrocarburos, y otros

parámetros conforme a la normatividad ambiental y a los métodos analíticos recomendados por instituciones internacionales.

Con la finalidad de establecer el estado actual del SAR y determinar la posible presencia y concentración contaminantes, se ejecutaron trabajos de campo los días 16, 17, 29 y 30 de abril de 2019.

Se realizaron un total de 27 sondeos para tomar igual número de muestras de la matriz suelo a un estrato a 0.5 m, en sitios aledaños a los ríos Seco y Cuxcuxapa, así como en la entrada, cúspide y salida del sitio 2 (la campana), la isla de Torno largo y el Bellote para sus diferentes determinaciones analíticas (NOM-021-SEMARNAT-2000 y NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012). Todas las muestras fueron obtenidas por signatarios y analizadas por laboratorios acreditados ante la ema y aprobadas por la PROFEPA. En las muestras de suelo se determinaron las concentraciones de hidrocarburos fracciones ligera (HFL), media (HFM), pesada (HFP), hidrocarburos específicos monoaromáticos (Benceno, Tolueno, Etil-benceno y Xilenos: BTEX) e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos o Polinucleares (HAP) y se compararon con los límites máximos permisibles establecidos en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, reportando las concentraciones individuales para cada una de las muestras del área en mg/kg en base seca. Adicionalmente se analizaron diferentes parámetros normados en la NOM-021-SEMARNAT-2000 Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis.

Localización geográfica de los puntos de muestreo. Para cada punto de muestreo se registró su posición geográfica mediante un equipo de posicionamiento global (GPS) marca Garmin, modelo E-trex con precisión de ±1 m. en la siguiente tabla IV.26 se muestran los datos de posicionamiento así como la hora y la fecha en la que fue tomada la muestra de suelos en cada punto.

Tabla IV.26. Puntos de muestreo de suelo en el SAR.

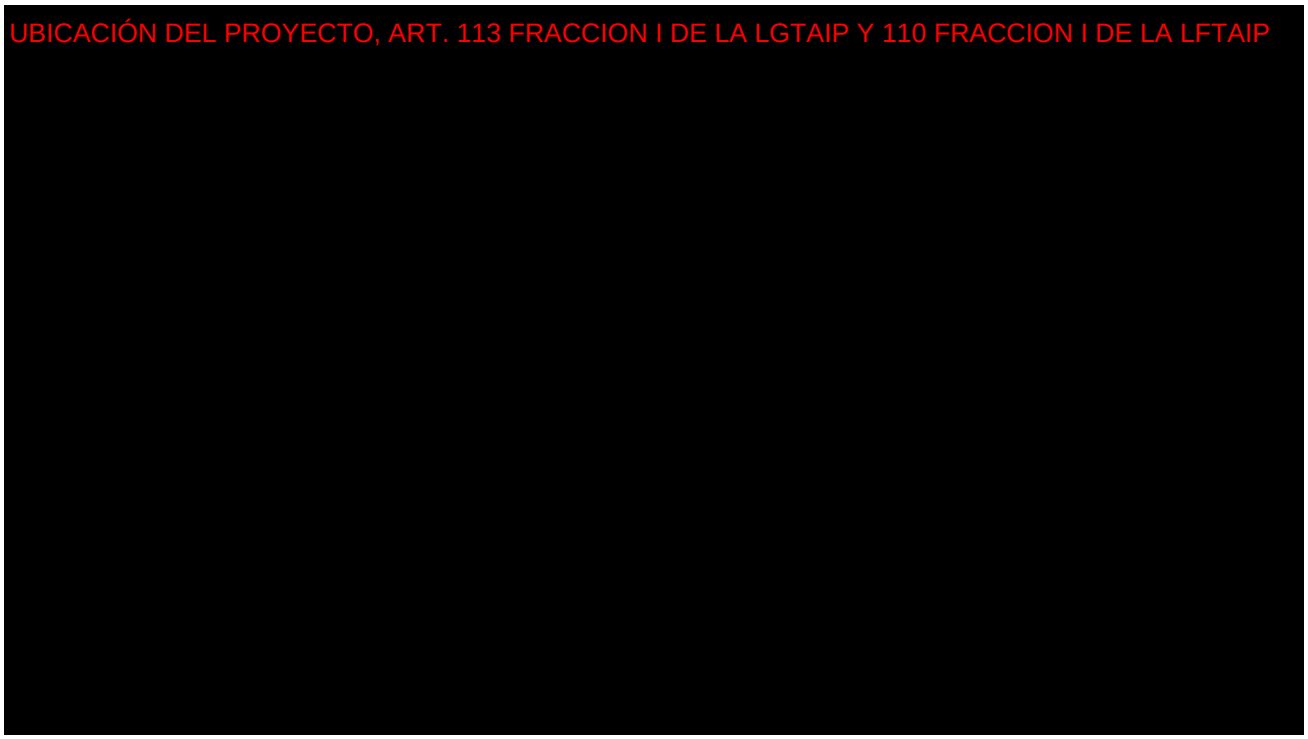
Identificación	Fecha	Hora	X	Y
PMRC1	17/04/2019	13:00	493439	2032301
PMRC2	17/04/2019	11:40	490283	2022977
PMRC3	17/04/2019	09:30	482439	2015351
PMRC4	16/04/2019	12:35	476313	2008528
PMRC5	16/04/2019	10:51	469638	2002769
PMRC6	16/04/2019	09:23	462524	1996273
PMRS1	17/04/2019	10:02	477997	2034216
PMRS2	17/04/2019	08:52	480133	2026263
PMRS3	16/04/2019	12:47	477717	2016618

Identificación	Fecha	Hora	X	Y
PMRS4	16/04/2019	11:46	472988	2007979
PMRS5	16/04/2019	10:14	463667	2001001
PMRS6	16/04/2019	09:01	460000	1991436
PMRS7	17/04/2019	10:58	477239	2033720
PMRS8	17/04/2019	12:10	478245	2035199
PMRS9	29/04/2019	09:35	474927	2036177
PMRS10	29/04/2019	10:40	469386	2036937
PMRS11	29/04/2019	12:05	476681	2033641
PMRS12	30/04/2019	09:50	475766	2032039
PMRS13	30/04/2019	11:10	474341	2030559
PMRS14	30/04/2019	12:50	476183	2028491
SITIO 2-REFINERÍA-1	30/04/2019	10:23	478324	2036500
SITIO 2-REFINERÍA-2	30/04/2019	11:33	479793	2037681
SITIO 2-REFINERÍA-3	30/04/2019	12:35	480709	2036097
NUEVO TORNOLARGO-1	30/04/2019	09:42	482069	2036853
NUEVO TORNOLARGO-2	30/04/2019	10:45	482933	2038299
NUEVO TORNOLARGO-3	30/04/2019	11:40	483928	2037681
BELLOTE	30/04/2019	13:25	484351	2037106

Fuente: Elaboración IMP

Estas posiciones geográficas se muestran en la siguiente figura IV.116 donde puede observarse en línea roja la delimitación del SAR y los cauces de los ríos Seco y Cuxcuxapa donde fueron tomadas las muestras de suelo.

Figura IV.116. Ubicación de los puntos de muestreo de suelo dentro del SAR



Fuente: Elaboración IMP

Estrategia de muestreo. Un método de muestreo de sólidos para análisis ambientales debe permitir una toma de muestras de calidad y sin alteración en sus componentes químicos. Además, la muestra debe de ser representativa de un área precisa y con un volumen suficiente para las necesidades de los análisis que se van a requerir.

El trabajo de campo, específicamente el muestreo, fue realizado bajo la responsabilidad de un signatario de muestreo acreditado ante la entidad mexicana de acreditación (ema) y aprobado por la Procuraduría Federal de Protección Ambiental (PROFEPA), así como su desarrollo fue realizado con base en métodos de muestreo de suelos para análisis ambientales y la experiencia del especialista responsable del estudio, lo cual garantiza la obtención de muestras representativas de un área precisa del sitio en estudio y de volumen suficiente para las necesidades de los análisis requeridos. Las características de los frascos, el etiquetado, llenado de la cadena de custodia, conservación y traslado de muestras (y su posterior análisis) se realizaron en estricto apego a los lineamientos indicados en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

El equipo utilizado en estos trabajos para la toma de las muestras fue con equipo para muestreo manual (Hand Auger y nucleador) cuyo empleo dependía de la profundidad y textura del punto de muestreo; el método consiste en tomar la muestra introduciendo el equipo en el suelo desde la superficie de manera manual y una vez alcanzada la profundidad deseada, se saca el tubo con núcleo de material que formará la muestra; en apego a lo especificado en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

Se obtuvieron las muestras usando el equipo especializado (de acuerdo a las condiciones del material y del sitio), vertiendo el contenido en un recipiente cuya capacidad es tal que permite contener la cantidad suficiente de la muestra para la determinación de los parámetros requeridos.

Todo el personal que participó en la toma de las muestras y manejo del material del que se conforma, utilizó equipo de protección personal (EPP) de acuerdo a las características y condiciones del sitio, además de las herramientas y equipo de muestreo que brinde seguridad al personal y garantice la integridad y representatividad de las muestras.

Todos los envases (en este caso, frascos de Borosilicato de boca ancha con tapa y sello de teflón así como bolsas plásticas) se rotularon en campo de acuerdo a una nomenclatura que permite tener una rastreabilidad en tiempo y espacio del origen y destino de la muestra contenida, posteriormente se procedió al llenado y firmado de la cadena de custodia, la cual funge como certificado de autenticidad de las mismas y queda en poder del especialista responsable de los trabajos realizados en campo.

Las muestras se transportaron de acuerdo a las condiciones señaladas en la tabla 5 de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 y al punto 6.2 de la NMX-AA-132-SCFI-2006; las cuales se entregaron al laboratorio designado por el Jefe de Proyecto para sus posteriores determinaciones analíticas.

Determinaciones analíticas. Los análisis de las concentraciones de hidrocarburos en suelo en sus diferentes fracciones (HFP, HFM, HFL, BTEX y HAP) además de los parámetros MOT, CIC se realizaron como lo establecen los anexos de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 y NOM-021-SEMARNAT-2000 en el laboratorio Intertek+ABC Analytics. Este laboratorio cuenta con aprobación de la Procuraduría Federal de Protección Ambiental (PROFEPA) PFPA-APR-LP-RS-010MS/2015 (muestreo) y PFPA-APR-LP-RP-0012/13 (Análisis) con acreditación ante la Entidad Mexicana de Acreditación (ema) R-00044-003-11.

La validez de estos documentos está sujeta a las evaluaciones que la PROFEPA y la Entidad Mexicana de Acreditación (ema) pudieran llevar a cabo con fundamento en el artículo 71 de la Ley Federal de Metrología y Normalización (LFMN) a fin de verificar que el laboratorio mantiene su cumplimiento con las disposiciones de LFMN y de los ordenamientos que de ella deriven.

Los especialistas responsables del estudio reciben los resultados analíticos de las muestras, con lo que proceden a correlacionar datos analíticos, topográficos y ecológicos para realizar la integración del informe del servicio, el cual se imprime anexando el reporte original de los resultados de laboratorio y copia de la cadena de custodia.

Hidrocarburos en suelos. De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, que establece los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación, los Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL), son una mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contengan entre cinco y diez átomos de carbono (C5 a C10); los Hidrocarburos Fracción Media (HFM), son la mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contengan entre diez y veintiocho átomos de carbono (C10 a C28); los Hidrocarburos Fracción Pesada (HFP), son la mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contengan entre veintiocho y cuarenta átomos de carbono (C28 a C40) y los BTEX son Benceno, Tolueno, Etilbenceno y la suma de los isómeros de Xilenos, los resultados de estos parámetros se muestran en la Tabla IV.27.

De acuerdo con los registros de concentraciones de hidrocarburos mostrados en la Tabla IV.27, solo se observa la presencia de Hidrocarburos Fracción Pesada e Hidrocarburos Fracción Media en los puntos PMRS7, PMRS8 y SITIO 2-REFINERIA-1, en los cuales no se sobrepasa el valor límite normado para HFM de 1 200 mg/kg para uso de suelo agrícola, forestal, pecuario y de conservación; mientras que el punto de muestreo PMRS9 aun cuando presenta la concentración más alta de HFP (1 294.946 mg/kg) no sobrepasa el valor límite normado de 3 000 mg/kg para uso de suelo agrícola, forestal, pecuario y de conservación.

Tabla IV.27. Resultados del análisis de hidrocarburos en suelos.

Identificación	HIDROCARBUROS FRACCION PESADA (mg/kg B.S.)	HIDROCARBUROS FRACCION MEDIA (mg/kg B.S.)	HIDROCARBUROS FRACCION LIGERA (mg/kg B.S.)	BENCENO (mg/kg B.S.)	ETILBENCENO (mg/kg B.S.)	TOLUENO (mg/kg B.S.)	XILENOS (mg/kg B.S.)
PMRC1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRC2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRC3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Identificación	HIDROCARBUROS FRACCION PESADA (mg/kg B.S.)	HIDROCARBUROS FRACCION MEDIA (mg/kg B.S.)	HIDROCARBUROS FRACCION LIGERA (mg/kg B.S.)	BENCENO (mg/kg B.S.)	ETILBENCENO (mg/kg B.S.)	TOLUENO (mg/kg B.S.)	XILENOS (mg/kg B.S.)
PMRC4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRC5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRC6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRS1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRS2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRS3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRS4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRS5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRS 6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRS7	783.655	97.691	ND	ND	ND	ND	ND
PMRS8	833.462	391.214	ND	ND	ND	ND	ND
PMRS-9	1294.946	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRS-10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRS-11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRS-12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRS-13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRS-14	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SITIO 2 - REFINERÍA-1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SITIO 2 - REFINERÍA-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SITIO 2 - REFINERÍA-3	1124.313	242.0476	ND	ND	ND	ND	ND
NUEVO TORNO LARGO - 1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
NUEVO TORNO LARGO - 2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
NUEVO TORNO LARGO - 3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
BELLOTE	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Fuente: Elaboración IMP

Los hidrocarburos aromáticos Policíclicos (HAPs) son compuestos orgánicos derivados de la combustión de material orgánico, principalmente, contienen al menos dos anillos aromáticos; 16 de ellos son denominados “contaminantes prioritarios” por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos debido a su amplia distribución en el ambiente y por sus propiedades mutagénicas, carcinogénicas y teratogénicas (Zhang et al. 2006; Morrillo et al. 2008).

Los HAPs se clasifican según su origen en: biogénico, petrogénico y pirogénico. Los HAPs petrogénicos son derivados del petróleo, sus principales compuestos incluyen homólogos alquilados (con radicales) y no sustituidos (compuestos padre) de naftalenos, fluorenos, fenantrenos, dibenzotiofenos y crisenos (Johnsen & Karlson 2007).

Tabla IV.28. Resultados de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos en suelos.

Identificación	BENZO (A) ANTRACENO	BENZO (A) PIRENO	BENZO (B) FLUORANTENO	BENZO (K) FLUORANTENO	DIBENZO (A,H) ANTRACENO	INDENO (1,2,3,C-D) PIRENO
PMRC1	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRC2	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRC3	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRC4	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRC5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRC6	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRS1	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRS2	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRS3	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRS4	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRS5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRS 6	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRS7	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRS8	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRS-9	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRS-10	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRS-11	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRS-12	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRS-13	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PMRS-14	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SITIO 2 - REFINERÍA-1	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SITIO 2 - REFINERÍA-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SITIO 2 - REFINERÍA-3	ND	ND	ND	ND	ND	ND
NUEVO TORNO LARGO - 1	ND	ND	ND	ND	ND	ND
NUEVO TORNO LARGO - 2	ND	ND	ND	ND	ND	ND
NUEVO TORNO LARGO - 3	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Identificación	BENZO (A) ANTRACENO	BENZO (A) PIRENO	BENZO (B) FLUORANTENO	BENZO (K) FLUORANTENO	DIBENZO (A,H) ANTRACENO	INDENO (1,2,3,C-D) PIRENO
BELLOTE	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Fuente: Elaboración IMP

En la Tabla IV.29 puede observarse que en ninguna muestra del área del SAR se encontraron registros de hidrocarburos aromáticos policíclicos en suelos.

Parámetros asociados a la NOM-021-SEMARNAT-2000

A continuación se presentan los resultados de loa parámetros normados en la NOM-021-SEMARNAT-2000

Tabla IV.29. Parámetros de la NOM-021-SEMARNAT-2000

Identificación	CONDUCTIVIDAD ELECTROLITICA EN EXTRACTO DE SATURACION (dS/m)	DENSIDAD REAL (g/cm3)	HUMEDAD (NO IMPRIMIBLE) (%)	MATERIA ORGANICA (% B.S.)	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO (Cmol Kg-1)	PORCENTAJE DE SODIO INTERCAMBIABLE (PSI) (%)	RELACIÓN DE ADSORCIÓN DE SODIO (RAS)	pH EN SUELO MEDIDO EN AGUA
PMRC1	2.32	2.43	29.55	3.04	17.94	27.38	9.61	7.6
PMRC2	3.26	2.13	28.85	2.18	20.86	40.93	10.74	7.9
PMRC3	ND	2.35	27.78	1.91	7.76	4.94	0.57	7.8
PMRC4	ND	2.65	22.55	1.03	29.26	2.76	0.79	7.3
PMRC5	ND	2.60	3.28	0.19	8.46	7.31	0.41	6.9
PMRC6	ND	2.12	19.35	0.47	28.28	3.94	0.32	7
PMRS1	6.00	2.40	23.00	1.24	3.07	100.00	10.65	8
PMRS2	ND	2.46	35.68	6.19	14.87	5.48	1.51	7.9
PMRS 3	ND	2.70	26.36	3.43	16.47	5.81	1.34	7.9
PMRS 4	1.95	1.29	78.42	41.95	27.66	4.09	0.42	6.4
PMRS 5	3.19	1.74	67.29	2.99	29.44	37.57	1.37	6.8
PMRS 6	ND	2.38	12.55	27.07	14.38	11.23	0.66	6.7
PMRS7	ND	2.56	28.54	3.47	9.70	8.02	2.54	7.8
PMRS8	10.25	2.61	35.21	2.78	15.03	93.93	16.43	7.8
PMRS-9	18.31	2.32	20.46	0.92	17.98	26.91	23.51	8.3
PMRS-10	5.50	2.79	22.12	2.30	16.93	55.79	18.57	8.5

Identificación	CONDUCTIVIDAD ELECTROLITICA EN EXTRACTO DE SATURACION (dS/m)	DENSIDAD REAL (g/cm3)	HUMEDAD (NO IMPRIMIBLE) (%)	MATERIA ORGANICA (% B.S.)	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO (Cmol Kg-1)	PORCENTAJE DE SODIO INTERCAMBIABLE (PSI) (%)	RELACIÓN DE ADSORCIÓN DE SODIO (RAS)	pH EN SUELO MEDIDO EN AGUA
PMRS-11	5.49	2.59	21.53	1.81	10.70	46.66	11.28	8.3
PMRS-12	ND	2.72	23.45	1.28	4.50	10.84	3.01	8.5
PMRS-13	10.13	2.62	22.60	0.16	13.32	36.16	22.80	8.5
PMRS-14	13.74	2.69	18.23	0.14	23.93	89.68	15.71	8.1
SITIO 2 - REFINERÍA-1	37.33	2.25	24.38	4.37	33.69	83.18	37.56	7.7
SITIO 2 - REFINERÍA-2	62.60	2.20	42.40	10.08	31.73	100.00	44.58	6.7
SITIO 2 - REFINERÍA-3	24.28	2.54	21.73	1.93	14.91	82.22	34.21	8.1
NUEVO TORNO LARGO - 1	29.38	2.76	31.30	2.29	16.20	98.47	38.09	8.3
NUEVO TORNO LARGO - 2	27.73	2.48	19.73	1.05	16.19	73.17	32.84	8.3
NUEVO TORNO LARGO - 3	24.20	2.79	20.57	0.24	14.24	58.55	34.92	8.6
BELLOTE	23.16	2.54	16.98	0.12	14.72	56.30	34.14	8.7

Fuente: Elaboración IMP

La clase textural. El suelo está constituido por partículas de muy diferente tamaño, que varían desde la escala del metro, para lo bloques de roca hasta las milimicras de algunas arcillas microscópicas. Conocer esta granulometría es esencial para cualquier estudio del suelo (ya sea desde un punto de vista genético como aplicado). Para clasificar a los constituyentes del suelo según su tamaño de partícula se han establecido muchas clasificaciones granulométricas. Básicamente todas aceptan los términos de grava, arena, limo y arcilla, pero difieren en los valores de los límites establecidos para definir cada clase.

Como el uso de números (porcentajes) para representar la composición granulométrica del suelo es muy incómodo, en edafología se usan unos términos texturales. Cada término textural corresponde con una determinada composición cuantitativa de arena, limo y arcilla. En los términos de textura se prescinde de los contenidos en gravas; se refieren a la fracción del suelo que se estudia en el laboratorio de análisis de suelos, es decir la tierra fina. Por ejemplo, un suelo que contiene un 25% de arena, 25% de limo y 50% de arcilla se dice que tiene una textura arcillosa. Los términos texturales se definen de una manera gráfica en un diagrama triangular que representa los valores de las tres fracciones.

La clase textural para cada una de las muestras del SAR se presenta en la Tabla IV.30.

Tabla IV.30.Resultados del análisis de textura de las muestras de suelo del SAR.

Identificación	ARCILLA	LIMO	ARENA	CLASE DE TEXTURA
PMRC1	29.96	34	36.04	FRANCOARCILLOSA
PMRC2	53.96	38	8.04	ARCILLOSA
PMRC3	7.96	6	86.04	ARENO FRANCOSA
PMRC4	39.96	50	10.04	FRANCOARCILLOLIMOSA
PMRC5	3.96	2	94.04	ARENOSA
PMRC6	47.96	38	14.04	ARCILLOSA
PMRS1	3.96	4	92.04	ARENOSA
PMRS2	5.96	4	90.04	ARENOSA
PMRS 3	3.96	8	88.04	ARENOSA
PMRS 4	7.96	10	82.04	ARENO FRANCOSA
PMRS 5	3.96	32	64.04	FRANCO ARENOSA
PMRS 6	9.96	10	80.04	FRANCO ARENOSA
PMRS7	5.96	12	82.04	ARENO FRANCOSA
PMRS8	5.96	26	68.04	FRANCO ARENOSA
PMRS-9	8.68	12	79.32	ARENO FRANCOSA
PMRS-10	12.68	0	87.32	ARENO FRANCOSA
PMRS-11	6.68	12	81.32	ARENO FRANCOSA
PMRS-12	4.68	0	95.32	ARENOSA
PMRS-13	4.68	2	93.32	ARENOSA
PMRS-14	4.68	0	95.32	ARENOSA
SITIO 2 - REFINERÍA-1	8.68	14	77.32	FRANCO ARENOSA
SITIO 2 - REFINERÍA-2	14.68	10	75.32	FRANCO ARENOSA
SITIO 2 - REFINERÍA-3	4.68	8	87.32	ARENO FRANCOSA
NUEVO TORNO LARGO - 1	6.68	8	85.32	ARENO FRANCOSA
NUEVO TORNO LARGO - 2	4.68	8	87.32	ARENO FRANCOSA
NUEVO TORNO LARGO - 3	4.68	0	95.32	ARENOSA
BELLOTE	4.68	0	95.32	ARENOSA

Capacidad de Intercambio catiónico. La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es una medida de cantidad de cargas negativas presentes en las superficies de los minerales y componentes orgánicos del suelo (arcilla, materia orgánica o sustancias húmicas) y representa la cantidad de cationes que las superficies pueden retener (Ca, Mg, Na, K, NH_4 etc.). Estos serán intercambiados por otros cationes o iones de hidrogeno presentes en la solución del suelo y liberados por las raíces. El nivel de CIC

indica la habilidad de suelos a retener cationes, disponibilidad y cantidad de nutrientes a la planta, su pH potencial entre otras.

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) para los suelos de analizados del SAR se muestra en la siguiente tabla:

Tabla IV.31. Resultados del análisis de Capacidad de Intercambio Catiónico de las muestras de suelo del SAR.

Identificación	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO Y BASES INTERCAMBIABLES (SUELOS NEUTROS) CALCIO	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO Y BASES INTERCAMBIABLES (SUELOS NEUTROS) MAGNESIO	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO Y BASES INTERCAMBIABLES (SUELOS NEUTROS) POTASIO	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO Y BASES INTERCAMBIABLES (SUELOS NEUTROS) SODIO	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO Y BASES INTERCAMBIABLES (SUELOS ACIDOS Y CALCAREOS) CALCIO	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO Y BASES INTERCAMBIABLES (SUELOS ACIDOS Y CALCAREOS) MAGNESIO	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO Y BASES INTERCAMBIABLES (SUELOS ACIDOS Y CALCAREOS) POTASIO	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO Y BASES INTERCAMBIABLES (SUELOS ACIDOS Y CALCAREOS) SODIO
PMRC1					8.5039	7.4577	4.7298	4.9110
PMRC2					9.3646	7.1656	2.7255	8.5373
PMRC3					10.0059	0.6093	0.4344	0.3829
PMRC4	46.4260	27.0290	5.4720	0.8063				
PMRC5	20.3472	6.7795	4.0401	0.6188				
PMRC6	48.8581	35.6341	15.1024	1.1134				
PMRS1					4.6829	1.6045	0.7755	3.2783
PMRS2					12.9922	2.3708	0.4423	0.8155
PMRS 3					17.4930	0.8802	0.4939	0.9576
PMRS 4					32.4355	4.8551	2.0203	1.1313
PMRS 5	45.5238	27.8431	8.0604	10.9084				
PMRS 6	34.2214	7.1841	4.3934	1.6144				
PMRS7					9.2658	1.3726	0.5474	0.7775
PMRS8					10.8494	0.8491	2.0875	14.1190
PMRS-9					6.552668	3.590965	0.236236	4.83784
PMRS-10					5.582313	26.053987	1.131632	9.44435
PMRS-11					11.657438	1.756504	0.199804	4.994581
PMRS-12					5.552074	0.553595	0.109758	0.488
PMRS-13					4.217348	1.475266	0.299283	4.816454
PMRS-14					6.888296	7.022562	0.919403	21.458102
SITIO 2 - REFINERÍA-1					7.317935	8.669038	1.115908	28.021786
SITIO 2 - REFINERÍA-2					5.878719	14.247912	1.03591	49.361355
SITIO 2 - REFINERÍA-3					8.681402	3.687672	0.633772	12.262816
NUEVO TORNO LARGO - 1					11.831989	5.270005	0.590053	15.951571
NUEVO TORNO LARGO - 2					7.359252	3.114834	0.461351	11.843058
NUEVO TORNO LARGO - 3					8.202662	1.994323	0.288009	8.336081

Identificación	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO Y BASES INTERCAMBIABLES (SUELOS NEUTROS) CALCIO	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO Y BASES INTERCAMBIABLES (SUELOS NEUTROS) MAGNESIO	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO Y BASES INTERCAMBIABLES (SUELOS NEUTROS) POTASIO	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO Y BASES INTERCAMBIABLES (SUELOS NEUTROS) SODIO	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO Y BASES INTERCAMBIABLES (SUELOS ACIDOS Y CALCAREOS) CALCIO	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO Y BASES INTERCAMBIABLES (SUELOS ACIDOS Y CALCAREOS) MAGNESIO	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO Y BASES INTERCAMBIABLES (SUELOS ACIDOS Y CALCAREOS) POTASIO	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO Y BASES INTERCAMBIABLES (SUELOS ACIDOS Y CALCAREOS) SODIO
BELLOTE					5.05477	1.888242	0.253724	8.286529

Fuente: Elaboración IMP

Erosión

Para el cálculo de la pérdida por erosión en el SAR, se utiliza el modelo de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS), Este modelo fue utilizado para calcular la erosión en los polígonos sujetos a CUSTF, y que a nivel del SAR se aprovecha para describir el procedimiento utilizado y se extrapola a toda el área del SAR, utilizando información obtenida mediante un Sistema de Información Geográfica. La Ecuación EUPS consiste en un modelo matemático multifactorial que integra seis procesos que intervienen en la erosión hídrica (Wischmeier y Smith, 1978).

$$E = R\ K\ L\ S\ C\ P$$

Donde:

E es el promedio anual de pérdida de suelo (t ha^{-1} $año^{-1}$),
R es el factor de erosividad de la lluvia (MJ mm) $(ha\ h)^{-1}$,
K es el factor de erosionabilidad del suelo (t ha h) (MJ mm $ha)^{-1}$,
L es el factor de longitud de la pendiente (adimensional),
S es el factor del grado de la pendiente (adimensional),
C es el factor de manejo del cultivo (adimensional),
P es el factor de prácticas mecánicas para el control de la erosión (adimensional).

Descripción de los Factores de la EUPS:

a) Factor R.

El factor de erosividad de la lluvia R es la suma de valores de erosividad de tormentas individuales, expresado como:

$$R = \sum_{i=1}^{n} (EI30)i$$

Donde:

E es la energía cinética de la lluvia en kg m (m2 mm)- 1,

I_{30} es la intensidad de la lluvia en 30 min en mm h-1 y
n es el número de tormentas en el año (Figueroa *et al.* 1991).

Consideraciones para el cálculo del Factor R

Uno de los problemas en muchos países, entre ellos México, es la falta de instrumentación que mida la intensidad de la lluvia y en consecuencia, la carencia de datos, por lo que se han desarrollado diversos modelos que estimen el índice de erosividad R con elementos del clima como la lluvia anual (Ulsaker y Onstad, 1984), la lluvia máxima diaria en un periodo de retorno de dos años, el promedio anual de la lluvia del mes más lluvioso de cada año y factores de zonificación (TRAGSA, 1994), así como el uso de un modelo logístico que involucra el tiempo y los parámetros empíricos que describen las características: variación anual de la erosión, duración del periodo de tiempo de mayor erosión del año e intensidad de la erosión en ese lapso de tiempo (Hu et al. , 2000).

Para el cálculo de R en todo el área del SAR, se utilizó el valor promedio anual de la precipitación, obtenido de nueve estaciones meteorológicas ubicadas dentro y cerca del área que cubre el Sistema Ambiental Regional del proyecto, considerando un intervalo de 59 años (del año 1951 al año 2010), en la siguiente tabla se muestra el valor de la precipitación obtenido de las normales climatológicas de cada estación.

Tabla IV.32 Valor de la precipitación obtenido de las normales climatológicas de cada estación meteorológica ambiental considerada para el SAR.

Estaciones Climatológicas	Precipitación (mm)												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
ESTACION: 00027034 PARAISO	139.20	93.60	42.40	40.30	66.90	138.20	115.10	139.00	277.60	336.10	204.20	176.30	1,768.90
ESTACION: 00027010 CUNDUACAN	122.40	99.30	49.10	44.10	80.50	206.10	138.80	215.70	292.70	302.40	201.40	137.20	1,889.70
ESTACION: 00027009 COMALCALCO (DGE)	147.00	96.80	37.60	42.20	60.60	164.50	143.50	156.40	277.10	361.00	201.60	159.30	1,847.60
ESTACION: 00027057 COMALCALCO (SMN)	137.10	79.80	54.00	58.80	91.10	150.00	159.10	126.50	355.80	412.10	248.90	188.80	2,062.00
ESTACION: 00027002 BENITO JUAREZ-CENTLA	110.90	84.20	32.40	22.60	52.70	158.30	136.00	144.80	237.80	305.20	186.10	124.40	1,595.40
ESTACION: 00027016 FRONTERA A. OBREGON-CENTLA	93.80	52.60	30.00	30.20	40.30	152.20	155.70	156.50	264.50	256.80	150.50	110.40	1,493.50
ESTACION: 00027020 JALPA DE MENDEZ	125.80	96.20	50.30	54.80	63.40	165.20	160.70	189.50	281.30	330.70	207.00	140.40	1,865.30
ESTACION: 00027084 NACAJUCA	125.60	83.80	37.80	37.10	71.50	155.90	145.70	214.40	281.10	307.20	169.30	148.90	1,778.30
ESTACION: 00027008 CARDENAS	137.50	90.80	43.00	51.00	69.70	217.20	172.30	232.10	339.00	344.90	212.70	136.10	2,046.30
											Promedio		1,816.33

Fuente: INEGI 2018

La estimación del factor R se obtiene de la ecuación que corresponde a la ubicación del SAR, según el mapa de regiones de Cortés, la cual indica que corresponden a la región XII.

Figura IV-117 Mapa de regiones de Cortés para cálculo de erosividad.



Fuente: Becerra, 1997.

De acuerdo con lo anterior, para la región XII aplica la siguiente fórmula:

$$\text{XII} \qquad R = 2.4619P + 0.006067\ P^2$$

Dónde:

R es la erosividad de lluvia en Mj/ha mm/hr
P es la precipitación media anual de la región en mm

Para la precipitación, se utilizó el valor promedio anual de 1 816.333 mm, considerando un intervalo de 59 años (del año 1951 al año 2010) obtenido de las normales climatológicas de las nueve estaciones meteorológicas ambientales consideradas para el SAR.

Sustituyendo los valores:

$$R = 2.4619*(1\ 816.333) + 0.006067*(1\ 816.333\ \text{^}2)$$

$$R = 24\ 487.069\ \text{Mj/ha mm/hr}$$

b) Factor K.

El factor de erodabilidad del suelo (K), indica la susceptibilidad de los suelos a erosionarse. Para un suelo particular K se define como la tasa de pérdida de suelo por unidad de índice de erosividad cuando es medido en una parcela estándar.

Consideraciones para el cálculo del Factor K

Con la intensión de estandarizar de acuerdo con la bibliografía se considera una parcela estándar a la parcela de 22.1 m de longitud con una pendiente uniforme de 9%, de labranza continua y a lo largo de la pendiente (Wischmeier y Smith, 1978). Los resultados de estudios llevados a cabo con simuladores de lluvia se utilizaron para producir un nomograma de erodabilidad de suelo basado en textura y estructura del suelo (Brooks et al., 1993).

En los casos cuando no se dispone de información específica del sitio, como el que nos ocupa, para hacer uso del nomograma, (Figueroa et al., 1991) y determinar el valor de K, se sugiere el método propuesto por (FAO, 1980), el cual sólo requiere conocer la unidad de suelo y su textura (Williams et. al. , 1990).

Tabla IV.33 Valores del Factor de Erodabilidad (K) en función de la unidad de suelo y de su textura superficial.

Textura	% de Materia orgánica		
	0.0-0.5	0.5-2.0	2.0-4.0
Arcillo arenosa	0.014	0.013	0.012
Arcillo limosa	0.025	0.023	0.019
Arena	0.005	0.003	0.002
Arena fina	0.016	0.014	0.01
Arena muy fina	0.042	0.036	0.028
Arcilla	0.013 - 0.029		

Fuente: Elaboración IMP con datos de Wischmeier y Smith (1978).

Con base en las cartas edafológicas SERIE II 1:250 000 Frontera E15 – 5, y SERIE II 1:250 000 Villahermosa E15 – 5, se determinan los diferentes tipos de suelo que existen en el SAR, y con esto poder determinar el valor de K para cada unidad de suelo, por ejemplo, para la unidad de suelo del tipo Arenosol con una textura de Arena/Muy fina, le corresponde un valor de K=0.036

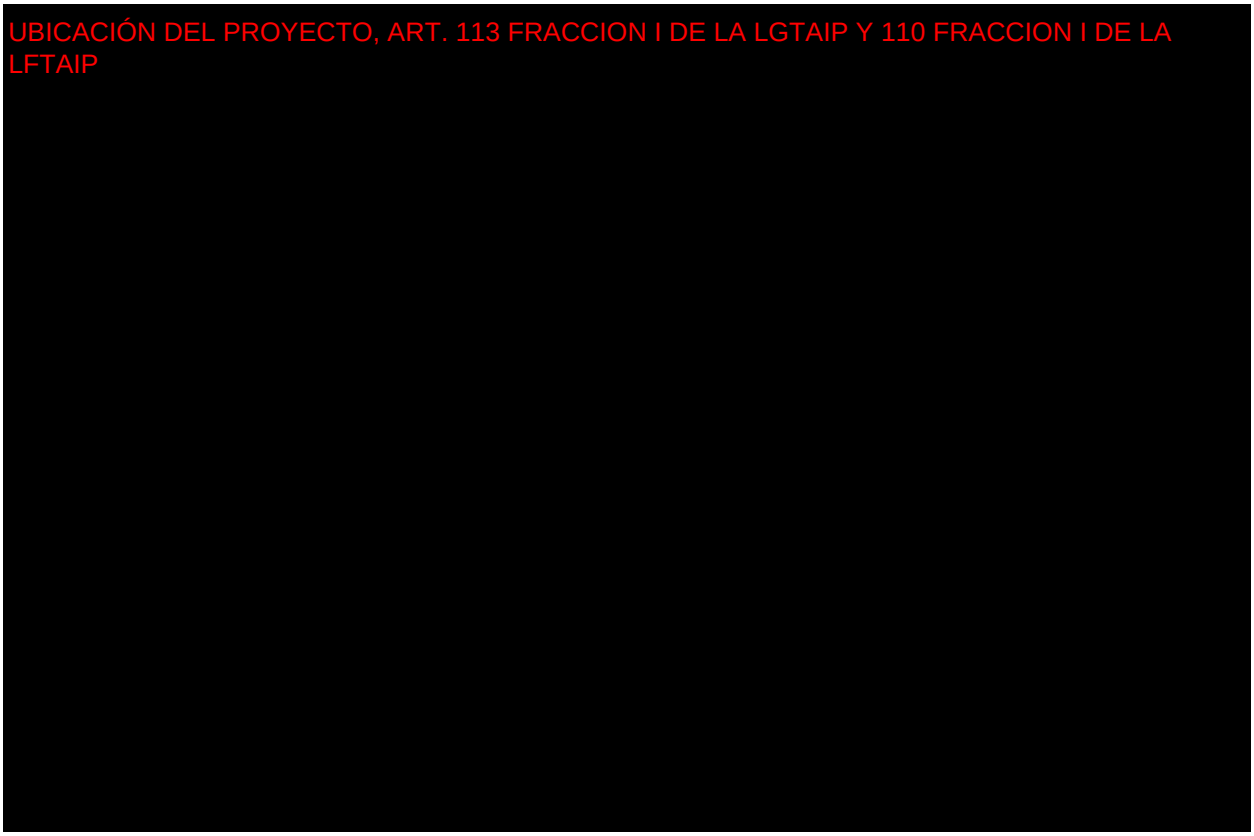
En la siguiente tabla se muestran las unidades de suelo que conforman el SAR y que se consideran para el planteamiento del modelo a utilizar para el cálculo de la erosión, se describe la textura por unidad de suelo y sus respectivos valores de K.

Tabla IV.34 Unidades de suelo que conforman el SAR con sus valores de K de acuerdo a su textura.

Tipo de Suelo	Textura /Tamaño	K
Arenosol	Arena/Muy fina	0.036
Fluvisoles	Franco Arcilloso Limoso	0.042
Gleysoles	Franco Arcilloso Arenoso	0.033

Phaeozem	Franco Arcilloso	0.033
Solonchak	Franco Limoso	0.055
Vertisol	Arcilloso fino	0.013

Y como se muestran en la siguiente figura.



Fuente: Elaboración IMP – INEGI

c) Factor LS.

Este factor representa el efecto de la topografía sobre la erosión del suelo. La erosión aumenta conforme se incrementa la longitud del terreno (L) en el sentido de la pendiente y la inclinación de la superficie (S) se hace mayor (Figueroa et al., 1991).

Consideraciones para el cálculo del Factor LS

Los dos efectos se evalúan en campo por separado y son considerados en la EUPS también en forma separada como L y S, aunque se recomienda considerarla como un solo factor LS.

El factor L es definido como la distancia del punto de origen del flujo superficial al punto donde la pendiente decrece hasta que ocurre sedimentación o el escurrimiento entra a una red de drenaje o a un canal construido.

El factor S indica el grado de inclinación de la pendiente.

La pérdida de suelo se aumenta más rápidamente con la inclinación de la pendiente que con la longitud (Wischmeier y Smith, 1978). Cuando se utilizan los Sistemas de Información Geográfica (SIG's) para evaluar la erosión de los suelos a escala de cuenca, se ha tenido dificultades para obtener el valor del factor topográfico LS, en particular al atender la definición del factor L, por lo que se han hecho esfuerzos para calcularlo con algoritmos de programación y el uso de Modelos de Elevación Digital (MED) (Hickey, 2000), (Van Remortel et al., 2001) con la aplicación directa de las funciones antes mencionadas para el cálculo de LS en MED manejado en un SIG (Mati, et al., 2000).

En el caso que nos ocupa se utilizó el MED para determinar la pendiente con datos obtenidos en campo.

Para este tipo de cálculo se consideró la Unidad Patrón Wischmeier y Smith (1978), este factor se calculó usando la siguiente expresión matemática:

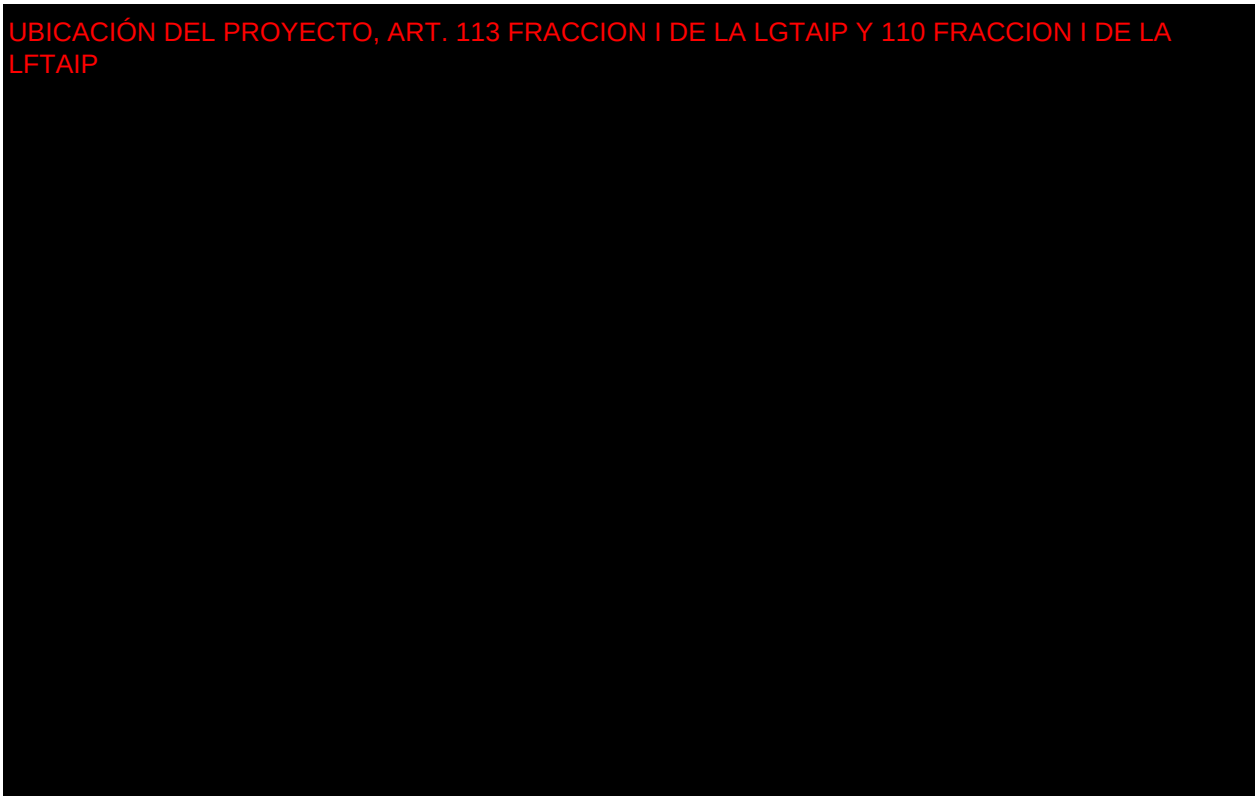
$$LS = \lambda^{m} (0.0138 + 0.00965 * S + 0.00138 * S^{2})$$

Donde:

LS	es el factor de grado y longitud
λ	es la longitud de la pendiente
S	es la pendiente media del terreno
m	es el parámetro cuyo valor es 0.5

El efecto de la topografía sobre la erosión está representado por los factores: longitud (λ) y grado de pendiente (S). La longitud se define como la distancia desde el punto de origen de un escurrimiento hasta el punto donde decrece la pendiente al grado de que ocurre una sedimentación o bien hasta el punto donde el escurrimiento una vez concentrado, encuentra un canal de salida bien definido.

Para conocer las pendientes dentro del SAR se utilizó el Mapa del Continuo Nacional a través del cual se realizó el mapa de pendientes para las unidades de suelo pertenecientes al SAR, determinando que se tienen valores de pendientes que van desde 2% hasta 10% es decir, se trata de un relieve con la presencia de una llanura aluvial costera con dunas y salina con pendientes suaves.



Fuente: elaboración IMP con datos de campo 2019.

Sustituyendo los valores en $LS = \lambda^m (0.0138 + 0.00965 * S + 0.00138 * S^2)$

Como ejemplo se hace el desarrollo para un caso de la unidad de suelo Arenosol para una pendiente del 2% y longitud de 500 m, obteniendo:

$$LS = \lambda^m (0.0138 + 0.00965 * S + 0.00138 * S^2)$$

Donde:

λ = 500 m
S (%) = 2
m = 0.5

Dando como resultado: $LS = 0.3129$

Con base en lo anterior, se obtienen los valores para LS en cada una de las unidades de suelo dentro del SAR y que se presentan en el archivo en formato *.XLM, de la memoria de cálculo que se anexa al presente documento.

Factor C.

El factor C de manejo de cultivo y cobertura del suelo, es la relación de pérdidas de un terreno cultivado en condiciones específicas, con respecto a las pérdidas de un suelo desnudo y con barbecho continuo en las mismas condiciones de suelo, pendiente y lluvia (Wischmeier y Smith, 1978).

Consideraciones para el cálculo del Factor C

Figueroa *et al*. 1991, presentan un procedimiento para el cálculo del factor C a partir de la integración de factores que afectan la erosión como las etapas de crecimiento vegetal, los efectos de cultivos y manejo, las pérdidas relativas de suelo y el índice de erosividad de la lluvia. Brooks *et al*. 1993, mencionan que en los lugares donde no se dispone de guías para el establecimiento de valores de C en cultivos de campo, es más fácil correlacionar las tasas de pérdida de suelo con las cantidades de materia orgánica seca por unidad de área y el porcentaje de cobertura de suelo. También existe en la literatura una amplia variedad de valores del factor C que pueden seleccionarse de acuerdo con las condiciones particulares del sitio (Wischmeier y Smith, 1978), (Mitchell y Bubenzer, 1980) , (Figueroa et al., 1991), (Brooks et al., 1993), (TRAGSA, 1994), (Morgan, 1997).

Para el cálculo de este factor se tomó como base la literatura de Wischmeier y Smith, 1978.

El factor de cobertura vegetal indica la capacidad de la vegetación para disminuir la fuerza erosiva. Con base en lo mencionado por Wischmeier y Smith en 1978, sobre los diferentes índices por tipos de cobertura, y el efecto que la vegetación proporciona al suelo, se debe al producto de tres sub factores:

1. La protección aérea que la vegetación proporciona al suelo.
2. La protección que proporciona la vegetación en contacto con la superficie del suelo.
3. Los efectos que los residuos de la vegetación tienen en la protección del suelo, tanto porque lo cubren, como porque pueden variarle algunas de sus propiedades físicas. (Wischmeier y Smith, 1978)

Para el cálculo de C en el presente estudio dentro del SAR, se consideró la vegetación presente en las unidades de suelo que conforman el SAR, y con el propósito de utilizar un valor adecuado del factor de protección de la vegetación (C) en función del tipo de cobertura, se consideró la estructura y diversidad arbórea presentes en cada unidad de suelo dentro del SAR, así como lo establecido por Wischmeier y Smith en 1978, como a continuación se indica: Por ejemplo para el caso de la unidad

de suelo correspondiente a Arenosol, considerando una vegetación del tipo de Selva, en el estrato arbóreo, se tiene lo siguiente, no se apreció un dosel definido y continuo, se observó una cobertura aproximada del 75%, ya que existen hierbas altas o maleza corta con caída promedio de gota de cincuenta centímetros; además se observó una cubierta del suelo mayor al 95% compuesta en su mayoría de plantas herbáceas de hoja ancha (como malezas con poca red de raíces laterales cerca de la superficie), residuos no decaídos o ambos, lo que se usó de base para obtener el valor de C de acuerdo a lo establecido por Wischmeier y Smith en 1978 y considerando el tipo de suelo de la unidad, le corresponde en conjunto un valor del factor de protección del suelo por la vegetación de C = 0.011.

El mismo análisis se realiza para determinar el factor C en cada una de las unidades de suelo dentro del SAR y sus resultados se muestran en el archivo en formato *.XLM, de la memoria de cálculo que se anexa al presente documento.

d) Factor P.

Este factor indica la proporción del suelo perdido en las prácticas mecánicas de manejo del suelo específicas con relación a las pérdidas de suelo en cultivos a lo largo de la pendiente (Wischmeier y Smith, 1978).

Consideraciones para el cálculo del Factor P

Las prácticas más importantes para reducir el escurrimiento de agua y, por consecuencia, la erosión del suelo es el surcado en contorno, el cultivo en fajas en contorno y las terrazas.

Durante la década de los noventa, se presentaron cuadros con el valor de P para cada una de estas prácticas de acuerdo con su combinación considerando las condiciones de pendiente, longitud máxima del surcado, rotación de cultivo, sistema de labranza, número de fajas, ancho de fajas y su longitud máxima e intervalo horizontal de las terrazas (Williams et. al. , 1990) y (Figueroa et al., 1991).

De acuerdo con lo anterior y dado que este factor depende de las prácticas agronómicas, para los cálculos del factor P en el SAR se considera el valor de P igual a 1.

Estimación de la erosión hídrica actual y potencial en el área del SAR.

Cabe hacer mención que para el cálculo de la pérdida por erosión utilizando el modelo de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS), es necesario considerar también las siguientes definiciones:

Erosión potencial. Se refiere a la erosión hídrica potencial que se estima de EUPS al utilizar únicamente los factores RKLS (Wischmeier y Smith, 1978), expresada como:

$$A = R K L S$$

Es importante resaltar que en la fórmula anterior se excluyen los factores C y P porque estos factores representan las actividades atenuantes del proceso erosivo y en la medida que se diseñen prácticas agronómicas y mecánicas, la erosión potencial podrá reducirse a valores tolerables.

Erosión tolerable. Se refiere a la proporción máxima de pérdida de suelo que pueda ocurrir y aún permita que la productividad del cultivo sea económicamente sostenida (Renard et al., 1996).

Con los valores calculados para cada uno de los factores y tomando como ejemplo el desarrollo de esta fórmula para la unidad de suelo Arenosol, se tiene que:

$$E = R K L S C P$$

Sustituyendo los valores de los factores obtenidos anteriormente:

R = 24 487.069
K = 0.036
LS = 0.3129
C = 0.011
P = 1

Para uno de los casos correspondiente a la unidad de suelo de Arenosol, sustituyendo valores en la EUPS, se obtiene el valor de la tasa de erosión hídrica actual, en esta unidad de suelo con cubierta vegetal de selva.

$$E = 3.034 \text{ ton/ha/año}$$

Para el caso de la erosión potencial, no se considera el valor del Factor C y se obtiene el siguiente valor.

$$E = 118.271 \text{ ton/ha/año}$$

El mismo análisis se realiza para determinar la tasa de erosión actual y potencial en cada una de las unidades de suelo dentro del SAR y sus resultados se muestran en el archivo en formato *.XLM, de la memoria de cálculo que se anexa al presente documento.

Tomando como base la siguiente tabla de clasificación de tasas de erosión reportadas para la República Mexicana, es posible saber la categoría de la erosión que resulta de nuestros cálculos en cada una de las unidades de suelo.

Tabla IV.35 Clasificación de tasas de erosión reportadas para la República Mexicana.

Categoría	Tasas de erosión en ton/Ha/año
Nula	Menor de 5
Ligera	De 5 a 10
Moderada	De 10 a 50
Alta	De 50 a 200
Muy Alta	Mayor de 200

Fuente: Elaboración IMP

En conjunto con el procedimiento recién descrito para el cálculo de la erosión actual y potencial, también fue necesario realizar trabajos de cartografía para que en forma conjunta se pudiera determinar la erosión en cada una de las unidad de suelo, estos trabajos de cartografía consistieron en lo siguiente: fue necesario desarrollar el modelo utilizando las Carta Edafológicas E15-5 (Tabasco) y E15-8 (Villahermosa), escala 1: 250 000; Serie II de INEGI, las cuales se unieron y se recortó poniendo de base el polígono del SAR (Sistema Ambiental Regional). De este archivo tipo *.shp resultante de edafología en ArcMap se obtuvieron los archivos *.shp´s independientes para cada tipo de suelo por medio de análisis espaciales en selección de atributos, exportando unos nuevos archivos *.shp´s: Arenosoles.shp, Fluvisoles.shp, Gleysoles.shp, Phaeozem.shp, Solonchak.shp y Vertisoles.shp. Se subió la capa de tipo de suelo (Arenosole.shp) y la capa de Pendientes en ArcMap realizando una intersección para sumar la capa de pendientes a cada capa de tipo de suelo; elaborando después una depuración de la base de datos y se generó una columna para poner al área de los polígonos en hectáreas , a estos archivos shp´s nuevos se le sumo los archivos shp´s de tipo de Uso de Suelo y Vegetación Serie VI de INEGI recortada también conforme al SAR y al final quedaron los archivos *.shp´s con las tres bases de datos juntas que se conformó por: Tipo de Suelo, Pendientes y Uso de Suelo y Vegetación; recalculando las columna de áreas en hectáreas.

Teniendo estos *.shp´s se trabajó con ellos para llenar la base de datos de la matriz generada para calcular la erosión que se presenta en el archivo en formato *.XLM, de la memoria de cálculo que se anexa al presente documento.

En la siguiente tabla se presentan los valores promedio obtenidos para cada una de las unidades de suelo presentes en el SAR. Puede observarse que de acuerdo a la Tabla IV.35 Clasificación de tasas de erosión reportadas para la República Mexicana, la mayoría de las unidades de suelo presentan valores de erosión que caen dentro del rango de erosión ligera a excepción de los valores que presenta la unidad de suelo Fluvisol (12.915 ton/Ha/Año) que se encuentra en el rango de erosión moderada. En general estos valores concuerdan con valores encontrados en la bibliografía (Palma, 2018). En el caso de la unidad de suelo Fluvisol, este valor relativamente alto, concuerda con el efecto que puede darse por el uso de suelo Agrícola-pecuaria-forestal al que se encuentra sometida está unidad de suelo.

Tabla IV.36 Modelo para el cálculo de la erosión hídrica en el SAR.

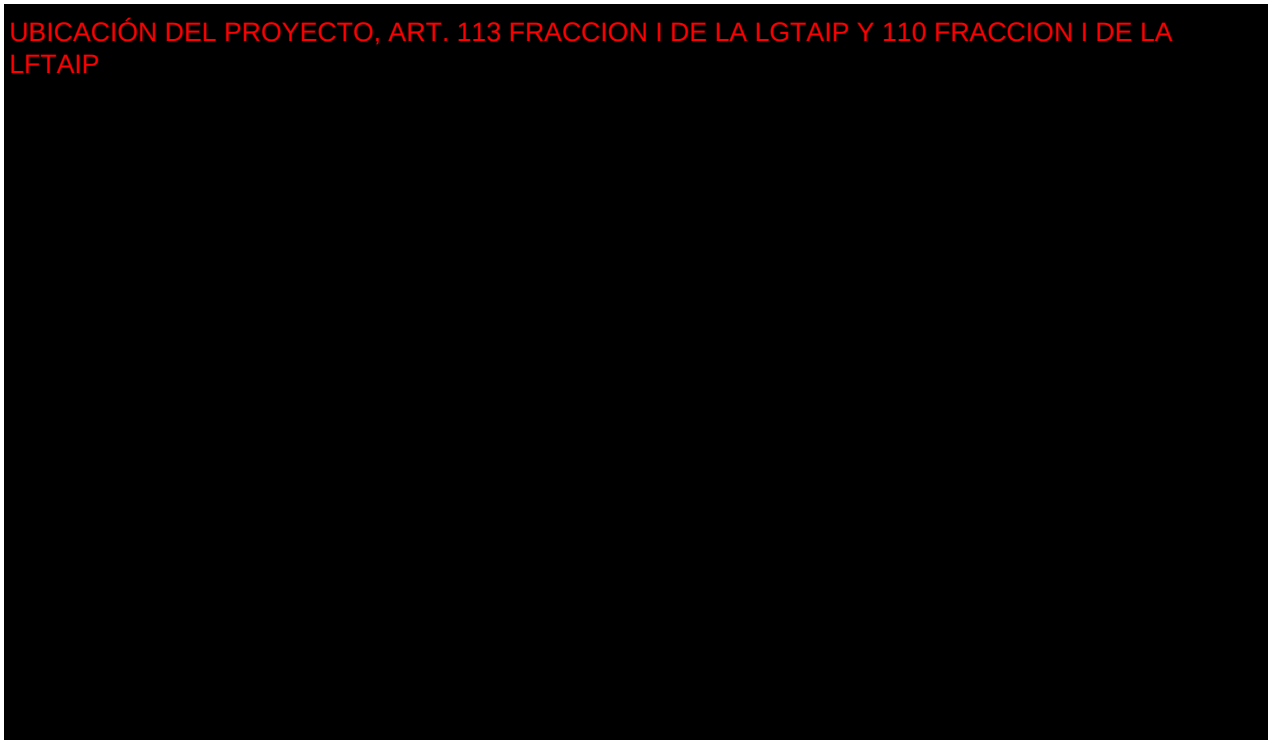
Unidad de Suelo	EH (Con Vegetación)	EH (En las áreas desprovistas de vegetación)	PROMEDIO Erosión Total en el SAR
	(ton/Ha/año)	(ton/Ha/año)	(ton/Ha/año)
Arenosol	5.734	124.127	16.497
Fluvisoles	12.915	0	12.915
Gleysoles	4.186	0	4.186
Phaeozem	9.944	0	9.944
Solonchak	5.012	0	5.012
Vertisoles	1.727	44.823	2.994

Fuente: Elaboración IMP

Para el caso de los promedios existen dos unidades de suelo (Arenosol y Vertisol) que presentan "Área desprovista de vegetación", las cuales tiene valores de 124.127 y 44.823 ton/Ha/año respectivamente, y que se consideran aparte debido a la magnitud de su valor (segunda columna de la siguiente tabla)y no se toman en cuenta para los promedios debido a que únicamente son tres valores que se presentan ya con una erosión bastante considerable que deberán ser tratados en forma especial, lo cual no está al alcance del presente proyecto.

Agua Superficial y Subterránea

Tabasco se divide en dos regiones hidrológicas (RH) (Figura IV.120), la 29 (Coatzacoalcos) y la 30 (Grijalva-Usumacinta) definidas por los principales ríos que las forman. La RH-29 se divide a su vez en siete subcuencas de las cuales la cuenca del Río Tonalá y Lagunas del Carmen y Machona son las que influyen en Tabasco con aproximadamente 24.8% de extensión territorial. La corriente principal es el Río Tonalá, el cual tiene su origen en la sierra chiapaneca a 1 000 msnm donde recibe el nombre de Tancochapa y desemboca en el Golfo de México. Este río es la frontera con el estado de Veracruz y tiene una longitud de 150 km de los cuales 120 están por abajo de los 200 msnm. Sus principales afluentes son los ríos Zanapa, Blasillo y Chicozapote antiguas derivaciones del Mezcalapa hoy desagües pluviales y de zonas pantanosas. En su origen, la cuenca presenta un drenaje dendrítico debido a la presencia de material litológico homogéneo. Sin embargo, en la región norte se tiene una red de drenaje radial centrípeto con material detrítico tipo palustre y aluvial favorecido por la entrada de la marea a tierra, dando lugar a la formación de dunas, barras y esteros en la costa. Estos últimos son alimentadas por los escurrimientos de los ríos Santana, Naranjeño y su afluente el San Felipe. La calidad del agua es mala debido a las descargas municipales y al aporte de la actividad petrolera (Maza, 1997).

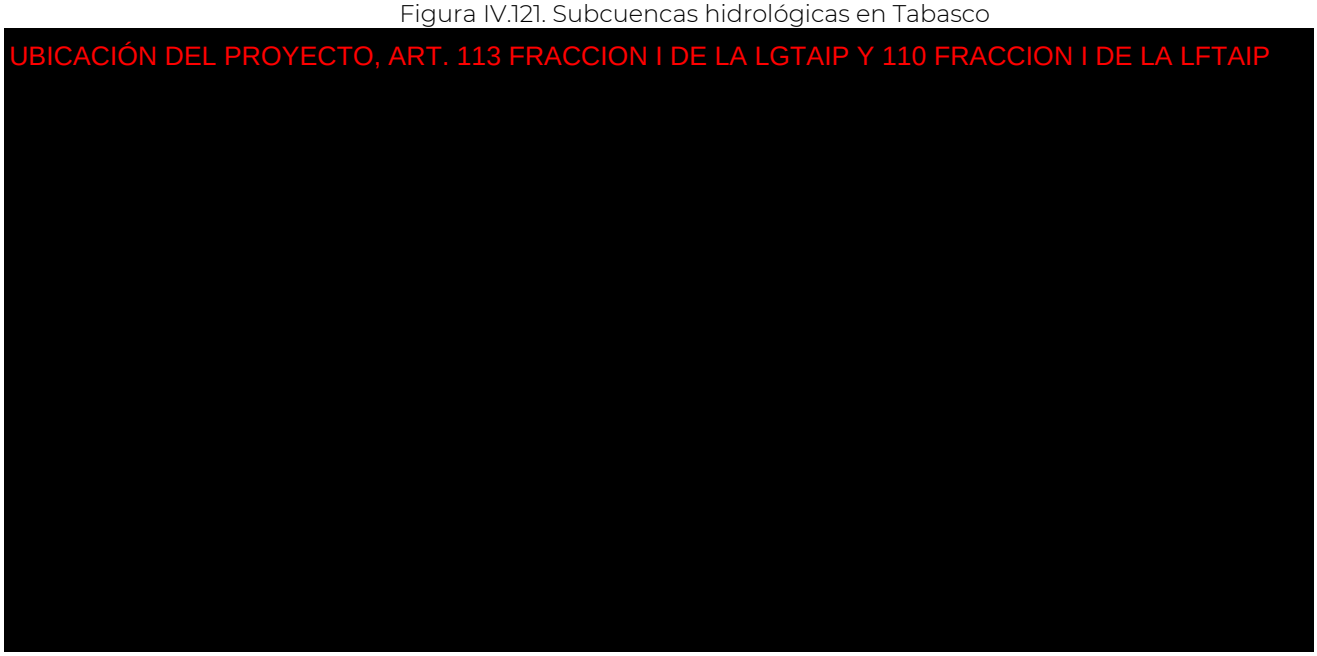


Fuente: Elaboración IMP, 2019 e INEGI 2010.

La RH-30 comprende el 75.2% de la superficie del Estado y se subdivide en tres cuencas: Río Usumacinta (29.2%), Laguna de Términos (4.5%) y Río Grijalva-Villahermosa (41.5%). La cuenca Laguna de Términos es la que menor área del estado ocupa con tan solo 4.5% de la superficie total y se divide en las subcuencas Lagunas del Pom y Atasta, Río Chumpán, y varias (zonas de inundación y escaso escurrimiento al inicio de las corrientes San Joaquín y El Pimiental) (CONAGUA, 2011).

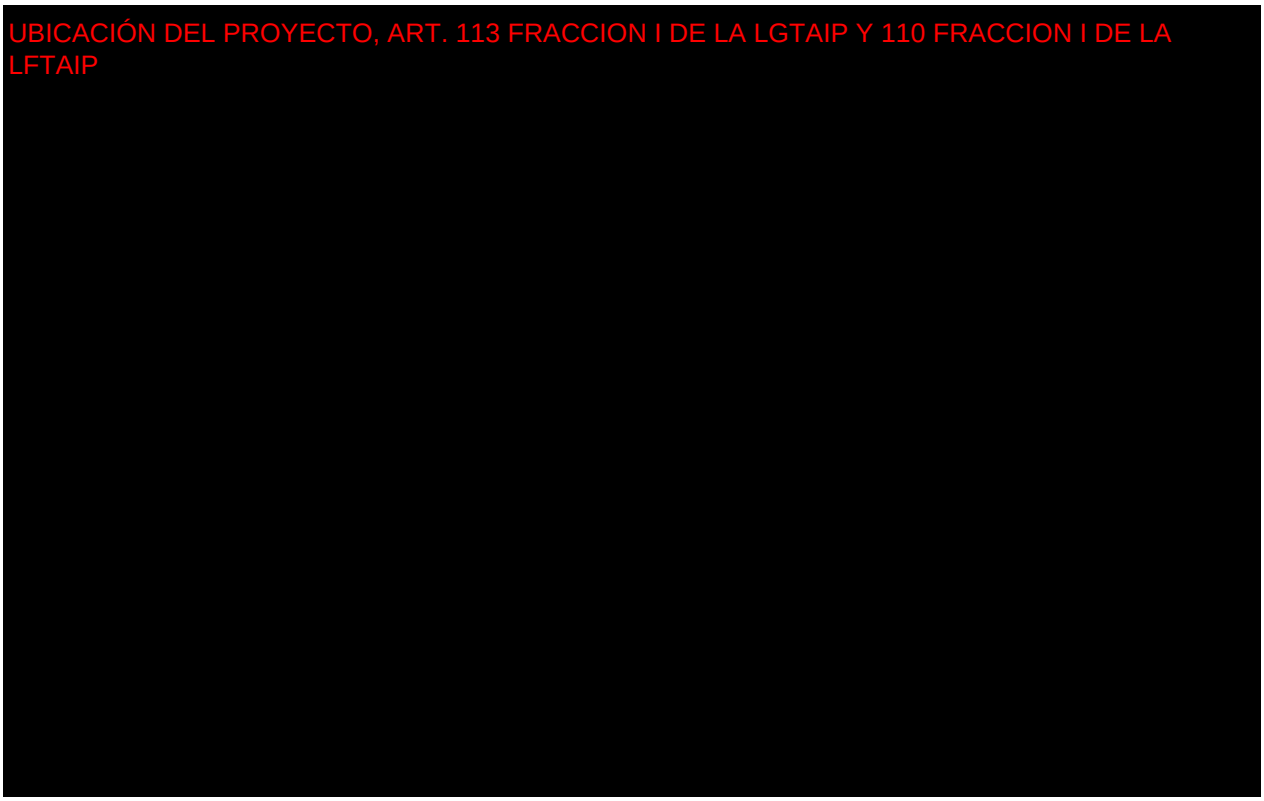
El Río Usumacinta se considera un río maduro debido al equilibrio que presenta entre la pendiente y la deposición de material, otros ríos principales incluyen el río Santa Ana, Palizada, San Pedro, El Lagartero, Pimiental, Tepetitlán y Tacotalpa. Se debe considerar que debido a la baja altitud de las planicies, las corrientes divagantes menores pasan a ser tributarias del sistema Grijalva-Usumacinta al no estar interconectadas directamente. El Río San Pedro presentaba para el siglo pasado un caudal promedio de 2 304.45 Mm^3/año, mientras que el río Usumacinta de 56 113.74 Mm^3/año (estación hidrométrica Boca del Cerro). El volumen de escurrimiento se consideró de 7 021.83 Mm^3 al año como resultado de escurrimientos variados debido a la densidad de la vegetación y a la permeabilidad de la zona; 10 a 20% de escurrimiento en el Oriente y Sur de Tenosique de Pino Suárez debido a una media cobertura vegetal y media permeabilidad, de 20 a 30% en el centro y noroeste de la cuenca y alrededor de Tenosique de Pino Suárez; y mayor de 30% con una baja cobertura vegetal y baja permeabilidad al Noroeste sureste al centro de la cuenca misma (INEGI, 2001).

Figura IV.121. Subcuencas hidrológicas en Tabasco



La cuenca Río Grijalva-Villahermosa, es la de mayor extensión territorial (41%) y donde todos sus ríos drenan hacia el Golfo de México con altos porcentajes de escurrimiento (20% o mayor debido a permeabilidad media con escasa vegetación o permeabilidad baja con densa vegetación), se divide en las subcuencas formadas por los ríos: Grijalva, Viejo Mezcalapa, Mezcalapa, Paredón, Pichucalco, De la Sierra, Tacotalpa, Almendro, Puxcatán, Macuspana, Tulijá, Chilapa, Chilapilla, Tabasquillo, Carrizal, Samaria, Cunduacán y Cuxcuchapa (Figura IV.120 y IV.121).

Figura IV.122. Hidrología de Tabasco



Fuente: INEGI 2010

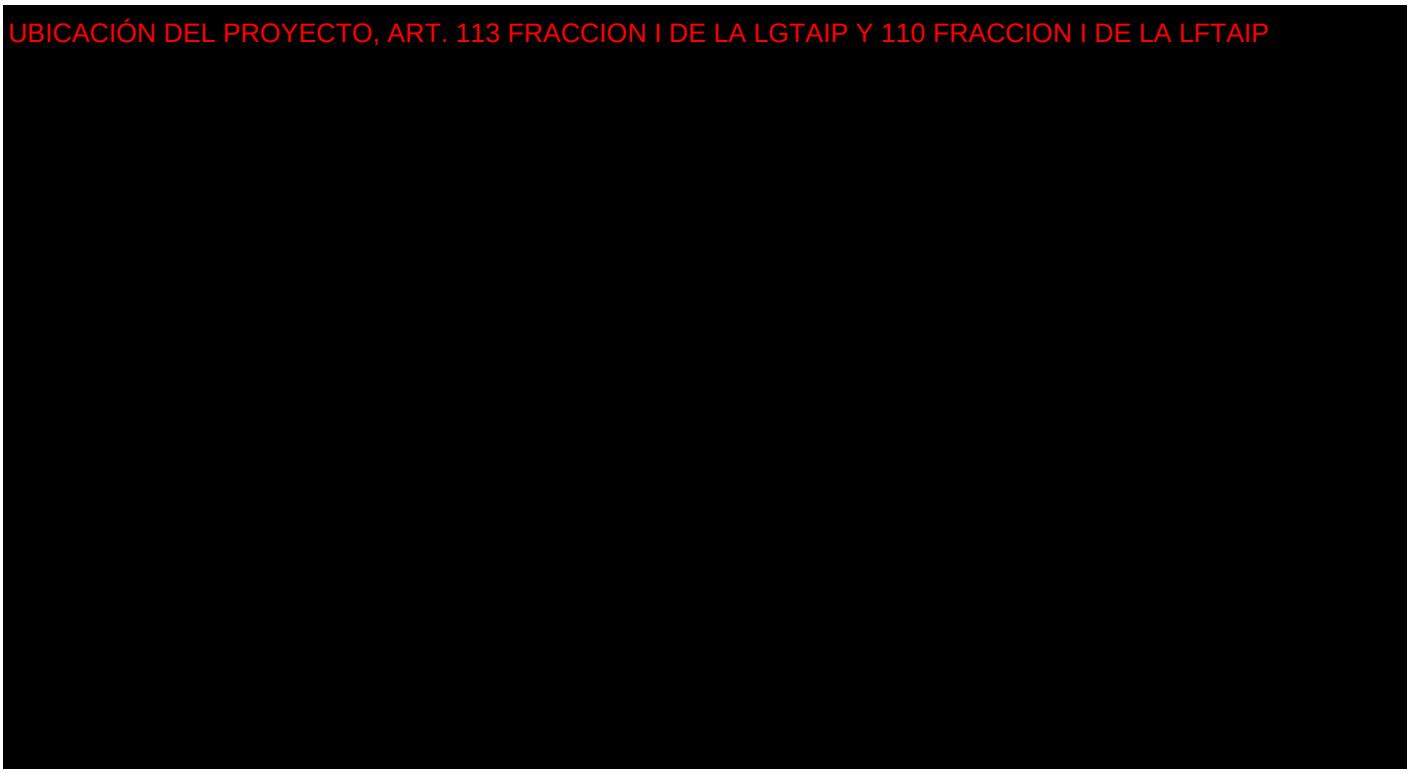
Cuerpos de agua continentales.

Se realizó un análisis del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (publicado en el DOF el día 24 de noviembre de 2012) y considerando los resultados de la modelación de predicción de trayectorias de derrames de hidrocarburos en el mar, se identificaron que las Unidades de Gestión Ambiental (UGAs) con las que el proyecto podría tener interacción con algunos de sus elementos ambientales, la que se representan en la Figura IV.123.

Por el lado suroeste del proyecto con la UGA-67 (Cárdenas), por el sur con la UGA-69 (Comalcalco) y la UGA-70 (Cunduacán); así como por el lado este-sureste con la UGA-71 (Centla), las cuales se rigen bajo los criterios de zonas costeras con acciones generales y específicas aplicables; y por el lado norte de éstas UGAs en zona marina con la UGA-166 (zona marina de competencia federal).

Los resultados de los modelos de predicción de trayectorias de derrames de hidrocarburos en el mar y el monitoreo de contaminantes atmosféricos regional como herramientas de apoyo, proporcionan información suficiente para formar un criterio convincente para seleccionar el número de Unidades de Gestión Ambiental que podrían interactuar de forma directa o indirecta con el Proyecto y los elementos ambientales involucrados.

Figura IV.123. Mapa que muestra la UGA-70 que corresponde al área de influencia del SAR en los cuerpos acuáticos epicontinentales.



Fuente: Elaboración IMP, base OEMRGMMC

Información disponible para la descripción de los cuerpos acuáticos continentales

En el estado de Tabasco desde hace más de cuatro décadas, los sistemas naturales tanto terrestres como acuáticos se han visto modificados a diferente escala por los asentamientos humanos irregulares, las descargas de aguas residuales (las cuales,

en general carecen de tratamiento), la expansión de las actividades agropecuarias, la caza furtiva, la industrialización, destacando la petrolera, la falta de una cultura ambiental, el deterioro del hábitat por el acelerado crecimiento urbano, o la imposibilidad de aplicar políticas eficaces por parte del sector público, entre otros muchos.

Los diversos cuerpos de agua de Tabasco, ríos, lagunas, estuarios y zonas costeras adyacentes son reservas naturales y sin embargo se acumulan numerosos contaminantes en el sedimento, disueltos en el agua o adheridos a partículas en suspensión, provocando así la introducción y distribución de sustancias tóxicas en la red alimenticia, que finalmente afecta la riqueza pesquera de la región y la salud humana. Por todo lo anterior, es de gran importancia determinar la calidad del agua al paso del tiempo, para así saber lo que propician algunos fenómenos (tanto humanos como naturales) que afectan el equilibrio, y así preservar estos ecosistemas lo mejor posible en todas las zonas.

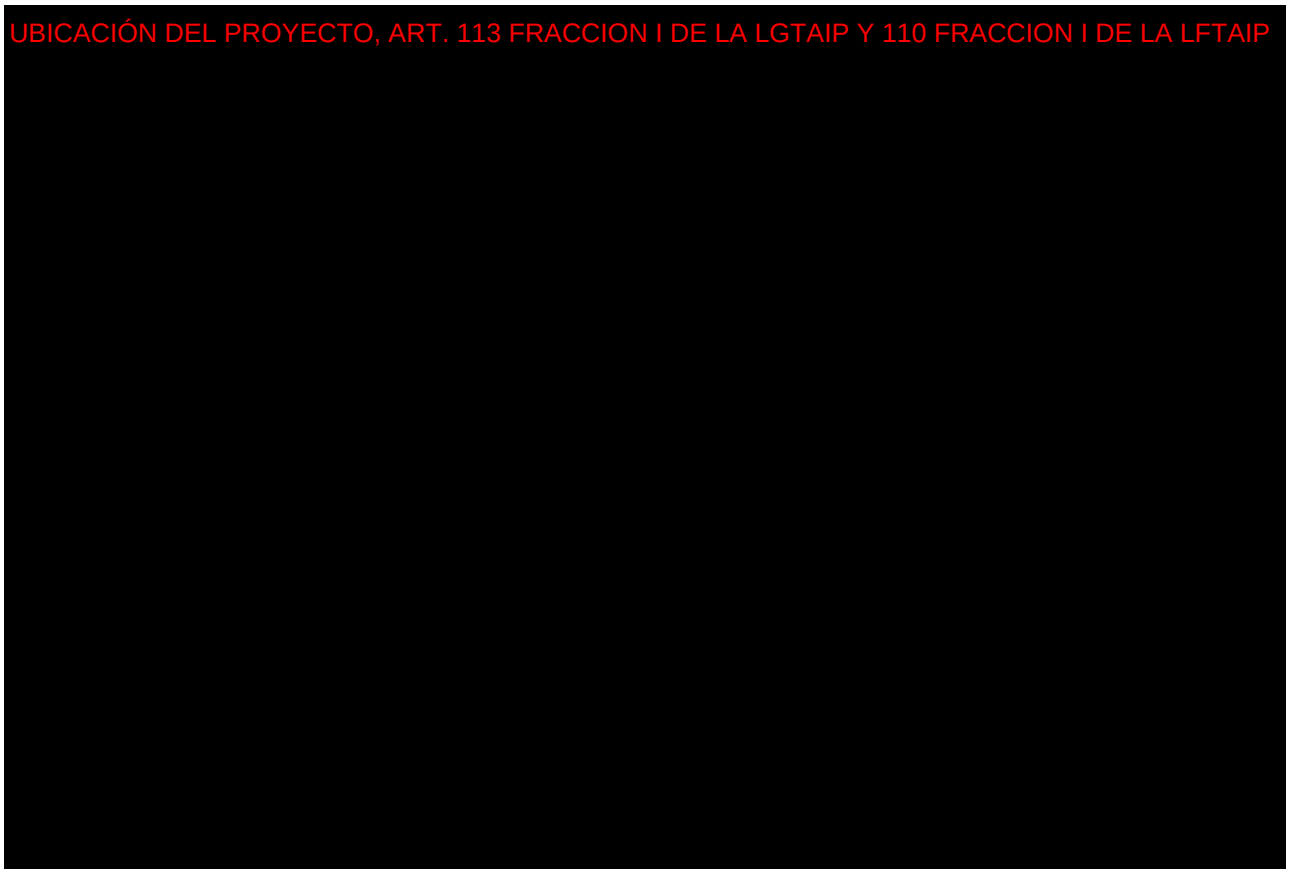
La calidad del agua se puede determinar de diferentes formas y con diferentes parámetros, dependiendo de cuál sea el uso que se le va a dar al agua, la preocupación y el enfoque del estudio.

Para el caso que nos compete, la calidad del agua de la zona de estudio tiene que permitir y no poner en riesgo la vida acuática de estos ecosistemas.

La descripción de los cuerpos acuáticos continentales (sistemas lagunares y ríos) correspondiente al área de influencia del proyecto de la Refinería de Dos Bocas desde la línea de costa tierra adentro (Figura IV.124), se enfocará en la UGA 70 (Cunduacán). Los sistemas lagunares se caracterizan principalmente a partir del análisis de la información ya generada (marzo 2018), correspondiente al documento recuperado de la página de la ASEA “Hokchi – Energy, IMP. 2018. MIA-R-F.62109. Manifiesto de Impacto Ambiental Modalidad Regional para la etapa de Desarrollo del Área Contractual 2 (Hokchi)”. Los ríos Seco y Cuxcuchapa, se muestrearon para los fines de este estudio en abril de 2019.

En la Figura IV.124 se muestran las estaciones de muestreo que se consideraron representativas del comportamiento del sistema fluvio lagunar del SAR de la Nueva Refinería.

Figura IV.124. Mapa de las estaciones que se consideraron para describir los cuerpos acuáticos epicontinentales de la SAR.



Fuente: Elaboración IMP

La zona y la región donde se ubicará la RDB, está comprendida dentro de la “Llanura Costera del Golfo Sur”, específicamente en la subprovincia denominada “Llanuras y pantanos Tabasqueños”, dentro de ésta los ríos han tenido cursos inestables, lo cual se debe a la acumulación de material aluvial reciente que cubre gran parte de la llanura principalmente del lado oriente del municipio de Paraíso hacia Centla y en menor proporción al occidente del mismo hacia los municipios de Comalcalco y Cárdenas.

En esta llanura costera, los cauces de los ríos han sido inestables, lo cual hace que la zona se encuentre cubierta en forma regular por material aluvial reciente. El área donde se ubicarán las instalaciones de la nueva refinería y sus alrededores próximas a la zona costera, se consideran zonas poco inundables, no obstante es hacia el oriente del municipio de Paraíso donde existen amplias zonas inundables en el Sistema lagunar de Mecoacán.

Cabe hacer notar que las instalaciones se ubicarán dentro de la Cuenca A "Río Tonalá y Lagunas del Coatzacoalcos"; así como en la parte nor-oeste en los límites de la subcuenca a "Lagunas el Carmen y Machona", pertenecientes a la Región Hidrológica RH29.

Específicamente, la hidrología superficial con el que el Proyecto podría influir sería con el Río Seco por el lado este, el cual a su vez interactúa con la Laguna Mecoacán hasta su desembocadura por el lado noreste con el Golfo de México.

El sistema lagunar de Mecoacán también se ve influenciado por la entrada de las corrientes marinas por la misma desembocadura del Río Seco. La laguna de Mecoacán presenta un ambiente de transición entre el medio marino y el limnetico, caracterizado por su alta productividad biológica. Las condiciones hidrológicas anuales se ven influenciadas por la variación estacional de las condiciones atmosféricas y presenta una salinidad menor al de mar abierto, lo cual señala un comportamiento estuarino provocado por los aportes continuos de agua dulce de los escurrimientos del continente a régimen intenso de lluvias, por lo que el aporte de numerosos nutrientes son producto del bosque de mangle que lo rodea, así como de la vegetación secundaria del entorno de este sistema lagunar.

En su mayor proporción, se ubicará dentro de la Cuenca D "Río Grijalva-Villahermosa" subcuenca Z "Río Cuxcuchapa" en las colindancias con la Laguna Mecoacán.

Las lagunas Mecoacán y Dos Bocas están relacionadas con los procesos de sedimentación terrígenas del delta del río Mezcalapa. La comunicación entre las lagunas y el Golfo de México es a través de una amplia boca limitada por dos barreras litorales formadas por antiguos cordones de playa y por dunas.

La laguna Mecoacán es alargada, con su eje principal paralelo al litoral; la profundidad media fue de 1.20 m con valores máximos de hasta 3.0 m en la barra Dos Bocas y 5.0 m en el canal natural El Bellote. El piso lagunar es sensiblemente llano y tiene abundantes bancos orgánicos.

La laguna Dos Bocas es pequeña, consiste de dos canales naturales que circundan a la isla Morelos formada con sedimentos terrígenos (Galaviz, et al, 1987)

El canal occidental es el de mayor profundidad, 5.0 m y es la comunicación natural entre la barra Dos Bocas, el río Seco y la laguna Mecoacán a través de otro canal natural denominado El Bellote, cuya profundidad media es de 8.0 m. Las bocas y entradas de agua han cambiado a lo largo de los años, por efectos de actividades humanas y la propia resistencia del sistema a cambios inducidos por éstas.

Este sistema lagunar costero está asociado con sistemas deltáicos fluviales producidos por sedimentación irregular o subsidencias de superficie que causa la compactación de los efectos de carga. Se formaron y varios se han modificado durante los últimos 5 mil años; algunos otros son muy jóvenes geológicamente (cientos de años). Se forman rápidamente barreras arenosas, que envuelven depresiones marginales o intradeltáicas muy someras; deltas de insumo de sedimentos bajos que pueden ser someros y frecuentemente efímeras, lagunas elongadas entre montículos de playa. Presenta típicas barreras arenosas; el escurrimiento puede ser directo o el agua del río puede entrar a las lagunas a través de ensenadas; ocurren rápidamente modificaciones en la forma y batimetría; la energía es usualmente baja, excepto en los canales y ensenadas; hay salinidad típicamente baja, pero puede mostrar estacionalidad y variaciones cortas en tiempo (Galaviz et al, 1987).

Río Seco.

Originalmente el cauce del río Seco estuvo cubierto de selva, la cual ha sido talada reduciendo su superficie. La selva cubría gran parte de las terrazas y las proporciones bien drenadas y desaguadas de la llanura fluvial del reciente, actualmente se observa selva alterada con una mínima cobertura.

La zona se encuentra afectada por procesos hídricos cuyos materiales se depositan en las zonas bajas, que se inundan frecuentemente, la influencia marina y la hidrología son agentes moderadores del relieve que actúan en el resto de los elementos naturales, a través de los procesos de interacción; como la erosión, acumulación de sedimentos, intercambio de aguas dulces, salobres y marinas, así como las interacciones físicoquímicas de los suelos. De acuerdo con el proyecto de ordenamiento ecológico, agrícola y urbano rural de la región centro noreste de Tabasco, el agua marina se encuentra modificando de manera directa a las barras costeras a través de procesos erosivos que van incrementando en la temporada de nortes y huracanes. Esta situación ocasiones la elevación de la intrusión salina sobre la llanura costera, fenómeno que se ha agravado por la actividad antropogénica. (GAPA, 2005).

Orígenes geológicos: En la zona costera de Paraíso, durante el pleistoceno, se formaron terrazas fluviales producto de la sedimentación aluvial. Son superficies amplias, ligeramente inclinadas hacia el mar, segmentados por la acción fluvial de los ríos principales de la zona. A lo largo del borde, hacia la costa, las corrientes cavaron valles profundos con taludes de 10 a 15 metros de alto. Estos valles fueron ocupados por pantanos cuyo origen se debe al bloqueo de las corrientes por la sedimentación aluvial, dando lugar a la formación de la laguna las Flores,

Arrastradero, laguna Mecoacán y las áreas pantanosas y zonas inundables que la rodean.

Datos actuales: La laguna Las Flores es una laguna en forma de herradura cuyas aguas se alimentan de corrientes intermitentes y zonas inundables que la rodean. Es un meandro abandonado del antiguo Río Mezcalapa, cuya extensión superficial y profundidad van disminuyendo conforme se va azolvando el cuerpo de agua.

La Comisión Nacional del Agua no tiene registro alguno del área inundable de estos cuerpos de agua, ya que por las condiciones topográficas de la zona es difícil determinar las cotas de inundación.

La cuenca del Río Grijalva, (y a la que pertenece el cauce del río Seco que fue el cauce antiguo del Grijalva) tiene una extensión de 36,566 km^2, y un aporte promedio anual de 27,013 millones de m^3 aproximadamente, ya que no se tiene el dato exacto del volumen por parte de la Comisión Nacional del Agua.

El Río Grijalva hasta antes de convertirse en Samaria y Mezcalapa, y parte de su corriente en el denominado “Río Seco”, recibe el agua residual y pluvial de la ciudad de Huimanguillo y parte de Cárdenas, posterior a esto, el cauce del río Seco capta las aguas de la ciudad de Comalcalco y Paraíso, además de los diversos asentamientos que se localizan en sus márgenes.

El río Seco se encuentra localizado en el municipio de Paraíso, en la Región Hidrológica 30 "Grijalva- Usumacinta", cuenca "Río Grijalva-Villahermosa", Subcuenca "Río Cuxcuchapa". La ciudad de Paraíso se asienta sobre el cauce del río Seco, antiguo lecho del río Mezcalapa hasta 1675, año en que fue desviado el cauce del río hacia el este. Tanto al sur como al oriente de Paraíso pasa el escaso flujo del río Seco.

Al este de la población hay una extensa superficie de pantanos que median entre Paraíso y la Laguna Mecoacán. Situación similar se presenta hacia al oeste y suroeste, donde se encuentran las lagunas Las Flores y Arrastradero respectivamente.

La red hidrográfica de Paraíso está formada por dos sistemas, uno hacia oriente y el otro hacia el occidente, ambos conectados por el Río Seco a partir del escarbado o canal del Jobo, como se le conoce. El primer sistema comprende la albufera de Mecoacán que presenta dos lóbulos definidos por “Punta de Tilapa”, que desemboca al Golfo de México junto con el río Seco por la Barra de Dos Bocas, a dicha albufera se enlazan las lagunas del Eslabón, la Tinaja, el Carmen o de Ramírez, a través de arroyos del Arrastradero y arroyo Hondo. Recibe también las aguas del río Cuxcuxapa que limita a Paraíso con el municipio de Jalpa de Méndez y que es

navegable en más de 15 km. Asimismo, las aguas de las lagunetas de los Angeles y arroyos del Guano y Carrizal que no son navegables en todo tiempo por las crecientes.

Este sistema oriental, lleva sus aguas al río González que limita a Paraíso con Centla por más de 8 kilómetros y forma la laguna del Estero antes de desembocar al mar por la Barra de Chiltepec.

El segundo sistema el occidental está formado por las lagunas del Arrastradero, que recibe por el sur las aguas de pequeños arroyos como el Tigre que canaliza las aguas de la popalería de las rancherías Potreritos y Moctezuma; se comunica con la laguna de las Flores por medio del arroyo del mismo nombre.

La laguna de las Tres Palmas alargada hacia el sur y en su parte ancha hacia el norte recibe las aguas del río Soledad o Agua Negra; la laguna de Puente de Ostión entronca con el arroyo del Tular, la laguna de Tupilquillo o del Cocal, recibe las aguas de los arroyos Tortuguero y Caoba y de la laguneta de Tía Juana; este sistema desemboca al mar a través del río Tupilquillo por la Barra de Tupilco.

El río Seco disminuyó su caudal al taponearse el Mezcalapa, fue intercomunicado por la laguna del Arrastradero a través del canal del Jobo; por ese canal corre parte de sus aguas y desembocan en la Barra de Dos Bocas.

En el área urbana de Paraíso, a lo largo de las márgenes del río Seco y hacia el Sur, hay terrenos inundables con una superficie de 8.4 hectáreas. En la zona de reserva localizada hacia el poniente se han detectado superficies con cauces naturales.

La morfología superficial de Paraíso y de sus zonas adyacentes fue determinada por la acción fluvial del río Mezcalapa, cuando este aún fluía por el cauce del actual río Seco. La localidad se asienta sobre los aluviones del río, y por consiguiente el relieve es llano y carente de accidentes topográficos significativos.

Visibilidad.- En especial el río Seco antiguo cauce del Grijalva, constituyo una gran zona aluvial arqueada que se inicia cerca de la localidad de Comalcalco, este delta se extiende en forma radial, desde la Laguna el Arrastradero hasta la laguna Mecoacán, hasta el delta del río Usumacinta.

La mayor parte de la superficie de esta región tienen una altitud muy próxima al nivel del mar y está cubierta por material aluvial acarreado por los ríos que desembocan hacia el Golfo, originando que sus cauces hayan sufrido varios cambios en su recorrido, esto ha permitido la distribución homogénea de los materiales de

depósito a lo largo de la llanura. Existiendo algunos lomeríos que alcanzan ocasionalmente 4 a 5 metros de altura.

Del puente el Jobo a la calle 5 de mayo (etapa 1) y De la calle 5 de mayo al puente del cobertizo de PEMEX (etapa 2),, la visibilidad solamente se encuentra interrumpida por algunos árboles aislados de vegetación riparia, frutales y algunos manchones aislados de manglares, seguida de grandes extensiones de pastizales y las edificaciones de los asentamientos humanos.

Del puente del cobertizo de PEMEX al corredor de líneas de Puerto Ceiba (tercera etapa) y del puente el Jobo a la Laguna del Arrastradero (etapa 4), si bien tiene una vegetación de manglares más densos y homogéneos, no se pueden catalogar como bien conservados ya que presentan una gran presión por parte de los taladores clandestinos que lo utilizan para la comercialización de carbón, la expansión de la ganadería y la agricultura en menor proporción.

Calidad paisajística: Paraíso se asienta sobre el lecho del Río Seco, antiguo cauce del río Mezcalapa y por lo mismo no ha tenido vegetación natural significativa, a partir de 1675, los terrenos fueron aprovechados para la agricultura y la ganadería, misma que se mantiene hasta la fecha en su modalidad de cultivos permanentes como el cacao y el pastoreo extensivo. Esta actividad se extiende longitudinalmente a lo largo de los bordos del río Seco.

Fragilidad: El crecimiento de la población urbana de las ciudades, ha propiciado la perdida de la vegetación original, la cual fue sustituida por terrenos dedicados a actividades agropecuarias cubiertos con pastizales, esto dio lugar a la pérdida de ecosistemas importantes que mantenían una amplia variedad de especies de vegetación y consecuentemente de fauna.

Pesca: Se explota tanto en aguas interiores como exteriores. Entre las principales especies que se capturan se encuentran el robalo, camarón, ostión, cazón, jaiba, pargo y sierra. Paraíso es reconocido por ser un fuerte productor y distribuidor de ostión.

Contaminación en sistemas acuáticos: Los efectos de la contaminación por aguas residuales domésticas e industriales repercuten en la calidad de las aguas cuando éstas tienen usos que sustentan alguna actividad económica. Tal es el caso de la pesca y la acuacultura, en aguas continentales y la zona ribereña de municipios aledaños al de Paraíso. En este aspecto no se conoce de algún estudio sobre la capacidad de dilución o de carga de los cuerpos de agua lenticos y loticos, para afirmar en qué medida afecta a los productos de la pesca de consumo humano.

Aunado a este fenómeno, la cantidad de desechos que originan los habitantes de la ciudad y las poblaciones asentadas en las márgenes del río Seco, tales como aguas negras, industriales, residuos sólidos, materia orgánica y algunos desechos industriales de la actividad petrolera, se reconocen como factores modificadores de importancia.

El cauce del Río Seco estudiado por GAPA (2005), comprendió una longitud de 13 km, para fines de análisis se dividió en 4 etapas, identificándose el siguiente inventario ambiental.

Vegetación acuática: La primera etapa del puente el Jobo a la calle 5 de mayo, y la segunda etapa de la calle 5 de mayo al puente del cobertizo de PEMEX, existen dos tipos de vegetación primordialmente; sus márgenes están poblados de vegetación herbácea y acuática, aunque existen algunos árboles introducidos, principalmente frutales, como el mango, la naranja y los cocoteros, existen también algunas poblaciones aisladas de mangle rojo y sauces, así como los pastizales, la zona se encuentra en el área urbana de la ciudad de Paraíso y anteriormente fue utilizada para actividades agrícolas y ganaderas, finalmente por la expansión urbana.

Dentro del tramo que comprende las etapas 1 y 2, la única especie que estaba incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010 era el mangle rojo, sugiriéndose que se verifique su permanencia en el sitio.

La etapa 3, correspondió al tramo del puente del cobertizo de PEMEX al corredor de líneas de Puerto Ceiba, ya en el año del estudio 2005 , estaba altamente deforestada por la actividad industrial que realiza PEMEX ya que los terrenos son propiedad de la paraestatal, conforme se avanza, la vegetación predominante es de manglar, donde conviven las tres especies mangle rojo, mangle negro y el mangle blanco (*Rhizopora mangle, Laguncularia racemosa, Avicenia germinans*, así como algunos ejemplares de ceibas y tintos.

La etapa 4, del puente el Jobo a la laguna del Arrastradero, que se trata de un canal artificial, no del cauce del Río Seco, la vegetación estaba compuesta por zacate de diversas especies, arbustos espinosos, vegetación acuática y manglares bastante deteriorados por el corte indiscriminado al que ha estado sometido ya que es usado para carbón que se expende en la ciudad, esta última etapa está fuertemente impactado por las actividades urbanas y de PEMEX, así como por las actividades productivas que se desarrollan a su alrededor como la agricultura, la ganadería y la pesca, incluso existe un tiradero industrial al aire libre clausurado por las autoridades ambientales.

Fauna acuática.- En las etapas 1 y 2 la zona se componía principalmente por especies de aves de paso que se alimentan en los márgenes del cauce como las garzas, los cormoranes, zopilotes, pericos, pájaros carpinteros y los zanates entre otros, también se observó la presencia de algunos reptiles como iguanas, lagartijas y víboras.

En estas 2 etapas iniciales, en la fuente se identificaron algunas especies dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, si dar detalle de las mismas, mencionado que son migratorias o de paso, además, éstos tramos analizados se encontraron altamente afectadas por la actividad urbana de la ciudad, como son las descargas de aguas negras, residuales y una gran variedad de desechos sólidos, lo que daba al cauce del río un aspecto desagradable y altamente contaminado.

En la etapa 3, la fauna relacionada con el río, estaba compuesta principalmente por aves como martín pescador, garzas, patos, peas, golondrinas, pericos, pájaros carpinteros, zopilotes y zanates, incluso en uno de los recorridos se detectó una pareja de caracoleros que posiblemente estén de paso ya que no son de ambientes perturbados. Entre los mamíferos, se ubicaron zorros, mico de noche, ardillas, ratones, entre los reptiles, sobresalen las iguanas, los coloques y las víboras como la mazacuata y la nauyaca, y muy poca fauna acuática, ya que solo se detectaron algunos cangrejos. Esta etapa, aunque no presenta una gran actividad urbana, se encuentra fuertemente impactada por la actividad industrial de PEMEX, especialmente el cauce ya que el agua presentaba un color verde oscuro y despide un olor desagradable como a huevo podrido (gas metano), característico de zonas contaminadas por la acumulación de sedimento, basura, materia orgánica y algunos otros residuos, conforme se avanza hacia la parte del corredor de líneas que se ubica cerca de puerto Ceiba, el agua se va haciendo un poco más clara y deja de despedir mal olor, esto puede deberse a que el cauce se hace más ancho y profundo debido a las actividades de dragado que ha realizado PEMEX en el área.

La etapa 4, la fauna en su mayoría está compuesta por aves que al igual que en las otras zonas solo están de paso, como garzas y patos, algunos pericos, zopilotes, zanates y peas; destacan los reptiles como la iguana y los toloques, víboras y a decir de algunas personas existen pochitoques y jicoteas, incluso cocodrilos, estos últimos no se detectaron durante los recorridos de campo, la actividad pesquera se ejercía en la laguna, pero no en el cauce del río.

Características del agua y sedimentos.

Agua.

Una tercera parte del agua dulce de México, está en Tabasco, existen sistemas lagunares de poca profundidad que forman parte de todo el sistema hidrográfico del Estado. Las lagunas costeras son cuerpos acuáticos litorales que tienen, en su mayoría, comunicación permanente o efímera con el mar y son el resultado del encuentro entre dos masas de agua de diversas características.

Lo anterior causa fenómenos peculiares en su comportamiento físico, químico y biológico, con las consecuentes pautas ecológicas. Son resultado de tres características fundamentales: el aporte de nutrientes de los ríos, la penetración de organismos por el mar y el suministro de materia orgánica por los manglares, presentando una elevada productividad potencial; al recibir un subsidio energético considerable, unido a los procesos ecológicos fundamentales en estos sistemas, la energía disponible es claramente mayor comparada con la de otros ecosistemas acuáticos, por lo tanto cualquier alteración de estos componentes resulta en la modificación de las propiedades del ecosistema (Contreras, 1991).

Representan uno de los ecosistemas de mayor potencial productivo del país (Contreras y Zavalegui, 1988). Estos sistemas manifiestan una marcada individualidad; sin embargo, están regidas por algunos factores “comunes” a todas ellas, como son la mezcla de agua dulce y marina, que da por resultado su elevada productividad primaria (Contreras, 1991). Las lagunas costeras representan un excelente hábitat de reclutamiento y crecimiento para un número significativo de especies de importancia comercial, cuyo ciclo de vida comprende fases estuarinas y marinas (De la Lanza, 1991).

El estudio de los sistemas acuáticos se en el SAR, de este a oeste; a los siguientes sistemas Mecoacán que resalta por sus dimensiones y productividad, El Zorro, y Barra de Tupilco, las cuencas de los ríos Seco y Cuxcuchapa, desde su parte alta a sus salidas al mar cubriendo los siguientes objetivos:

- Evaluar parámetros fisicoquímicos como son; la temperatura, oxígeno disuelto, pH para determinar la calidad del agua de estos ecosistemas.
- Determinar la concentración de nutrientes (nitritos, nitratos, ortofosfatos y silicatos), así como; los sólidos suspendidos para establecer la calidad del agua.
- Comparar los resultados obtenidos con los límites permisibles en cuanto a la protección de la vida acuática, publicados en el Diario Oficial el 31 de diciembre de 1998. Las variables que no estén normadas a nivel nacional se

compararan con criterios internacionales principalmente los SQUIRT de la NOAA (Buchman, 2008).

Las variables y parámetros analizados se presentan en la Tabla IV.37, en la que se indica la matriz estudiada y el nivel para el caso de la columna del agua, al que se tomaron las muestras.

En la Tabla IV.38 se presenta para el caso específico del agua, los valores nominales y la estadística básica de las características fisicoquímicas del agua de los sistemas acuáticos, las que se describen en los párrafos siguientes.

Tabla IV.37. Determinación de parámetros, matrices, parámetros a que se analizaron.

Parámetros	Matriz	Nivel	Observaciones
Salinidad, Temp., O2D, pH	AGUA	S,F	Medición in situ
Turbidez	AGUA	S,F	Colecta
Clorofilas a,b ,c / Feofitinas	AGUA	S,F	Colecta
Sólidos disueltos, suspendidos y totales	AGUA	S,F	Colecta
COT	AGUA	S,F	Colecta
Hidrocarburos fracción Ligera	AGUA	S	Colecta
Hidrocarburos fracción Media	AGUA	S	Colecta
Hidrocarburos fracción Pesada	AGUA	S	Colecta
Hidrocarburos Poliaromáticos	AGUA	S	Colecta
Biomarcadores	AGUA	S	Colecta
BTEX	AGUA	S	Colecta
Nitrógeno amoniacal	AGUA	S,F	Colecta
NO3-NO2-PO4	AGUA	S,F	Colecta
Silice reactivo	AGUA	S,F	Colecta
Silicatos	AGUA	S,F	Colecta
Bacterias	AGUA	S,F	Colecta
Metales	AGUA	S,F	Colecta
Alcalinidad	AGUA	S,M,F	Colecta
Materia Organica/CIC	SEDIMENTO	S	Colecta
Hidrocarburos fracción Ligera	SEDIMENTO	S	Colecta
Hidrocarburos fracciones media, pesada y aromáticos policíclicos	SEDIMENTO	S	Colecta
Biomarcadores	SEDIMENTO	S	Colecta
Granulometría/C, N	SEDIMENTO	S	Colecta
Bacterias	SEDIMENTO	S	Colecta
Metales	SEDIMENTO	S	Colecta

S= Superficie; F= Fondo

Fuente: Elaboración IMP

Tabla IV.38. Resultados de parámetros fisicoquímicos básicos para la calidad de agua de los sistemas acuáticos del SAR (marzo 2018).

Sistema Lagunar	ESTACIÓN	OXIGENO DISUELTO mg/L		pH (propias)		SALINIDAD (UPS)		TEMPERATURA °C		TURBIEDAD (UNT)		SOLIDOS SUSP. TOTALES mg/L	
		SUP.	FONDO	SUP.	FONDO	SUP.	FONDO	SUP.	FONDO	SUP.	FONDO	SUP.	FONDO
Tupilco	T10	6.93	*	6.7	*	**	*	28	*	13	*	15	*
	T11	7.03	6.95	7.7	7.6	**	**	31	31	29	23	30	31
	Promedio	6.98	6.95	7.20	7.60	**	**	29.50	31.00	21.00	23.00	22.50	31.00
	Desv. Est.	0.07	4.91	0.71	5.37	**	**	2.12	21.92	11.31	16.26	10.61	21.92
	Mínimo	6.93	6.95	6.70	7.60	**	**	28.00	31.00	13.00	23.00	15.00	31.00
	Máximo	7.03	6.95	7.70	7.60	**	**	31.00	31.00	29.00	23.00	30.00	31.00
	n	2	1	2	1			2	1	2	1	2	1
El Zorro	Z12	8.32	7.45	8.1	8.1	**	**	27	27	16	18	22	21
	Z13	7.62	7.45	8.2	8.2	**	**	27	27	18	22	28	31
	Promedio	7.97	7.45	8.15	8.15	**	**	27.00	27.00	17.00	20.00	25.00	26.00
	Desv. Est.	0.49	0.00	0.07	0.07	**	**	0.00	0.00	1.41	2.83	4.24	7.07
	Mínimo	7.62	7.45	8.10	8.10	**	**	27.00	27.00	16.00	18.00	22.00	21.00
	Máximo	8.32	7.45	8.20	8.20	**	**	27.00	27.00	18.00	22.00	28.00	31.00
	n	2	2	2	2			2	2	2	2	2	2
Mecoacán	ME14	8.31	8.44	8.1	8.1	30.9	33.3	26	26	8	21	69	124
	ME15	7.07	6.96	6.6	6.7	20.65	19.94	28	29	4	6.5	25	34
	ME16	7.07	6.64	6.9	6.8	14.16	14.37	27	29	7	13	31	29
	ME17	6.89	*	7.4	*	9.92	*	27	*	7	*	26	*
	ME18	8.64	8.8	8.1	8.1	30.9	35.9	25	26	12	24	68	124
	Promedio	7.60	7.71	7.42	7.43	21.31	25.88	26.60	27.50	7.60	16.13	43.80	77.75
	Desv. Est.	0.81	3.57	0.68	3.39	9.56	14.65	1.14	12.39	2.88	9.85	22.66	57.89
	Mínimo	6.89	6.64	6.60	6.70	9.92	14.37	25.00	26.00	4.00	6.50	25.00	29.00
	Máximo	8.64	8.80	8.10	8.10	30.90	35.90	28.00	29.00	12.00	24.00	69.00	124.00
	n	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4
Sitios Proyecto Refinería	Sitio 2-Refinería-1	*	*	7.4	*	27.2	*	28	*	75	*	*	*
	Sitio 2-Refinería-2	5.15	*	7.8	*	28.6	*	30	*	2.7	*	*	*
	Sitio 2-Refinería-3	6.64	*	8	*	27.7	*	31	*	2.1	*	*	*
	Promedio	5.90		7.73		28.17		29.67		26.60			
	D. Est.	3.48		0.31		1.27		1.53		41.92			
	Mínimo	5.15		7.40		27.20		28.00		2.10			
	Máximo	6.64		8.00		29.60		31.00		75.00			
	n	2		3		3		3		3			
Cuenca baja TMDB Mecoacán	Nuevo Torno Largo - 1	6.45	*	8.2	*	27.5	*	28	*	2.5	*	*	*
	Nuevo Torno Largo - 2	8.07	*	8.2	*	28.1	*	28	*	6.5	*	*	*
	Nuevo Torno Largo - 3	9.43	*	8.3	*	25.4	*	30	*	2.6	*	*	*
	Bellote - 1	6.76	*	8.2	*	25.1	*	29	*	3.5	*	*	*
	Promedio	7.68		8.23		26.53		28.75		3.78			
	D. Est.	1.36		0.05		1.50		0.96		1.87			
	Mínimo	6.45		8.20		25.10		28.00		2.50			
	Máximo	9.43		8.30		28.10		30.00		6.50			
	n	4		4		4		4		4			
Cuenca baja río Seco Zona Tupilco	PMRS 9	1.57	*	7.7	*	11.67	*	30	*	21	*	*	*
	PMRS 10	5.32	*	8	*	15.21	*	30	*	5.1	*	*	*
	PMRS 13	4.38	*	7.4	*	14.27	*	31	*	4.5	*	*	*
	Promedio	3.76		7.70		13.72		30.33		10.20			
	D. Est.	1.95		0.30		1.83		0.58		9.36			
	Mínimo	1.57		7.40		11.67		30.00		4.50			
	Máximo	5.32		8.00		15.21		31.00		21.00			
	n	3		3		3		3		3			
Cuenca baja Río Seco Influencia urbana	PMRS 11	5.76	*	7.7	*	8.17	*	32	*	13	*	*	*
	PMRS 1	4.6	*	8.1	*	9.92	*	29	*	22	*	*	*
	PMRS 7	18.25	*	8.4	*	9.61	*	32	*	22	*	*	*
	PMRS 8	*	*	7.2	*	11.94	*	32	*	34	*	*	*
	Promedio	9.54		7.85		9.91		31.25		22.75			
	D. Est.	7.81		0.52		1.55		1.50		8.62			
	Mínimo	4.60		7.20		8.17		29.00		13.00			
	Máximo	18.25		8.40		11.94		32.00		34.00			
	n	3		4		4		4		4			
Río Seco corriente arriba	PMRS 12	7.68	*	7.1	*	0.73	*	31	*	5.1	*	*	*
	PMRS 14	12.15	*	7.5	*	5.91	*	31	*	26	*	*	*
	PMRS 2	1.92	*	7.2	*	0.574	*	26	*	1.4	*	*	*
	PMRS 3	7.26	*	8.1	*	0.278	*	30	*	14	*	*	*
	PMRS 4	*	*	7.1	*	0.392	*	26	*	10	*	*	*
	PMRS 5	*	*	7.2	*	0.52	*	26	*	8.1	*	*	*
	PMRS 6	*	*	7.5	*	0.392	*	25	*	11	*	*	*
	Promedio	7.25		7.39		1.26		27.86		10.80			
	D. Est.	4.88		0.36		2.06		2.67		7.85			
	Mínimo	1.92		7.10		0.28		25.00		1.40			
	Máximo	12.15		8.10		5.91		31.00		26.00			
	n	4		7		7		7		7			
Río Cuxcuchapa corriente arriba	PMRC 6	1.69	*	7.4	*	0.472	*	26	*	6.7	*	*	*
	PMRC 5	*	*	7	*	0.389	*	25	*	2.1	*	*	*
	PMRC 4	*	*	7.3	*	0.496	*	26	*	1.2	*	*	*
	PMRC 3	2.31	*	7.6	*	0.477	*	27	*	1	*	*	*
	PMRC 2	*	*	7.3	*	2.4	*	27	*	1.7	*	*	*
	PMRC 1	5.73	*	7.9	*	0.79	*	30	*	17	*	*	*
	Promedio	3.24		7.42		0.84		26.83		4.95			
	Desv. Est.	2.25		0.31		0.78		1.72		6.27			
	Mínimo	1.69		7.00		0.39		25.00		1.00			
	Máximo	5.73		7.90		2.40		30.00		17.00			
	n	3		6		6		6		6			

* no se tomó muestra
** <2 partes por mil

SUP. - Nivel de superficie
FDO. - Fondo

UNT - unidad nefelométrica de turbidez
Valores en rojo, calculados a partir de conductividad (mS/cm)

Fuente: Elaboración IMP

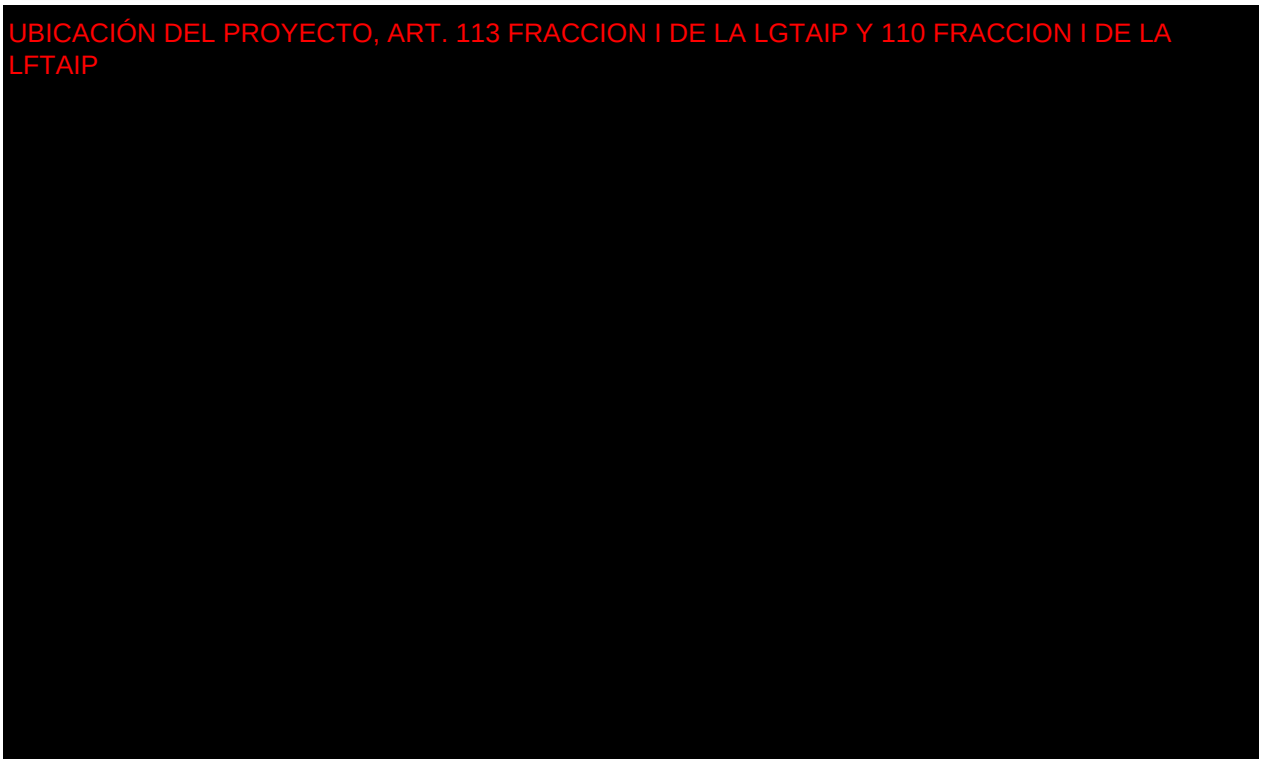
Se presenta el análisis y discusión de cada variable en la tabla precedente, para lo cual, se incluye una representación gráfica de la distribución temporal y espacial de las concentraciones reportadas de cada parámetro en cuestión; para el análisis se utilizaron los mismos criterios del INECC (INE Instituto Nacional de Ecología, 2007) del estudio sobre " La calidad del agua en los ecosistemas costeros de México" en que se hace una comparación, con los valores de la NOM-001(1996), Criterios ecológicos de la Calidad del Agua (1989) y Reglamento para la prevención y control de la contaminación de las aguas (1973) establecidos y vigentes por las autoridades ambientales mexicanas.

En el caso de que los parámetros no se encuentren incluidos en los criterios normativos anteriores, se consultaron las referencias bibliográficas de estudios precedentes dentro del área o sistemas similares o equivalentes a nivel nacional e internacional, principalmente criterios SQUIRT – NOAA (Buchman, 2008).

En la Figura IV.125, se presentan las estaciones en el sistema lagunar Mecoacán, Tupilco – El Zorro y los ríos Cuxcuchapa y Seco, muestreadas para el desarrollo de la MIA de la Nueva Refinería en abril de 2019. Las estaciones que se observan en el mapa se clasificaron para su interpretación de acuerdo a su ubicación a lo largo del río y su cercanía al sistema de la laguna Mecoacán en:

i) Sitio 2: tres estaciones de muestreo en el río Seco al sur de la TMDB en el límite norte de la Nueva Refinería,
ii) Nuevo Torno Largo y Bellote: 4 estaciones ubicadas rio arriba de la cuenca del río Seco y la conexión con Mecoacán a la altura de la TMDB,
iii) Cuenca baja río Seco El Zorro – Tupilco: tres estaciones identificadas como PMRS (9, 10 y 13),
iv) Cuenca baja río Seco influencia urbana: 4 estaciones identificadas como PMRS (11, 1, 7 - 8),
v) Río Seco corriente arriba: 7 estaciones identificadas como PMRS (12, 14, 2 - 6),
vi) Río Cuxcuchapa corriente arriba: 6 estaciones identificados como PMRC (1 – 6)

Figura IV.125. Estaciones de muestreo de la SAR en los sistemas Mecoacán, Tupilco – Zorro, y los ríos Cuxcuchapa y Seco, abril 2019.



Fuente: Elaboración IMP

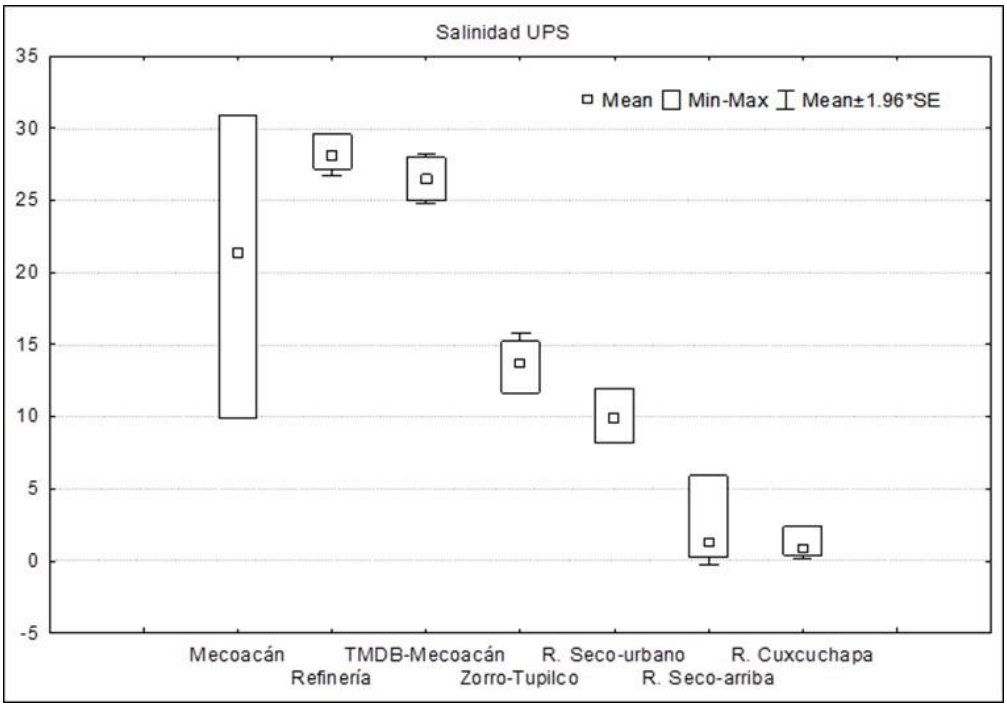
De esta manera para:

Salinidad: Es una propiedad conservativa y sus variaciones en los sistemas acuáticos se deben principalmente al influjo de ríos, lluvias o evaporación. En marzo de 2018 tanto en Laguna de Tupilco como en la del Zorro los valores detectados en todas las estaciones fueron< 2 UPS, que caracterizan a un sistema de agua dulce, que carece de contacto con el sistema costero marino, mientras que en la Laguna de Mecoacán los valores promedio de superficie fueron de 21.31 UPS e intervalos entre 9.92 a 30.90 UPS, lo que indica un intercambio con el ecosistema marino adyacente intenso. No se observaron diferencias entre los valores de superficie y fondo en ninguno de los sistemas acuáticos. Estudios realizados en Mecoacán por García-Cubas (1989) a lo largo del año, señalan amplias variaciones que difieren en las porciones oriental y occidental de la cuenca lagunar principal, relacionadas principalmente con los aportes pluviales y con el movimiento circular de las corrientes. Galaviz-Solís et al. (1987) señalan salinidades de 8 a 16 % en el invierno; para el verano la parte oriental

muestra valores bajos que varían de 9 a 15 % y contrastan con los de la porción occidental de la laguna los cuales varían desde 19 hasta 28 %; para el otoño, señalan valores de 6 a 15 %.

De esta manera, lo encontrado en marzo del 2018 se ajusta razonablemente a las variaciones antes mencionadas y los valores encontrados en marzo del 2018, representan condiciones naturales del sistema que están influenciadas claramente por el contacto marino (Figura IV.126).

Figura IV.126. Distribución de la salinidad en los sistemas acuáticos del SAR, muestreados en marzo del 2018 y abril 2019.



Fuente: Elaboración IMP

En la gráfica, se presenta la comparación de los resultados de agua de superficie de la laguna Mecoacán en 2018 con las mediciones realizadas en abril de 2019 para esta MIA, los cuales están en el mismo intervalo, con una mayor variación para el 2018, por otro lado, en el resto de los sistemas estudiados de acuerdo a su agrupación se observa que la salinidad está relacionada con el intercambio de los sistemas epicontinentales con el ambiente marino, con agua dulce en las porciones altas de los ríos y salobre a salina en la cercanía con Mecoacán, la que en 2018 fue más salina en el fondo como se puede observar en las mediciones de las estaciones lo que se relaciona con la densidad.

Potencial de hidrógeno (pH): En la laguna de Tupilco se reportaron valores promedio en superficie de 7.20 pH con intervalos de 6.70 a 7.70 pH; sólo se muestreó una estación de fondo (7.60 pH).

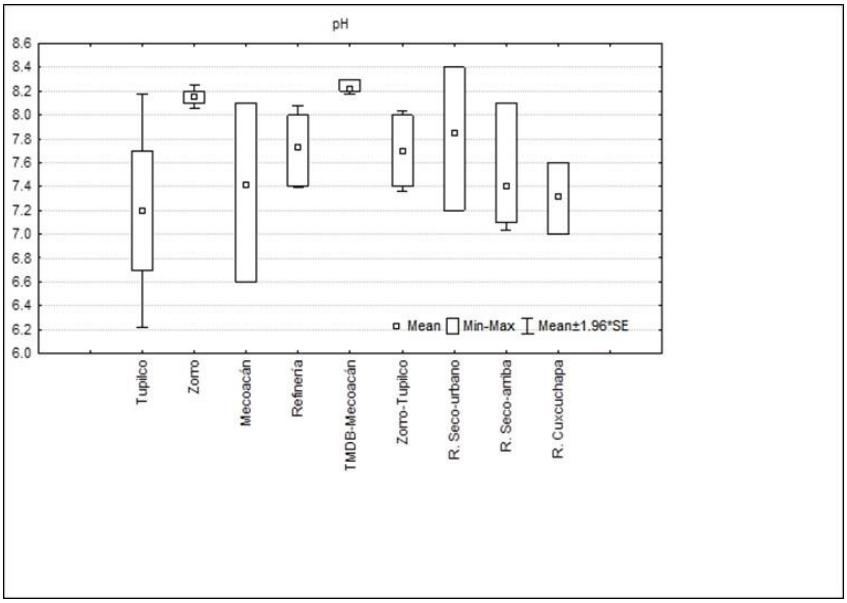
En la Laguna del Zorro en 2018 no se observaron diferencias entre superficie y fondo, el promedio fue de 8.15 pH en un intervalo de 8.10 a 8.20 UpH.

El sistema Lagunar de Mecoacán en superficie presentó un promedio 7.42 pH en un intervalo de 6.60 a 8.10 pH, en fondo el promedio fue de 7.43 pH con un intervalo de 6.70 a 8.10 pH.

En la Tabla IV.40, se observa en general que los valores promedio más altos se presentaron a nivel de fondo, los valores encontrados se consideran propios de los ecosistemas evaluados, no representan riesgos a la sobrevivencia de los organismos ya que se encuentran alrededor de la neutralidad, el seguimiento de esta variables según los criterios ecológicos de calidad del agua (CE-CCA, 1989) no podrán variar en ± 0.2 unidades dependiendo del valor promedio estacional.

En la Figura IV.127, se puede observar que el intervalo de variación de los valores de pH fue más amplio en marzo de 2018 de 6.2 a 8.25, sin embargo todos los valores medidos en los dos años, caen en el intervalo de valores probables para la zona y son estadísticamente similares.

Figura IV.127. Distribución del pH en los sistemas acuáticos del SAR, muestreados en marzo del 2018 y abril 2019.



Fuente: Elaboración IMP

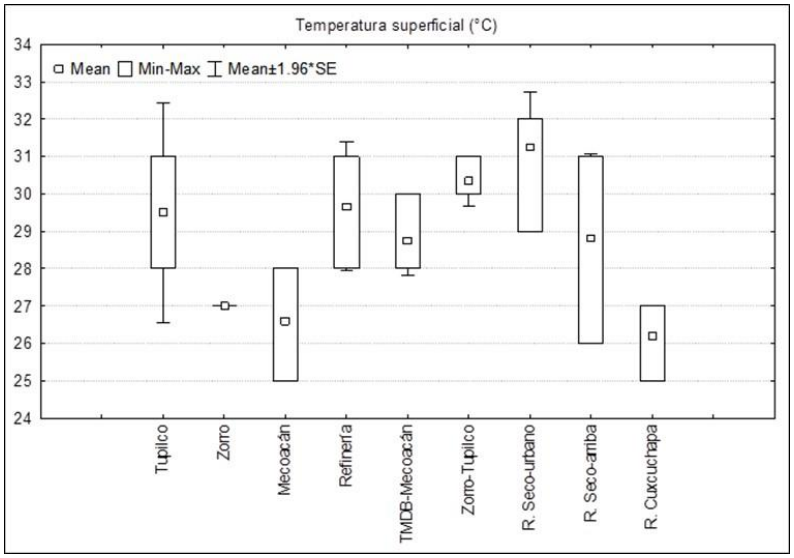
Temperatura: En el 2018, en el sistema Lagunar de Tupilco, el promedio en superficie fue de 29.5 °C con intervalo de 28 a 31 °C, a la única estación de fondo que se pudo muestrear debido a la profundidad del sitio se registraron 31 °C. En la laguna del Zorro, se detectaron, tanto a nivel de superficie como fondo valores de 27 °C. En la laguna de Mecoacán, el promedio de superficie fue de 26.60 °C, intervalo 25 a 28 °C, a nivel de fondo el promedio detectado fue de 27.5 con intervalo de 26 a 29 °C. Los valores observados se consideran propios del ecosistema y de acuerdo a los criterios de calidad del agua (CE-CCA, 1989), el seguimiento de su calidad deberá hacerse vigilando los cambios de + 1.5 °C de las condiciones naturales conocidas.

García-Cubas (1990) reportó en la Laguna Mecoacán, aguas cálidas con un promedio de 28°C y una variación anual alrededor de 7°C. Las temperaturas mínimas se registran en el invierno, coincidiendo con la época de "Nortes" (24 a 25°C) y las máximas a principios del otoño (28.5 a 32°C). CECODES (1981), reportó las siguientes variaciones (marzo 28 - 28.5°C; junio 29 - 30°C; 28.5 - 32°C en octubre; enero 23.9 a 24°C).

En conclusión, las temperaturas de todos los sistemas acuáticos muestreados en marzo del 2018 siguen los patrones mencionados en la literatura especializada, con un comportamiento que corresponde a la estacionalidad de secas.

En la Figura IV.128 se observa que las variaciones en superficie de todos los sitios estudiados van de 25 a 32.5, con los valores más bajos en la Laguna Mecoacán y río Cuxcuchapa (25 a 28°C) en las temporadas de secas de los años 2018 y 2019, éstos, son estadísticamente diferentes a las temperaturas que se encontraron en las estaciones muestreadas en 2019 en la Refinería, TMDB Mecoacán, Zorro – Tupilco y río Seco zona urbana (28 a 32°C).

Figura IV.128. Distribución de la temperatura en los sistemas acuáticos del SAR, muestreados en marzo del 2018 y abril 2019.

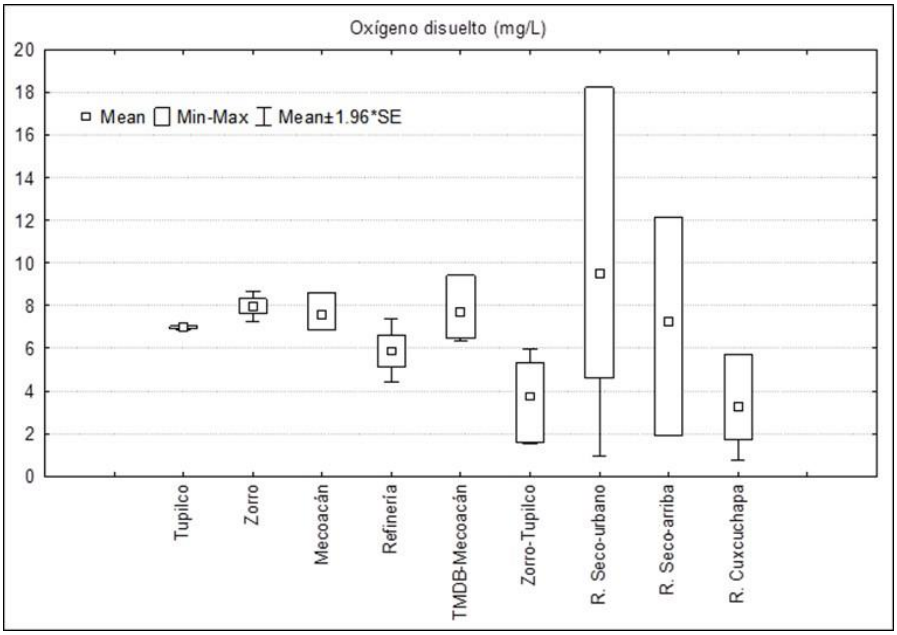


Fuente: Elaboración IMP

Oxígeno disuelto: En la laguna de Tupilco se presentaron los valores promedio en superficie más bajos de los 3 sistemas (6.98 mg/L) en un intervalo de 6.93 a 7.03 mg/L; en fondo, en la estación de fondo que se pudo muestrear el valor fue de 6.95 mg/L. En laguna del Zorro se observó el promedio más alto de todas las lagunas en superficie 7.97 mg/L, intervalo de 7.62 a 8.32 mg/L, a nivel de fondo el valor constante fue de 7.45 mg/L. En el sistema lagunar de Mecoacán en superficie se encontró un promedio de 7.60 mg/L con 6.89 a 8.64 mg/L de intervalo, en fondo el promedio fue de 7.71 mg/L y un intervalo de 6.64 a 8.80 mg/L. En la Figura IV.129, se presenta el comportamiento estadístico de esta variable en los años 2018 y 2019, los valores promedio van de 3.24 a 9.54 mg/L, en el río Seco aguas arriba y zona urbana, se encontraron dos valores que salen del patrón general de las observaciones 12.15 mg/mL y 18.25 mg/mL, sin considerar éstos, se observa un comportamiento relativamente homogéneo en todos los sistemas a excepción de las estaciones del río Cuxcuchapa con un promedio de 3.24 mg/L y en la cuenca baja del río Seco (Zorro- Tupilco) 3.76 mg/L, ambas en 2019. En el 2018, se observó que las mayores concentraciones son a nivel de superficie, el límite mínimo permitido de oxígeno disuelto, considerando la concentración en los criterios ecológicos de calidad del agua (CE-CCA, 1989) de 5 mg/L establecido para la protección de la vida acuática en agua dulce y marina, la calidad del agua con respecto a este parámetro es buena en el resto de los sitios y niveles de colecta en la columna de agua.

Durante en el 2019, se observó una mayor variabilidad de las concentraciones, que sin embargo tienen a mantener sus promedios, con diferencias no mayores a ± 2 mg/L entre sitios.

Figura IV.129. Distribución del oxígeno disuelto en los sistemas acuáticos del SAR, muestreados en marzo del 2018 y abril 2019.



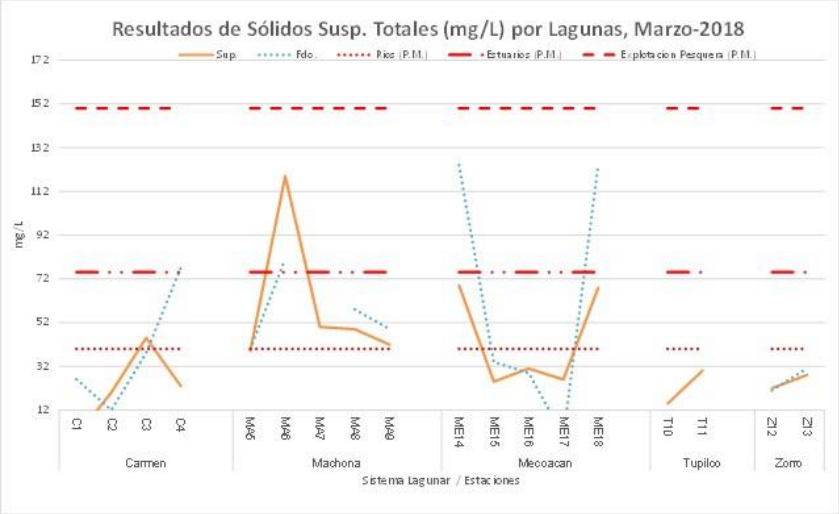
Fuente: Elaboración IMP

Sólidos Suspendidos Totales (SST): En la Figura IV.130 se observan los resultados de SST en superficie y fondo en la columna de agua muestreados en marzo del 2018. En la Laguna de Tupilco los valores fueron los siguientes: el promedio de superficie fue de 22.50 mg/L con intervalo de 15 a 30 mg/L, para fondo en la unica estación muestreada se encontraron 31 mg/L. En la Laguna del Zorro, el promedio de superficie fue de 25 mg/L, intervalo de 22 a 28 mg/L, promedio de fondo de 26 mg/L, intervalo de 21 a 31 mg/L. Por último, en la Laguna de Mecoacán se presentó a nivel de superficie un promedio de 43.80 mg/L e intervalo de 25 a 69 mg/L, a nivel de fondo el promedio detectado fue de 77.75 mg/L con un amplio intervalo de 29 a 124 mg/L.

La Figura IV.130 incluye junto con los valores obtenidos en el muestreo de marzo del 2018, los límites máximos permisibles (promedio mensual) para contaminantes básicos en las descargas de agua residuales en aguas y bienes nacionales relacionados con: Protección de la vida acuática en ríos (40 mg/L) y Aguas Costeras con Estuarios (75 mg/L) y Explotación pesquera (150 mg/L), incluidos en la NOM-001-ECOL-1996, aún cuando estos valores corresponden a contenidos de descargas,

permiten tener una referencia para poder establecer la calidad del agua una vez que son vertidas a los cuerpos receptores, en este sentido, se puede concluír que los promedios de las concentraciones SST en las lagunas Tupilco y del Zorro tienen valores en superficie y fondo, por abajo de los límites de mencionados para la protección de la vida acuática en ríos y aguas costeras. La laguna Mecoacán salvo por tres estaciones (ME14 y ME18) que son > a 100 mg/L, presenta valores <75 mg/L propios de estuarios, por lo que los niveles de SST, no representan peligro para la vida acuática y son propios de ecosistemas acuáticos costeros correspondientes a la alta variabilidad natural de este ecotono. Los criterios de calidad del agua indican que la presencia de SST, en combinación con el color, no deben reducir la profundidad del nivel de compensación de la luz para la actividad fotosintética en más de 10% a partir del valor natural, una medida indirecta de esta condición es dar seguimiento a la clorofila, la que se discutirá posteriormente.

Figura IV.130. Distribución de Sólidos Suspendidos Totales en los sistemas acuáticos del SAR, muestreados en marzo del 2018



Fuente: Hokchi Energy - IMP, 2018

Turbidez: En el 2018, para el caso de la Laguna de Tupilco los valores fueron los siguientes; el promedio de superficie fue de 21 UTN en un intervalo de 13 a 29 UTN, para el nivel de fondo que se muestreo solo en una estación, 23 UTN. En la Laguna del Zorro, los valores promedio fueron 17 UTN e intervalo de 16 a 18 UTN, en fondo el promedio fue de 20 UTN, intervalo de 18 a 22 UTN. En la Laguna de Mecoacán a nivel de superficie un promedio de 7.60 UTN e intervalo desde 4 a 12 UTN, en el fondo el promedio detectado fue de 16.13 UTN en un intervalo amplio de 6.5 a 24 UTN. La turbidez fue mayor en las estaciones de fondo y mayor en la Laguna de Tupilco.

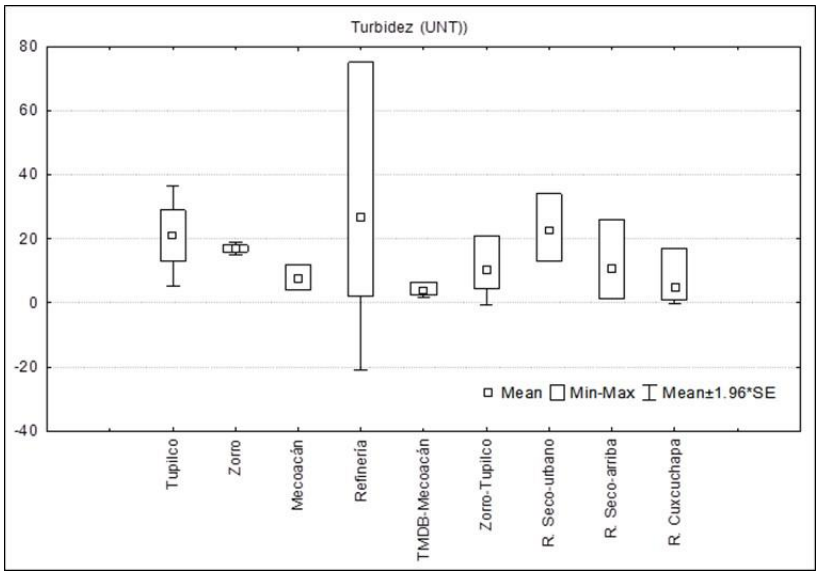
De acuerdo a Betanzos, *et al*, 2011 la turbidez presenta una relación directa con el color del agua y los sólidos totales, e inversa con la transparencia. Propone intervalos de turbidez (Tabla IV.41) determinados que pueden ser utilizados como índices de calidad para la evaluación en aguas marinas de uso pesquero, identificando como calidad buena, los valores menores que cinco unidades de turbidez nefelométrica (UTN) los intervalos de calidad que se mencionan para aguas marinas, se consideran conservativos ya que su aplicación en los ecosistemas de lagunas costeras debe tomar en cuenta su alta dinámica de resuspención de particulas, las escorrentías continentales y el intercambio marino, al tratarse de ecosistemas que de manera natural tienen una alta carga orgánica por los servicios que prestan.

Tabla IV.39. Intervalos de calidad de la turbidez obtenidos en función de la transparencia.

Variable	Buena	Dudosa	Mala
Turbidez (UTN)	0-5	5-8	>8
Transparencia (%)	100-50	50-20	<20

Fuente: Elaboración IMP

Figura IV.131. Distribución de turbidez en los sistemas acuáticos del SAR, muestreados en marzo del 2018 y abril 2019.



Fuente: Elaboración IMP

Realizando las comparaciones entre los dos años estudiados de los valores de turbidez en agua de superficie, se observa que esta variable se mantiene en un promedio de entre 2 y 29 UNT, sin embargo en la zona de río Seco con influencia urbana y en las estaciones al norte de la ubicación de la Nueva Refinería, la turbidez es más alta sobre todo en estas últimas, donde se llegan a valores de hasta 75 UNT,

lo que puede deberse a un asolvamiento de sólidos, por la baja velocidad de la corriente en ese tramo y el aumento del aporte de los mismos debido al desmonte.

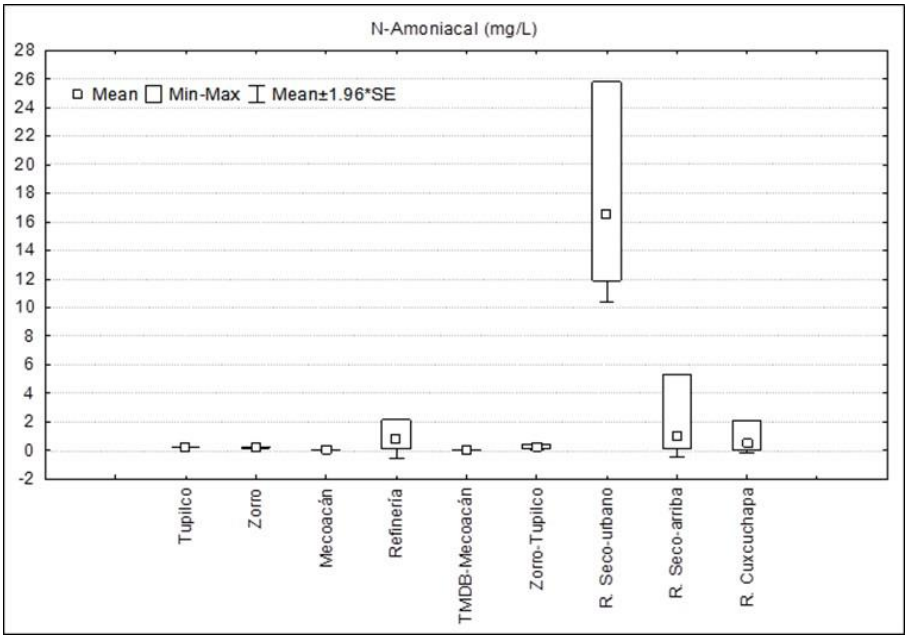
Resumen características fisicoquímicas: Los valores de los parámetros y variables presentados aquí, se consideran propios de las características de los ecosistemas acuáticos costeros de Tabasco y de la temporada estacional en que fueron muestreados, las desviaciones sobre la normalidad que los criterios de calidad del agua (CE-CCA, 1989) sugieren para dar seguimiento a las intervenciones humanas en el sitio, serán resultado de la medición periódica de las mismas para establecer los límites de cambio naturales particulares de los sistemas acuáticos del SAR.

Nutrientes: En las Tablas IV.42 y IV.43 se presentan los estadísticos de los nutrientes en general para los sistemas acuáticos estudiados para el SAR de la Nueva Refinería y los valores de referencia que se usaron en su interpretación.

Los valores más altos promedio de superficie de nitrógeno amoniacal se presentaron en las estaciones del río Seco en su porción urbana asociadas a descargas no contraladas domésticas (Figura IV.132), en los otros cuerpos acuáticos en todos los casos los valores superaron el valor máximo del intervalo reportado en los criterios de calidad del agua y de la literatura (0.01 mg/L Tabla IV.42), las concentraciones más bajas se encontraron en las estaciones de la TMBD en la laguna Mecoacán.

El amonio es una forma muy común en estos ecosistemas y su permanencia es constante a lo largo del ciclo anual, en ocasiones su disminución está relacionada con una mayor actividad fotosintética o una mayor oxigenación del agua, aunque no es una regla. En general la cantidad de amonio presente en los sistemas acuáticos, está íntimamente relacionada con procesos biológicos de características heterotróficas, tanto en la columna de agua como en los sedimentos (Contreras *et al*. 1996) por lo que los valores encontrados en la mayor parte de los sitios se pueden considerar propios de ecosistemas costeros, en los que se desarrollan los procesos mencionados, sin embargo, el amonio es también un indicador de aguas residuales asociado a la cercanía de asentamientos humanos a las lagunas costeras (Contreras, 2001, Herrera-Silveira, 2006), por lo tanto, no se puede desechar las actividades humanas de tipo doméstico como fuente de altas concentraciones en algunas porciones de los ríos Cuxcuchapa y Seco.

Figura IV.132. Estadísticos de nitrógeno amoniacal en agua de superficie en estaciones de los cuerpos acuáticos del SAR, marzo 2018 y abril 2019.



Fuente: Elaboración IMP

Los nitritos presentaron valores promedio entre 0.005 y 0.02 mg/L en 2018 y en las estaciones en la Laguna Mecoacán en 2019, el resto de los sitios presentó promedios de 0.03 a 0.08 mg/L (Figura IV.133), mayores a 0.024 mg/L, (criterios ecológicos de calidad del agua) y a los de la literatura de 0 .02 y 0.07 mg/L.

Los nitratos Figura IV.134, presentaron concentraciones en los dos años de muestreo y en todos los sitios a excepción de Mecoacán (0.02 a 0.08 mg/L, 2018 – 2019 respectivamante), con promedios en el intervalo de 0.08 a 0.27 mg/L superiores a los criterios de calidad del agua de 0.04 mg/L, los valores encontrados por otros autores en lagunas costeras van de 0.015 a 0.098 mg/L (Herrera Silveira et al, 2004), en la Laguna Tampamachoco, se reportan valores promedio en el intervalo de 0.108 a 0.387 mg/L (Gutiérrez-Vivanco, 2010), similares a los de este estudio, por lo que se pueden considerar propios de lagunas costeras del Golfo de México.

Tabla IV.40. Comportamiento estadístico de los nutrientes en la columna de agua en marzo de 2018 y abril de 2019.

Sistema Lagunar	ESTACIÓN	NITRÓGENO AMONIACAL mg/L		NITRÓGENO DE NITRITOS (mg/L)		NITRÓGENO DE NITRATOS (mg/L)		FÓSFORO TOTAL (mg/L)		FOSFATOS TOTALES (mg/L)	
		SUP.	FONDO	SUP.	FONDO	SUP.	FONDO	SUP.	FONDO	SUP.	FONDO
Tupilco	T10	0.2315	*	0.013	*	0.0618	*	0.485	*	1.516	*
	T11	0.2109	0.1564	0.023	0.024	0.0551	0.0687	0.518	0.571	1.586	1.748
	Promedio	0.22	0.16	0.02	0.02	**	**	0.51	0.57	1.55	1.75
	Desv. Est.	0.01		0.01		**	**	0.02		0.05	
	Mínimo	0.21	0.16	0.01	0.02	**	**	0.50	0.57	1.52	1.75
	Máximo	0.23	0.16	0.02	0.02	**	**	0.52	0.57	1.59	1.75
	n	2	1	2	1			2	1	2	1
El Zorro	Z12	0.243	0.17	0.014	0.014	0.0959	0.0829	0.56	0.516	1.715	1.579
	Z13	0.1927	0.1791	0.017	0.017	0.1532	0.1453	0.525	0.557	1.608	1.706
	Promedio	0.22	0.17	0.02	0.02	**	**	0.54	0.54	1.66	1.64
	Desv. Est.	0.04	0.01	0.00	0.00	**	**	0.02	0.03	0.08	0.09
	Mínimo	0.19	0.17	0.01	0.01	**	**	0.53	0.52	1.61	1.58
	Máximo	0.24	0.18	0.02	0.02	**	**	0.56	0.56	1.72	1.71
	n	2	2	2	2			2	2	2	2
Mecoacán	ME14	0.0557	0.0231	0.007	0.01	0.0203	0.0189	0.061	0.071	0.187	0.216
	ME15	0.0187	0.0224	0.003	0.003	<0,0015	<0,0015	0.081	0.07	0.248	0.213
	ME16	0.0262	0.0182	0.003	0.004	<0,0015	<0,0015	0.086	0.084	0.262	0.256
	ME17	0.0672	*	0.005	*	<0,0015	*	0.093	*	0.284	*
	ME18	0.009	0.0191	0.007	0.005	0.009	0.0075	0.046	0.047	0.142	0.144
	Promedio	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.07	0.07	0.22	0.21
	Desv. Est.	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.06	0.10
	Mínimo	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.05	0.05	0.14	0.14
	Máximo	0.07	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.09	0.08	0.28	0.26
	n	5	4	5	4	2	2	5	4	5	4
Sitio Proyecto Refinería	Sitio 2-Refinería-1	2.161	*	0.104	*	0.187	*	1.216	*	3.720	*
	Sitio 2-Refinería-2	0.133	*	0.022	*	0.075	*	0.099	*	0.303	*
	Sitio 2-Refinería-3	0.113	*	0.083	*	0.044	*	0.056	*	0.171	*
	Promedio	0.80		0.07		0.10		0.46		1.40	
	D.Est.	1.18		0.04		0.07		0.66		2.01	
	Mínimo	0.11		0.02		0.04		0.06		0.17	
	Máximo	2.16		0.10		0.19		1.22		3.72	
	n	3		3		3		3		3	
Cuenca baja TMDB-Mecoacán	Nuevo Torno Largo - 1	0.043	*	0.021	*	0.068	*	0.056	*	0.172	*
	Nuevo Torno Largo - 2	0.052	*	0.039	*	0.089	*	0.089	*	0.272	*
	Nuevo Torno Largo - 3	0.041	*	0.030	*	0.080	*	0.051	*	0.157	*
	Bellote - 1	0.059	*	0.038	*	0.102	*	0.058	*	0.176	*
	Promedio	0.05		0.03		0.08		0.06		0.19	
	D.Est.	0.01		0.01		0.01		0.02		0.05	
	Mínimo	0.04		0.02		0.07		0.05		0.16	
	Máximo	0.06		0.04		0.10		0.09		0.27	
	n	4		4		4		4		4	
Cuenca baja río Seco Zona Tupilco	PMRS 9	0.215	*	0.118	*	0.149	*	0.665	*	2.034	*
	PMRS 10	0.145	*	0.034	*	0.088	*	0.315	*	0.963	*
	PMRS 13	0.450	*	0.123	*	0.161	*	0.621	*	1.900	*
	Promedio	0.27		0.09		0.13		0.53		1.63	
	D.Est.	0.16		0.05		0.04		0.19		0.58	
	Mínimo	0.14		0.03		0.09		0.31		0.96	
	Máximo	0.45		0.12		0.16		0.66		2.03	
	n	3		3		3		3		3	
Cuenca baja Río Seco Influencia urbana	PMRS 11	14.058	*	0.169	*	0.186	*	2.287	*	6.998	*
	PMRS 1	14.523	*	0.085	*	0.071	*	3.834	*	11.731	*
	PMRS 7	11.885	*	0.066	*	0.074	*	3.659	*	11.197	*
	PMRS 8	25.786	*	0.066	*	0.052	*	4.521	*	13.834	*
	Promedio	16.56		0.08		0.10		3.58		10.94	
	D.Est.	6.26		0.06		0.06		0.94		2.86	
	Mínimo	11.88		0.04		0.05		2.29		7.00	
	Máximo	25.79		0.17		0.19		4.52		13.83	
	n	4		4		4		4		4	
Río Seco corriente arriba	PMRS 12	0.744	*	0.102	*	0.309	*	1.123	*	3.437	*
	PMRS 14	0.112	*	0.050	*	0.097	*	0.399	*	1.220	*
	PMRS 2	3.363	*	0.018	*	0.040	*	1.565	*	4.790	*
	PMRS 3	0.165	*	0.055	*	0.061	*	0.121	*	0.371	*
	PMRS 4	0.221	*	0.044	*	0.037	*	0.617	*	1.888	*
	PMRS 5	0.116	*	0.019	*	0.042	*	0.197	*	0.602	*
	PMRS 6	0.215	*	0.017	*	0.023	*	0.463	*	1.418	*
	Promedio	0.99		0.04		0.09		0.64		1.96	
	D.Est.	1.94		0.03		0.10		0.52		1.60	
	Mínimo	0.11		0.02		0.02		0.12		0.37	
	Máximo	5.36		0.10		0.31		1.57		4.79	
	n	7		7		7		7		7	
Río Cuenca baja corriente arriba	PMRC 6	0.112	*	0.023	*	0.183	*	0.139	*	0.425	*
	PMRC 5	0.450	*	0.024	*	0.042	*	0.533	*	1.632	*
	PMRC 4	2.065	*	0.085	*	0.372	*	0.623	*	1.907	*
	PMRC 3	0.102	*	0.042	*	0.818	*	0.505	*	1.545	*
	PMRC 2	0.213	*	0.032	*	0.172	*	0.272	*	0.832	*
	PMRC 1	0.079	*	0.036	*	0.047	*	0.077	*	0.237	*
	Promedio	0.50		0.03		0.27		0.36		1.10	
	Desv. Est.	0.78		0.01		0.29		0.23		0.69	
	Mínimo	0.08		0.02		0.04		0.08		0.24	
	Máximo	2.06		0.04		0.82		0.62		1.91	
	n	6		6		6		6		6	

Fuente: Elaboración IMP

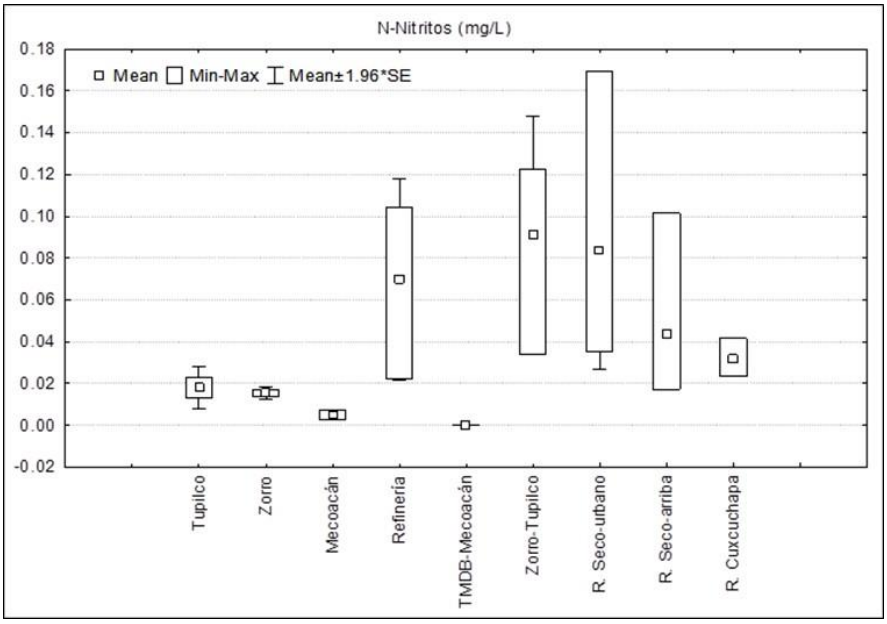
Tabla IV.41. Valores de referencia de nutrientes utilizados en la interpretación de los resultados de las variables observados en la columna de agua.

Parámetros (mg/L)	Valores Obtenidos en la campaña	Valores Reportados en la Literatura. LAGUNAS Y BAHÍAS DEL GOLFO (LB/G), Herrera-Silveira *et al.* 2004 y Contreras *et al.* 1996
Nitrógeno. Amoniacal	Tupilco y Zorro. 100% Por arriba del valor máximo de la literatura y de la NOM 0.01	Valor mínimo 0.07 mg/L. Valor máximo 0.145 mg/L. Herrera-Silveira et al. 2004 NOM-001 de 0.01 mg/L
Nitritos	Las tres lagunas 100% < al intervalo superior de la literatura	Valor mínimo 0.005 mg/L. Valor máximo 0.015 mg/L Herrera-Silveira et al. 2004 0.00014-0.07 mg/L (Contreras, 1996) 0.02 mg/L (CECA, 1989) nitritos
Nitratos	Tupilco y El Zorro. 100% Por arriba del valor máximo de la literatura y de los criterios.	Valor mínimo 0.015 mg/L. Valor máximo 0.098 mg/L Herrera-Silveira et al. 2004 0.04 mg/L (CECA, 1989) nitratos
Fosfatos Totales	Las tres lagunas Por arriba del valor máximo de la literatura y de los criterios.	Valor mínimo 0.07 mg/L. Valor máximo 0.14 mg/L. (Contreras, 1996) 0.002 mg/L (CECA, 1989) Fosfatos 0.005 a 0.034 mg/L Herrera-Silveira et al. 2004
Silicatos	Las tres lagunas Por arriba del valor máximo de la literatura.	Valor mínimo 0.65 mg/L. Valor máximo 3.32 mg/L. Herrera-Silveira et al. 2004

CECA (Criterios Ecológicos de Calidad del Agua)

Fuente: Elaboración IMP

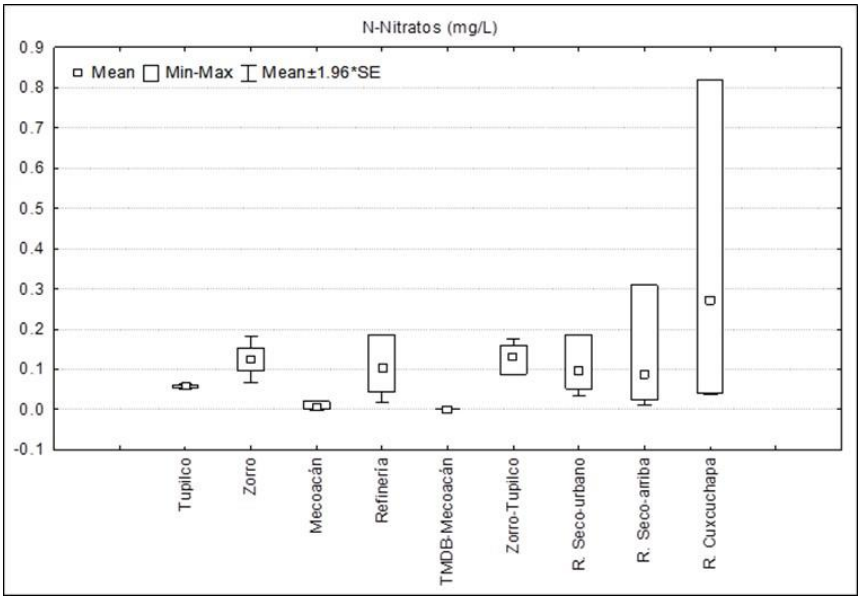
Figura IV.133. Estadísticos de nitritos en agua de superficie y fondo en estaciones de los cuerpos acuáticosdel SAR, marzo 2018 y abril de 2019.



Fuente: Elaboración IMP

Los valores promedio de los nitratos y nitritos tienden a ser más bajos comparados con los del amonio, frecuentemente los máximos se alcanzan durante la época de lluvias. De las formas nitrogenadas, la dominante es el amonio, cuya relación con respecto al nitrógeno total inorgánico va del 60 al 98 %, lo anterior tiene una fuerte relación con la presencia y dominancia con formas nanofitoplanctónicas quienes manifiestan una considerable aportación a la biomasa total del fitoplancton, ya que como se ha comprobado el nanofitoplancton capta preferentemente nitrógeno regenerado (amonio), mientras que el microfitoplancton lo hace con formas nitrogenadas nuevas (nitratos), (Contreras *et al*. 1996).

Figura IV.134. Estadísticos de nitratos en agua de superficie y fondo en estaciones de los cuerpos acuáticos del SAR, marzo 2018 y abril de 2019.



Fuente: Elaboración IMP

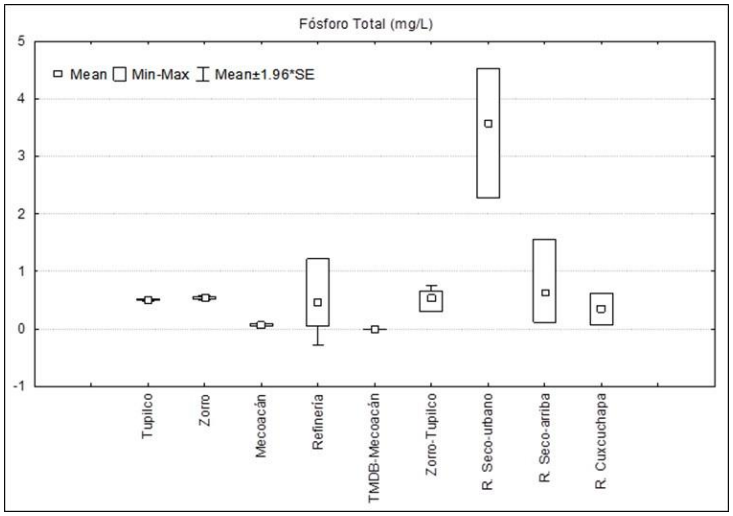
El fósforo total y los fosfatos totales presentaron comportamiento similares con valores más bajos en las estaciones del sistema Mecoacán para ambos años, valores intermedios en el resto de los sitios y altos en las estaciones muestreadas en la zona de influencia urbana del río Seco, (Figura IV.135 y IV.136).En las estaciones de la Laguna Mecoacán en los dos niveles superficie y fondo muestreados en 2018 y en 2019 se encontraron valores de fósforo total por debajo del valor máximo reportado en la literatura de 0.14 mg/L. Con respecto a los fosfatos totales, todos los puntos de muestreo presentaron concentraciones por arriba de las en los criterios (CE-CCA, 1989) y las referencias de la literatura de 0.002 y 0.034 mg/L respectivamente (Tabla IV.42), los valores de los promedios mesuales de fosfatos en la laguna Tampamachoco van de 0.02 a 0.18 mg/L (Gutiérrez-Vivanco, 2010), que son un orden de magnitud menores a las observadas. Las estaciones de la zona urbana son extremadamente altas y reflejan concentraciones asociadas a descargas domésticas no tratadas.

Las variaciones estacionales de los nutrientes son amplias. Las concentraciones más elevadas se sitúan después del período de lluvias, cuando además de los elementos autóctonos, se suman los provenientes del arrastre terrígeno originado por los ríos. Las concentraciones mínimas se detectan después del florecimiento fitoplanctónico primaveral pero aún en estos meses los nutrientes se detectan en cantidades superiores a las disponibles en la zona marina cercana (Contreras et al. 1996).

En los cuerpos acuáticos continentales del SAR de la Nueva Refinería, las concentraciones de nutrientes son altas, las que pueden ser propias de las características de la región dados los grandes aportes de terrígenos que se tienen por las escorrentías y el intercambio con el mar, que se refleja claramente en las bajas concentraciones comparativamente de nutrientes que se presentan en la laguna Mecoacán, cabe destacar que las concentraciones altas en extremo que se presentan en la zona de influencia urbana del río Seco, reflejan claramente los aportes de descargas domésticas no controladas.

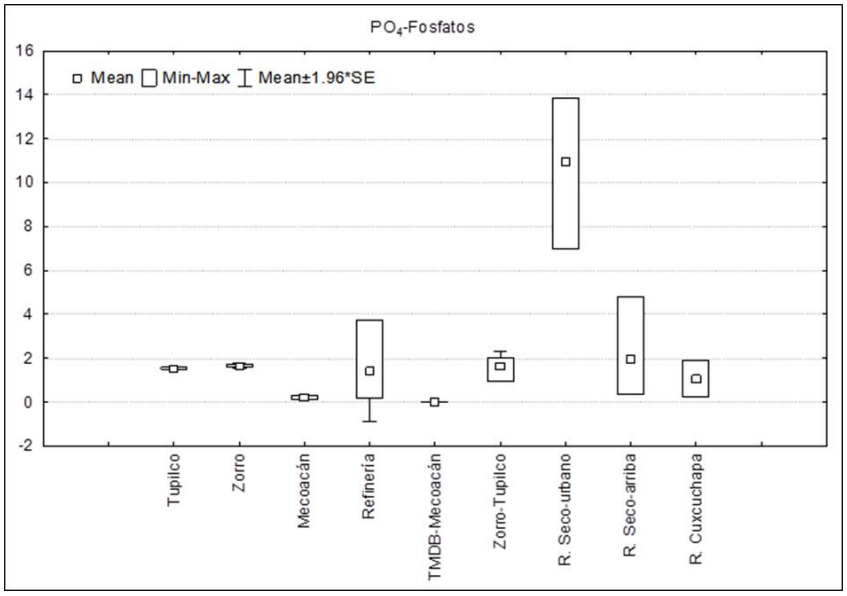
El silicio disuelto en el agua (Si (OH_4)) tiene una concentración variable (mayor en aguas continentales) y normalmente se halla en exceso con respecto al nitrógeno y al fósforo, excepto en zonas de vertidos domésticos y en grandes floraciones de diatomeas, la sílice disuelta se denomina reactiva porque responde a la prueba colorimétrico con Molibdato, adquiriendo un típico color azul. De esta manera, los valores de sílice reactiva en las tres lagunas se encontraron en un intervalo de 0.91 y 15.32 mg/L. Las concentraciones menores se presentaron en la laguna de Mecoacán la más alta de 10.2 mg/L en agua de superficie. Por otra parte, en los cuerpos acuáticosTupilco y el Zorro las concentraciones fueron mayores, con un máximo en agua de superficie del Zorro con 15.32 mg/L (Figura IV.137). Todos los valores observados están por arriba del intervalo de 0.65 a 3.32 mg/L de silicatos reportados en la literatura (Tabla IV.42).

Figura IV.135. Estadísticos de fosforo total en agua de superficie y fondo en estaciones de los cuerpos acuáticos del SAR, marzo 2018 y abril 2019.



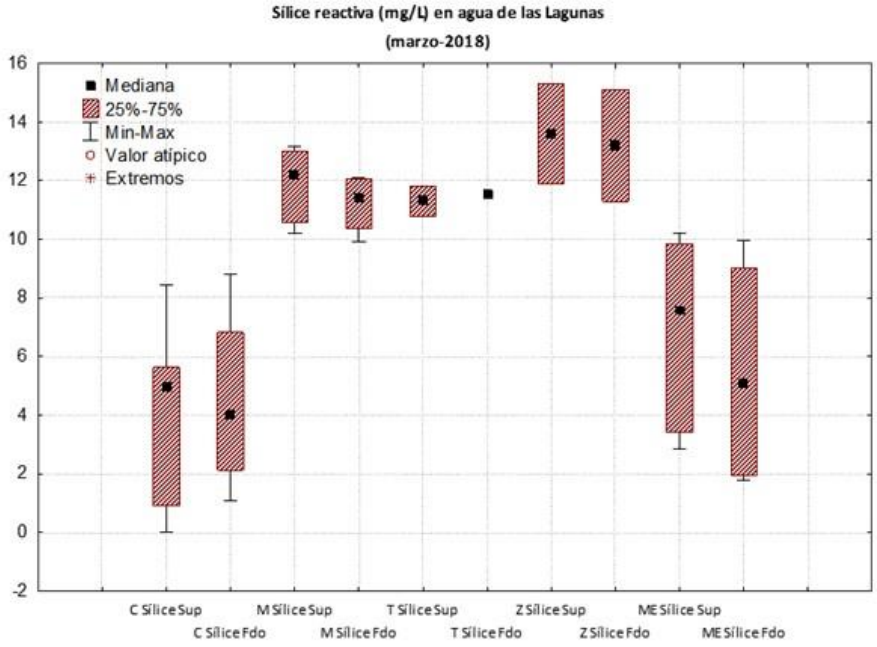
Fuente: Elaboración IMP

Figura IV.136. Estadísticos de fosfatos totales en agua de superficie y fondo en estaciones de los cuerpos acuáticos del SAR, marzo 2018 y abril 2019



Fuente: Elaboración IMP

Figura IV.137. Estadísticos de sílice reactiva en agua de superficie y fondo en estaciones de los cuerpos acuáticosdel SAR, marzo 2018.



Fuente: Hokchi Energy - IMP, 2018

Pigmentos fotosintéticos: clorofilas *a, b, c* y feofitinas:

Contreras-Espinosa et al., (1996) presentan los resultados derivados de la medición de la clorofila-a, en 33 lagunas costeras, analizando la posibilidad de incorporar estos valores al índice trófico propuesto por Carlson (1977). Destacan que lo más sobresaliente es la relación estrecha que manifiesta la clorofila-a con los suministros naturales o antropogénicos de nutrientes. Remarcan que el incremento en el suministro de nutrientes por escurrimientos continentales tiene efecto inmediato en el establecimiento de áreas con mayor cantidad de clorofila *a*. Afirman que la variación más evidente es la estacional, que las concentraciones de clorofila *a* alcanzadas en época de lluvias son mucho más elevadas que en época de secas. De las 33 lagunas estudiadas, en 19 (57 6%) el promedio máximo de concentración de clorofila *a* se presentó en la época de lluvias; en 11 (33.3%) se manifestó en el estiaje.

La clorofila *a* representa un buen índice de la biomasa fitoplanctónica, y su estudio y seguimiento tienen implicaciones importantes cuando se trata de explicar y establecer algunas consideraciones de tipo trófico (Contreras-Espinosa, 1994). La clorofila a en las lagunas costeras de ambos litorales se presenta en un intervalo de 0.1 a 100 mg/m^3, excepcionalmente en el río Calzadas en Veracruz, se encontraron valores superiores de 126 mg/m^3, esta mayor incidencia se da bajo condiciones que propician un aumento de la presencia de este pigmento; destaca el incremento en el suministro de nutrimentos derivado de los escurrimientos continentales, cuyo efecto casi inmediato es el establecimiento de áreas con una mayor cantidad de clorofila *a*, la cual llega a permanecer en función de la constancia de dicho aporte. Lo anterior es especialmente apreciable en las lagunas costeras, en donde el insumo de aguas continentales y el consecuente suministro de sales nutritivas mantienen densas comunidades fitoplanctónicas a lo largo del año

En la Tabla IV.44 se presentan los valores nominales y sus estadísticos de los pigmentos fotosintéticos (Clorofilas *a, b* y *c*) y feofitinas en agua en los sitios muestreados en los cuerpos acuáticos costeros del SAR de la Nueva Refinería.

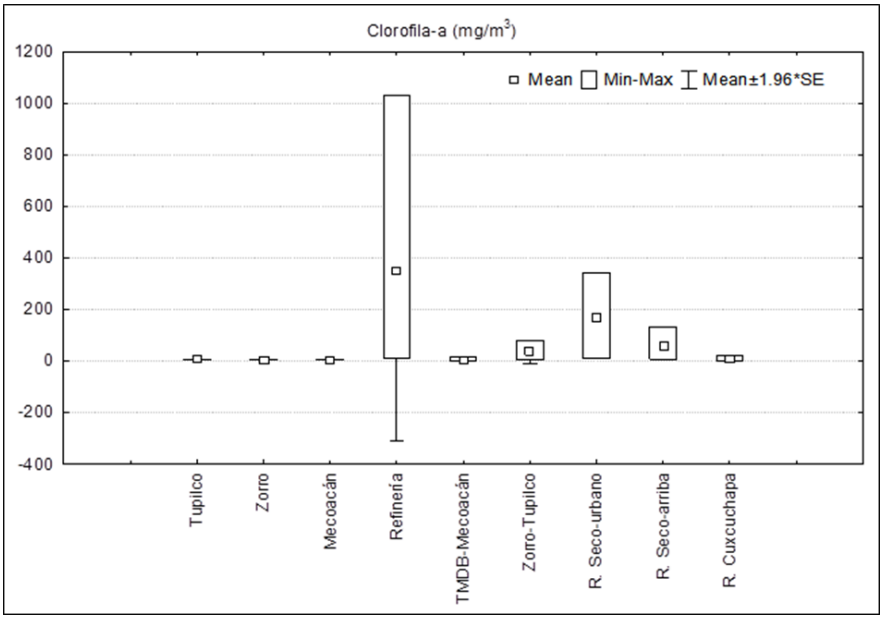
Respecto a la clorofila *a* en agua superficial en la Figura IV.138 y Tabla IV.45, se presenta el comportamiento por sitios en los cuerpos acuáticos y la clasificación de las estaciones de acuerdo a su concentración de clorofila e índice trófico de acuerdo a los intervalos propuestos por Contreras-Espinosa (1994).

En la Figura IV.138, se puede observar que las estaciones muestreadas en Mecoacán y en el sistema Zorro Tupilco en 2018, son bajos en comparación a los mismos sitios muestreados en 2019, adicionalmente las estaciones muestreadas al norte de la

refinería y las de la cuenca del río Seco, en particular, en la zona urbana, presentan valores extremadamente altos.

De acuerdo a la clasificación del índice trófico propuesto por Contreras-Espinosa (1994) para sistemas lagunares costeros de México (Tabla 8), todas las estaciones muestreadas en 2018 y algunas de la TMDB Mecoacán, una del Río Cuxcuchapa y dos de la refinería en 2019, tienen índices que van de ϒ oligotrófico a β mesotrófico (< 20 mg/m^3), las estaciones de la cuenca del río Seco se consideran eutróficas y una estación en la refinería hipereutrófica (> 426 mg/m^3).

Figura IV.138. Estadísticos de clorofila a en agua de superficie y fondo en estaciones de los cuerpos acuáticos del SAR, marzo 2018 y abril 2019.



Fuente: Elaboración IMP

Tabla IV.42. Valores de pigmentos en agua de superficie y fondo en estaciones de los cuerpos acuáticos del SAR de la Nueva Refinería, marzo 2018.

Sistema Lagunar	ESTACIÓN	FEOFITINAS (mg/m³)		CLOROFILA-a (mg/m³)		CLOROFILA-b (mg/m³)		CLOROFILA-c (mg/m³)	
		SUP.	FONDO	SUP.	FONDO	SUP.	FONDO	SUP.	FONDO
Tupilco	T10	ND	ND	6.085	*	0.997	*	1.599	*
	T11	ND	ND	5.639	6.724	0.660	1.257	1.311	2.078
	Promedio			5.64	6.72	0.66	1.26	1.45	2.08
	Desv. Est.			0.32		0.24		0.20	
	Mínimo			5.64	6.72	0.66	1.26	1.31	2.08
	Máximo			5.64	6.72	0.66	1.26	1.60	2.08
	n			1	1	1	1	2	1
El Zorro	Z12	ND	ND	5.411	5.161	0.984	1.129	0.513	1.540
	Z13	ND	ND	4.883	5.097	1.152	1.449	1.676	1.738
	Promedio			5.15	5.13	1.07	1.29	1.09	1.64
	Desv. Est.			0.37	0.05	0.12	0.23	0.82	0.14
	Mínimo			4.88	5.10	0.98	1.13	0.51	1.54
	Máximo			5.41	5.16	1.15	1.45	1.68	1.74
	n			2	2	2	2	2	2
Mecoacán	ME14	ND	29.3	6.447	6.466	0.571	1.209	2.430	1.998
	ME15	ND	ND	3.348	3.539	1.218	0.393	1.315	1.409
	ME16	ND	ND	3.046	2.453	1.036	0.834	1.873	1.509
	ME17	ND	ND	7.868	7.824	1.275	1.130	1.708	2.186
	ME18	ND	ND	3.827	7.637	0.497	0.727	1.591	2.130
	Promedio		29.30	4.91	5.58	0.92	0.86	1.78	1.85
	Desv. Est.			2.13	2.45	0.36	0.33	0.41	0.36
	Mínimo		29.30	3.05	2.45	0.50	0.39	1.31	1.41
	Máximo		29.30	7.87	7.82	1.28	1.21	2.43	2.19
	n		1	5	5	5	5	5	5
Sitios Proyecto Refinería	Sitio 2-Refinería-1	*	*	1028.109		56.394		<0.5	
	Sitio 2-Refinería-2	*	*	17.247		1.270		1.559	
	Sitio 2-Refinería-3	*	*	8.085		1.447		1.574	
	Promedio			351.15		19.70		1.57	
	D. Est.			586.28		31.77		0.01	
	Mínimo			8.08		1.27		1.56	
	Máximo			1028.11		56.39		1.57	
	n			3		3		2	
Cuenca baja TMDB Mecoacán	Nuevo Torno Largo - 1	*	*	1.896		<0.5		<0.5	
	Nuevo Torno Largo - 2	*	*	14.792		<0.5		<0.5	
	Nuevo Torno Largo - 3	*	*	1.422		<0.5		<0.5	
	Bellote - 1	*	*	3.1884		<0.5		0.886	
	Promedio			5.32				0.89	
	D. Est.			6.56					
	Mínimo			1.42				0.89	
	Máximo			14.79				0.89	
	n			4				1	
Cuenca baja río Seco Zorro Tupilco	PMRS 9	*	*	80.260		<0.5		<0.5	
	PMRS 10	*	*	4.740		<0.5		<0.5	
	PMRS 13	*	*	22.243		<0.5		<0.5	
	Promedio			35.75					
	D. Est.			39.53					
	Mínimo			4.74					
	Máximo			80.26					
	n			3					
Cuenca baja río Seco Influencia urbana	PMRS 11	*	*	220.7784		49.138		<0.5	
	PMRS 1	*	*	341.372		45.923		<0.5	
	PMRS 7	*	*	104.15		12.045		<0.5	
	PMRS 8	*	*	12.5104		8.081		4.185	
	Promedio			169.70		28.80		4.19	
	D. Est.			142.70		21.73			
	Mínimo			12.51		8.08		4.19	
	Máximo			341.37		49.14		4.19	
	n			4		4		1	
Río Seco corriente arriba	PMRS 12	*	*	98.300		3.028		2.417	
	PMRS 14	*	*	132.526		<0.5		6.108	
	PMRS 2	*	*	35.655		1.373		<0.5	
	PMRS 3	*	*	38.828		<0.5		<0.5	
	PMRS 4	*	*	83.579		<0.5		<0.5	
	PMRS 5	*	*	21.926		<0.5		0.688	
	PMRS 6	*	*	7.458		<0.5		<0.5	
	Promedio			59.04		2.20		3.07	
	D. Est.			45.04		1.17		2.77	
	Mínimo			7.46		1.37		0.69	
	Máximo			132.53		3.03		6.11	
	n			7		2		3	
Río Cuacuchapa corriente arriba	PMRC 6	*	*	<0.5		<0.5		<0.5	
	PMRC 5	*	*	2.8472		<0.5		<0.5	
	PMRC 4	*	*	1.7664		0.636		0.759	
	PMRC 3	*	*	1.2276		1.553		1.83	
	PMRC 2	*	*	22.978		4.262		<0.5	
	PMRC 1	*	*	6.7244		1.298		1.751	
	Promedio			7.11		1.94		1.45	
	Desv. Est.			9.13		1.60		0.60	
	Mínimo			1.23		0.64		0.76	
	Máximo			22.98		4.26		1.83	
	n			5		4		3	

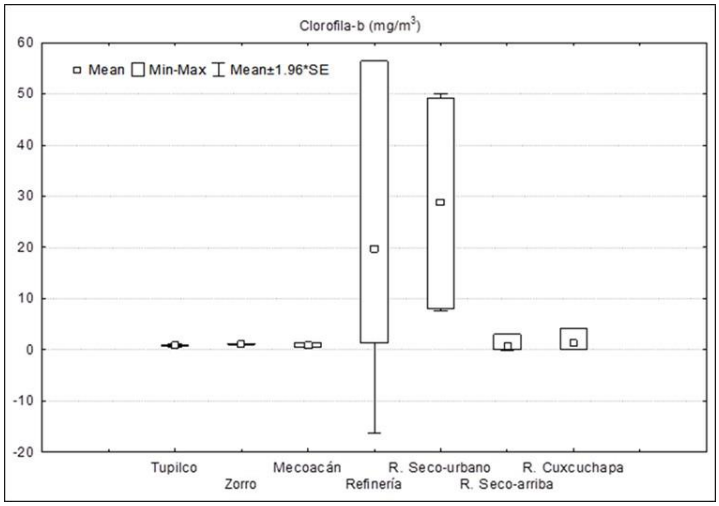
Fuente: Elaboración IMP

Tabla IV.43. Índice trófico de la concentración de clorofila a en las estaciones de agua superficial de los cuerpos acuáticos del SAR, marzo 2018 y abril 2019

ESTACIÓN	CLOROFILA-a (mg/m^3)	Intervalo de la concentración de clorofila (mg/m^3)	Índice trófico	Sistema Lagunar
PMRC 3	1.2276			Río Cuxcuchapa
Nuevo Torno Largo - 3	1.422			Cuenca baja TMDB-Mecoacán
PMRC 4	1.7664			Río Cuxcuchapa
Nuevo Torno Largo - 1	1.896	? oligotrófico 0.950-		Cuenca baja TMDB-Mecoacán
ME16F	2.453	2.600	30 - 39	Mecoacán 2018
PMRC 5	2.8472			Río Cuxcuchapa
ME16	3.046			Mecoacán 2018
Bellote - 1	3.1884			Cuenca baja TMDB-Mecoacán
ME15	3.348			Mecoacán 2018
ME15F	3.539			Mecoacán 2018
ME18	3.827			Mecoacán 2018
PMRS 10	4.740			Cuenca baja río Seco Zorro-Tupilco
Z13	4.883			Zorro-Tupilco 2018
Z13F	5.097			Zorro-Tupilco 2018
Z12F	5.161			Zorro-Tupilco 2018
Z12	5.411			Zorro-Tupilco 2018
T11	5.639			Zorro-Tupilco 2018
T10	6.085			Zorro-Tupilco 2018
ME14	6.447			Mecoacán 2018
ME14F	6.466			Mecoacán 2018
T11F	6.724	? Mesotrófico 2.700 -		Zorro-Tupilco 2018
PMRC 1	6.7244	7.200	40 - 49	Río Cuxcuchapa
PMRS 6	7.458			Río Seco Corriente arriba
ME18F	7.637			Mecoacán 2018
ME17F	7.824			Mecoacán 2018
ME17	7.868			Mecoacán 2018
Sitio 2-Refinería-3	8.085			Refinería
PMRS 8	12.5104			Río Seco Urbano
Nuevo Torno Largo - 2	14.792	? Mesotrófico 7.300 -		Cuenca baja TMDB-Mecoacán
Sitio 2-Refinería-2	17.247	20.000	50 - 59	Refinería
PMRS 5	21.926			Río Seco Corriente arriba
PMRS 13	22.243			Cuenca baja río Seco Zorro-Tupilco
PMRC 2	22.978			Río Cuxcuchapa
PMRS 2	35.655	? eutrófico 21.000 -		Río Seco Corriente arriba
PMRS 3	38.828	55.000	60 - 69	Río Seco Corriente arriba
PMRS 9	80.260			Cuenca baja río Seco Zorro-Tupilco
PMRS 4	83.579			Cuenca baja río Seco Zorro-Tupilco
PMRS 12	93.300			Río Seco Corriente arriba
PMRS 7	104.15	? eutrófico 56.000 -		Río Seco Urbano
PMRS 14	132.526	155.000	70 - 79	Río Seco Corriente arriba
PMRS 11	220.7784	? eutrófico 156.000 -		Río Seco urbano
PMRS 1	341.372	425.000	80 - 89	Río Seco Corriente arriba
Sitio 2-Refinería-1	1028.109	Hipereutrófico > 426.000	>90	Refinería

Fuente: Elaboración IMP

Figura IV.139. Estadísticos de clorofila b en agua de superficie y fondo en estaciones de los cuerpos acuáticos del SAR, marzo 2018 y abril 2019



Fuente: Elaboración IMP

El intervalo de valores de clorofila *b* se presentó en ambos años entre 0.571 y 56.394 mg/m^3, los valores promedio fueron menores a 3.0 mg/m^3, en 2018 y en 2019 los más altos de 20 a 30 mg/m^3 en las estaciones al norte de la refinería y en la zona urbana del río Seco, las estaciones del río Seco corriente arriba y Cuxcuchapa presentaron promedios de 2.20 y 1.94 mg/m^3 respectivamente (Figura IV.139 y Tabla IV.44). La clorofila *b* es un pigmento accesorio presente en vegetales y otras células fotosintéticas complejas; absorbe luz de una longitud de onda diferente y transfiere la energía a la clorofila *a*, que se encarga de transformarla en energía química, es una clorofila minoritaria en algas clorofíceas y vegetales superiores, aparentemente no se encuentra presente en las algas rojas y cafés ni en las diatomeas ni dinoflagelados (Gómez-Aguirre, 1971). Los valores más bajos registrados en los cuerpos acuáticos del SAR coinciden con el intervalo obtenido en Bahía San Quintín de 0.1 a 2.9 mg/m^3 reportado en la literatura (Millán-Núñez, R. y S. Álvarez Borrego. 1978).

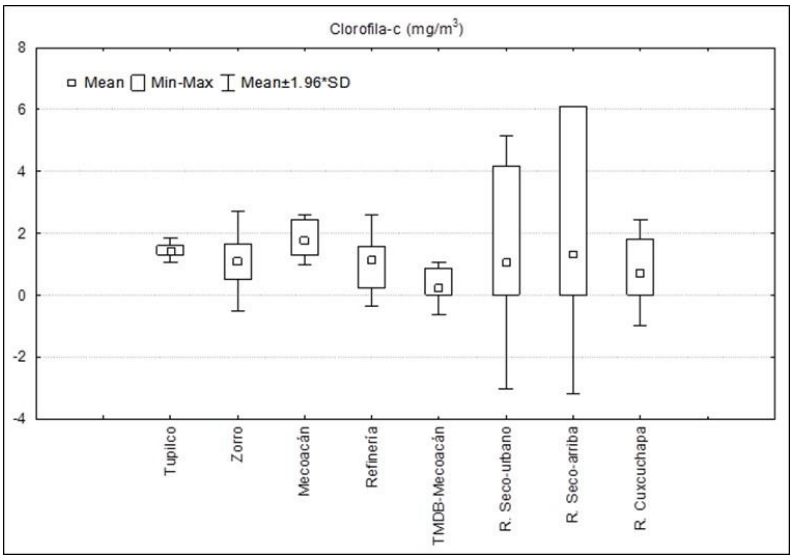
La clorofila *c*, es también un pigmento accesorio presente en vegetales y otras células fotosintéticas complejas; absorbe luz de una longitud de onda diferente y transfiere la energía a la clorofila *a*, que se encarga de transformarla en energía química, es una clorofila minoritaria en algas clorofíceas y vegetales superiores, aparentemente no se encuentra presente en las algas rojas y cafés ni en las diatomeas ni dinoflagelados (Contreras, 1985). El comportamiento espacial (Figura IV.140 y Tabla IV.45), de esta clorofila es similar a las de las clorofilas *a* y *b* con las concentraciones más altas en el río Seco, en particular, en las estaciones de

influencia urbana y en las ubicadas al norte de la refinería. Los valores promedio registrados en los sitios se encuentran entre 0.53 a 4.19 mg/m^3, en un intervalo absoluto de concentraciones arriba del límite de detección práctico de 0.51 a 4.19 mg/m^3, éstos coinciden con el intervalo obtenido en Estero de Punta Banda y Bahía San Quintín, de 0.1 a 2.6 mg/m^3 y 0.2 a 10.5 mg/m^3 respectivamente (Millán-Núñez, R. y S. Álvarez Borrego, 1978).

Con respecto a las feofitinas los valores promedio y de la mediana en superficie y fondo en general fueron menores a 2.0 mg/m^3 en las lagunas de Tupilco, el Zorro y Mecoacán (Figura IV.141 y Tabla IV.45).

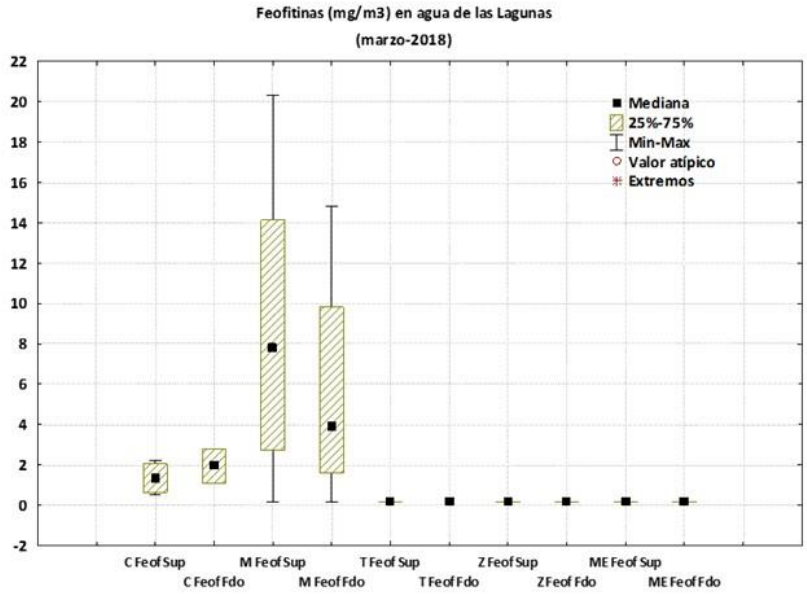
En general la relación entre la cantidad de clorofila *a* y las feofitinas es indicadora del estado fisiológico de las poblaciones del fitoplancton, una relativa abundancia de feofitinas indica la presencia de una población en decadencia. Los intervalos reportados en la literatura en lagunas costeras van de 0.0 a 11.0 mg/m^3. La presencia de las feofitinas es a veces explicada en términos de decaimiento y degradación de las poblaciones fitoplanctónicas por encontrarse en una etapa avanzada de la sucesión, o bien en términos del pastoreo por zooplancton (Millán-Núñez, R. y S. Álvarez Borrego. 1978). Los valores de feofitinas en el caso de las mediciones realizadas en marzo de 2018 son propios de comunidades fitoplanctónicas sanas.

Figura IV.140. Estadísticos de clorofila c en agua de superficie y fondo en estaciones de los cuerpos acuáticos del SAR de la Nueva Refinería, marzo 2018 y abril 2019



Fuente: Elaboración IMP

Figura IV.141. Estadísticos de feofitinas en agua de superficie y fondo en estaciones de los cuerpos acuáticos del SAR, marzo 2018



Fuente: Hokchi Energy - IMP, 2018

Sedimentos

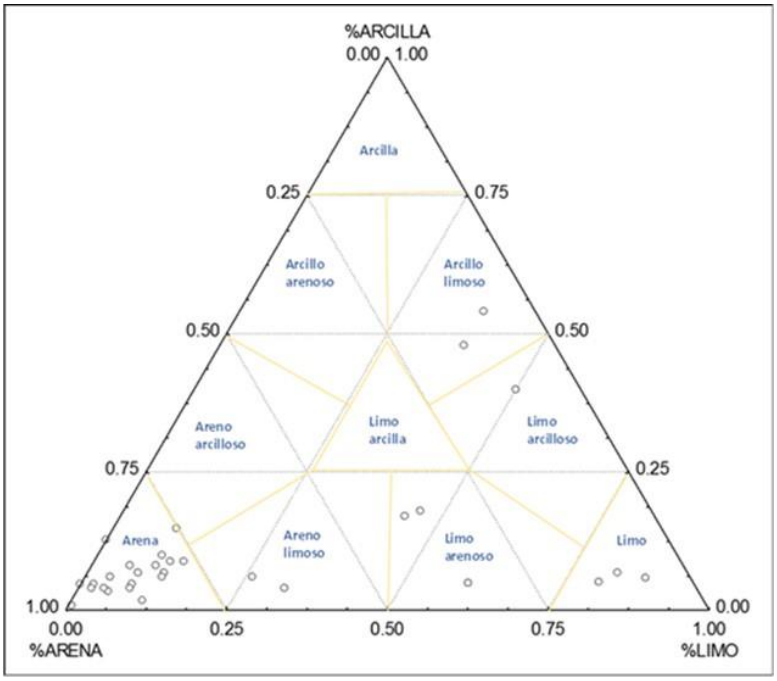
Granulometría: En la Tabla IV.44 y la Figura IV.142, se presentan los resultados nominales, estadísticos y por sitio del tamaño de grano y textura de los sedimentos. En los dos años de muestreo los sedimentos dominantes de la mayor parte de los sistemas lagunares son arenosos y areno - limosos, la laguna Mecoacán presentó sedimentos principalmente limosos en marzo de 2018. Los sedimentos más finos (arcillo - limosos) se presentaron en el río Cuxcuchapa.

Tabla IV.44. Tamaño de grano de los sedimentos de los cuerpos acuáticos del SAR, marzo 2018 y abril 2019.

Sistema Lagunar	ESTACIÓN	ARENAS %	LIMOS %	ARCILLAS %	TEXTURA
Tupilco	**T10**	87.19	11.19	1.62	Arena
	T11	34.95	60.13	4.91	Limo Arenoso
	n	2	2	2	
El Zorro	**Z12**	38.9	44.2	16.9	Limo Arenoso
	Z13	35.8	46.3	17.9	Limo Arenoso
	n	2	2	2	
Mecoacán	**ME14**	91.6	4.9	3.5	Arena
	ME15	7.0	87.2	5.8	Limo
	ME16	14.6	80.4	5.0	Limo
	ME17	10.9	82.5	6.7	Limo
	ME18	98.6	0.5	0.8	Arena
	n	5	5	5	
Sitios Proyecto Refinería	**Sitio 2-Refinería-1**	77.32	14	8.68	Arena
	Sitio 2-Refinería-2	75.32	10	14.68	Arena
	Sitio 2-Refinería-3	87.32	8	4.68	Arena
	n	3	3	3	
Cuenca baja TMDB-Mecoacán	**Nuevo Torno Largo - 1**	85.32	8	6.68	Arena
	Nuevo Torno Largo - 2	87.32	8	4.68	Arena
	Nuevo Torno Largo - 3	95.32	0	4.68	Arena
	Bellote - 1	95.32	0	4.68	Arena
	n	4	4	4	
Cuenca baja río Seco Zorro - Tupilco	**PMRS 9**	79.32	12	8.68	Arena
	PMRS 10	87.32	0	12.68	Arena
	PMRS 13	93.32	2	4.68	Arena
	n	3	3	3	
Cuenca baja Río Seco Influencia urbana	**PMRS 11**	81.32	12	6.68	Arena
	PMRS 1	92.04	4.0	3.96	Arena
	PMRS 7	82.04	12.0	5.96	Arena
	PMRS 8	68.04	26.0	5.96	Arena
	n	4	4	4	
Río Seco corriente arriba	**PMRS 12**	95.32	0	4.68	Arena
	PMRS 14	95.32	0	4.68	Arena
	PMRS 2	90.04	4	5.96	Arena
	PMRS 3	88.04	8	3.96	Arena
	PMRS 4	82.04	10	7.96	Arena
	PMRS 5	64.04	32	3.96	Areno limoso
	PMRS 6	80.04	10	9.96	Arena
	n	7	7	7	
Río Cuxcuchapa corriente arriba	**PMRC 6**	14.04	38	47.96	Arcillo limoso
	PMRC 5	94.04	2	3.96	Arena
	PMRC 4	10.04	50	39.96	Limo arcilloso
	PMRC 3	86.04	6	7.96	Arena
	PMRC 2	8.04	38	53.96	Arcillo limoso
	PMRC 1	36.04	34	29.96	Areno limoso
	n	6	6	6	

Fuente: Elaboración IMP

Figura IV.142. Diagrama ternario de sedimentos de los cuerpos acuáticos



Fuente: Hokchi Energy - IMP, 2018

Calidad del Agua

En la Tabla IV.45 se presentan los valores nominales y el análisis estadístico de tendencia central de las variables de calidad del agua superficial de los cuerpos continentales del SAR en abril de 2019, en figuras independientes se presenta el comportamiento de las variables por sitio.

Tabla IV.45. Variables de calidad del agua de los cuerpos acuáticos del SAR, abril 2019.

Sistema Lagunar	ESTACIÓN	DBO mg/L SUP.	DQO (mg/L) SUP.	AZUFRE (mg/L) SUP.	SULFUROS (mg/L) SUP.	CIANUROS mg/L SUP.	SAAM (mg/L) SUP.	FENOLES (mg/L) SUP.	GRASAS y ACEITES (mg/L) SUP.
Sitios Proyecto Refinería	**Sitio 2-Refinería-1**	<2.0	894.24	735.6	18.383901	0.0083	0.3371	0.0275	16.00
	Sitio 2-Refinería-2	<2.0	695.52	815.2	<0.05	<0.001	0.0924	0.0258	<5
	Sitio 2-Refinería-3	<2.0	621	756.7	<0.05	<0.001	0.1463	0.0229	5.20
	Promedio	#¡DIV/0!	736.92	769.17	18.38	0.01	0.19	0.03	10.60
	D. Est.	#¡DIV/0!	141.25	41.24			0.13	0.002	7.64
	Mínimo	0.00	621.00	735.60	18.38	0.01	0.09	0.02	5.20
	Máximo	0.00	894.24	815.20	18.38	0.01	0.34	0.03	16.00
	n	0	3	3	1	1	3	3	2
Cuenca baja TMDB-Mecoacán	**Nuevo Torno Largo - 1**	<2.0	1146.4	733.6	<0.05	<0.001	0.0765	0.0061	<5
	Nuevo Torno Largo - 2	<2.0	1015.0	769.8	<0.05	<0.001	0.1209	0.0048	<5
	Nuevo Torno Largo - 3	<2.0	991.4	486.1	<0.05	<0.001	0.0860	0.0053	<5
	Bellote - 1	<2.0	1065.0	487.2	<0.05	<0.001	5.7299	0.0055	<5
	Promedio	#¡DIV/0!	1054.46	619.18			1.50	0.01	
	D. Est.	#¡DIV/0!	68.55	153.74			2.82	0.001	
	Mínimo	0.00	991.43	486.10			0.08	0.005	0.00
	Máximo	0.00	1146.43	769.80			5.73	0.01	0.00
	n	0	4	4			4	4	0
Cuenca baja río Seco Zorro-Tupilco	**PMRS 9**	11.76	380.9	238.0	<0.05	0.0023	0.3625	0.0272	<5
	PMRS 10	<2.0	397.4	328.2	<0.05	0.0012	0.1848	0.0273	<5
	PMRS 13	<2.0	248.4	311.5	<0.05	0.0033	0.3181	0.0236	6.30
	Promedio	11.76	342.24	292.57		0.002	0.288	0.026	6.300
	D. Est.	#¡DIV/0!	81.69	47.99		0.001	0.093	0.002	
	Mínimo	11.76	248.40	238.00		0.001	0.185	0.024	6.300
	Máximo	11.76	397.44	328.20		0.003	0.363	0.027	6.300
	n	1	3	3		3.000	3.000	3.000	1.000
Cuenca baja Río Seco Influencia urbana	**PMRS 11**	14.94	369.3	145.2	0.8	0.0090	0.8895	0.0246	<5
	PMRS 1	42.6	188.3	187.0	<0.05	0.0059	3.9716	<0.001	8.50
	PMRS 7	37.5	186.1	167.9	0.9	0.0066	2.8637	<0.001	12.00
	PMRS 8	177	252.8	261.5	0.5	0.0041	5.4416	0.0142	20.00
	Promedio	68.01	249.12	190.40	0.72	0.01	3.29	0.02	13.50
	D. Est.	73.65	85.87	50.39	0.21	0.002	1.92	0.01	5.89
	Mínimo	14.94	186.10	145.20	0.49	0.004	0.89	0.01	8.50
	Máximo	177.00	369.29	261.50	0.90	0.01	5.44	0.02	20.00
	n	4	4	4	3	4	4	2	3
Río Seco corriente arriba	**PMRS 12**	10.4	50.4	6.1	<0.05	0.0018	0.1086	0.0257	7.40
	PMRS 14	9.0	215.3	175.9	<0.05	0.0021	0.1530	0.0117	7.40
	PMRS 2	8.5	20.7	37.5	<0.05	0.0019	0.1351	<0.001	6.60
	PMRS 3	11.7	73.0	0.8	<0.05	0.0007	0.0383	0.0279	9.40
	PMRS 4	10.3	61.5	2.4	<0.05	0.0006	0.0763	0.0321	11.30
	PMRS 5	6.4	119.1	16.0	<0.05	0.0010	0.1414	0.0270	5.30
	PMRS 6	10.6	48.8	2.5	<0.05	0.0008	0.0938	0.0279	<5
	Promedio	9.55	84.12	34.45		0.0013	0.11	0.03	7.90
	D. Est.	1.77	65.15	63.70		0.0007	0.04	0.01	2.13
	Mínimo	6.36	20.70	0.82		0.0006	0.04	0.01	5.30
	Máximo	11.70	215.28	175.90		0.0021	0.15	0.03	11.30
	n	7	7	7		7	7	6	6
Río Cuxcuchapa corriente arriba	**PMRC 6**	6.2	21.5	7.0	<0.05	<0.001	<0.001	0.0277	<5
	PMRC 5	12.6	48.7	1.4	<0.05	0.0015	0.1652	0.0305	<5
	PMRC 4	4.6	27.3	7.9	<0.05	<0.001	0.0859	0.0283	<5
	PMRC 3	5.5	12.4	7.8	<0.05	<0.001	0.0668	<0.001	<5
	PMRC 2	8.6	32.8	23.0	<0.05	0.0005	0.0589	<0.001	<5
	PMRC 1	3.9	38.6	6.3	<0.05	<0.001	<0.001	<0.001	6.20
	Promedio	6.90	30.23	8.91		0.0010	0.09	0.03	6.20
	Desv. Est.	3.23	12.80	7.32		0.0007	0.05	0.00	
	Mínimo	3.90	12.42	1.40		0.0005	0.06	0.03	6.20
	Máximo	12.60	48.69	23.01		0.0015	0.17	0.03	6.20
	n	6	6	6		2	4	3	1

Fuente: Elaboración IMP

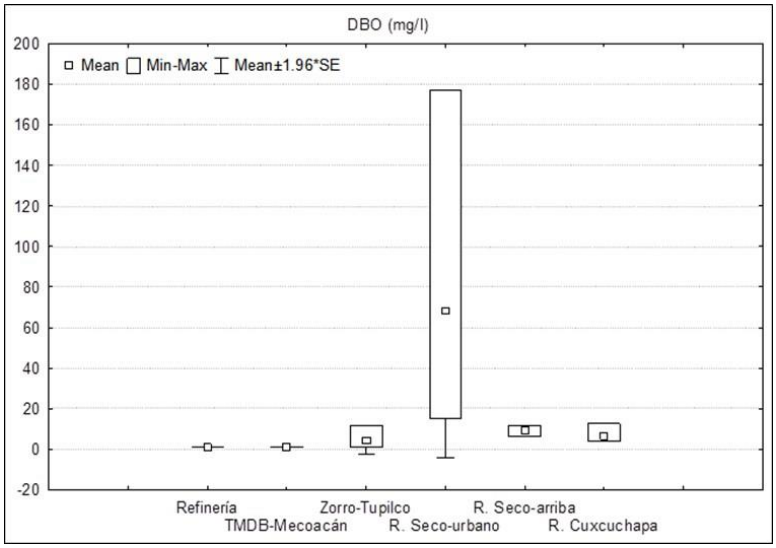
DBO.

La DBO es una medida aproximada de la cantidad de materia orgánica bioquímicamente degradable en una muestra de agua y está definida por la cantidad de oxígeno requerida para que biota aeróbica oxide la materia orgánica a su forma inorgánica estable. Este parámetro puede estar influido por factores como

la demanda de oxigeno por respiración de algas y la posible oxidación de amonio, así como la toxicidad de las muestras afectando la actividad microbiológica, por lo que, en el cauce de las corrientes de agua desde las partes superiores hasta la cuenca baja, los valores de DBO podrán variar de acuerdo con los aportes de afluentes, descargas y características hidrológicas de las corrientes.

En la Figura IV.143 se representa la variación de la DBO en los sistemas lagunares costeros y ríos. Los valores menores de DBO (< al límite de práctico de cuantificación analítica) se observaron en las estaciones de los sistemas más cercanos a la línea de costa, lo cual pudiera estar influido por la salinidad registrada en éstos puntos afectando al inoculo biológico de la prueba de laboratorio.

Figura IV.143. Comportamiento de la DBO en los cuerpos acuáticos del SAR, abril 2019



Fuente: Elaboración IMP

Los valores de DBO más altos en abril 2019 se registraron en el río Seco con influencia urbana (14.94 a 177 mg/L, seguido de las secciones corriente arriba del río Seco (6.36 – 11.7 mg/L) y rio Cuxcuchapa (3.9 – 12.6 mg/L). El valor observado en febrero 2017 en una muestra puntual del río Cuxcuchapa por la SERNAPAM de Tabasco fue de 8 mg/L, intermedio al rango registrado en 2019.

Los criterios de CONAGUA para calidad del agua de cuerpos superficiales aplicado en el monitoreo de SERNAPAM indica calidad aceptable para el Cuxcuchapa (6 mg/L < DBO5 ≤ 30 mg/L), misma clasificación aplica para la porción corriente arriba del río Seco y la estación PMRS9 de la porción baja en la zona Zorro-Tupilco (11.76 mg/L).

La NOM-001-SEMARNAT-2018 (DOF, 2018) considera como criterio para aguas costera, valores límite de 150 mg/L. Esta referencia sólo fue superior en el punto PMRS8 del río Seco en la porción con influencia urbana del poblado de Paraiso.

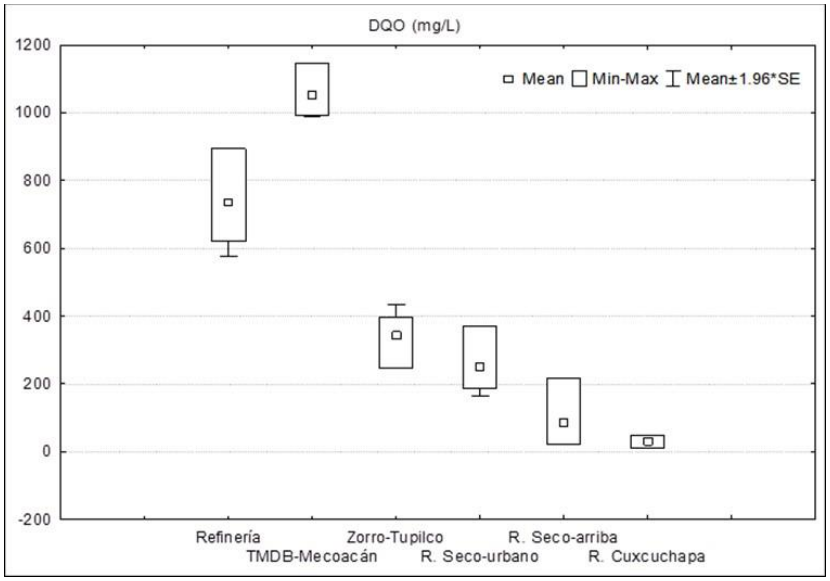
El monitoreo realizado al rio Seco en un tramo de 13 km para Dragado y Desazolve en la zona urbana de Paraíso, tuvo valores entre 35.7 y 47.6 mg/L. Los criterios de CONAGUA indican calidad del agua contaminada, sin embargo, no alcanzan el límite de 150 mg/L que marca la NOM.

DQO:

La DQO mide el oxígeno equivalente del contenido de sustancias contaminantes orgánicas o inorgánicos reductoras, que pueden oxidarse por la presencia de un agente químico altamente oxidante (APHA, 1995). Este parámetro se utiliza como indicador de la presencia de sustancias provenientes de descargas no municipales.

Los valores de DQO en aguas superficiales de los sistemas monitoreados en abril 2019 se muestran en la Figura IV.144 y Tabla IV.47.

Figura IV.144. Comportamiento de la DQO en cuerpos acuáticos del SAR, abril 2019.



Fuente: Elaboración IMP

Los valores promedio más altos de DQO fueron para las zonas de la Laguna de Mecoacán junto a la Terminal Marítima Dos Bocas (991 – 1146.4 mg/L de O_2) y la zona del proyecto de Refinería (621 – 894.2 mg/L de O2). La NOM-001-SEMARNAT-2018 (DOF, 2018) marca como límite permisible, valor instantáneo a 120 mg/L de zonas marinas y estuarios, y 210 mg/L para ríos y arroyos. Los niveles de DQO menores a

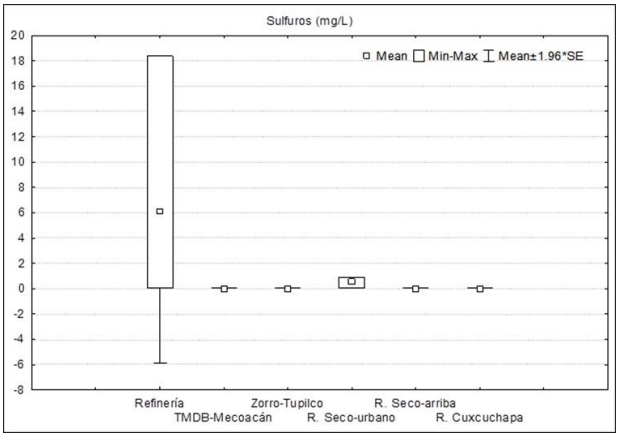
este límite se registraron en el río Seco y el Cuxcuchapa con valores promedio de 84.12 y 30.23 mg/L respectivamente. Los valores promedio de las áreas de la cuenca baja del río Seco con influencia urbana (249.12 mg/L O_2) y en el sitio de la laguna Zorro-Tupilco (342.24 mg/L O_2), superaron igualmente el límite permisible establecido para zonas marinas y estuarios.

La Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental de Tabasco (SERNAPAM, 2017), determinó en febrero 2017 un valor, puntualmente de DQO en el río Cuxcuchapa de 56 mg/L con clasificación de calidad del agua como contaminada (40 mg/L<DQO≤ 200 mg/L) de acuerdo con los criterios establecidos por CONAGUA para valorar la calidad del agua de los cuerpos superficiales. Los valores que considera esta clasificación una calidad del agua de aceptable a excelente son ≤ 40 mg/L observados sólo en la parte alta del río Cuxcuchapa (12.42 a 48.6 mg/L de O2) y una estación del río Seco (PMRS2).

Chapman (1992) declara concentraciones típicas en aguas superficiales que van de 20 mg/L O_2 o menos en aguas no contaminadas a más de 200 mg/L en sitios receptores de efluentes. En descargas residuales industriales se reconocen niveles de 100 a 60,000 mg/L. El comportamiento de la DQO marca mayor impacto químico en el área cercana a la línea de costa (sitios del proyecto de la refinería, influencia de las actividades de TMDB, lagunas del Zorro-Tupilco) y menor hacia las secciones río arriba del río Seco y Cuxcuchapa, sugiriendo mayor influencia de las instalaciones industriales costeras.

Sulfuros: Los sulfuros sólo se presentaron en 4 estaciones en el sitio de la refinería se alcanzaron concentraciones de 18.38 mg/L coincidiendo con ausencia de oxígeno disuelto, en las estaciones de influencia urbana de río Seco también se observó la presencia de sulfuro en concentraciones dos órdenes de magnitud menores 0.5 a 0.9 mg/L (Figura IV.145, Tabla IV.47) Los criterios ecológicos de calidad del agua, mencionan como límite permisible 0.002 mg/L (CE-CCA, 1989).

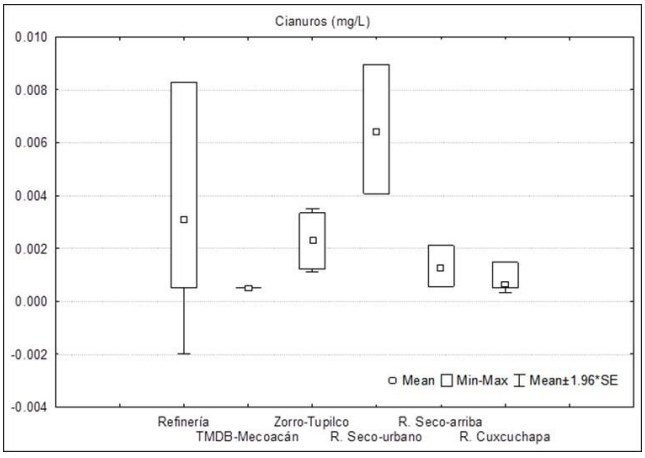
Figura IV.145. Comportamiento de sulfuros en cuerpos acuáticos del SAR, abril 2019.



Fuente: Elaboración IMP

Cianuros: Los cianuros se presentaron en un intervalo de 0.0006 a 0.0090 mg/L, con las concentraciones más altas en las aguas superficiales de las estaciones al norte de la refinería y en el río Seco en la franja de influencia urbana, los criterios ecológicos de calidad del agua y los estándares SQUIRT proponen como la concentración de 0.001 mg/L como límite de calidad y valor crónico en aguas marinas, mientras que para agua dulce los límites crónico y agudo son 0.0052 y 0.022 mg/L respectivamente. Las concentraciones más altas en los sitios mencionados rebasan ese límite y son consistentes con la presencia de sulfuros (Figura IV.146).

Figura IV.146. Comportamiento de cianuros en cuerpos acuáticos del SAR, abril 2019.

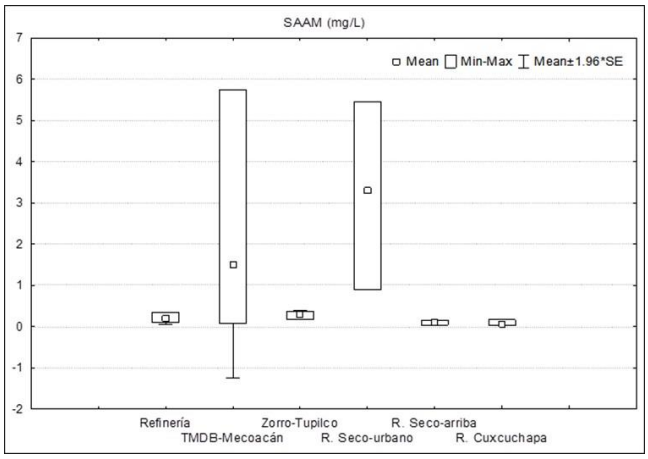


Fuente: Elaboración IMP

SAAM: Las sustancias activas al azul de metileno, se presentaron en un intervalo de 0.0589 a 5.7299 mg/L. Los criterios ecológicos de calidad del agua, proponen un valor

de referencia de 0.1 mg/L para agua dulce y ecosistemas costeros, de acuerdo es éste, solo ocho estaciones tienen una calidad aceptable con concentraciones menores, se presentaron dos valores mayores a 5 SAAM en la estación el Bellote de la laguna Mecoacán y en el área con influencia urbana en el río Seco, donde además el resto de las estaciones presentaron valores altos entre 0.8 y 3.9 mg/L, el resto de las concentraciones fueron menores a 0.3 mg/L (FiguraIV.146), la presencia de estas sustancias indica la existencia de descargas urbanas no controladas con exceso de carga de materia orgánica por fuentes domésticas.

Figura IV.147. Comportamiento de SAAM en cuerpos acuáticos del SAR, abril 2019.

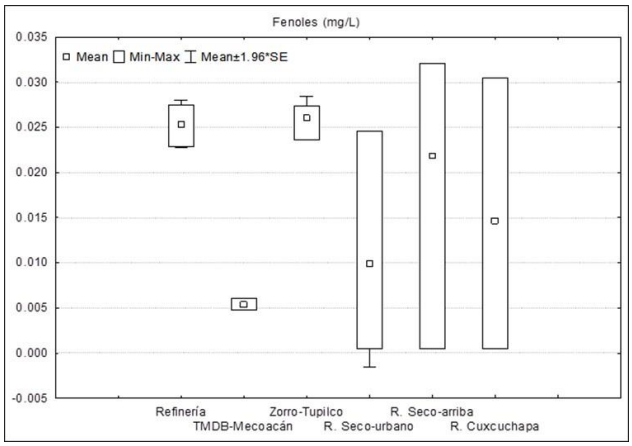


Fuente: Elaboración IMP

Fenoles: Los fenoles en abril de 2019, se presentaron en un intervalo absoluto de 0.01 a 0.0305 mg/L, presentan un comportamiento espacial con alta variabilidad entre sitios y una alta dispersión de los valores, principalmente en el río Seco (urbano y aguas arriba) y Cuxcuchapa. Las concentraciones de fenoles en aguas no contaminadas se encuentran alrededor de 0.02 mg/L, por otro lado se han observado efectos nocivos en peces a concentraciones de fenoles de 0.01 mg/L. (Chapman y Kimstach, 1992), Las aguas marinas contaminadas presentan concentraciones de fenoles de 0.130 mg/L (Neff, 2002), las que no se observaron en los cuerpos acuáticos estudiados. El 56% de las concentraciones rebasan la concentración propia de aguas no contaminadas, el resto de los valores, no representan un efecto nocivo a los peces, solamente en las estaciones de la TMDB Mecoacán todas las concentraciones se presentaron por debajo de ambos límites y las estaciones de refinería y Zorro Tupilco, son propias de aguas contaminadas por fenoles (Figura IV.148) Los criterios ecológicos de calidad del agua proponen la concentración de 0.06 mg/L como límite para la sobrevivencia de la vida acuática en

aguas costeras marinas, las concentraciones medidas no muestran problemática ambiental relacionada con este parámetro.

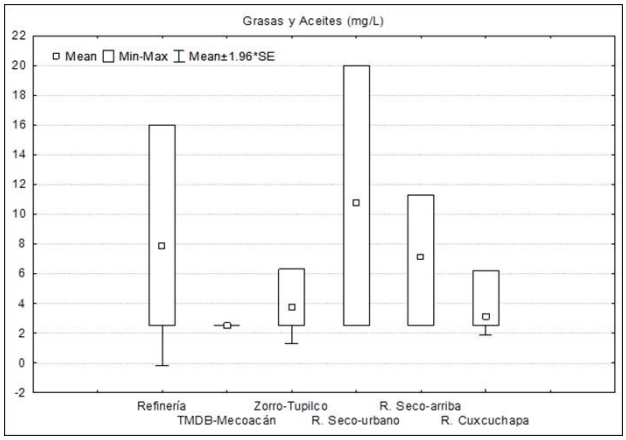
Figura IV.148. Comportamiento de fenoles en cuerpos acuáticos del SAR, abril 2019.



Fuente: Elaboración IMP

Grasas y aceites: Las grasas y aceites se presentaron en un intervalo de 5.2 a 20 mg/L, en las estaciones TMDB Mecoacán, Zorro - Tupilco y en las del río Cuxcuchapa, los valores observados fueron menores al límite práctico de detección < 5.0 mg/L, los más altos en las estaciones de influencia urbana de río Seco, en todos los casos las concentraciones observadas son menores límite permisible correspondiente al valor instantáneo (VI) de 21 mg/L, el cual no debe ser excedido en la descarga de aguas residuales. Las grasas y aceites de acuerdo a la norma son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como de hidrocarburos del petróleo que son extraídos de la muestra utilizando hexano como solvente. Cabe recalcar que el valor mencionado corresponde a aguas residuales que se descargan a aguas marinas y estuarinas, por lo que su presencia en el medio se debe considerar alta tanto en las estaciones de Refinería como en las de influencia urbana del río Seco aún cuando el límite no se rebase (Figura IV.149).

Figura IV.149. Comportamiento de grasas y aceites en cuerpos acuáticos del SAR, abril 2019.



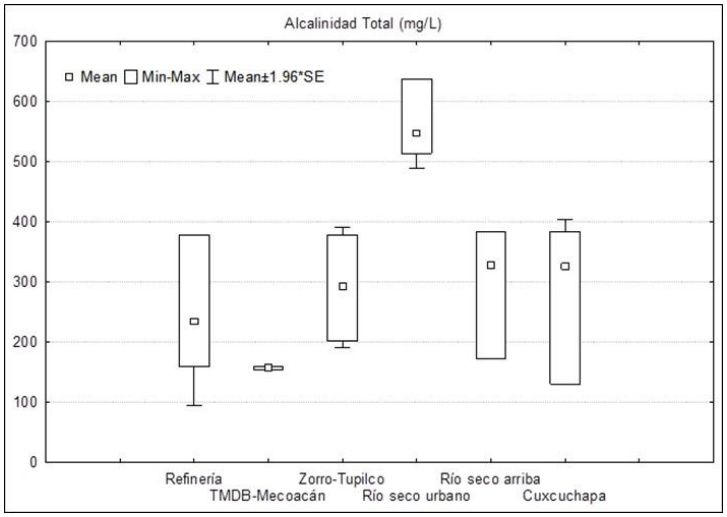
Fuente: Elaboración IMP

Alcalinidad (mg/L): La alcalinidad total de las aguas se refiere a la cantidad y tipos de compuestos que tienden a neutralizar un ácido, estos compuestos son carbonatos, bicarbonatos e hidroxilos y con menor frecuencia boratos, silicatos, fosfatos y aniones provenientes de la disociación de ácidos débiles; es expresada como mg de $CaCO_3$ por Litro (Seoanez, 1995). De esta manera, la alcalinidad ayuda a regular los cambios del pH producido por la adición de ácidos.

Ambientalmente la evaluación de la alcalinidad se utiliza para tratar el agua, reviste suma importancia en los procesos de potabilización del agua ya que la eficiencia del proceso de coagulación depende fuertemente de este parámetro; asimismo, en el antiguo proceso de ablandamiento químico del agua la medida de la alcalinidad es fundamental para determinar las cantidades necesarias de cal y carbonato de sodio para lograr la precipitación de las sales de calcio y magnesio (Henry, 1999).

La concentración de alcalinidad es útil también, en el tratamiento de aguas residuales en aquellos casos en los que empleen tratamientos químicos, en la eliminación biológica de nutrientes, y cuando haya que eliminar el amoníaco mediante arrastre por aire, Aguamarket.com, 2019.

Figura IV.150. Comportamiento de alcalinidad toral en cuerpos acuáticos del SAR, abril 2019.



Fuente: Elaboración IMP

Los valores de Alcalinidad más altos en abril 2019, se registraron en la cuenca baja del Río Seco con influencia urbana (637.20 y 513.3 mg/L,), le siguen las secciones Río Seco corriente arriba, Rio Cuxcuchapa, la sección Zorro-Tupilco del río Seco, los sitios de la Refinería y finalmente los valores más bajos se reportaron en la cuenca baja TMDB-Mecoacán de 153.4 a 159.3 mg/L).

No existe normatividad nacional que regule las concentraciones de éste parámetro, sin embargo, se sabe que normalmente, el agua residual es alcalina, propiedad que adquiere de las aguas de tratamiento, el agua subterránea, y los materiales añadidos en los usos domésticos, Aguamarket.com, 2019.

Tabla IV.46. Valores de variables de calidad del agua superficie en estaciones de los cuerpos acuáticos del SAR, abril 2019.

Sistema Lagunar	ESTACIÓN	Alcalinidad Total mg/L	Coliformes Fecales NMP/100 ml	Coliformes Totales NMP/100 ml	Sólidos sedimentables ml/L
Sitios Proyecto Refinería	**Sitio 2-Refinería-1**	377.6	240	460	0.200
	Sitio 2-Refinería-2	165.2	2400	4600	< 0.1
	Sitio 2-Refinería-3	159.3	4	23	< 0.1
	Promedio	234.03	881	1694	0.20
	D. Est.	124.37	1320	2526	
	Mínimo	159.30	4	23	0.20
	Máximo	377.60	2400	4600	0.20
	n	3	3	3	1
Cuenca baja TMDB-Mecoacán	**Nuevo Torno Largo - 1**	159.3	9	93	0.1
	Nuevo Torno Largo - 2	159.3	150	150	0.5
	Nuevo Torno Largo - 3	153.4	9	23	0.1
	Bellote - 1	153.4	240	4600	0.2
	Promedio	156.35	102	1217	0.23
	D. Est.	3.41	113	2256	0.19
	Mínimo	153.40	9	23	0.10
	Máximo	159.30	240	4600	0.50
	n	4	4	4	4
Cuenca baja río Seco Zorro-Tupilco	**PMRS 9**	377.6	2400	11000	1.4
	PMRS 10	200.6	9	9	0.2
	PMRS 13	295	9	9	< 0.1
	Promedio	291.07	806	3673	0.80
	D. Est.	88.57	1380	6346	0.85
	Mínimo	200.60	9	9	0.20
	Máximo	377.60	2400	11000	1.40
	n	3	3	3	2
Cuenca baja Río Seco Influencia urbana	**PMRS 11**	513.3	≥ 24 000	≥ 24 000	0.100
	PMRS 1	525.1	≥ 24 000	≥ 24 000	< 0.1
	PMRS 7	513.3	≥ 24 000	≥ 24 000	< 0.1
	PMRS 8	637.2	≥ 24 000	≥ 24 000	< 0.1
	Promedio	547.23			0.10
	D. Est.	60.24			
	Mínimo	513.30			0.10
	Máximo	637.20			0.10
	n	4			1
Río Seco corriente arriba	**PMRS 12**	383.5	150	1 500	< 0.1
	PMRS 14	342.2	93	93	1
	PMRS 2	371.7	2400	2400	< 0.1
	PMRS 3	171.1	93	240	1
	PMRS 4	318.6	11000	11000	9
	PMRS 5	383.5	11000	11000	3
	PMRS 6	324.5	240	240	0.2
	Promedio	327.87	3568	4162	2.68
	D. Est.	74.15	5144	5365	3.70
	Mínimo	171.10	93	93	0.20
	Máximo	383.50	11000	11000	9.00
	n	7	7	6	5
Río Cuxcuchapa corriente arriba	**PMRC 6**	383.5	9	93	< 0.1
	PMRC 5	354	≥ 24 000	≥ 24 000	0.1
	PMRC 4	371.7	240	1500	0.2
	PMRC 3	359.9	240	240	< 0.1
	PMRC 2	354	460	4600	< 0.1
	PMRC 1	129.8	15	43	< 0.1
	Promedio	325.48	193	1295	0.15
	Desv. Est.	96.55	188	1942	0.07
	Mínimo	129.80	9	43	0.10
	Máximo	383.50	460	4600	0.20
	n	6	5	5	2

Fuente: Elaboración IMP

En el IMP-PEMEX-IMTA (1997), se analizaron las descargas de una refinería y un CPQ del estado de Veracruz, con los siguientes valores de alcalinidad:

SITIO	Alcalinidad Total en mg/L	
	Mínimo	Máximo
Refinería	36.95	1,540.42
CPQ	32.97	168.25

Los criterios ecológicos de alcalinidad indican en el caso de efectos un intervalos de alcalinidad en cuerpos de agua dulce de 5 a 200 mg/L, (CE-CCA, 1989) considerando categorías de organismos altamente sensible y en el extremo opuesto resistentes, considerando estos criterios todos los sitios presentan valores superiores promedio a 200 mg/L a excepción de los puntos en la TMBD en la laguna Mecoacán que tienen un promedio de 156.35 mg/L.

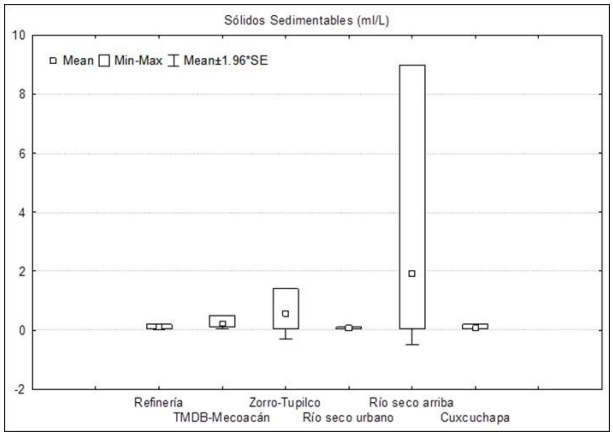
Por otro lado, es la zona urbana la que está reflejando la mayor afectación por alcalinidad total a la cuenca baja del Río Seco sin ser superiores a lo reportado en una descarga de una instalación petrolera, que podría considerarse cómo muy contaminada.

Sólidos Sedimentables: Las partículas sólidas presentes en un agua, pueden sedimentarse debido a su densidad o pueden permanecer flotando en ella. Muchos procesos industriales arrojan en sus afluentes cantidades apreciables de estos materiales influyendo adversamente en los cuerpos de aguas receptoras obstruyendo el paso de la luz solar, por lo tanto disminuyen la actividad fotosintética de las plantas acuáticas trayendo como consecuencia la disminución de la concentración de oxígeno disuelto en el agua, lo que induce a la creación de un estado anaerobio indeseable (Giraldo, 1995).

En el mismo orden de ideas, muchos de los contaminantes están adsorbidos a las partículas sólidas por lo que existe una alta probabilidad, de qué además de lo mencionado en el párrafo anterior, se transporten contaminantes orgánicos e inorgánicos.

Otro de los usos más frecuentes de este parámetro es en el diseño de plantas de tratamiento ya que permite el cálculo de volúmenes de filtración, entre otros.

Figura IV.151. Comportamiento de los sólidos sedimentables en los cuerpos acuáticos del SAR, abril 2019.



Fuente: Elaboración IMP

En la Figura IV.151 se observa, en general, que la mayoría de los valores son muy bajos tomando como referencia el límite de 2 ml/L promedio diario que marca la normatividad mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. Sólo se identificó un valor máximo extremo en la cuenca río Seco corriente arriba en la estación PMRS-4 con 9.0 ml/L. Este valor puede explicarse por estar asociado a condiciones particulares, entre las que se pueden considerar el tipo de sedimento, la profundidad de la columna de agua, la velocidad de flujo, la presencia y tipo de descargas, etc.

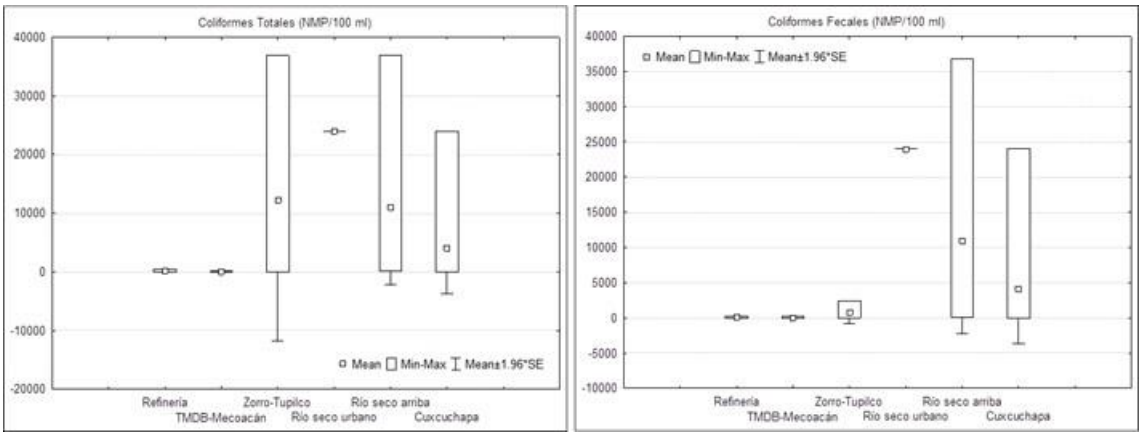
En conclusión, sólo existe un punto en el río Seco corriente arriba en la estación PMRS-4, donde se presenta condiciones ideales para la creación de un estado anaerobio indeseable en la columna de agua que facilite los fenómenos de contaminación por sólidos sedimentables.

Por último, y reafirmado lo encontrado en el muestreo del presente, en el monitoreo realizado en el 2005 en el Río Seco en un tramo de 13 km para el dragado y desazolve en la zona urbana de Paraíso, donde se reportaron valores entre “No Detectado” a 0.1 ml/L., no se rebasó en ningún caso el límite de 2 m/L promedio diario.

Bacterias coliformes fecales y totales (NMP/100 ml): La contaminación microbiológica por diversas fuentes antropogénicas se monitorea mediante la cuantificación de bacterias coliformes; su presencia es indicativa de contaminación del agua por aguas negras y otro tipo de desechos en descomposición. La contaminación fecal representa un riesgo sanitario ya que supone la incorporación de microorganismos patógenos que pueden afectar a la salud humana (Ramos-Ortega et al., 1998).

En la Figura IV.152 se representa el comportamiento de los coliformes fecales y totales de las muestras colectadas en abril, 2019.

Figura IV.152. Comportamiento de coliformes fecales y totales en cuerpos acuáticos del SAR, abril 2019.

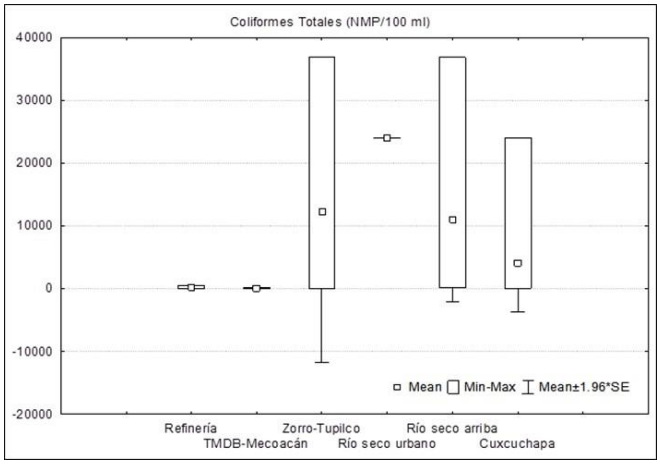


Fuente: Elaboración IMP

La cuantificación de coliformes fecales y totales se presenta en la Tabla IV.39. La más baja, se presentó en las estaciones del área del proyecto de la Refinería (4 a 2400 NMP/100 ml de coliformes fecales y entre 23 y 4600 NMP/100 ml de totales), así como en la zona de la TMDB-Mecoacán (9 a 240 NMP/100 ml de coliformes fecales y entre 23 y 4600 NMP/100 ml de totales). Los ríos Seco y Cuxcuchapa en registraron comportamientos relativamente similares, con conteos entre 93 – 11000 NMP/100 ml de coliformes totales y fecales en el río Seco corriente arriba y en el Cuxcuchapa 9 – 460 NMP/100 ml de fecales y de 43 – 4600 NMP/100 ml de totales. La SERNAPAM en febrero, 2017 cuantificó para el río Cuxcuchapa, en el punto del puente "campo Mecoacán" por la carretera Jalpa de Mendez-Chiltepec, 7900 NMP/100 ml, sitio con mayor contaminación posiblemente por la presencia de aguas negras.

Los valores más altos de ambas clases de coliformes se encontraron, evidentemente, en el río Seco con influencia urbana >24,000 NMP/100 ml. La NOM-001-SEMARNAT-2018 indica como límite permisible de *Escherichia coli* y Enterococos fecales en sistemas loticos y zonas marinas y estuarinas, conteos de 1400 NMP/100 ml. Este límite permisible se superó en el río Seco con influencia urbana, sitio PMRS9 y en la zona del proyecto de Refinería el Sitio 2-Refinería 2. Por otra parte, la CONAGUA clasifica la calidad del agua como excelente a aceptable para coliformes fecales cuantificado < a 1000 NMP, siendo entonces considerada como contaminada a fuertemente contaminados los sitios mencionados y el 50% de las estaciones que se ubican en los ríos Seco y Cuxcuchapa corriente arriba.

Figura IV.153. Comportamiento de coliformes totales en cuerpos acuáticos del SAR, abril 2019.



Fuente: Elaboración IMP

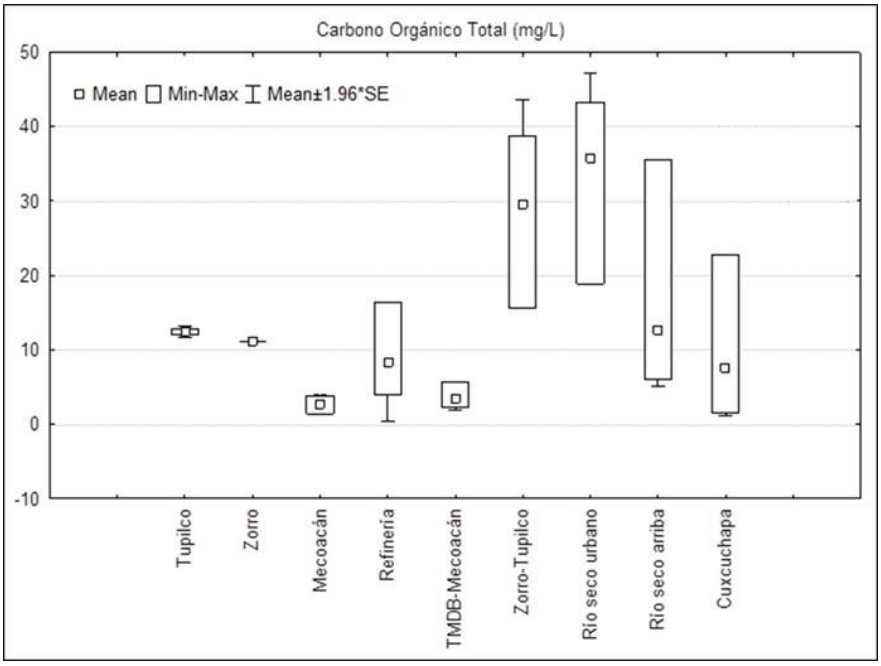
Compuestos orgánicos en agua y sedimentos

Agua

Carbono orgánico total: Los ambientes acuáticos, de forma natural contienen materia orgánica que puede medirse como COT, el cual es un indicador de la cantidad de material orgánico presente, misma que se puede estimar mediante la medición de propiedades relacionadas como son la Demanda Bioquímica de Oxígeno (BOD) o la Demanda Química de Oxígeno (COD). El COT proviene principalmente de materia viva como plantas o aportes orgánicos terrestres o como componente de materiales residuales o efluentes, siendo indicador del grado de contaminación orgánica.

El contenido de COT en agua de los sistemas hídricos considerados para el SAR, se representa en la Figura IV.154 y Tabla IV.49.

Figura IV.154. Comportamiento de Carbón Orgánico Total COT en cuerpos acuáticos del SAR, abril 2019.



Fuente: Elaboración IMP

Las concentraciones de COT con mayor variabilidad se observaron en los ríos Seco y Cuxcuchapa (1.59 a 22.83 mg/L). Los niveles más altos en promedio correspondieron al rio Seco en la porción con mayor influencia urbana (18.89 – 43.32 mg/L) y en las lagunas Zorro (11.2 mg/L) y Tupilco (12.1 – 12.8 mg/L), cuyos promedios se incrementaron en el período de un año a niveles de 15.56 a 38.78 mg/L, sugiriendo mayor ingreso de material orgánico ya sea por aporte de afluentes o por la incorporación orgánica vía aporte sedimentario. En aguas superficiales, las concentraciones de COT son generalmente menores a 10 mg/L a menos que presenten influencia de descargas industriales o municipales o se trate de áreas de pantanos (Chapman, 1992), en tales casos los niveles pueden exceder los 100 mg/L. El COT, al estar definida por los materiales disueltos y suspendidos, puede variar por fluctuaciones en los sólidos suspendidos, las cuales son pronunciadas en ríos.

Tabla IV.47. Valores de compuestos orgánicos en agua de superficie y fondo en estaciones de los cuerpos acuáticos del SAR, marzo 2018 y abril 2019.

Sistema Lagunar	ESTACIÓN	CARBONO ORGANICO		HC-FRACCION LIGERA		HC-FRACCION PESADA		BENCENO (uz/L)		ETILBENCENO (uz/L)		m+p XILENO (uz/L)		O-XILENO (uz/L)		TOLUENO (uz/L)		HC-FRACCION MEDIA	
		SUP.	FONDO	SUP.	FONDO	SUP.	FONDO	SUP.	FONDO	SUP.	FONDO	SUP.	FONDO	SUP.	FONDO	SUP.	FONDO	SUP.	FONDO
Tupilco	T10	12.1	*	<0.03	*	⌀	*	<0.12	*	<0.14	*	<0.22	*	<0.21	*	<0.12	*	<0.0396	*
	T11	12.8	12	<0.03	<0.03	⌀	⌀	<0.12	<0.12	<0.14	<0.14	<0.22	<0.22	<0.21	<0.21	<0.12	<0.12	<0.0396	<0.0396
	Promedio	12.45	12.00																
	Desv. Est.	0.49																	
	Mínimo	12.10	12.00																
	Máximo	12.80	12.00																
	n	2	1																
El Zorro	Z12	11.2	11.9	<0.03	<0.03	⌀	⌀	<0.12	<0.12	<0.14	<0.14	<0.22	<0.22	<0.21	<0.21	<0.12	<0.12	<0.0396	<0.0396
	Z13	11.2	11.2	<0.03	<0.03	⌀	⌀	<0.12	<0.12	<0.14	<0.14	<0.22	<0.22	<0.21	<0.21	<0.12	<0.12	<0.0396	<0.0396
	Promedio	11.20	11.55																
	Desv. Est.	0.00	0.49																
	Mínimo	11.20	11.20																
	Máximo	11.20	11.90																
	n	2	2																
Mecoacán	ME14	1.4	1.2	<0.03	<0.03	⌀	⌀	<0.12	<0.12	<0.14	<0.14	<0.22	<0.22	<0.21	<0.21	<0.12	<0.12	<0.0396	<0.0396
	ME15		3.2	<0.03	<0.03	⌀	⌀	<0.12	<0.12	<0.14	<0.14	<0.22	<0.22	<0.21	<0.21	<0.12	<0.12	<0.0396	<0.0396
	ME16	3.8	3.5	<0.03	<0.03	⌀	⌀	<0.12	<0.12	<0.14	<0.14	<0.22	<0.22	<0.21	<0.21	<0.12	<0.12	<0.0396	<0.0396
	ME17	3.7	*	<0.03	*	⌀	*	<0.12	*	<0.14	*	<0.22	*	<0.21	*	<0.12	*	<0.0396	*
	ME18	2	1.3	<0.03	<0.03	⌀	⌀	<0.12	<0.12	<0.14	<0.14	<0.22	<0.22	<0.21	<0.21	<0.12	<0.12	<0.0396	<0.0396
	Promedio	2.73	2.30																
	Desv. Est.	1.21	1.22																
	Mínimo	1.40	1.20																
	Máximo	3.80	3.50																
	n	4	4																
Sitios Proyecto Refinería	Sitio 2-Refinería-1	16.47	*	<0.03	*	61	*	<0.12	*	<0.14	*	<0.22	*	<0.21	*	<0.12	*	<0.0396	*
	Sitio 2-Refinería-2	4.597	*	<0.03	*	⌀	*	<0.12	*	<0.14	*	<0.22	*	<0.21	*	<0.12	*	2.550	*
	Sitio 2-Refinería-3	4.016	*	<0.03	*	⌀	*	<0.12	*	<0.14	*	<0.22	*	<0.21	*	<0.12	*	<0.0396	*
	Promedio	8.36				6.10												2.55	
	D. Est.	7.03																	
	Mínimo	4.02				6.10												2.55	
	Máximo	16.47				6.10												2.55	
	n	3				1												1	
Carnica baja TMDB-Mecoacán	Nuevo Tomo Largo - 1	5.745	*	<0.03	*	⌀	*	<0.12	*	<0.14	*	<0.22	*	<0.21	*	<0.12	*	<0.0396	*
	Nuevo Tomo Largo - 2	2.82	*	<0.03	*	⌀	*	<0.12	*	<0.14	*	<0.22	*	<0.21	*	<0.12	*	<0.0396	*
	Nuevo Tomo Largo - 3	2.73	*	<0.03	*	⌀	*	<0.12	*	<0.14	*	<0.22	*	<0.21	*	<0.12	*	<0.0396	*
	Bellote - 1	2.945	*	<0.03	*	⌀	*	<0.12	*	<0.14	*	<0.22	*	<0.21	*	<0.12	*	<0.0396	*
	Promedio	3.44																	
	D. Est.	1.56																	
	Mínimo	2.82																	
	Máximo	5.75																	
	n	4																	
Carnica baja Rio Seco Zona-Tupilco	PMRS9	34.68	*	<0.03	*	⌀	*	<0.12	*	<0.14	*	<0.22	*	<0.21	*	<0.12	*	<0.0396	*
	PMRS 10	15.56	*	<0.03	*	⌀	*	<0.12	*	<0.14	*	<0.22	*	<0.21	*	<0.12	*	<0.0396	*
	PMRS 13	38.78	*	<0.03	*	⌀	*	<0.12	*	<0.14	*	<0.22	*	<0.21	*	<0.12	*	<0.0396	*
	Promedio	29.67																	
	D. Est.	12.39																	
	Mínimo	15.56																	
	Máximo	38.78																	
	n	3																	
Carnica baja Rio Seco Influencia urbana	PMRS 11	18.89	*	<0.03	*	⌀	*	<0.12	*	<0.14	*	<0.22	*	<0.21	*	<0.12	*	<0.0396	*
	PMRS1	38.43	*	<0.03	*	⌀	*	<0.12	*	<0.14	*	<0.22	*	<0.21	*	<0.12	*	3.510	*
	PMRS7	42.68	*	<0.03	*	⌀	*	<0.12	*	<0.14	*	<0.22	*	<0.21	*	<0.12	*	3.720	*
	PMRS8	43.32	*	<0.03	*	11.0	*	<0.12	*	<0.14	*	9.220	*	<0.21	*	<0.12	*	6.660	*
	Promedio	35.83				11.00						9.22						4.63	
	D. Est.	11.30																1.76	
	Mínimo	18.89				11.00						9.22						3.51	
	Máximo	43.32				11.00						9.22						6.66	
	n	4				1						1						3	
Rio Seco corriente arriba	PMRS 12	10.95	*	<0.03	*	⌀	*	<0.12	*	<0.14	*	<0.22	*	<0.21	*	<0.12	*	<0.0396	*
	PMRS 14	35.57	*	<0.03	*	⌀	*	<0.12	*	<0.14	*	<0.22	*	<0.21	*	<0.12	*	<0.0396	*
	PMRS2	7.539	*	<0.03	*	⌀	*	<0.12	*	<0.14	*	<0.22	*	<0.21	*	<0.12	*	<0.0396	*
	PMRS3	11.17	*	<0.03	*	⌀	*	<0.12	*	<0.14	*	1.97	*	1.52	*	0.59	*	<0.0396	*
	PMRS4	8.437	*	<0.03	*	⌀	*	<0.12	*	<0.14	*	<0.22	*	<0.21	*	<0.12	*	<0.0396	*
	PMRS5	6.053	*	<0.03	*	⌀	*	<0.12	*	<0.14	*	<0.22	*	<0.21	*	<0.12	*	<0.0396	*
	PMRS6	9.348	*	<0.03	*	⌀	*	<0.12	*	<0.14	*	<0.22	*	<0.21	*	<0.12	*	<0.0396	*
	Promedio	12.75										1.97		1.52		0.59			
	D. Est.	10.23																	
	Mínimo	6.05										1.97		1.52		0.59			
	Máximo	35.57										1.97		1.52		0.59			
	n	7										1		1		1			
Rio Carocol baja corriente arriba	PMRC 6	1.59	*	<0.03	*	⌀	*	<0.12	*	<0.14	*	<0.22	*	<0.21	*	<0.12	*	<0.0396	*
	PMRC 5	22.83	*	<0.03	*	⌀	*	<0.12	*	<0.14	*	17.64	*	<0.21	*	<0.12	*	<0.0396	*
	PMRC 4	3.803	*	<0.03	*	⌀	*	<0.12	*	<0.14	*	<0.22	*	<0.21	*	<0.12	*	<0.0396	*
	PMRC 3	3.902	*	<0.03	*	⌀	*	<0.12	*	<0.14	*	<0.22	*	<0.21	*	<0.12	*	<0.0396	*
	PMRC 2	10.07	*	<0.03	*	⌀	*	<0.12	*	<0.14	*	<0.22	*	<0.21	*	<0.12	*	<0.0396	*
	PMRC 1	3.476	*	<0.03	*	⌀	*	<0.12	*	<0.14	*	<0.22	*	<0.21	*	<0.12	*	<0.0396	*
	Promedio	7.61										17.64							
	Desv. Est.	7.99																	
	Mínimo	1.59										17.64							
	Máximo	22.83										17.64							
	n	6										1							

Fuente: Elaboración IMP

Durante los muestreos realizados en marzo de 2018, no se encontraron concentraciones detectables de hidrocarburos del petróleo en sus fracciones: ligera, media y pesada, tampoco se detectaron HAP´s, biomarcadores, ni concentraciones de compuestos monoaromáticos. En abril de 2019 se detectaron algunos compuestos los que se mencionan a continuación

Hidrocarburos Totales del Petróleo: Los hidrocarburos totales de petróleo no fueron detectados en las muestras de agua colectadas en las lagunas, Tupilco, el Zorro y Mecoacán en marzo de 2018. En abril de 2019, se encontraron concentraciones de fracciones pesada y media en estaciones de la refinería 6.1 y 2.55 mg/L respectivamente y en un punto de la zona del río Seco con influencia urbana 11 mg/L (Tabla IV.48). El método analítico empleado para la determinación de compuestos de la fracción media fue EPA8015C 2007, con LDM de 0.0396 mg/L.

Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP): Los hidrocarburos aromáticos policíclicos no alcanzaron la concentración mínima detectable de acuerdo a los métodos empleados (Tabla IV.50) en ninguna de las muestras de agua en las lagunas. En estudios llevados a cabo en la Laguna de Mecoacán se reporta la presencia de algunos HAP (acenaftileno, antraceno, Benzo(a) antraceno, Benzo(a) pireno, Benzo (g, h, i) perileno, Fenantreno, Fluoranteno, naftaleno y Pireno) en concentraciones menores a 0.15 µg/L, que son inferiores a los criterios ecológicos establecidos para la protección de la vida acuática marina.

Tabla IV.48. Métodos analíticos para la determinación de compuestos orgánicos en agua.

Compuesto	unidades	método	LDM
Benceno	ug/L	US EPA 8260C 2006	0.12
Etilbenceno	ug/L	US EPA 8260C 2006	0.14
Tolueno	ug/L	US EPA 8260C 2006	0.12
M+p-xileno	ug/L	US EPA 8260C 2006	0.22
O-xileno	ug/L	US EPA 8260C 2006	0.21
Acenafteno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.0000077
Acenaftileno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.00000738
Antraceno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.00000344
Benzo (a) antraceno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.00000113
Benzo (a) pireno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.00000579
Benzo (b) fluoranteno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.00000594
Benzo (g,h,i) perileno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.00000515
Benzo (k) fluoranteno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.00000462

Compuesto	unidades	método	LDM
Criseno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.00000104
Dibenzo (a,h) antraceno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.00000378
Fenantreno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.0000145
Fluoranteno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.00000462
Fluoreno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.0000103
Indeno (1,2,3,c-d) pireno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.0000104
Naftaleno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.00000864
Pireno	mg/L	US EPA 8310 1986	0.00000671

Fuente: Elaboración IMP

Biomarcadores del petróleo: Como ya se mencionó no se identificaron compuestos biomarcadores de petróleo en las muestras de agua en las Lagunas del sistema estudiado en marzo de 2018 y en abril de 2019, el análisis de estos compuestos no se realizó.

Hidrocarburos monoaromáticos BTEX: En marzo de 2018 los compuestos monoaromáticos benceno, etilbenceno, xilenos y tolueno (BTEX) no se detectaron en las muestras de agua del sistema de lagunas estudiado y no se tenían antecedentes de medición de estos compuestos en los sistemas acuáticos de estudio, sin embargo en abril de 2019, en el río Seco corriente arriba y zona de influencia urbana se presentaron en un intervalo de 0.59 a 9.22 mg/L y en un punto en el Cuxcuchapa observándose ahí la concentración más alta de 17.74 mg/L (Tabla IV.49), cabe señalar que debido a la alta volatilidad de estos compuestos su presencia en el medio indica una contaminación reciente de productos ligeros, posiblemente de refinados.

Sedimentos

Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP): En marzo de 2018, se encontraron cantidades detectables de HTP (fracción media) en los sedimentos superficiales de tres sitios, uno en la laguna Tupilco (63.06 mg/kg) y dos en la laguna Mecoacán (38.48 mg/kg y 46.21 mg/kg). En la literatura se reporta que las concentraciones de hidrocarburos en la laguna del Carmen y Machona son de 45 ppm, mientras que para la laguna de Mecoacán se midieron en concentración de 88 ppm, sin embargo la comparación debe tomarse con reservas porque los métodos de análisis pueden diferir de un estudio a otro.

Los métodos analíticos empleados para hidrocarburos en sedimento se presentan en la Tabla IV.49, indicando el límite de detección correspondiente.

Tabla IV.49. Métodos analíticos para determinación de hidrocarburos en sedimento.

Compuesto	Unidades	Método	LD
Acenafteno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.0109
Acenaftileno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.0159
Antraceno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.0141
Benzo(a)antraceno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.0086
Benzo(a)pireno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.0122
Benzo(b)fluoranteno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.0119
Benzo(g,h,i)perileno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.0126
Benzo(k)fluoranteno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.0099
Criseno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.0175
Dibenzo (a,h) antraceno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.011
Fenantreno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.0153
Fluoranteno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.0136
Fluoreno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.0179
Indeno(1,2,3,c-d)pireno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.014
Naftaleno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.0108
Pireno	mg/kg	US EPA 8270D 2007	0.0146
Hidrocarburos fracción ligera	mg/kg	EPA 8015D-2003	3.834
Hidrocarburos fracción media	mg/kg	EPA 8015D-2003	12.34
Hidrocarburos fracción pesada	mg/kg	EPA 1664A-1996/EPA 9071B-1996	300

Fuente: Elaboración IMP

Mendoza (2006) Evaluó la concentración de hidrocarburos alifáticos en 23 puntos de la laguna Mecoacán en las temporadas climáticas de norte, estiaje y lluvia por cromatografía de gases, observando valores semejantes a las observaciones en esta evaluación. En la época de estiaje determinó una concentración total de alifáticos en la laguna de Mecoacán de 842.5 µg/g con una concentración promedio de 36.63 µg/g, en la época de nortes una total de 53.42 µg/g y promedio de 2.28 µg/gm y para la temporada de lluvias de 9.4 µg/g en total.

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos HAP´s: Los HAP en sedimento superficial de las lagunas estudiadas se observaron a concentraciones superiores a las mínimas detectables analíticamente. Los hidrocarburos poliaromáticos son compuestos ubicuos de origen múltiple como puede ser la combustión de carbón, emisiones de combustibles fósiles y material orgánico o combustibles fósiles frescos. En las zonas oceánicas, estos compuestos sí se encuentran, suele ser a concentraciones muy bajas o nulas aunque su origen no se determine fácilmente. En las áreas costeras pueden observarse a concentraciones altas principalmente relacionados con zonas

contaminadas por petróleo, derrames, desechos de refinerías, petroquímicas, operaciones de embarque y descargas industriales en general así como emisiones a la atmósfera (Vives et al., 2002).

La identificación de HAP puede ser complicada ya que están sujetos a procesos de dispersión tanto atmosférica como fluvial, donde los parámetros ambientales como tamaño de partícula, corrientes, temperatura, condiciones físicas y químicas, entre otras, determinan la acumulación o dispersión de un lugar determinado.

Los criterios de calidad del sedimento para diferentes compuestos de hidrocarburos poliaromáticos, están basados en su toxicidad misma que está determinada por el peso molecular de los compuestos, aquellos de bajo peso molecular manifiestan su mayor toxicidad de manera aguda, mientras que los de alto peso molecular, siendo más liposolubles poseen potenciales carcinogénicos y mutagénicos que se manifiestan a largo plazo. La Tabla IV.50. presenta las concentraciones cuantificadas de cada uno de los compuestos por sistema lagunar. Observando las concentraciones de HAP totales, el mayor impacto por la presencia de estos compuestos fue en la Laguna Mecoacán > Tupilco > Zorro.

Tabla IV.50. Concentraciones de HAP en los sistemas lagunares muestreados en marzo de 2018 en sedimento.

Sistema Lagunar	ng/g	HAP-BPM	HAP APM	HAP TOTALES
Tupilco	T10	2.62	3.98	6.6
	T11	9.59	18.65	28.24
Zorro	Z12	8.11	4.63	12.74
	Z13	6.58	4.27	10.85
Mecoacán	ME14	3.04	3.69	6.73
	ME15	10.4	8.46	18.86
	ME16	13.7	9.71	23.4
	ME17	17.1	15.38	32.5
	ME18	62.2	104.9	167.1
criterio Agudo	TEL	312	655	1684
	ERL	552	1700	4022
	PSDDA-SL	610	1800	
	SQC-Crónico			
	SQO			
	LAET	5200	12000	
	T20			
Criterio crónico	PEL	1442	6676	16770
	ERM	3160	9600	44792
	HAET	2950	7280	10230
	SQC-Agudo	ND		
	SLC	ND		
	T50			

Fuente: Elaboración IMP

A pesar de haberse cuantificado diferentes especies de HAP, los niveles para esta temporada de secas de 2018 fueron considerablemente menores a lo que marcan los criterios de calidad del sedimento para exposición aguda o crónica, por lo que los niveles de contaminación no representan un impacto significativo.

Mendoza (2006) encuentra una concentración total de HAP en temporada de estiaje de hasta 359.3 µg/g con promedio de 15.62 µg/g, en lluvias máxima de 29.93 µg/g y promedio de 1.3 µg/g y en nortes máxima de 17.83 y promedio de 0.78 µg/g.

La distribución de la contaminación en los sistemas puede estar determinada por el contenido de materiales finos del lecho sedimentario y la propia morfología de los sistemas lagunares que por su hidrodinámica pueden favorecer zonas de mayor depósito contaminante y asolvamiento.

Las concentraciones entre los HAP de alto peso molecular y de bajo peso molecular fueron relativamente proporcionales sugiriendo aportes continuos y recientes al sistema lagunar.

Es así que el sistema Lagunar representa una zona de impacto importante por la presencia de hidrocarburos poliaromáticos cuyas fuentes importantes pueden ser los aportes de aguas continentales del canal Cuxcuchapa, la presencia de la Terminal Marítima Dos Bocas, el ingreso de materiales pirolíticos por quema de campos de cultivo y en menor grado por diagnénesis de materia orgánica. Por ello es recomendable hacer monitoreo continuo del sedimento del sistema Lagunar que incluya mediciones de biodisponibilidad de los contaminantes para la determinación del riesgo ecológico y a la salud.

Biomarcadores: No se identificaron compuestos biomarcadores de petróleo en general en el sedimento de las Lagunas, excepto en la Laguna de Mecoacán, en el punto ME18 ubicado en el área de la boca del sistema Mecoacán, en el punto de contacto del mar a la launa a la derecha de la Isla Andrés. Ahí se detectaron biomarcadores Terpanos en concentraciones de 0.63 a 3.25 ng/g (Tabla IV.51).

Tabla IV.51. Biomarcadores identificados en Laguna de Mecoacán (ME18).

BIOMARCADOR	ng/g
C26,C27-TAS	3.25
C28-TAS(20S)	2.53
C27-TAS(20R)	2.69
C28-TAS(20R)	2.63
C21-MAS	0.63

BIOMARCADOR	ng/g
C22-MAS	0.43
C28-20S-MAS	2.46
C27-C2920S/R-MAS	2.48

Fuente: Elaboración IMP

Este tipo de compuestos no ha sido identificado en estudios previos y en la literatura no se reportan niveles de BMK en lagunas del Golfo de México. Los biomarcadores pueden proporcionar información acerca de: fuentes biológicas de materia orgánica sedimentaria, medios deposicionales, madurez de la materia orgánica y edad geológica. Estos compuestos son constituyentes traza y se emplean como huellas en la caracterización de petróleos ya que mantienen su estructura original de carbono desde el producto natural y testifican las condiciones de generación del petróleo, apoyan en la relación entre petróleos, identificar el tipo de materia orgánica precursora, madurez del producto, grado de degradación e identificación en el caso ambiental, del producto específico fuente (Wang et al., 2007).

La presencia de estos compuestos en el sedimento de este punto sugiere influencia de aportes históricos de las instalaciones de la Terminal Marítima de Dos Bocas que recibe para tratamiento los productos y desechos colaterales de las actividades de exploración, producción, transporte y procesamiento del petróleo como son las aguas congénitas de las operaciones en plataformas costa afuera de la Sonda de Campeche.

Comportamiento de metales en agua y sedimentos.

Metales en agua

El análisis de metales que se describe, corresponde al estudio realizado en 2018 por Hokchi Energy-IMP en el que se analizaron muestras de agua en la superficie y fondo de las Lagunas para determinar la concentración de aluminio, arsénico, bario, cadmio, cobalto, cobre, cromo, estaño, hierro, mercurio, níquel, plomo, vanadio y zinc (Tabla 16). La estadística descriptiva de los resultados obtenidos en las lagunas Zorro, Tupilco y Mecoacán se resume en la Tabla 17.

A continuación se describen los resultados obtenidos por metal: Las mayores concentraciones correspondieron al aluminio en la laguna Zorro (0.303 mg/L) en superficie y 0.389 mg/L en fondo. Para este metal no existen criterios de calidad ambiental en la norma mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996 que establece los límites máximos de metales en aguas costeras para uso de explotación pesquera, recreación y estuarios.

El arsénico presentó la concentración superficial más alta en la Laguna el Zorro (Z12), mientras que el sitio T11, en la laguna Tupilco, mostró la concentración máxima de fondo. Los niveles de As, no alcanzaron los límites establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996 (Tabla 16). Para evaluar el grado de impacto por la presencia de contaminantes en ambientes acuáticos, los criterios publicados por la NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration- (Buchman, 2008), establecen valores criterio para evitar efectos crónicos y agudos a la vida marina en sistemas de agua dulce. Debido a que estos criterios derivaron de respuestas biológicas, puede considerarse su aplicación en metales no contemplados por la NOM-001-SEMARNAT-1996. El contenido de As en ningún caso superó estos límites demostrando riesgo nulo por el metal en las lagunas.

Las concentraciones más altas de bario se observaron en la laguna de Mecoacán (0.013 a 0.042 mg/L en superficie y 0.009 a 0.035 mg/L en fondo). Los criterios de la NOAA para este metal indican concentraciones menores a 0.110 mg/L para evitar efectos agudos y de 0.0039 mg/L para evitar efectos crónicos en la vida marina, es así que los valores determinados, prácticamente en todas las muestras superan la concentración para evitar efectos crónicos, por lo que se sugiere vigilar las concentraciones de bario en las lagunas monitoreadas e identificar la fuente principal de este metal, considerando la presencia histórica de las actividades de la industria petrolera en la zona y su posible influencia a largo plazo.

Las concentraciones más altas de cobalto se registraron en Tupilco a nivel superficial y en Zorro a nivel profundo (0.0007 y 0.0011 mg/L respectivamente). De acuerdo a los criterios de la NOAA, en ningún caso se superaron los valores de protección a la vida acuática. En los criterios de la NOAA se consideran valores de 0.11 mg/L y de 0.0039 mg/L para evitar efectos agudos y crónicos, respectivamente superiores a los valores observados en las lagunas.

El cobre, expuso las máximas concentraciones en Tupilco, con valores más altos en superficie (promedio de 0.0042 mg/L en ambos niveles). Estas concentraciones fueron menores a los máximos establecidos por la NOM-001-SEMARNAT-1996 (6 mg/L).

El cromo total, se encontró un mínimo de 0.0004 mg/L en la superficie y 0.0006 mg/L en el fondo, y máximo de 0.0025 y 0.0026 mg/L para los niveles de toma de muestra mencionados respectivamente. Este metal alcanzó los valores más altos en Tupilco y Zorro sin representar riesgo ambiental ya que son inferiores a lo establecido en la NOM-001-SEMARNAT-1996.

El hierro mostró un mínimo general de 0.223 mg/L (en fondo de Mecoacán), y máximo de 1.5663 mg/L (en superficie de Tupilco). El hierro no está incluido en la NOM-001-SEMARNAT-1996, y en los criterios de la NOAA se contemplan solo los efectos crónicos, para los que existe un límite de 1 mg/L. de acuerdo con este último dato, no se registraron anomalías por la presencia del metal en los sistemas. Como referencia, los niveles que se han registrado en la laguna de Términos han variado entre 1.1 a 21.1 µg/L.

El mercurio se encontró en concentraciones menores al LDM (0.000027 mg/L). La NOM-001-SEMARNAT-1996 establece un nivel máximo de 0.02 mg/L para actividades de pesquería, recreación y en estuarios, mientras que la NOAA especifica que a partir de una concentración de 0.00077 mg/L pueden presentarse efectos crónicos. En ninguno de los casos se alcanzó el criterio, por lo que el mercurio no representa riesgo ambiental en las lagunas del sistema analizado. Las concentraciones promedio reportadas para las lagunas del Carmen, Mecoacán y Machona son de 0.2, 0.4 y 0.3 µg/L (Botello et al., 1996), superiores en esa fecha a las encontradas en esta evaluación.

Las concentraciones de níquel fluctuaron entre 0.0023 mg/L hasta 0.0059 y 0.0066 mg/L en superficie y fondo de Zorro y Tupilco respectivamente. Las concentraciones de níquel son menores en todos los casos a los valores establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996 (4 mg/L) y a los valores de la NOAA (0.47 para efectos agudos y 0.052 mg/L para efectos crónicos).

El plomo se encontró en un intervalo de concentraciones desde 0.0027 en superficie de Mecoacán hasta 0.0069 mg/L en agua de fondo de Tupilco, las cuales no superaron los criterios de la NOM-001-SEMARNAT-1996, sin embargo la NOAA establece un valor de 0.0025 mg/L para evitar efectos crónicos. De acuerdo a este criterio, las especies que habitan las lagunas bajo estudio podrían estar en riesgo de presentar efectos negativos por plomo a largo plazo.

El vanadio se presentó en concentraciones más elevadas en Tupilco (0.0050 mg/L en superficie y 0.0059 en fondo). La NOAA establece valores para evitar efectos crónicos y agudos que no fueron alcanzados en ninguno de los casos bajo observación.

Los niveles de zinc fluctuaron desde 0.0004 en agua superficial de Mecoacán, hasta 0.0606 mg/L en Tupilco. El criterio para realizar actividades pesqueras y recreacionales establecido en la NOM-001 es de 20 mg/L y los indicados por la NOAA (0.12 mg/L) por lo que los valores de zinc en las lagunas no representan riesgo al agua ambiente.

Tabla IV.52. Concentración de metales en agua (mg/L) determinados en las lagunas Tupilco, el Zorro y Mecoacán

	Aluminio		Arsénico		Bario		Cobalto		Cobre		Cromo	
Sitio	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo
T10	0.183		0.0034		0.0259		0.0002		0.0050		0.0012	
T11	0.277	0.389	0.0026	0.0066	0.0270	0.0335	0.0007	0.0010	0.0033	0.0042	0.0015	0.0026
Z12	0.252	0.235	0.0045	0.0016	0.0333	0.0288	0.0003	0.0002	0.0019	0.0027	0.0015	0.0019
Z13	0.303	0.317	0.0041	0.0034	0.0229	0.0235	0.0004	0.0011	0.0034	0.0038	0.0025	0.0025
ME14	0.182	0.265	0.0042	0.0063	0.0135	0.0093					0.0010	0.0014
ME15	0.095	0.0885	0.0032	0.0020	0.0253	0.0247					0.0004	0.0006
ME16	0.125	0.223	0.0034	0.0020	0.0322	0.0352		0.0004			0.0010	0.0013
ME17	0.161		0.0029		0.0424				0.0013		0.0014	
ME18	0.185	0.312	0.0039	0.0020	0.0189		0.0002				0.0008	0.0016
A			0.2						6		1	
B			0.4						6		1.5	
C			0.2						6		1	
D	0.75		0.34		0.11		1.5		0.013			
E	0.087		0.15		0.0039		0.003		0.009			

A: explotación pesquera; B: recreación, C: estuarios. D: concentración límite para evitar efectos agudos; E: concentración límite para evitar efectos crónicos

Fuente: Elaboración IMP

Tabla IV.53. Concentración de metales en agua (mg/L) determinados en las lagunas Tupilco, el Zorro y Mecoacán (Continuación)

	Hierro		Mercurio		Níquel		Plomo		Vanadio		Zinc	
Sitio	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo
T10	0.4876				0.0038		0.0062		0.0050		0.0606	
T11	0.9883	1.5663			0.0046	0.0066	0.0061	0.0069	0.0046	0.0059	0.0083	0.0089
Z12	0.6496	0.6122			0.0042	0.0059	0.0065	0.0063	0.0035	0.0031	0.0053	0.0122
Z13	0.8475	0.8509			0.0059	0.0061	0.0062	0.0066	0.0037	0.0041	0.0047	0.0046
ME 14	0.3278	0.5186			0.0024	0.0034			0.0016	0.0019	0.0010	0.0021
ME 15	0.2571	0.2230			0.0023	0.0023			0.0015	0.0013		0.0034
ME 16	0.3482	0.6451			0.0023	0.0037			0.0017	0.0022	0.0004	0.0046
ME 17	0.4125				0.0036		0.0029		0.0020		0.0111	
ME 18	0.3635	0.5783			0.0027	0.0044			0.0016	0.0024	0.0004	0.0059
Límite máximo permisible NOM-001-ECOL-1996 (mg/L)												
A			0.02		4		0.4				20	
B			0.02		4		1				20	
C			0.02		4		0.4				20	
Criterios ambientales de la NOAA (mg/L)												
D			0.0014		0.47		0.065		0.28		0.12	

	Hierro		Mercurio		Níquel		Plomo		Vanadio		Zinc	
E	1		0.00077		0.052		0.0025		0.019		0.12	

A: explotación pesquera; B: recreación, C: estuarios. D: concentración límite para evitar efectos agudos; E: concentración límite para evitar efectos crónicos

Fuente: Elaboración IMP

Tabla IV.54. Estadística descriptiva de la concentración de metales en agua (mg/L) en las lagunas Tupilco, el Zorro y Mecoacán

	Aluminio		Arsénico		Bario		Cobalto		Cobre		Cromo	
	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo
Tupilco												
Prom	0.230	0.389	0.0030	0.0066	0.026	0.033	0.0005	0.0010	0.0042	0.0042	0.0013	0.0026
Zorro												
Prom	0.278	0.276	0.0043	0.0025	0.028	0.026	0.0003	0.0006	0.0026	0.0033	0.0020	0.0022
Mecoacán												
min	0.095	0.089	0.0029	0.0020	0.013	0.009	0.0002	0.0004	0.0013	0.0000	0.0004	0.0006
prom	0.150	0.222	0.0035	0.0031	0.026	0.023	0.0007	0.0004	0.0013		0.0009	0.0012
max	0.185	0.312	0.0042	0.0063	0.042	0.035	0.0015	0.0004	0.0013	0.0000	0.0014	0.0016

Fuente: Elaboración IMP

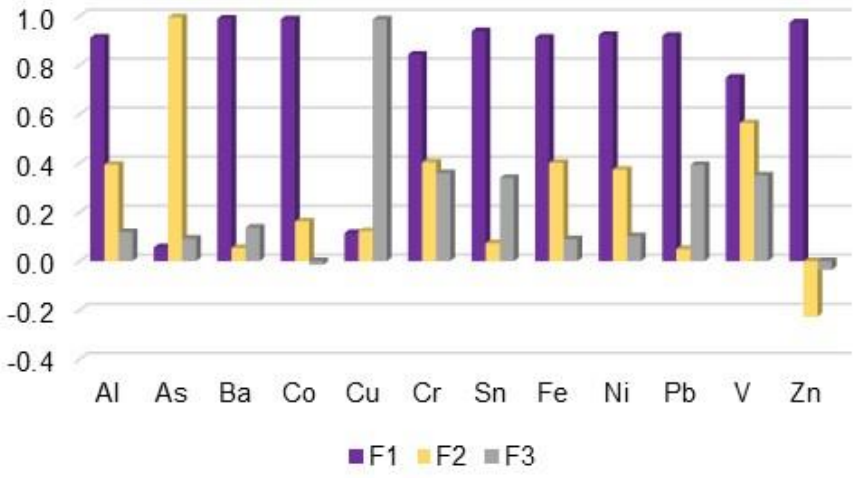
Tabla IV.55. Estadística descriptiva de la concentración de metales en agua (mg/L) en las lagunas Tupilco, el Zorro y Mecoacán (continuación)

	Hierro		Mercurio		Níquel		Plomo		Vanadio		Zinc	
	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo	sup	fondo
Tupilco												
prom	0.738	1.566			0.004	0.007	0.006	0.007	0.005	0.006	0.0345	0.0089
El Zorro												
prom	0.749	0.732			0.005	0.006	0.006	0.006	0.004	0.004	0.0050	0.0084
Mecoacan												
min	0.257	0.223			0.002	0.002	0.003	0.000	0.002	0.001	0.0004	0.0021
prom	0.342	0.491			0.003	0.003	0.003		0.002	0.002	0.0032	0.0040
max	0.413	0.645			0.004	0.004	0.003	0.000	0.002	0.002	0.0111	0.0059

Fuente: Elaboración IMP

En el estudio de metales en marzo de 2018, llevó a cabo el análisis estadístico de factores para observar la asociación de comportamientos de metales disueltos en agua superficial y de fondo. El resultado del análisis (Figura IV.155) sugiere que las concentraciones de arsénico y cobre son determinadas por factores físicos y químicos distintos a los metales restantes.

Figura IV.155. Resultado del análisis de Factores para las concentraciones de metales en agua en las lagunas estudiadas.



Fuente: Elaboración IMP

Sedimentos

El análisis de la calidad del sedimento en cuanto a contenido de metales que se describe, corresponde al muestreo realizado en 2018 por Hokchi-Energy, IMP para estaciones representativas de La Laguna de Mecoacán, de Tupilco y el Zorro. Las concentraciones medidas en estos puntos de nueve metales que tuvieron concentraciones superiores a los Límites de detección analítica (LDM), se resumen en la Tabla 18, y en la Tabla 19 se presenta la estadística descriptiva de los metales en cada laguna. El mercurio, cadmio y selenio no se detectaron en ninguna muestra, el estaño se midió en un solo sitio de la laguna Mecoacán.

Sobre el cadmio, si bien no se observó en los cuerpos de agua contemplados en el SAR, éste metal sí se ha detectado en la laguna del Carmen (1.358 mg/kg en promedio), a este respecto, Caso et al (2004) presenta concentraciones en lagunas del estado de Tabasco desde 1.3 mg/kg hasta 5.18 mg/kg, mencionando que todas ellas están por encima de la concentración para producir efectos biológicos adversos a los organismos acuáticos (Effects Range Low value, ERL).

El aluminio se presentó con una mínima concentración de 2318 mg/kg, promedio de 5063 mg/kg y máxima de 8124 mg/kg que correspondió a un sitio en la laguna Mecoacán. Un comportamiento similar se observó para el hierro, ambos metales presentaron el máximo en el sitio ME18 y el mínimo en el sitio ME14. Como se sabe,

el hierro y aluminio son metales constitutivos y abundantes del sedimento, por lo que este es un comportamiento normal.

Las concentraciones de arsénico fueron bajas, detectables únicamente en Mecoacán (5.934 mg/kg). El valor ERL para este metal es de 8.2 mg/kg, indicando que el arsénico no representa riesgo para la vida, en las condiciones actuales en este punto.

El bario se midió en todas las muestras de las lagunas en el rango 4.22 mg/kg a 31.12 mg/kg. Las concentraciones máximas se encontraron en los dos sitios de las lagunas el Zorro, promediando 32.13 mg/kg. Este metal se observó también ampliamente distribuido en agua, por lo que es recomendable darle seguimiento en relación a la intensidad de las actividades de la industria petrolera en el área.

El cobalto presentó promedios para las 5 lagunas fluctuó de 4.58 mg/kg (Machona) a 6.06 mg/kg (El Zorro). El valor de CV (25) fue el menor de todos los metales.

Las concentraciones de cobre variaron de 2.06 a 7.38 mg/kg. En la literatura, Caso et al (2004) reportan para la Machona un nivel significativamente mayor (15.697 mg/kg). Tomando en referencia el ERL para cobre (34.0 mg/kg), no existe riesgo ambiental en las condiciones determinadas de esos sistemas acuáticos.

El cromo encontrado en las lagunas fluctuó de 7.7 mg/kg a 30.2 mg/kg valores menores a lo reportado en la literatura (Caso et al., 2004) donde se indica que el cromo supera el valor de ERL (81 mg/kg) en sistemas costeros de Tabasco.

La laguna el Zorro presentó las concentraciones más altas de manganeso, promediando 1019.65 mg/kg. En las lagunas Tupilco, y Mecoacán, se encontraron niveles de manganeso en promedio menores (215.72 y 107.42 mg/kg, respectivamente). No existe valor criterio para este metal.

El níquel registró las concentraciones más elevadas (promedio de 28.81 mg/kg) en la laguna el Zorro, seguida por la laguna Mecoacán (21.43 mg/kg). La presencia de este metal se asocia al igual que el vanadio al petróleo crudo, adicionalmente, el níquel se emplea como catalizador en la refinación del petróleo. Es por esta razón que los sedimentos del Golfo de México se han identificados como ricos en este metal además de haber enriquecimiento sedimentario de este metal de forma normalizada en toda la cuenca del Golfo de México. Caso et al (2004), se reportan concentraciones de níquel en Mecoacán mayores a los niveles cuantificados en la presente evaluación (42 mg/kg). El criterio ERL para níquel es de 20.9 mg/kg, sugiriendo que en las lagunas el Zorro y Mecoacán existe riesgo ambiental. Por lo

anterior éste metal deberá recibir vigilancia a fin de registrar los riegos potenciales reales por fuente de aporte.

El plomo presentó concentraciones desde 2.4 hasta 5.08 mg/kg, siendo la laguna el Zorro donde se localizó el promedio más alto, seguido de la Machona. Las concentraciones en ésta evaluación son menores a lo reportado en la literatura para la laguna Mecoacán (56 mg/kg) y el sistema lagunar Machona (47.9 mg/kg) en 2004 por Caso y colaboradores, quienes establecen que el nivel de plomo supera el valor de ERL (46.7 mg/kg) hasta en 150%. Esto sugiere que los niveles actuales no representan riesgo ambiental en esta evaluación.

Los niveles de vanadio tuvieron máximos en la laguna Tupilco y el Zorro (promedio de 12.38 y 9.95 mg/kg, respectivamente. Este metal no cuenta con un valor ERL que indique el riesgo ambiental.

Con respecto al zinc, las lagunas tuvieron valores con relativa poca variación. Mecoacán y Tupilco presentaron promedios de 19.32 y 19.94 mg/kg respectivamente y el Zorro tuvo promedio más alto de 24.37 mg/kg. Se ha determinado en sedimento del sistema lagunar Machona una concentración promedio de 137 mg/kg considerablemente superior a lo cuantificado en la presente evaluación, sin embargo ninguno de estos valores supera el valor ERL de 150 mg/kg, por lo que no existe riesgo para la vida acuática debido a los niveles de zinc.

Tabla IV.56. Concentración de metales (mgkg) en sedimento superficial de las lagunas Tupilco, el Zorro y Mecoacán.

		Al	As.	Ba	Co	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni	Pb	V	Zn
Laguna Tupilco	T10	3247		8.487	4.608	2.353	23.56	10200	124.4	12.73	2.389	13.51	16.59
	T11	5523		10.99	5.054	6.527	21.59	11730	90.43	21.76	4.695	11.24	23.28
Laguna el Zorro	Z12	6024		33.14	6.052	3.644	25.54	13570	1150	29.49	5.078	10.24	24.8
	Z13	5784		31.12	6.076	3.808	23.41	13020	889.3	28.13	4.099	9.668	23.93
Laguna Mecoacán	ME14	2318		6.886	2.832	2.06	7.698	5519	242	8.523		5.803	8.819
	ME15	7398		10.77	6.225	5.753	25.5	14790	262.7	27.4	4.271	11.44	26.07
	ME16	8124		10.46	6.294	6.512	30.17	14930	281.5	32.29	4.819	12.46	28.87
	ME17	5937	5.934	10.73	5.121	7.383	25.98	11800	221.8	28.19	4.2	10.44	21.05
	ME18	2393		4.218	3.403		9.66	6304	70.59	10.76	2.585	7.113	11.77
Valor ERL (mg/kg)			8.2				81		20.9		46.7		150

Fuente: Elaboración IMP.

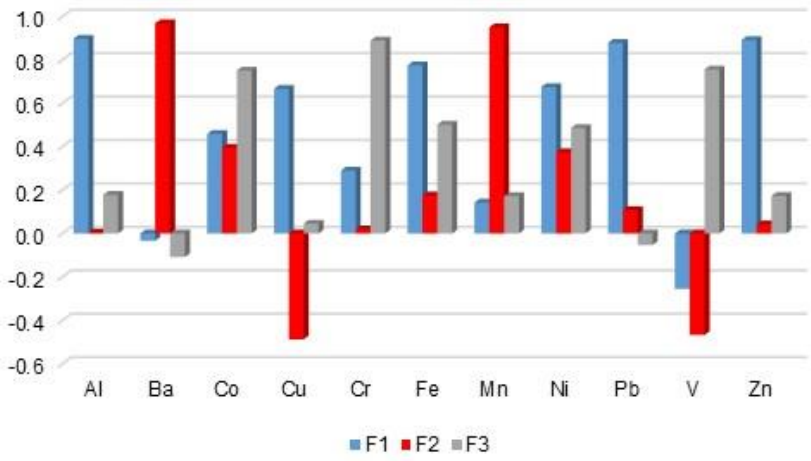
Tabla IV.57. Estadística descriptiva de las concentraciones de metales en sedimento superficial en el sistema completo de lagunas de tabasco y por laguna en estudio.

		Al	As	Ba	Co	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni	Pb	V	Zn
Datos Lagunas costeras de Tabasco	min	2318	4.29	4.22	2.83	2.06	7.70	5519	70.59	7.11	2.10	4.20	8.82
	p25	3158	4.84	9.13	4.29	3.81	14.97	8441	142.10	14.12	2.81	8.47	17.20
	prom	5063	5.20	13.23	5.02	4.78	19.40	10937	315.84	19.84	3.90	9.55	21.03
	p75	6099	5.63	13.79	5.84	5.75	23.63	12975	316.13	26.30	4.73	10.87	24.59
	max	8124	5.93	33.14	8.39	7.38	30.17	14930	1150.0	32.29	5.96	13.51	28.87
	CV	38	14	60	25	33	36	27	88	39	30	24	28
Tupilco	prom	4385		9.74	4.83	4.44	22.58	10965	107.42	17.25	3.54	12.38	19.94
Zorro	prom	5904		32.13	6.06	3.73	24.48	13295	1019.6	28.81	4.59	9.95	24.37
Mecoacán	min	2318	5.93	4.22	2.83	2.06	7.70	5519	70.59	8.52	2.59	5.80	8.82
	prom	5234	5.93	8.61	4.78	5.43	19.80	10669	215.72	21.43	3.97	9.45	19.32
	max	8124	5.93	10.77	6.29	7.38	30.17	14930	281.50	32.29	4.82	12.46	28.87

Fuente: Elaboración IMP

De manera similar a la evaluación de metales en agua de los sistemas lagunares, la asociación entre los metales y la identificación de sus posibles fuentes se examinó mediante análisis de factores. Los resultados indicaron 3 factores, el primero con el aluminio, hierro, plomo, zinc lo cual sugiere una fuente natural, el intemperismo de la corteza terrestre e intemperismo de minerales como la galena (Chen et al., 2010). El segundo Factor contiene al bario, sugiriendo una fuente por actividades de la industria petrolera, y al manganeso, que es utilizado ampliamente en la industria de los fertilizantes (Botello et al., 1996). El tercer Factor presentó al cromo, vanadio y cobalto con los valores más altos; el cromo es utilizado en numerosos procesos industriales en la petroquímica y la del acero, mientras que el vanadio también se asocia a las actividades de la industria petrolera y del cemento (Hokchi-Energy & IMP, 2018).

Figura IV.156. Resultados del análisis de Factores para las concentraciones de metales en sedimentos de las lagunas



Fuente: Elaboración IMP

A fin de evaluar el grado y evolución de contaminación por metales en el sedimento y diferenciar los niveles naturales de las cuencas con respecto a los aportes contaminantes, se aplicaron los Factores de enriquecimiento (FE) e índice de acumulación (Igeo).

Los primeros definen si los aportes corresponden a contribuciones antrópicas o si se trata de niveles naturales mediante la inclusión de los niveles de referencia geológicamente basales del sitio mediante la ecuación:

$$FE = \left(X_{sed}/Fe_{sed}\right) \Big/ \left(X_{cor}/Fe_{cor}\right)$$

donde Xsed y Fesed son las concentraciones observadas, y Xcor y Fecor son las concentraciones de referencia.

Los FE se clasifican de acuerdo a los siguientes límites:

FE de un metal es menor a 1 se considera que no existe enriquecimiento, es decir, la presencia del metal en la zona de estudio es debida principalmente a procesos naturales:

FE es mayor a 1 y a medida que se incremente, significa que la concentración del metal tiene una contribución antropogénica.

De acuerdo a la sublcasificación de Dong et al (2012) es:

1) origen antropogénico origen natural para valores de FE < 1;
2) enriquecimiento mínimo para los casos en que 1 < FE < 3;
3) enriquecimiento moderado para valores de FE entre 3 a 5;
4) moderado severo para 5 ≤ FE < 10;
5) severo para 10 ≤ FE < 25;
6) muy severo para 25 ≤ FE < 50 y
7) extremadamente severo para FE ≥ 50.

Los resultados de FE para cada sitio de las lagunas indicaron que las concentraciones de aluminio, vanadio, cromo m cobre, bario y cobalto no presentan influencia significativa de las actividades humanas. Los valores de FE para níquel mostraron correspondencia con las concentraciones más altas del metal, sugiriendo que las actividades humanas tienen una contribución definitiva en los niveles de níquel en las lagunas estudiadas. El manganeso en la laguna el Zorro alcanzó los valores de FE más elevados, indicando que la contribución de fuentes antrópicas es importante en el nivel de contaminación. El arsénico sólo se detectó en 4 sitios, sin embargo en todos ellos se calcula un enriquecimiento severo bebido a las actividades humanas. El cadmio y estaño presentaron los FE más elevados que indican un enriquecimiento muy severo en las concentraciones de ambos metales (Tabla IV.58). Por otra parte, en la Machona el arsénico en el punto MA7, mostró enriquecimiento importante. En la laguna el Zorro se encontraron los FE más altos para manganeso, mientras que en Mecoacán sobresalieron el arsénico y el estaño.

Tabla IV.58. Factores de Enriquecimiento (FE) de los metales en las lagunas Tupilco, el Zorro y Mecoacán.

		Al	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sn	Ba	Pb	Cd
L. Tupilco	T10	0.14	0.35	0.83	0.46	0.65	0.60	0.15	0.84			0.07	0.67	
	T11	0.21	0.26	0.66	0.29	0.62	0.89	0.36	1.02			0.08	1.15	
L. Zorro	Z12	0.19	0.20	0.68	3.21	0.64	1.04	0.18	0.94			0.21	1.08	
	Z13	0.19	0.20	0.65	2.59	0.67	1.04	0.19	0.95			0.20	0.91	
Laguna Mecoacán	ME14	0.18	0.28	0.50	1.66	0.74	0.74	0.24	0.82			0.11		
	ME15	0.22	0.21	0.62	0.67	0.61	0.99	0.25	0.91			0.06	0.83	
	ME16	0.24	0.22	0.73	0.71	0.61	1.04	0.29	0.99		35.39	0.06	0.93	
	ME17	0.22	0.24	0.79	0.71	0.62	1.15	0.41	0.92	10.06		0.08	1.03	
	ME18	0.17	0.30	0.55	0.42	0.78	0.82		0.96			0.06	1.18	

Fuente: Elaboración IMP

Origen natural (FE < 1) color verde; enriquecimiento mínimo (1 < FE < 3) color amarillo; enriquecimiento moderado (FE entre 3 a 5) color anaranjado; enriquecimiento moderado severo (5 ≤ FE < 10) color rosa; enriquecimiento severo (10 ≤ FE < 25) color rojo; enriquecimiento muy severo (25 ≤ FE < 50) color azul y enriquecimiento extremadamente severo para FE ≥ 50, en color morado.

Los Índices de geoacumulación (Igeo) se basan en las concentraciones de referencia de cada metal. La fórmula es la siguiente:

$$I_{geo} = log_2 \left({}^{X}/_{1.5Bn} \right)$$

dónde X es la concentración del metal, Bn es la concentración de referencia del metal y el factor 1.5 se aplica para corregir los efectos litogénicos. Al igual que el FE, el Igeo se clasifica en 7 clases:

1) Igeo menor a 0 indica que no hay contaminación;
2) Igeo < 1 se considera no contaminado o moderadamente contaminado;
3) Igeo tiene un valor entre 1 a 2, la contaminación por ese metal es moderada;
4) Igeo es 2 a 3, indica contaminación moderada;
5) Igeo alcanza valores entre 3 a 4 es fuertemente contaminado;
6) Igeo entre 4 a 5 es una contaminación fuerte;
7) Igeo entre 5 a 6 señala contaminación fuerte a muy fuerte; y si es mayor a 6 se considera muy contaminado.

Los resultados de Igeo encontrados para los metales mostraron comportamiento similar a los FE. Los valores de Igeo confirman una contaminación moderada para cadmio y estaño, siendo menor a 1 para los sitios y metales restantes. El arsénico presento valores cercanos a 1, por lo que se recomienda vigilar las concentraciones de estos metales. Los valores de Igeo se muestran en la Tabla IV.59.

Tabla IV.59. Índices de geoacumulación (Igeo) para los metales en las lagunas, Tupilco, el Zorro y Mecoacán.

		Al	As	Ba	Cd	Co	Cu	Cr	Sn	Fe	Mn	Ni	Pb	V	Zn
L. Tupilco	T10	0.000		0.005		0.059	0.015	0.030		0.000	0.005	0.033	0.067	0.019	0.039
	T11	0.000		0.005		0.062	0.033	0.030		0.000	0.005	0.039	0.119	0.017	0.043
L. Zorro	Z12	0.000		0.008		0.069	0.023	0.031		0.000	0.007	0.043	0.125	0.017	0.044
	Z13	0.000		0.008		0.069	0.023	0.030		0.000	0.007	0.043	0.109	0.016	0.044
Laguna Mecoacán	ME14	0.000		0.004		0.040	0.013	0.020		0.000	0.006	0.027		0.013	0.030
	ME15	0.000		0.005		0.070	0.031	0.031		0.000	0.006	0.042	0.112	0.017	0.045
	ME16	0.000		0.005		0.071	0.033	0.033	1.625	0.000	0.006	0.045	0.121	0.018	0.046
	ME17	0.000	0.951	0.005		0.063	0.035	0.031		0.000	0.005	0.043	0.110	0.017	0.042
	ME18	0.000		0.003		0.047		0.022		0.000	0.004	0.030	0.073	0.014	0.034

Igeo < 1 no contaminado o moderadamente contaminado (color verde); Igeo entre 1 a 2 contaminación moderada (color amarillo).

Fuente: Elaboración IMP

Conclusiones (metales, HC)

Las concentraciones de aluminio, cobalto, cobre, cromo, estaño, hierro, mercurio, níquel y plomo fueron más altas en la laguna Machona, mientras que el vanadio y zinc también presentaron los máximos valores en la laguna de Tupilco. El arsénico y bario presentaron un comportamiento distinto, con valores altos en las lagunas Tupilco y Mecoacán. Esto sugiere distintas fuentes de contaminación y que los factores físicos y químicos que gobiernan las concentraciones de As y Ba son distintas a los metales restantes. Sin embargo se requiere más información para llegar a conclusiones sólidas.

En sedimentos, las concentraciones más altas de metales (Al, Ba, Co, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, V y Zn) se observaron en la laguna el Zorro, mientras que en la laguna Mecoacán se presentaron los máximos de cobre. Tomando en referencia el valor ERL, para evitar efectos nocivos a la vida acuática, se observó que el níquel superó este criterio en algunos sitios de las lagunas el Zorro y Mecoacán.

El análisis de factores para las concentraciones de metales en sedimento indicó la presencia de fuentes tanto naturales como industriales, destacando la petroquímica, la metalúrgica, producción de fertilizantes y las descargas urbanas.

Los índices de geoacumulación y el Factor de Enriquecimiento calculados para los metales mostraron que el arsénico, estaño y cadmio tienen una contribución importante de fuentes antrópicas que elevan sus concentraciones.

Hidrología Subterránea

La hidrología subterránea del SAR se sitúa en lo que compete a un solo acuífero definido por la CONAGUA, denominado "La Chontalpa", el cual se describe a continuación:

Tabla IV.60. Acuífero La Chontalpa.

Clave del Acuífero	Nombre del Acuífero	Superficie (Km^2)	Porcentaje
2702	La Chontalpa	5,992.0	100.00%
	TOTAL	5,992.0	100.00%

El acuífero La Chontalpa, se localiza en la porción noroccidental del estado de Tabasco, el acuífero abarca una superficie de 5,992.0 km^2, que cubre parcialmente los municipios de Cárdenas, Comalcalco, Huimanguillo y Paraíso, los principales centros de población localizados dentro del área son: Sánchez Magallanes, Villa La Venta y Villa Benito Juárez, limita al Norte con el Golfo de México, al Este con los acuíferos Centla y Samaria-Cunduacán, al Oeste con el estado de Veracruz y al Sur con el acuífero Huimanguillo.

El acuífero queda localizado dentro de la región hidrológica N° 29 (Coatzacoalcos) por la cual drena la cuenca del río Tonalá y lagunas del Carmen y Machona, una superficie de 5,915.15 km^2; dentro de la misma región hidrológica se localiza el acuífero Huimanguillo, el cual está comunicado superficialmente con el acuífero en cuestión por medio de los ríos Tonalá y Zanapa; las principales corrientes son precisamente los ríos Tonalá y Zanapa.

Tipo de acuífero. El acuífero es de tipo libre, constituido por las formaciones del Terciario, Encanto y Concepción, en la cual la granulometría en general arcillosa que compone a las rocas de la Formación Unidad de Sedimentos de Arenas y Lutitas, le imprimen de una manera general, características hidrogeológicas que van de impermeables a semipermeables y su funcionamiento hidrogeológico con respecto al sistema acuífero regional consiste en transmitir en forma limitada las aguas infiltradas en las calizas de La Sierra Madre de Chiapas; dicha unidad en base a las exploraciones realizadas por PEMEX presenta un espesor promedio de 3600 metros; habiéndose observado en éste aumento de valores próximos a 2500 metros en la línea de costa a valores arriba de 5500 metros en la porción sur de la zona acuífera.

El flujo subterráneo en la zona de la Chontalpa, tiene una dirección de sur a norte y noroeste fluyendo hacia la línea de costa, teniendo seguramente salida subterránea al Golfo de México. Lo anterior también marca que la recarga subterránea en dicha zona, es por la parte sur proveniente de la Sierra de Chiapas.

En la siguiente tabla se pueden apreciar los volúmenes de recarga y descarga del acuífero de La Chontalpa.

Tabla IV.61. Datos de disponibilidad del acuífero La Chontalpa.

Concepto	La Chontalpa (2702) m³/ año
Recarga media anual	1,973,600,000
Descarga natural comprometida	339,000,000
Volumen concesionado de agua subterránea	35,076,228
Disponibilidad media anual de agua subterránea	1,599,523,772
Déficit	0

Fuente: CNA. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero La Chontalpa. Publicada el 20 de abril del 2015 en el DOF.

La cifra indica que existe volumen disponible de 1 599 523 772.00 m^3 anuales para nuevas concesiones en la unidad hidrogeológica denominada acuífero La Chontalpa en el Estado de Tabasco.

Parámetros hidráulicos. Hacia ambos lados de La Chontalpa, es decir, tanto al occidente como al oriente, transmisividad (T) decrece considerablemente, predominando valores variables entre 10 y 20 x 10^{-3} m^2/s, típicamente representativos de materiales formados por clásticos no consolidados de arenas finas mezcladas con limos y arcillas en menor proporción.

Piezometría. En el acuífero se tienen registrados del orden de 124 aprovechamientos, los cuales no todos cuentan con orificios para llevar a cabo sondeos, por lo que actualmente se ha definido una red piezométrica en dicho acuífero, que comprende un total de 58 aprovechamientos, contando con nivelación de brocal únicamente en 24 de ellos, los recorridos piezométricos se iniciaron en 1987 a la fecha, haciendo la aclaración que no ha sido posible mantener los mismos aprovechamientos de los recorridos iniciales, sin embargo se cuenta con registros de forma más continua desde febrero de 1991 hasta noviembre de 1999.

Profundidad del nivel estático. Los niveles estáticos se encuentran en profundidades que varían de 5.0 a 1.0 m, registrándose los más profundos en la parte sur del acuífero, ascendiendo gradualmente hacia la línea de costa donde se hacen más someros alcanzando escaso el metro de profundidad. De acuerdo al análisis efectuado de los registros de niveles, se estimó un 1981 a 1991) abatimiento del mismo, del orden de los 0.40 m, a 0.10 m, anualmente.

Hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea. El Acuífero La Chontalpa presenta en la zona de La Chontalpa la familia bicarbonatada-cálcicomagnésica y en la zona de la Venta corresponde a una familia cloratada-sódica. A efecto de determinar de manera global posibles fuentes de contaminación se considerarán aspectos

generales de actividades como urbanización, industrial, agrícola y pecuario; el potencial de contaminación al agua subterránea por descargas municipales, así como por el origen del efluente (doméstico e industrial) y según el tiempo de disposición de residuos sólidos municipales (origen doméstico) este es bajo.

Evaluando la probable contaminación de acuífero por actividad agrícola, considerando que se emplean aguas blancas y los sistemas de riego son por gravedad, ésta es alta, pues se superan las 1,400 Ha de superficie de riego; en tanto la actividad pecuaria también es de importancia ya que la producción oscila entre 20,000 y 25,000 cabezas de ganado, considerando que el manejo de excretas es adecuado ya que éstas se emplean como abono con objeto de fertilizar las tierras, el potencial de contaminación es bajo.

Los tipos de industrias que se abastecen de agua subterránea en la zona son clase III y II industria petrolera incluyendo una Petroquímica, así como dos ingenios azucareros, lo cual los hace más susceptible a contaminación por ésta actividad, quedando sin embargo con un moderado potencial de contaminación.

De acuerdo a las condiciones hidrogeológicas del acuífero La Chontalpa, el cual aún se encuentra subexplotado, quedando la descarga del mismo en una zona de costa, donde pudiera presentarse la intrusión salina, el potencial de contaminación se estimó bajo. Se presume que en el citado acuífero existe contaminación debido a las siguientes actividades humanas:

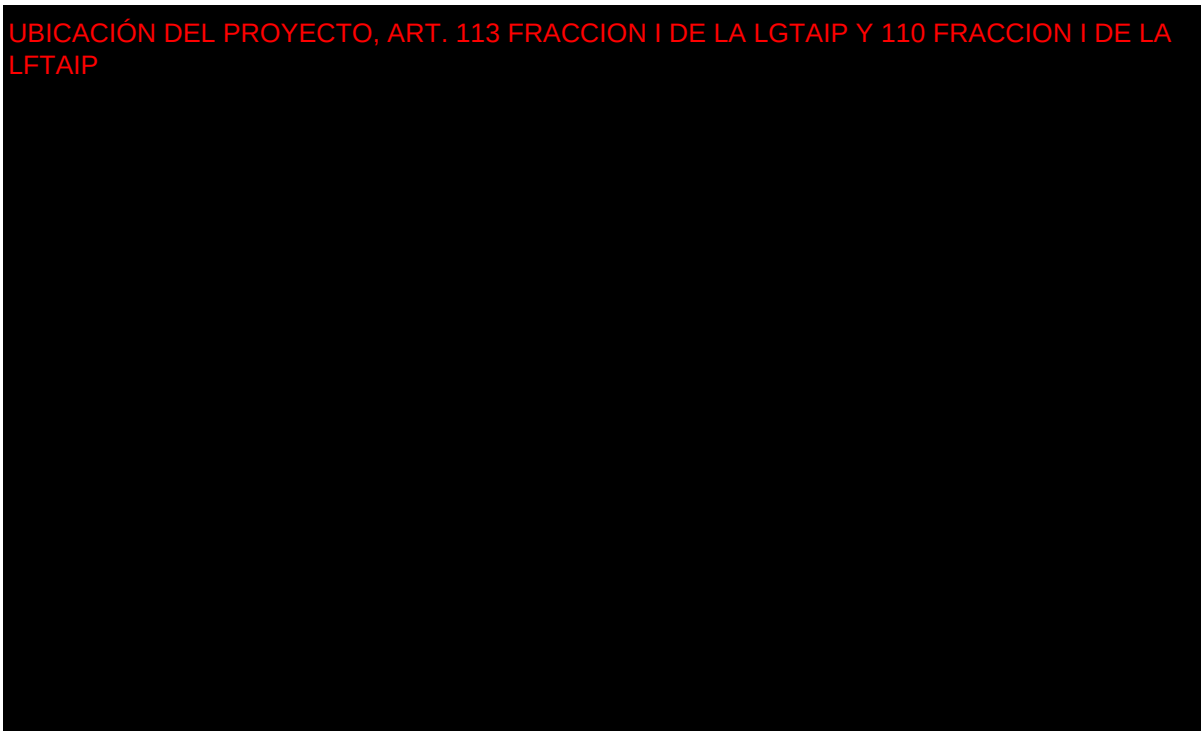
1. Instalaciones de la industria petroleras (Petroquímica, baterías y compresoras).
2. Descargas de aguas residuales de origen doméstico de los poblados.
3. Industrias Azucareras(dos)
4. Agricultura con aplicación de agroquímicos en forma extensiva (cultivo de limón, naranja, piña, arroz, sorgo, caña de azúcar, papaya, etc.)

Debido a que el proyecto de la Nueva Refinería Dos Bocas se encuentra muy cercana a su parte final en la salida al mar, los proyectos y aprovechamientos hidráulicos no se ven influenciados por el manejo de los recursos hídricos que pudieran tenerse aguas arriba de la cuenca. Por su cercanía al mar los recursos hidráulicos en la zona del proyecto podrían en determinado momento estar más influenciados por la intrusión salina en temporada de secas a través del río Seco y la Dársena de la Terminal Marítima Dos Bocas, que de manera contraria aguas abajo de este proyecto de Refinería. La influencia de la intrusión salina puede ocasionalmente establecer un gradiente isohalino promoviendo una barrera diferenciada entre agua dulce y salobre.

Sistema Ambiental Regional – Zona Marina.

El Sistema Ambiental Regional, tiene una porción marina importante, que va desde la línea de costa hasta la isobata de los 25 m, como se representa en la Figura IV.157, donde los compartimientos ambientales que pueden tener efectos por el proyecto de la refinería, son: la atmósfera, el agua, los sedimentos y los organismos marinos.

Figura IV.157. Sistema ambiental regional del proyecto de la refinería de Dos Bocas, se muestra la influencia en el medio marino.

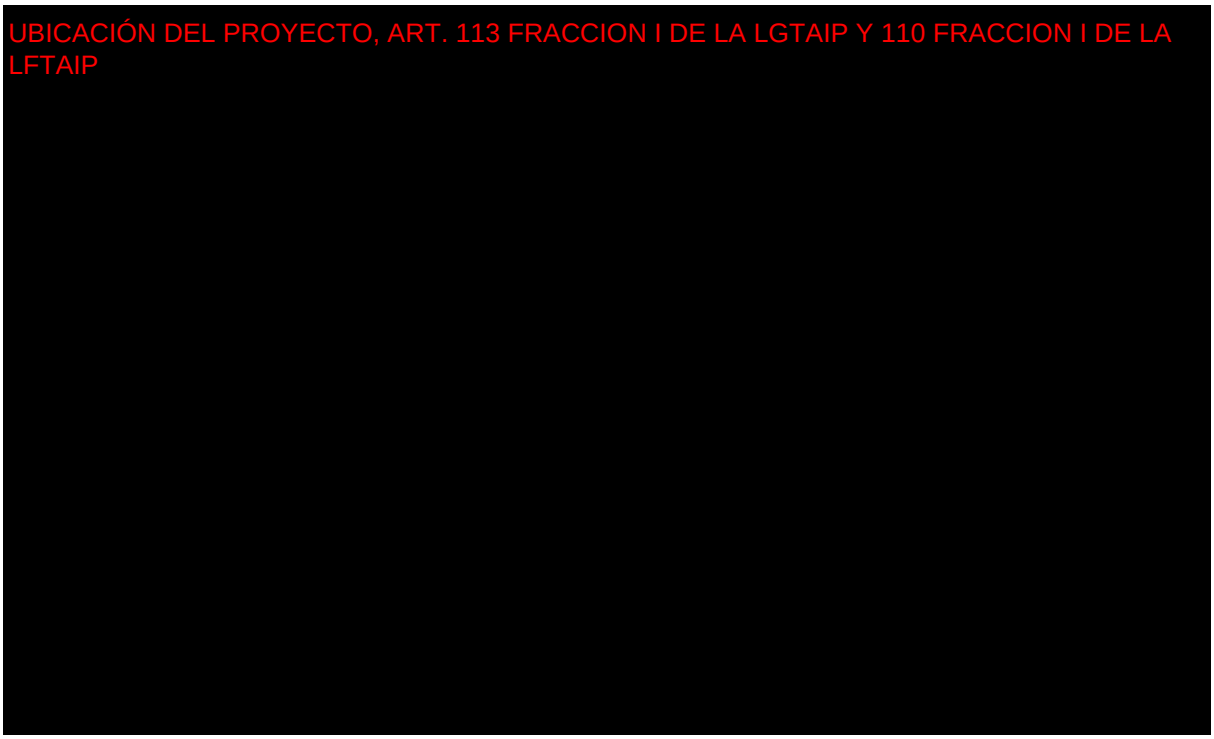


Fuente: Elaboración IMP, base INEGI

La descripción del ecosistema marino correspondiente al área de influencia del proyecto de la Refinería de Dos Bocas desde la línea de costa a mar adentro, se caracteriza principalmente a partir del análisis de la información ya generada por tres estudios de investigación realizados por el Instituto Mexicano del Petróleo: el proyecto D.00389 “Evaluación integral ambiental. Riesgo ecológico y a la salud de la descarga de aguas congénitas de la terminal marítima de Dos Bocas, Tabasco” (IMP, 2014), donde se caracterizaron el ambiente marino frente el emisor, un área de referencia, frente a la Barra de Tupilco, y la desembocadura del Río González. El estudio de línea base regional de aguas someras del Golfo de México de la Ronda 1, (IMP, 2017) en el que se realizó una campaña oceanográfica en junio de 2016 utilizando el B/O CIDIPORT, en ésta se toca con 1 punto de muestreo el SAR marina.

Como referencia temporal se consideran los resultados de los proyectos realizados en la Sonda de Campeche de 2002 a 2006, donde se caracterizaron el estado y los impactos ambientales en el entorno inmediato marino de la Terminal Marítima de Dos Bocas (IMP et al, 2002, IMP, Battelle 2006).

Figura IV.158. Mapa de las estaciones que se consideraron de estudios previos para describir el



Fuente: Elaboración IMP

Calidad del aire.

En 2017 durante el derrotero del crucero oceanográfico para la obtención de la línea base regional en aguas someras del Golfo de México, se realizaron mediciones de SO_2 atmosférico, que son las únicas mediciones de calidad del aire que existen para el ambiente marino del SAR.

El objetivo de éste monitoreo fue determinar la pluma global de dióxido de azufre generada por las emisiones provenientes de las instalaciones petroleras que se localizan en la Sonda de Campeche con el fin de conocer la influencia de los quemadores, está área se encuentra en los alrededores donde se ubicarán las instalaciones del presente proyecto, por lo que su estudio resulta de importancia con relación a los impactos regionales previos a las operaciones de la nueva refinería. El monitoreo de dióxido de azufre proporciona información de la calidad del aire en el área del proyecto, la zona de influencia a nivel regional con lo cual el Proyecto da

cumplimiento a lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera, tomando medidas de prevención y control de los equipos emisores desde la etapa de diseño y durante el desarrollo de las operaciones.

La metodología para determinar la extensión y amplitud de la pluma global de dióxido de azufre generado por las emisiones de las instalaciones petroleras ubicadas en el Golfo de México, se basa en la aplicación de la tecnología óptica denominada mini-DOAS, la cual fue aplicada durante una campaña oceanográfica Pewa - 1 en junio de 2016 por el IMP (IMP, 2017) para recabar información ambiental de línea base regional que es útil en éste Proyecto.

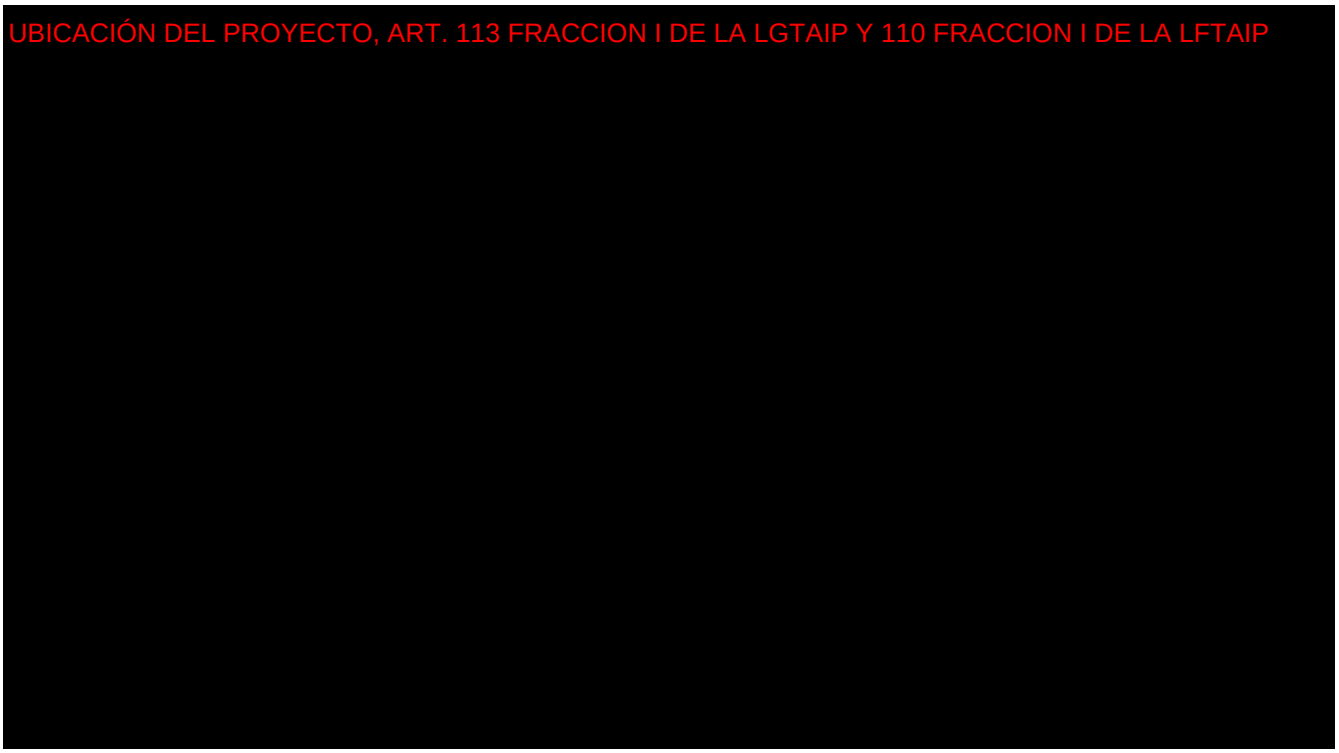
El mini-DOAS es un método para determinar concentraciones de gases traza midiendo sus estructuras de absorción de banda estrecha en las regiones espectrales de luz UV y visible. La técnica DOAS utiliza las características espectrales de la absorción de los gases traza y de los procesos de extinción por aerosoles para separar las estructuras espectrales de banda ancha y de banda estrecha en un espectro de absorción y así aislar las absorciones de banda específica. Utiliza la tecnología de espectroscopia de absorción óptica diferencial (DOAS) para identificar y cuantificar los gases traza usando sus absorciones de banda específicas.

Es un instrumento basado en un método pasivo que utiliza un mini-espectrofotómetro, para obtener información del perfil vertical del SO_2 presente en la tropósfera, mediante el análisis del espectro de la luz solar dispersada. El instrumento puede ser utilizado desde una plataforma móvil, configurándose un sistema móvil-DOAS; o también puede ser utilizado desde una plataforma fija, realizando escaneos de horizonte a horizonte. En donde los gases absorben radiación en ciertas longitudes de onda específicas a la estructura molecular del gas; la radiación que se absorbe se usa para excitar niveles de energía, vibracionales y rotacionales, o una combinación de estos. En gases monoatómicos, los niveles de energía tienden a seguir secuencias que producen líneas de absorción (Finlayson-Pitts & Pitts, 2000). Las mediciones de dióxido de azufre se guardan con fecha, hora y geoposicionamiento para su procesamiento, análisis e interpretación de resultados.

En la Figura IV.159 se presenta la trayectoria del crucero oceanográfico en el área del SAR. Los resultados obtenidos muestran que existen concentraciones muy bajas de SO_2 en la atmósfera en el ambiente marino y hasta la región costera en estudio donde se ubicarán las instalaciones terrestres en el municipio de Paraíso. Por lo tanto, se puede decir que dichas concentraciones bajas de SO_2 se debe

principalmente a que la mayor densidad de las fuentes de emisión (Plataformas petroleras existentes) se encuentra ubicadas en el SAR definido; así como también se debe a la buena dispersión atmosférica que existe en la región. La buena dispersión que impera en la región se debe a las velocidades de viento registras que oscilan entre 2 a 4 m/s y rachas de hasta 10 m/s, estos factores ayudan para que la calidad del aire en la región en estudio sea buena en términos de contaminantes criterio.

Figura IV.159. Trayectoria seguida para la medición de SO2 durante la campaña oceanográfica PEWA-



Fuente: Elaboración IMP

No omitiendo que dicha dispersión también se ve influenciada por las temperaturas del ambiente que fluctúan entre 22 a 31°C, así como de la humedad relativa que varía entre 40 y 90% en la región monitoreada.

Características del agua y sedimentos marinos.

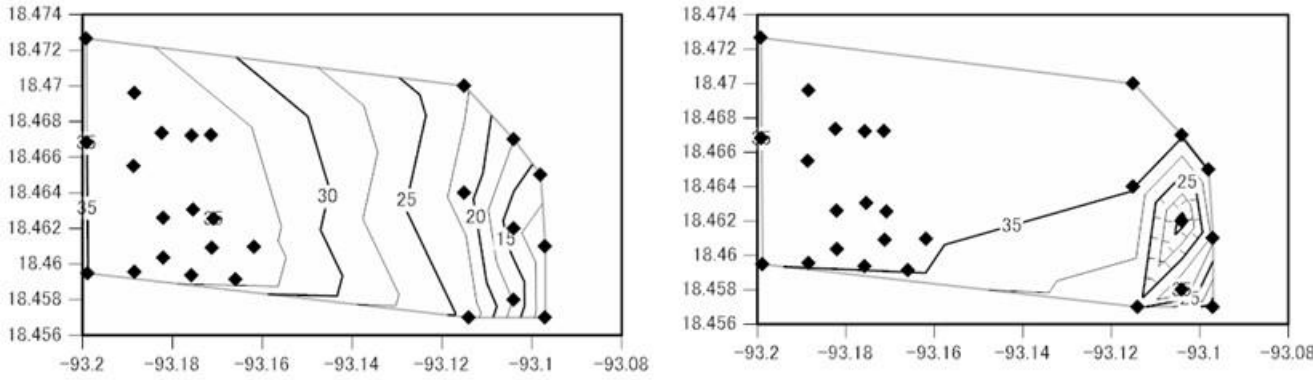
A continuación se presenta la descripción del estado del ecosistema de la zona de influencia marina del SAR, soportada en el estudio de 30 estaciones de muestreo frente a la Terminal Marítima de Dos Bocas, y la desembocadura del Río González colectadas en junio de 2013, y una estación de muestreo colectada en junio de 2016 en el crucero Pewa – 1 mencionado previamente, que se ubica en el área de exclusión de PEMEX.

Los puntos de muestreo en el mar se escogieron de acuerdo con los estudios precedentes realizados en la Sonda de Campeche. Las actividades realizadas incluyeron el muestreo de agua de mar y sedimentos en 18 puntos distribuidos alrededor del área de descarga de los emisores, y 18 puntos divididos en dos zonas de referencia al Oeste a la altura de la Barra de Tupilco y Este del punto focal de descarga Río González. La distribución de las estaciones fue de forma concéntrica en diferentes distancias de la ubicación central entre los dos emisores (500, 1000 y 1500 m). Los parámetros evaluados y sus metodologías analíticas corresponden a las que posteriormente se incluyeron en las guías para la elaboración de la línea base ambiental previa al inicio de las actividades de exploración y extracción de hidrocarburos en aguas marinas y de aguas someras ambas publicadas por la ASEA en 2017.

Características físicas y químicas del agua y sedimento marino.

Frente a Dos Bocas (DB) se muestrearon 17 estaciones a diferentes distancias de los emisores submarinos de la Terminal Marítima de Dos Bocas. En cada estación se colectó una muestra superficial y otra de fondo. Frente a la desembocadura del Río González (RG) se tomaron dos muestras por estación (superficial y profunda) para un total de 9 estaciones y 18 muestras. A continuación se describen las propiedades físicas y químicas del agua de estas dos regiones durante el muestreo. Los valores nominales de las variables fisicoquímicas estudiadas se incluyen de la Tabla 1. Salinidad: En la Figura IV.160, se muestra la distribución de la salinidad en las capas superficial y de fondo. Frente a DB la salinidad superficial osciló entre los 33 y 35 ppm. En la zona del RG la salinidad superficial se distribuyó perpendicularmente a la costa, con los valores más bajos (10 ups) en la desembocadura del río e incrementándose hacia el Oeste hasta alcanzar salinidades marinas. En las dos regiones se presentó una capa de fondo con una mayor salinidad que en superficie y con valores que oscilaron entre los 35 a 35.5 ups. La salinidad de fondo frente al RG muestra dos estaciones cercanas a la costa con valores bajos con la mayoría de las estaciones con valores marinos. En la zona de DB los valores de fondo fueron marinos. La distribución de la salinidad indica que la descarga del RG genera una lente de baja salinidad superficial desde su zona de descarga, misma que no alcanza la zona de DB. El agua de fondo de la zona RG se ve afectada por la descarga del río solamente en las inmediaciones cercanas a la costa y se incrementa rápidamente hasta llegar a los 35 ups, mostrando la influencia de los emisores de la terminal. En contraste, en la zona de DB la salinidad no se ve incrementada por la descarga del difusor en superficie.

Figura IV.160. Distribución de salinidad en la capa de superficie (izquierda) y de fondo (derecha).



Fuente: Elaboración IMP

Temperatura: La Figura 6 muestra la distribución de la temperatura del agua durante el estudio. La temperatura superficial frente al RG osciló entre los 29 y 30°C. En contraste, la temperatura de fondo varió entre los 27 y 30°C, con los valores más altos cerca de la descarga del río. Por otro lado, la temperatura superficial de DB fue menor, generalmente variando entre 24 y 26.5°C. La temperatura de fondo de DB disminuyó hasta los 23°C, con valores bajos en las estaciones más someras.

En resumen, la distribución de la temperatura superficial muestra que el RG aporta agua de mayor temperatura que el medio adyacente. En contraste con la capa superficial, donde la temperatura fue relativamente constante, la capa de fondo mostró un gradiente térmico intenso sugiriendo mezcla vertical entre agua superficial y agua de fondo más fría. Frente a DB la temperatura superficial fue 3°C más baja que en RG, tanto en superficie como en fondo. Las menores temperaturas se presentaron en las estaciones más cercanas a la línea de costa.

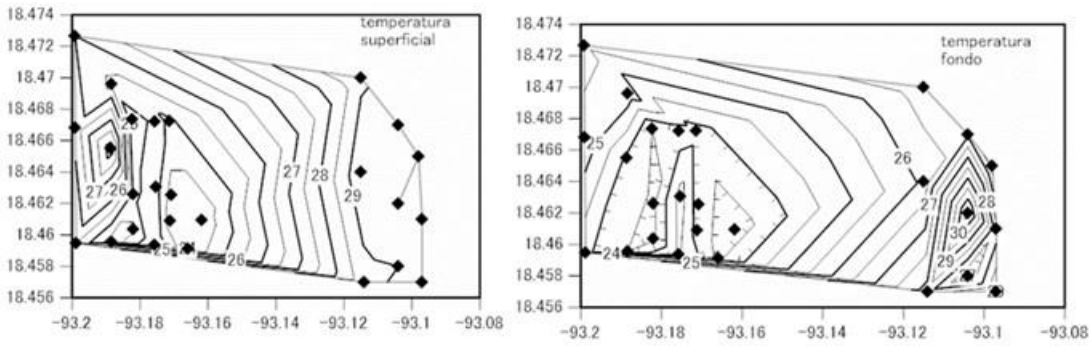
Tabla IV.62. Parámetros fisicoquímicos in situ en el sitio de los emisores de la descarga de agua congénita frente a la TMDB en Dos Bocas y Río González, Tabasco.

Estación	Temp (°C)	pH	O.D. (mg L1)	Salinidad (UPS)	Cond (mS/cm)	Turbiedad (NTU)
Emisor "D"						
DB-06-13-D01 SUP	26.00	8.09	6.07	34.6	52.5	0.72
DB-06-13-D01 FDO	25.60	4.04	4.27	35.6	53.8	0.54
DB-06-13-D02 SUP	25.40	8.08	6.09	34.2	52	0.29
DB-06-13-D02 FDO	25.30	8.04	4.72	35.3	53.5	1.01
DB-06-13-D03 SUP	26.20	8.10	6.39	35	53.1	0.96
DB-06-13-D03 FDO	25.40	8.07	5.30	35	53.1	0.56
DB-06-13-D04 SUP	24.60	8.01	5.76	33.8	51.4	0.67
DB-06-13-D04 FDO	23.50	8.09	3.85	35.6	53.9	1.09
DB-06-13-D05 SUP	25.20	8.09	6.61	34.4	52.3	2.42
DB-06-13-D05 FDO	23.70	8.03	4.31	35.4	53.6	0.84
DB-06-13-D06 SUP	24.90	8.10	6.32	34.3	52.1	0.99
DB-06-13-D06 FDO	23.80	8.03	5.13	35.7	53.9	1.14
DB-06-13-D07 SUP	25.20	8.11	6.69	34	51.8	2.04
DB-06-13-D07 FDO	24.70	8.01	4.33	35.5	53.8	1.76
DB-06-13-D08 SUP	24.30	8.09	6.20	35	53	10.7
DB-06-13-D08 FDO	23.70	8.00	3.85	35.6	53.9	1.18
DB-06-13-D09 SUP	24.20	8.08	6.01	34.3	52.1	2.02
DB-06-13-D09 FDO	23.80	8.01	4.08	35.6	53.7	4.88
DB-06-13-D10 SUP	25.50	8.11	6.81	34.5	52.3	1.44
DB-06-13-D10 FDO	24.60	8.03	4.27	35.4	53.7	0.98
DB-06-13-D11 SUP	24.40	8.06	5.81	33.2	50.7	2.78
DB-06-13-D11 FDO	23.40	8.03	5.02	35.5	53.7	0.45
DB-06-13-D12 SUP	24.90	8.07	5.87	33	50.3	0.95
DB-06-13-D12 FDO	23.40	8.08	4.14	35.7	53.9	0.84
DB-06-13-D13 SUP	25.50	8.10	6.27	35	53.1	0.62
DB-06-13-D13 FDO	24.10	8.03	4.21	35.5	53.7	0.67
DB-06-13-D14 SUP	28.30	8.08	5.82	34.2	52.2	0.66
DB-06-13-D14 FDO	23.90	8.03	4.24	35.4	53.6	0.74
DB-06-13-D15 SUP	24.20	8.08	6.14	34.5	52.4	0.9
DB-06-13-D15 FDO	23.50	8.04	4.30	35.5	53.6	0.95
DB-06-13-D17 SUP	24.10	8.05	5.75	33.9	51.6	2.25
DB-06-13-D17 FDO	23.20	7.99	4.40	35.8	54.1	1.24
DB-06-13-D18 SUP	24.00	8.08	6.08	34.3	52.2	1.1
DB-06-13-D18 FDO	23.40	8.04	4.68	35.7	54.1	1.21
Río González						

Estación	Temp (°C)	pH	O.D. (mg L1)	Salinidad (UPS)	Cond (mS/cm)	Turbiedad (NTU)
RIO-G-06-13-01 SUP	28.90	8.04	6.02	23	36.65	5
RIO-G-06-13-01 FDO	26.80	8.06	4.67	35.5	53.7	2
RIO-G-06-13-02 SUP	29.40	8.06	6.11	21.5	34.47	5
RIO-G-06-13-02 FDO	26.10	8.05	5.31	35.3	52.5	3
RIO-G-06-13-03 SUP	28.80	8.11	6.84	24.4	38.55	2
RIO-G-06-13-03 FDO	28.20	8.12	5.76	26.4	41.34	5
RIO-G-06-13-04 SUP	29.40	8.01	5.62	17.5	28.54	8
RIO-G-06-13-04 FDO	26.90	8.03	5.17	35.6	53.9	1
RIO-G-06-13-05 SUP	29.50	8.01	6.13	13.2	22.03	9
RIO-G-06-13-05 FDO	30.70	8.02	5.42	12.8	21.45	3
RIO-G-06-13-06 SUP	29.00	8.02	5.93	17.3	28.26	7
RIO-G-06-13-06 FDO	27.00	8.09	5.14	35	53.1	2
RIO-G-06-13-07 SUP	29.50	7.98	6.56	13.9	23.08	7
RIO-G-06-13-07 FDO	26.30	8.00	5.37	35.4	53.7	11
RIO-G-06-13-08 SUP	29.40	7.99	5.25	10.4	17.79	10
RIO-G-06-13-08 FDO	27.70	8.04	5.24	31.3	48.2	4
RIO-G-06-13-09 SUP	29.30	8.00	5.9	10.5	17.93	3
RIO-G-06-13-09 FDO	29.00	7.99	5.17	12.4	20.87	12

Fuente: Elaboración IMP

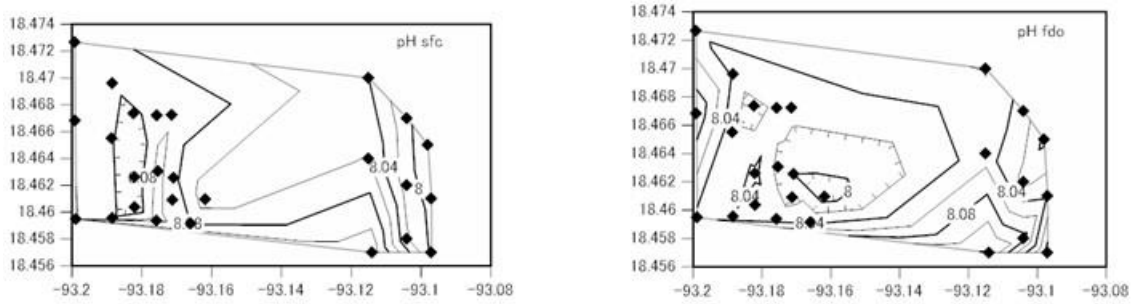
Figura IV.161. Distribución de temperatura en la capa de superficie (izquierda) y de fondo (derecha).



Fuente: Elaboración IMP

pH: Tanto en la zona de DB como de RG el pH superficial osciló entre 8.0 y 8.1, con los valores más altos cerca de la línea de costa y disminuyendo costa afuera (Figura 7). En la capa de fondo el pH fue ligeramente más bajo, sugiriendo una la presencia de procesos que consumen oxígeno.

Figura IV.162. Distribución de pH en la capa de superficie (izquierda) y de fondo (derecha).

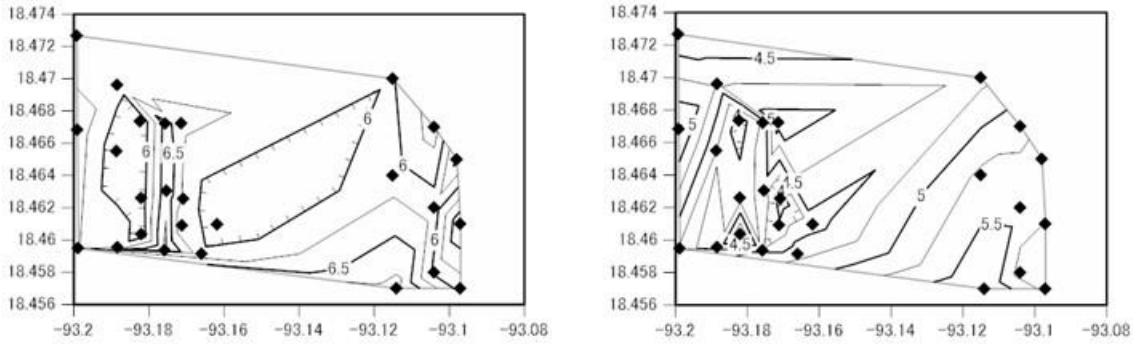


Fuente: Elaboración IMP

Oxígeno disuelto: La Figura IV.163 muestra la distribución de oxígeno disuelto en la capa superficial y de fondo. La concentración de oxígeno disuelto superficial tanto en el área de RG como en DB fue similar con valores oscilando entre 5 y 7 mg/L. En las dos áreas se presentaron gradientes superficiales de oxigeno perpendiculares a la costa.

En la capa de fondo de RG las concentraciones de oxígeno variaron entre 4.5 y 5.5 mg/L. En contraste, las concentraciones de oxígeno en DB fueron más bajas, y en algunos puntos disminuyó hasta 3.6 mg/L, probablemente debido a la mayor demanda de oxígeno por el aporte de carbono vía el difusor.

Figura IV.163. Distribución de oxígeno disuelto en la capa de superficie (izquierda) y de fondo (derecha).

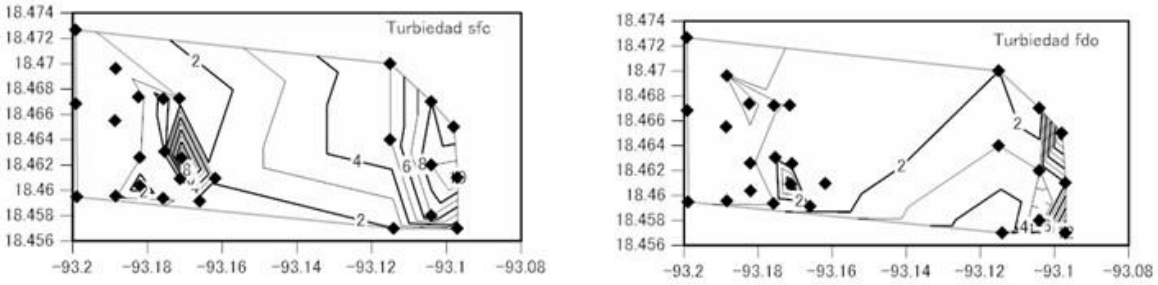


Fuente: Elaboración IMP

Turbiedad: La Figura IV.163 muestra la distribución de turbiedad en las capas superficial y de fondo En el nivel superficial la turbiedad en DB osciló entre 0.29 y 10.70 NTU. Los valores más altos se presentaron en las estaciones 8, 9, 10 y 11, que son someras y adyacentes al punto de descarga del emisor submarino. En la capa de fondo los niveles de turbiedad fueron similares a la capa superficial, aunque los valores máximos se presentaron en estaciones más alejadas a la descarga del

emisor. Los niveles de turbiedad en la zona de RG fueron mayores, con valores oscilando entre 2 y 10 NTU. Los valores más altos se encontraron en la desembocadura del río.

Figura IV.164. Distribución de turbiedad en la capa de superficie (izquierda) y de fondo (derecha).



Fuente: Elaboración IMP

Tabla IV.63. Sólidos en todas sus formas y nutrientes en el sitio de los emisores de la descarga de agua congénita frente a la TMDB en Dos Bocas y desembocadura del Río González, Tabasco.

Estación	S.T. (mgL^{-1})	S.S. (mgL^{-1})	S.D. (mgL^{-1})	Nitratos (mgL^{-1})	Fosfatos (µM)
Emisor "D"					
DB-06-13-D01 SUP	40928	25	40903	<0.09	6.39
DB-06-13-D01 FDO	40975	30	40945	<0.09	6.68
DB-06-13-D02 SUP	39950	25	39925	<0.09	5.67
DB-06-13-D02 FDO	41333	60	42273	<0.09	5.38
DB-06-13-D03 SUP	39945	47	39898	<0.09	7.56
DB-06-13-D03 FDO	40877	38	40839	<0.09	9.15
DB-06-13-D04 SUP	39392	45	39347	<0.09	3.34
DB-06-13-D04 FDO	41578	70	41508	<0.09	2.76
DB-06-13-D05 SUP	39882	55	39827	<0.09	2.62
DB-06-13-D05 FDO	41075	38	41037	<0.09	2.91
DB-06-13-D06 SUP	39757	60	39697	<0.09	3.49
DB-06-13-D06 FDO	43200	25	43175	<0.09	4.8
DB-06-13-D07 SUP	42225	28	43757	<0.09	4.65
DB-06-13-D07 FDO	43807	50	41106	<0.09	5.67
DB-06-13-D08 SUP	41148	42	41968	<0.09	7.12
DB-06-13-D08 FDO	42020	52	41070	<0.09	8.57
DB-06-13-D09 SUP	41120	50	42407	<0.09	5.67
DB-06-13-D09 FDO	42452	45	41998	<0.09	5.96
DB-06-13-D10 SUP	42508	60	41980	<0.09	6.25
DB-06-13-D10 FDO	42011	31	38913	<0.09	5.81
DB-06-13-D11 SUP	38955	42	41718	<0.09	4.21
DB-06-13-D11 FDO	41738	20	39767	<0.09	5.81

Estación	S.T. (mgL^{-1})	S.S. (mgL^{-1})	S.D. (mgL^{-1})	Nitratos (mgL^{-1})	Fosfatos (µM)
DB-06-13-D12 SUP	39805	38	41715	<0.09	7.41
DB-06-13-D12 FDO	41748	33	42253	<0.09	7.12
DB-06-13-D13 SUP	42310	57	43845	<0.09	7.85
DB-06-13-D13 FDO	43858	13	43845	<0.09	7.7
DB-06-13-D14 SUP	40638	25	40613	0.13	7.27
DB-06-13-D14 FDO	42123	30	42093	0.45	10.17
DB-06-13-D15 SUP	41160	23	41137	<0.09	10.46
DB-06-13-D15 FDO	42743	24	42719	<0.09	12.93
DB-06-13-D17 SUP	39330	38	39792	<0.09	9.74
DB-06-13-D17 FDO	41480	45	41435	<0.09	7.27
DB-06-13-D18 SUP	39717	33	39684	<0.09	3.34
DB-06-13-D18 FDO	41153	45	41108	<0.09	4.36

Fuente: Elaboración IMP

Tabla IV.63 (Continuación). Sólidos en todas sus formas y nutrientes en el sitio de los emisores de la descarga de agua congénita frente a la TMDB en Dos Bocas y desembocadura del Río González, Tabasco.

Estación	S.T. (mgL^{-1})	S.S. (mgL^{-1})	S.D. (mgL^{-1})	Nitratos (mgL^{-1})	Fosfatos (µM)
Río González					
RIO-G-06-13-01 SUP	31820.00	35	31785	0.14	8.28
RIO-G-06-13-01 FDO	50892.00	32	50860	<0.09	7.7
RIO-G-06-13-02 SUP	27992.00	38	27954	<0.09	7.27
RIO-G-06-13-02 FDO	48490.00	29	48461	<0.09	10.17
RIO-G-06-13-03 SUP	29467.00	22	29445	<0.09	7.27
RIO-G-06-13-03 FDO	36390.00	45	36345	<0.09	8.86
RIO-G-06-13-04 SUP	34793.00	40	34753	<0.09	6.97
RIO-G-06-13-04 FDO	43505.00	52	43453	<0.09	6.68
RIO-G-06-13-05 SUP	14337.00	42	14295	<0.09	4.21
RIO-G-06-13-05 FDO	40835.00	55	40780	<0.09	3.49
RIO-G-06-13-06 SUP	21015.00	42	20973	0.12	3.92
RIO-G-06-13-06 FDO	39497.00	60	39437	<0.09	2.18
RIO-G-06-13-07 SUP	15540.00	65	15475	<0.09	2.18
RIO-G-06-13-07 FDO	40873.00	110	40763	0.2	1.45
RIO-G-06-13-08 SUP	14097.00	55	14042	0.1	2.18
RIO-G-06-13-08 FDO	42267.00	77	42190	0.19	1.74
RIO-G-06-13-09 SUP	33125.00	52	33073	<0.09	2.47
RIO-G-06-13-09 FDO	41783.00	50	41733	<0.09	2.03

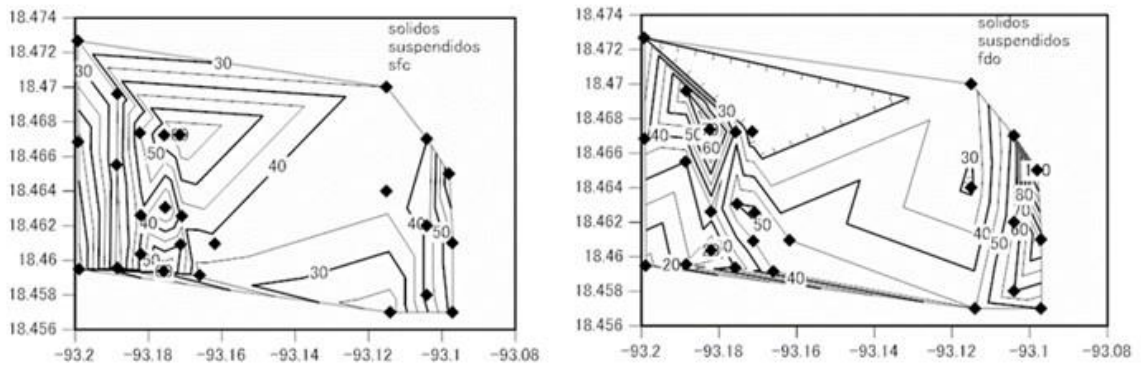
Fuente: Elaboración IMP

En la Tabla IV.65 se presentan los valores nominales de los sólidos en todas sus formas, así como de nitratos y fosfatos.

Sólidos suspendidos: La Figura IV.165 muestra la distribución de sólidos suspendidos en las capas superficial y de fondo. La concentración de sólidos suspendidos en superficie de DB fue mayor cerca de la salida del difusor con valores de hasta 60 mg/L. En la región de RG la concentración más alta se presentó en las estaciones más cercanas a la desembocadura del río. Las concentraciones superficiales promedio en las dos regiones fueron 40.7 y 43.0 mg/L, respectivamente.

En el nivel de fondo la concentración promedio de sólidos suspendidos fue mayor cerca de la desembocadura de RG con un valor de 56.7 mg/L y un máximo de 110 mg/L. En contraste, en DB el valor promedio de fondo fue de 38.8 con un máximo de 70 mg/L. En resumen, la distribución de sólidos disueltos sugiere dos regiones de aporte de sólidos disueltos: el Río González y el difusor.

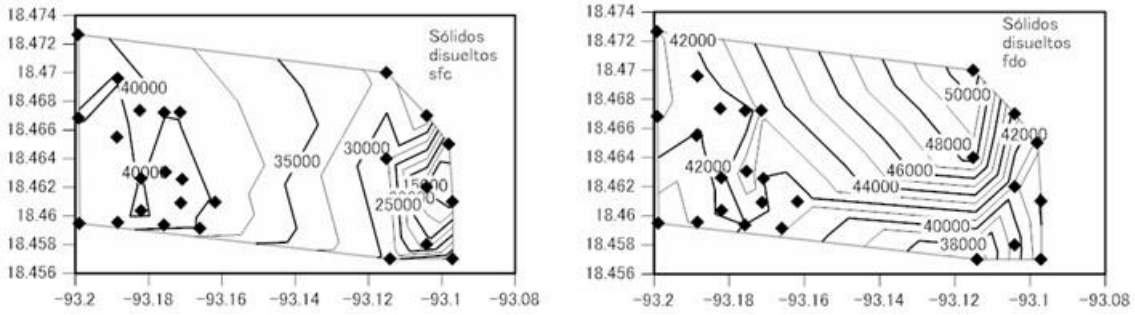
Figura IV.165. Distribución de sólidos suspendidos en la capa de superficie (izquierda) y de fondo (derecha).



Fuente: Elaboración IMP

Sólidos disueltos y totales: La Figura IV.165, muestra la distribución de sólidos disueltos en las capas superficial y de fondo. Debido a que los sólidos disueltos constituyen casi la totalidad de sólidos totales, se considera que su distribución y la de sólidos totales son iguales. La concentración superficial de sólidos disueltos fue mucho mayor frente a DB que frente a RG, con valores máximos de 40,000 mg/L en la primera comparado con 30,000mg/L frente al río. En la capa de fondo la concentración de sólidos disueltos se incrementó sustancialmente frente a RG con concentraciones más altas costa afuera.

Figura IV.166. Distribución de sólidos disueltos en la capa de superficie (izquierda) y de fondo (derecha).

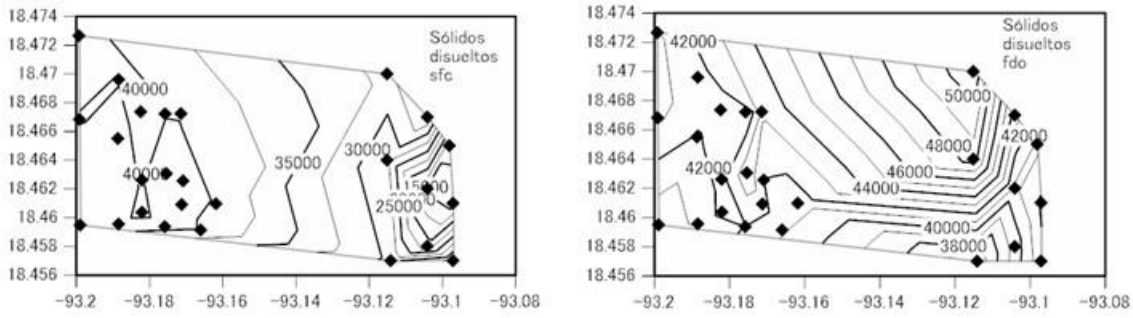


Fuente: Elaboración IMP

Como ya se mencionó, se cuenta con una estación ubicada central al norte de la SAR, en la que en junio 2016 (secas-lluvias), se encontraron los siguientes valores de variables fisicoquímicas: temperatura 25.80°C, salinidad 37 UPS, pH 8.13, oxígeno disuelto 6.26 mg/L, sólidos suspendidos 12.50 mg/L, turbiedad de 0.62 NTU; estos valores son similares a los intervalos observados en las aguas marinas frente a la terminal de Dos Bocas, Tab en 2013 y en muestreos previos.

Nitratos: La Figura IV.167 muestra la distribución de nitrato en las capas superficial y de fondo. La concentración de nitrato superficial y de fondo es no detectable en la mayor parte de la zona de estudio. Las dos fuentes de aporte son el RG y el emisor de DB, con concentraciones máximas de 0.45 ppm.

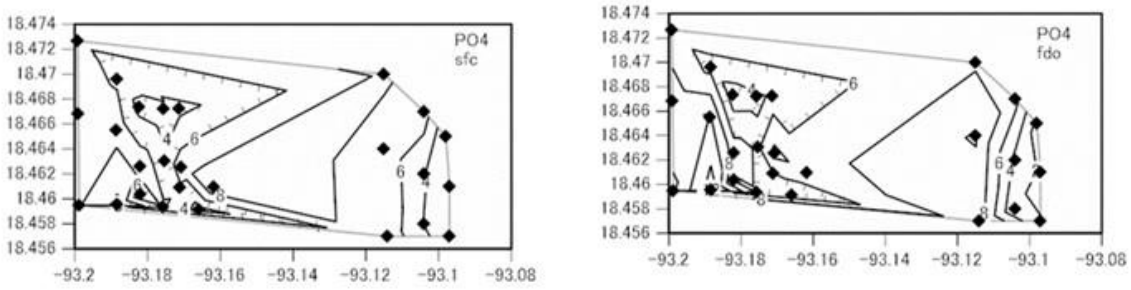
Figura IV.167. Distribución de nitratos en la capa de superficie (izquierda) y de fondo (derecha).



Fuente: Elaboración IMP

Fosfatos: La Figura IV.168 muestra la distribución de fosfato en las capas superficial y de fondo. Frente a RG las concentraciones más altas (8 µM) se registraron en las inmediaciones de la desembocadura del río, tanto en la capa superficial como en la profunda. En el área de DB las mayores concentraciones de fosfato se registraron frente a la descarga del difusor.

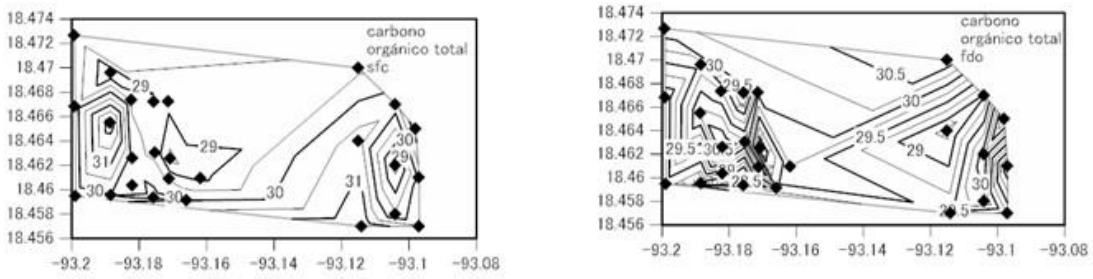
Figura IV.168. Distribución de fosfatos en la capa de superficie (izquierda) y de fondo (derecha).



Fuente: Elaboración IMP

Carbono orgánico total: La Figura IV.169 muestra la distribución de carbono orgánico total en las capas superficial y de fondo Las concentraciones de carbono orgánico total (incluye carbono orgánico disuelto más carbono orgánico particulado) en las dos zonas fue similar, con concentraciones que oscilaron entre 28 y 31.5 ppm. Los valores más altos en RG se presentaron a varios metros de la desembocadura y no en la misma. En DB las concentraciones más altas se registraron en las inmediaciones del difusor submarino. Cabe resaltar que no se presentaron diferencia significativa en concentración entre los niveles superficial y fondo.

Figura IV.169. Distribución de carbono orgánico total en la capa de superficie (izquierda) y de fondo (derecha).



Fuente: Elaboración IMP

Resumen de las condiciones fisicoquímicas del medio: De acuerdo a la distribución de la salinidad y de algunas variables fisicoquímicas la zona RG durante el período de muestreo se ve afectada por la descarga del Río González y su efecto se ve varios kilómetros de la costa. La descarga del RG parece aportar fósforo tanto disuelto como particulado; este último es transformado a la especie disuelta a unos kilómetros costa adentro, como lo muestra el incremento en su concentración. De hecho, la concentración del material particulado aportado por el río decrece con la

distancia de la desembocadura al tiempo que se incrementa la del material disuelto. De igual manera, la descarga del río aporta agua relativamente caliente y oxigenada por la dinámica de la desembocadura.

En contraste, la presencia del emisor frente a Dos Bocas determina la distribución de varias especies químicas en la región. Por un lado, la descarga del emisor es suficiente para disminuir el pH en 0.04 unidades, y los sólidos suspendidos incrementan la turbiedad del agua en las inmediaciones del emisor. El carbono orgánico total, y los nutrientes nitratos y fosfatos se incrementan, posiblemente por el aporte de aguas negras mezcladas con la descarga del agua de producción.

Comportamiento de metales en agua y sedimentos.

Metales en agua.

En la Tabla IV.66 se presenta el resumen estadístico del comportamiento de los metales en agua de superficie en mg L-1 (ppm), incluyendo los valores criterio crónico agudo para agua de mar SQUIRT, NOAA, que identifican impactos potenciales a los recursos costeros y sus habitantes estos valores representan una evaluación general preliminar con fines de proporcionar una alerta temprana, en sitios amenazados por la presencia de actividades y residuos industriales. (Buchman, 2008).

Del análisis de las tablas y las figuras se observa que todos los metales a excepción del Cr, As en todos los cuerpos receptores y el Cd en el agua de superficie del Río González (RG), que está en el límite, superan los valores criterio de efecto agudo y crónico para agua de mar. Por otro lado, Cu, Zn, y Ba, presentaron las concentraciones promedio más altas en el agua de fondo de la localidad del emisor de Dos Bocas (DB), las concentraciones más bajas de metales se encontraron en el RG en el agua de superficie. Las concentraciones de Fe, son similares en todos los cuerpos receptores, pero más altas en el agua de fondo del RG lo que refleja procesos de erosión costera.

De manera particular cabe enfatizar las altas concentraciones de Ba en el agua de fondo del emisor, lo que se relaciona con las operaciones de la industria petrolera, las aguas congénitas pueden presentar varios metales en solución, los metales presentes y sus concentraciones son altamente variables dependiendo de la edad y geología de las formaciones.

No existen buenas correlaciones entre las concentraciones de metales en los aceites y las aguas producidas, sin embargo algunos metales como el níquel el cadmio, el plomo el zinc y el vanadio se disuelven tanto en el aceite como en el agua en la

medida que migran de los yacimientos que los originan. Los metales que se presentan con más frecuencia a altas concentraciones en aguas congénitas son Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Ni, Zn (Neff, 2001).

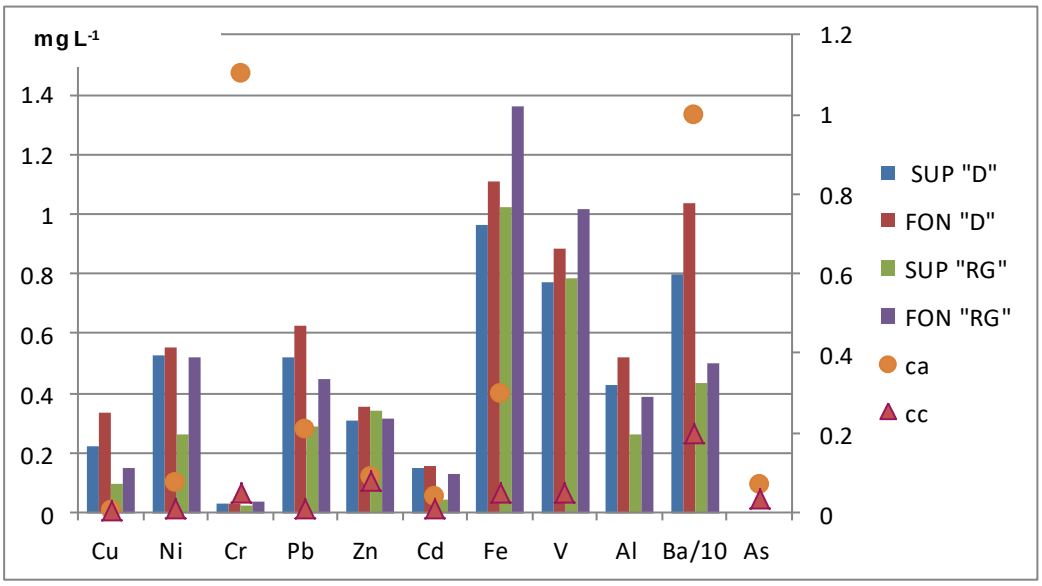
Tabla IV.64. Metales en agua superficial y de fondo en las localidades acuáticas del difusor y el Río González en Dos Bocas, Tabasco.

ESTADISTICOS	Cu (mg L^{-1})	Ni (mg L^{-1})	Cr (mg L^{-1})	Pb (mg L^{-1})	Zn (mg L^{-1})	Cd (mg L^{-1})	Fe (mg L^{-1})	V (mg L^{-1})	Al (mg L^{-1})	Ba (mg L^{-1})	As (mg L^{-1})
SQUIRT, NOAA											
agudo	0.0048	0.074	1.100	0.210	0.090	0.040	0.300			1.000	0.069
crónico	0.0031	0.0082	0.050	0.0081	0.081	0.0088	0.050	0.050		0.200	0.036
AGUA DE SUPERFICIE EMISOR "D"											
Promedio	0.224	0.524	0.030	0.522	0.311	0.150	0.961	0.771	0.428	7.969	
Desv. est.	0.174	0.094	0.010	0.211	0.245	0.027	0.317	0.200	0.215	4.476	
C.V.	77.81	17.99	32.47	40.33	78.95	17.94	32.97	25.88	50.16	56.17	
Mínimo	0.064	0.287	0.019	0.293	0.083	0.083	0.542	0.513	0.185	2.250	<0.05
Máximo	0.721	0.668	0.052	0.820	1.012	0.184	1.621	1.277	0.716	17.600	<0.05
Cuartil 25%	0.087	0.481	0.023	0.324	0.133	0.142	0.710	0.653	0.229	3.440	
Cuartil 75%	0.352	0.58	0.04	0.7	0.37	0.16	1.168	0.789	0.622	10.340	
n	**17**	17.00	17.00	17.0	17.00	17.00	17	17	17	17	17
AGUA DE FONDO EMISOR "D"											
Promedio	0.332	0.551	0.032	0.625	0.355	0.158	1.112	0.883	0.518	10.341	
Desv. est.	0.252	0.072	0.008	0.288	0.319	0.022	0.338	0.208	0.266	5.488	
C.V.	75.95	13.07	24.68	46.11	89.66	13.86	30.36	23.49	51.40	53.07	
Mínimo	0.079	0.415	0.021	0.319	0.079	0.126	0.697	0.678	0.147	3.610	<0.05
Máximo	0.869	0.697	0.046	1.183	1.133	0.196	1.608	1.303	0.938	18.670	<0.05
Cuartil 25%	0.096	0.525	0.025	0.357	0.113	0.138	0.763	0.751	0.263	4.640	
Cuartil 75%	0.446	0.604	0.039	0.846	0.467	0.175	1.322	1.100	0.707	14.550	
n	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
AGUA DE SUPERFICIE RIO GONZALEZ											
Promedio	0.096	0.260	0.025	0.286	0.340	0.043	1.023	0.784	0.261	4.342	
Desv. est.	0.027	0.122	0.005	0.123	0.432	0.019	0.329	0.218	0.135	2.500	
C.V.	28.22	47.05	20.61	43.10	127.16	43.34	32.13	27.85	51.85	57.57	
Mínimo	0.073	0.109	0.017	0.156	0.057	0.016	0.636	0.483	0.162	1.060	<0.05
Máximo	0.145	0.402	0.033	0.533	1.385	0.068	1.667	1.210	0.607	9.000	<0.05
Cuartil 25%	0.075	0.144	0.022	0.208	0.113	0.030	0.768	0.722	0.191	2.790	
Cuartil 75%	0.117	0.378	0.027	0.315	0.247	0.059	1.090	0.858	0.276	4.940	
n	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
AGUA DE FONDO RIO GONZALEZ											
Promedio	0.146	0.520	0.034	0.445	0.314	0.129	1.362	1.019	0.389	4.979	
Desv. est.	0.080	0.121	0.007	0.198	0.415	0.024	0.441	0.150	0.214	2.532	
C.V.	54.52	23.25	19.85	44.37	132.03	18.35	32.39	14.76	55.00	50.86	
Mínimo	0.072	0.368	0.021	0.304	0.055	0.099	0.785	0.827	0.179	1.560	<0.05
Máximo	0.271	0.742	0.047	0.914	1.405	0.182	2.258	1.251	0.837	9.870	<0.05
Cuartil 25%	0.086	0.438	0.032	0.306	0.165	0.116	1.143	0.912	0.232	3.810	
Cuartil 75%	0.236	0.572	0.036	0.496	0.236	0.137	1.474	1.091	0.481	5.950	
n	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Fuente: Elaboración IMP

En la Figura 1V.170 se presenta de manera gráfica el comportamiento de los metales por sitio y su comparación con los criterios crónico y agudo. La concentración de Ba está dividida entre 10 para escalar la gráfica y poder representar todos los metales juntos. Las concentraciones de metales a excepción del Cr y As, en todos los sitios y profundidades presentan impactos potenciales a los recursos y hábitats de la región, que deben considerarse.

Figura IV.170. Comportamiento promedio de los metales en agua de superficie y fondo por localidad (cc=Criterio crónico; ca=Criterio agudo).



Fuente: Elaboración IMP

Metales en sedimentos

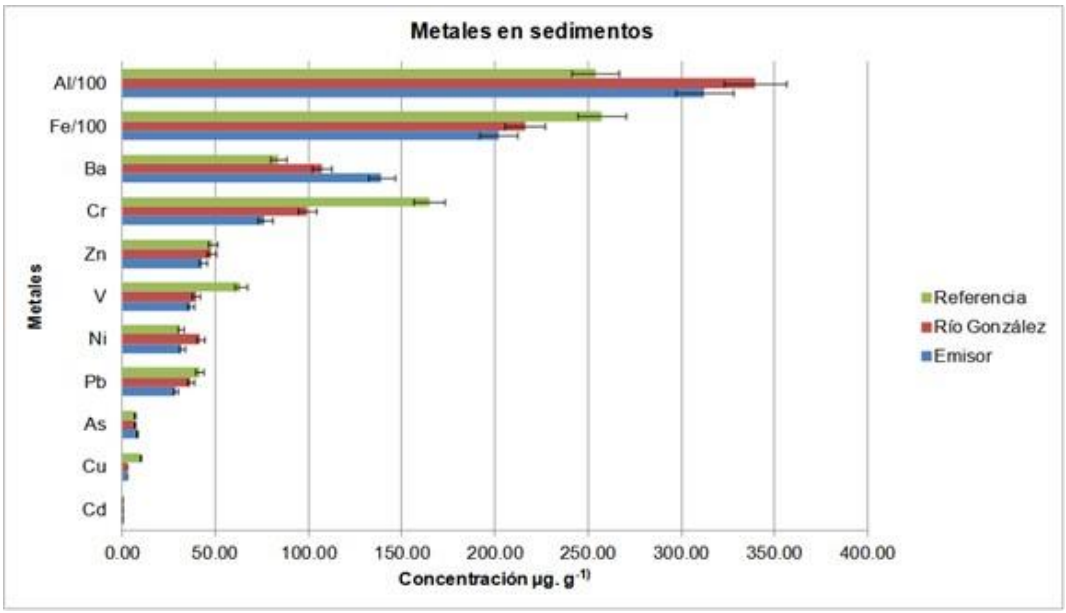
En la Tabla IV.67 se presentan los valores nominales de las concentraciones de metales en sedimentos, clasificados de acuerdo a los criterios SQUIRT (Buchman, 2008), que propone la NOAA con el fin presentar un espectro de concentraciones asociadas con varias probabilidades de efecto biológico adverso, este espectro va de niveles presumiblemente no tóxicos como el TEL (Límite de Efecto no Tóxico) al PEL (Límite de Efecto Probable), donde se identifican concentraciones y compuestos con una mayor probabilidad de efecto, dependiendo del elemento y los estudios disponibles, en la tabla se incluyen estos valores y el Límite de Efecto Aparente (AET) en el que el arreglo por pares de observaciones de concentraciones de metales y efectos se arreglan en orden creciente, y el valor AET resulta de la concentración más alta asociada con un efecto no tóxico. Los colores de la tabla, que representan intervalos específicos en Dos Bocas de: no efecto, efecto medio y efecto alto biológico adverso resultan de: verde <TEL, amarillo ≥TEL < PEL, rojo ≥ PEL; para el caso de valores ATE: verde <ATE, amarillo ≥ATE < 3 ATE, rojo ≥ 3ATE. El Ba cuenta con un valor TEL y un valor ATE, el intervalo entre estos se usó para definir los intervalos de efecto verde < ATE, amarillo ≥ ATE < TEL, rojo ≥ TEL.

De acuerdo a la Tabla IV.65, el Cu, Zn, Cd, y Fe, presentan concentraciones regionales que no representan efecto nocivo para la vida acuática, la mayoría de los niveles

regionales de Ni, Al y Cr están en el intervalo de efecto nocivo intermedio a alto, el resto de los metales presenta comportamientos locales que se describen a continuación: Las concentraciones de Pb en el área del difusor están en su mayoría en el intervalo de no efecto, mientras que en el RG y la referencia del difusor (Barra de Tupilco) las concentraciones son de efecto intermedio implicando un efecto adverso biológico posible. Las concentraciones de V que representan un efecto adverso probable, se localizan en los sedimentos del sitio de referencia del difusor hacia la zona oeste. El Ba, presenta un gradiente de efecto alto del difusor a medio en el RG y bajo-intermedio en la referencia del difusor. Finalmente el As presenta niveles en un efecto adverso intermedio concentradas en las estaciones del difusor.

En la Figura IV.171 se presentan las concentraciones promedio de metales en sedimentos por sitio y en la Tabla IV.65 se presenta el resumen estadístico de los mismos.

Figura IV.171. Concentraciones promedio de metales en sedimento por sitio.



Fuente: Elaboración IMP

Tabla IV.65. Intervalos de efecto de metales en sedimentos en las localidades acuáticas del difusor, río González y referencia del difusor en Dos Bocas, Tabasco.

ESTACIÓN	Cu (µg g-1)	Ni (µg g-1)	Cr (µg g-1)	Pb (µg g-1)	Zn (µg g-1)	Cd (µg g-1)	Fe (µg g-1)	V (µg g-1)	Al (µg g-1)	Ba (µg g-1)	As (µg g-1)
TEL	18.7	15.9	52.3	30.24	124	0.68	AET	AET	AET	130	7.24
PEL	108	42.8	160	112	271	4.21	220000	57	18000	48 (AET)	41.6
EMISOR "D"											
DB-06-13-D01	5.207	35.97	5.21	32.63	36.35	0.357	27395	59.16	16530	103.78	8.00
DB-06-13-D02	<0.024	33.07	106.53	29.88	42.68	0.235	21572	36.88	33704	149.29	8.05
DB-06-13-D03	4.940	29.07	112.73	29.31	43.55	0.234	21142	43.34	29969	125.97	8.09
DB-06-13-D04	<0.024	32.59	89.20	27.37	42.77	0.203	20508	33.36	32294	107.99	8.83
DB-06-13-D05	4.342	33.11	94.61	28.78	43.46	0.222	21117	37.00	32210	121.39	4.99
DB-06-13-D06	1.096	31.87	94.28	30.04	46.77	0.228	21633	42.51	28339	109.30	7.25
DB-06-13-D07	5.020	51.13	86.68	34.87	55.60	0.262	24867	44.62	60879	381.16	8.66
DB-06-13-D08	0.221	29.17	78.86	26.58	41.24	0.198	18738	34.01	29451	135.05	6.67
DB-06-13-D09	<0.024	28.59	64.65	25.91	40.31	0.196	17779	29.84	28455	94.50	10.18
DB-06-13-D10	<0.024	26.87	59.10	25.03	39.19	0.189	16599	27.71	22709	72.19	9.26
DB-06-13-D11	0.901	26.54	51.97	23.69	39.03	0.175	15906	25.41	31020	221.75	7.87
DB-06-13-D12	2.832	40.68	67.21	31.61	48.97	0.230	21177	35.01	42564	174.28	7.76
DB-06-13-D13	2.453	34.08	62.87	29.12	46.23	0.217	20224	30.68	36941	167.71	6.63
DB-06-13-D14	0.084	28.93	67.62	27.22	42.31	0.202	18360	30.67	29113	103.10	9.37
DB-06-13-D15	<0.024	27.19	66.36	24.93	39.56	0.184	16814	27.85	24961	78.88	11.70
DB-06-13-D16	<0.024	29.37	82.51	28.86	41.84	0.221	19294	38.83	27997	156.26	8.83
DB-06-13-D17	<0.024	29.63	93.91	30.29	43.45	0.227	20113	43.46	27746	96.81	7.83
DB-06-13-D18	<0.024	29.63	96.76	31.43	44.73	0.231	20260	45.11	27478	106.77	7.53
RIO GONZALEZ											
RIO-G-06-13-01	0.41	44.55	142.51	43.95	56.53	0.295	26236	52.68	34179	93.34	6.96
RIO-G-06-13-02	0.57	38.76	103.36	36.99	46.49	0.234	21209	43.86	28085	81.13	8.76
RIO-G-06-13-03	7.46	33.67	110.37	36.63	43.25	0.239	21392	45.71	27423	80.13	5.72
RIO-G-06-13-04	3.60	46.20	87.13	36.46	49.55	0.229	21108	36.69	42921	148.21	5.86
RIO-G-06-13-05	2.31	39.52	78.37	32.07	41.72	0.199	18292	30.98	33744	104.83	5.89
RIO-G-06-13-06	0.90	39.61	88.75	35.47	45.01	0.219	20462	36.46	30961	94.36	7.11
RIO-G-06-13-07	5.12	49.25	84.18	38.22	54.44	0.241	22732	35.97	40313	133.39	6.67
RIO-G-06-13-08	1.50	39.26	100.01	35.87	46.66	0.225	21480	38.60	32315	98.92	6.86
RIO-G-06-13-09	3.68	46.31	101.10	36.86	47.79	0.228	21593	35.76	35700	129.78	7.10
REF DOS BOCAS											
DB-06-13-RD01	<0.024	29.89	161.06	36.39	43.95	0.271	23790	60.42	22168	57.66	6.32
DB-06-13-RD02	<0.024	34.82	158.29	41.56	50.43	0.307	26596	63.81	29633	110.24	5.62
DB-06-13-RD03	8.82	34.41	135.57	38.15	47.96	0.272	24534	49.03	32794	110.20	6.31
DB-06-13-RD04	9.77	28.42	188.97	44.79	51.36	0.324	28833	87.16	17049	44.83	7.07

ESTACIÓN	Cu (µg g-1)	Ni (µg g-1)	Cr (µg g-1)	Pb (µg g-1)	Zn (µg g-1)	Cd (µg g-1)	Fe (µg g-1)	V (µg g-1)	Al (µg g-1)	Ba (µg g-1)	As (µg g-1)
DB-06-13-RD05	10.84	31.47	252.84	48.26	57.55	0.346	31356	84.65	24721	92.20	6.32
DB-06-13-RD-06	<0.024	34.46	131.61	43.54	51.89	0.288	25594	58.69	31912	133.60	7.36
DB-06-13-RD07	<0.024	26.87	151.22	33.44	39.45	0.219	19737	47.15	20733	48.84	7.17
DB-06-13-RD08	<0.024	29.32	160.34	42.69	46.28	0.275	24423	65.26	20021	43.34	7.17
DB-06-13-RD09	<0.024	33.79	142.85	45.32	50.76	0.291	26767	56.98	29698	114.18	6.86

Fuente: Elaboración IMP

De manera general las concentraciones promedio en sedimentos más altas de la mayoría de los metales se presentan en el sitio de referencia del difusor al oeste mismo frente a la Barra de Tupilco, sin embargo el As y el Ba en el sitio del difusor y el Ni y Al en el RG, presentan los promedios más altos, estos pueden ser indicadores de las actividades específicas que se realizan en esos sitios o de los procesos naturales en los mismos, en el caso del difusor el Ba y el As son indicadores de la presencia de la descarga de DB y en el RG la alta presencia de Al podría indicar procesos de escorrentías continentales asociados a la veta de níquel que ya se ha observado en otros estudios de suelos en la región de Tabasco. Las interrogantes que abren estos resultados justifican continuar los estudios de cada sitio como característicos de actividades humanas y procesos naturales que convergen simultáneamente a nivel regional en Dos Bocas, Tabasco.

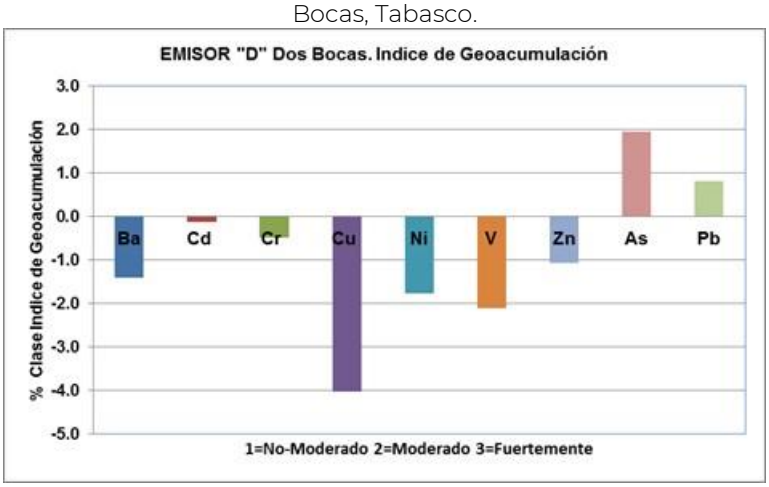
Tabla IV.66. Resumen estadístico de las concentraciones de metales en sedimentos en las localidades acuáticas del difusor, Río González y referencia del difusor en Dos Bocas, Tabasco.

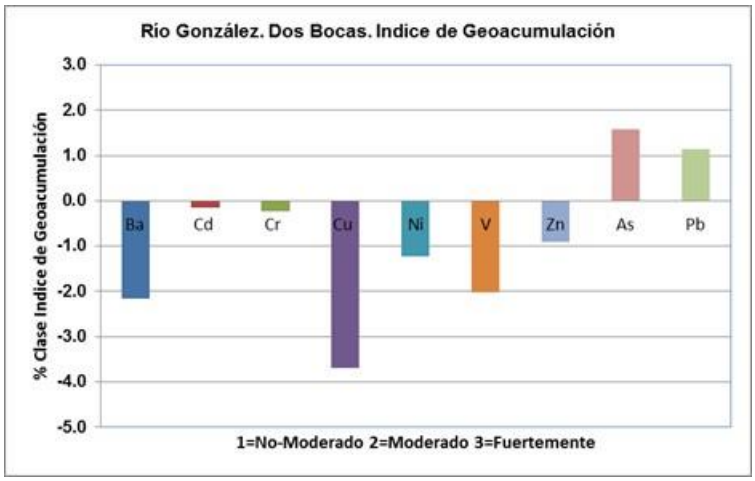
ESTADISTICOS	Cu (µg g-1)	Ni (µg g-1)	Cr (µg g-1)	Pb (µg g-1)	Zn (µg g-1)	Cd (µg g-1)	Fe (µg g-1)	V (µg g-1)	Al (µg g-1)	Ba (µg g-1)	As (µg g-1)
SEDIMENTO DE EMISOR "D"											
media geométrica	1.53	31.65	67.98	28.61	43.03	0.22	20017	36.14	30180	127.88	8.07
Promedio	2.71	32.08	76.73	28.75	43.23	0.22	20194	36.97	31242	139.23	8.20
Desv. est.	2.04	5.94	24.80	2.92	4.34	0.04	2822	8.37	9198	71.00	1.47
C.V.	75.36	18.51	32.33	10.15	10.04	17.88	14	22.65	29	51.00	17.91
Mínimo	0.08	26.54	5.21	23.69	36.35	0.18	15906	25.41	16530	72.19	4.99
Máximo	5.21	51.13	112.73	34.87	55.60	0.36	27395	59.16	60879	381.16	11.70
Cuartil 25%	0.95	28.96	65.08	26.74	40.54	0.20	18455	30.67	27809	103.27	7.59
Cuartil 75%	4.79	33.10	94.19	30.23	44.44	0.23	21169	43.13	32273	154.52	8.83
n	10	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
SEDIMENTO DE RIO GONZALEZ											
media geométrica	1.93	41.64	98.06	36.83	47.72	0.23	21524	39.18	33621	104.79	6.72
Promedio	2.84	41.90	99.53	36.94	47.94	0.23	21612	39.64	33960	107.12	6.77
Desv. est.	2.37	4.93	19.16	3.13	4.89	0.03	2106	6.60	5157	24.29	0.93
C.V.	83.31	11.77	19.25	8.46	10.21	10.98	10	16.64	15	22.68	13.78
Mínimo	0.41	33.67	78.37	32.07	41.72	0.20	18292	30.98	27423	80.13	5.72
Máximo	7.46	49.25	142.51	43.95	56.53	0.29	26236	52.68	42921	148.21	8.76
Cuartil 25%	0.90	39.26	87.13	35.87	45.01	0.23	21108	35.97	30961	93.34	5.89
Cuartil 75%	3.68	46.20	103.36	36.99	49.55	0.24	21593	43.86	35700	129.78	7.10
n	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
SEDIMENTO DE REF DOS BOCAS											
Media geométrica	9.77	31.37	161.63	41.32	48.59	0.29	25547	62.40	24818	76.85	6.67
Promedio	9.81	31.50	164.75	41.57	48.85	0.29	25737	63.68	25414	83.90	6.69
Desv. est.	4.93	2.99	37.14	4.73	5.21	0.04	3278	13.97	5753	35.23	0.57
C.V.	50.26	9.51	22.54	11.37	10.67	12.59	13	21.94	23	42.00	8.57
Mínimo	8.82	26.87	131.61	33.44	39.45	0.22	19737	47.15	17049	43.34	5.62
Máximo	10.84	34.82	252.84	48.26	57.55	0.35	31356	87.16	32794	133.60	7.36
Cuartil 25%	9.30	29.32	142.85	38.15	46.28	0.27	24423	56.98	20733	48.84	6.32
Cuartil 75%	10.30	34.41	161.06	44.79	51.36	0.31	26767	65.26	29698	110.24	7.17
n	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

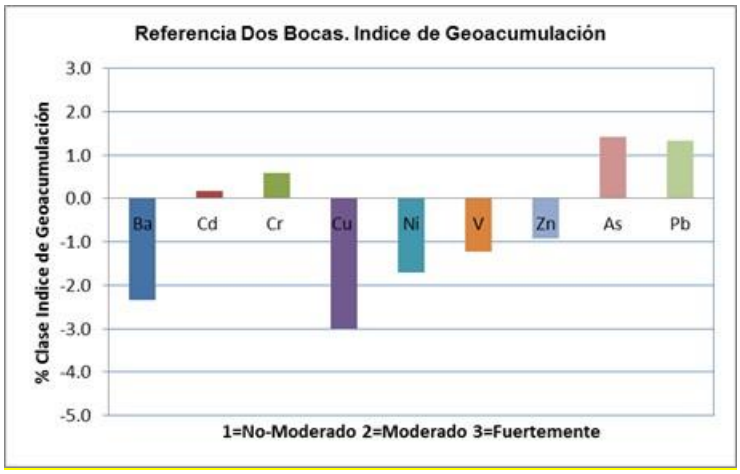
Fuente: Elaboración IMP

Los metales son elementos que se presentan de manera natural en los ecosistemas por lo que sus concentraciones por si solas no reflejan necesariamente sitios impactados por actividades de antropogénicas y adicionalmente a la probabilidad de efecto adverso que los niveles puedan representar, es necesario conocer las concentraciones de fondo y si existen procesos de geoacumulación o enriquecimiento de los metales en el medio, a partir de la normalización de las concentraciones de los metales de interés con los niveles de elementos conservativos de gran abundancia en el ambiente como son el aluminio y el hierro, en las Figuras, IV.171 y IV.172, se presentan gráficamente los resultados de éstos análisis aplicados a las muestras de sedimentos de la región de Dos Bocas, Tabasco.

Figura IV.172. Análisis de geoacumulación de metales en sedimento Igeo por sitio en la región de Dos Bocas, Tabasco.

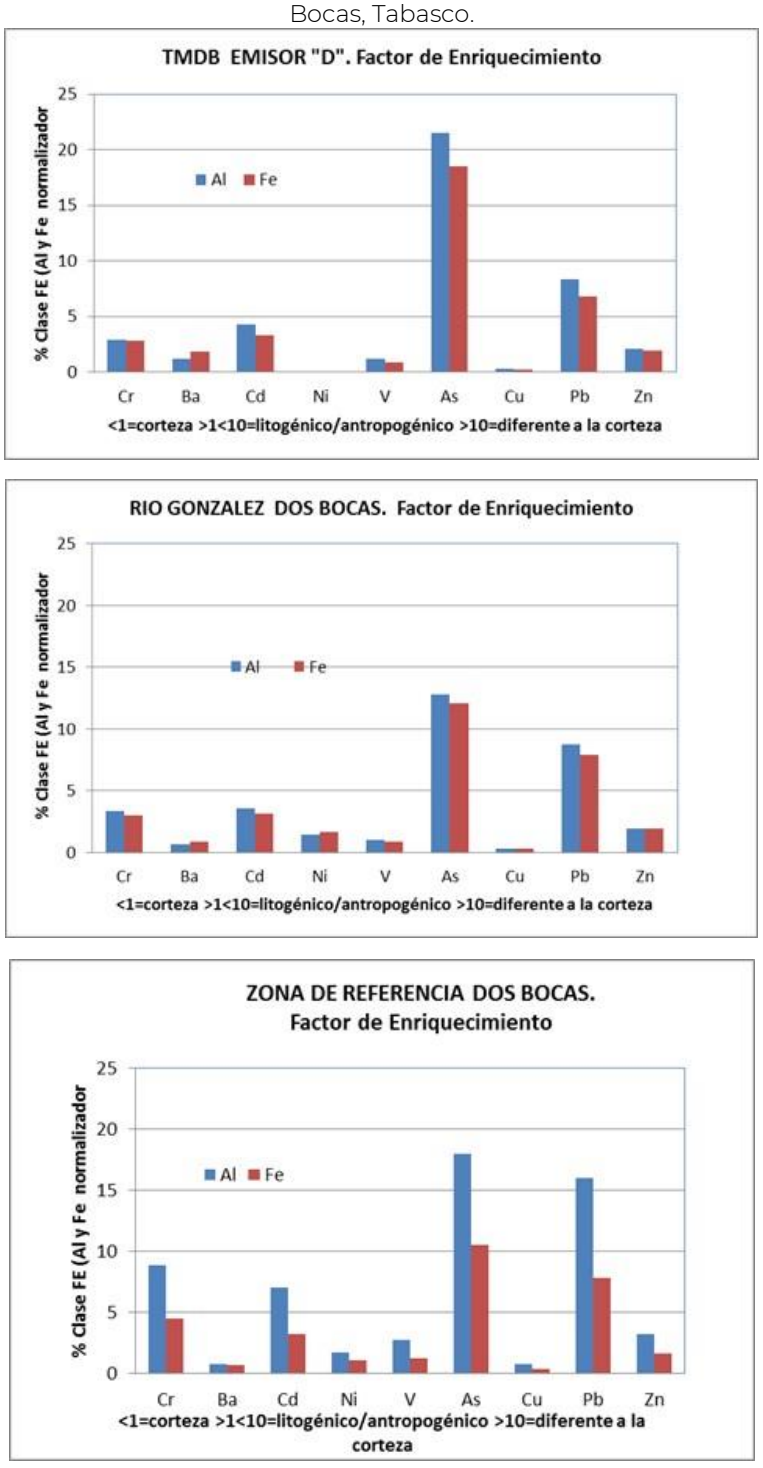






Fuente: Elaboración IMP

Figura IV.173. Análisis de enriquecimiento de metales en sedimento Fe por sitio en la región de Dos Bocas, Tabasco.



Fuente: Elaboración IMP

En la Figura IV.172 se observa que a nivel regional los metales As y Pb, muestran índices de contaminación de moderado a fuertemente contaminado, con la intensidad de contaminación más alta en la zona del difusor de Dos Bocas, en la zona de referencia del difusor de DB, que se asume como la que mejor representa el comportamiento regional ya que la circulación dominante es Este Oeste, el Cd y el Cr, presentan índices de intensidad de contaminación moderada. Este hecho es interesante ya que en un estudio de 2003 (IMP-Battelle, 2006), se había destacado la presencia de estos metales como de impacto moderado por sus concentraciones en sedimento, los resultados del índice de geoacumulación sugieren que hay que continuar su seguimiento.

En la Figura IV.173, se observa que existe una fuente de As diferente a la de la corteza terrestre, con un enriquecimiento mayor a 10 a nivel regional, que es independiente del elemento de normalización que se utilice, lo que da consistencia a este comportamiento, los mayores valores de enriquecimiento se presentan en el difusor, por lo que en ese sitio podría establecerse una relación de fuente con la descarga de agua congénita para este metal. El Pb, es el siguiente elemento que se enriquece a nivel regional pero asociado a procesos litológicos y antropogénicos.

Los factores de enriquecimiento son muy similares entre el RG y la zona de referencia de DB, por lo que se puede inferir orígenes y procesos antropogénicos similares, mientras que en el difusor de Dos Bocas el enriquecimiento para el caso de todos los metales a excepción de As y Pb es menor a 5. Cabe destacar nuevamente el enriquecimiento de Cd y Cr en la referencia de Dos Bocas. A continuación se presentan las concentraciones de metales para el punto medido en el área de influencia marino del SAR en 2016 (Tabla IV.68).

Agua: En la Tabla IV.68, se presentan las concentraciones observadas en agua, de acuerdo a la comparación con criterios internacionales de posibilidad de efecto tóxico a los organismo expuestos a las concentraciones ambientales, el vanadio, cobalto y níquel presentan niveles de efecto crónico, mientras que la exposición al hierro y cobre corresponden a efectos de tipo agudo, cabe recalcar que a pesar de los efectos que estas concentraciones representan en la zona de influencia marina en el extremo central Norte de la SAR, las concentraciones de los elementos con comportamiento crónico, son por lo menos un orden de magnitud menores a lo encontrado en las estaciones costeras frente a Dos Bocas, por otro lado las concentraciones agudas son extremadamente altas en comparación con las de Dos Bocas, y deberá considerarse como una condición especial de ese sitio a la que se recomienda dar seguimiento.

Tabla IV.67. Concentración de metales en agua (mg/l) durante la campaña oceanográfica Pewa 1 en el Golfo de México.

	Litio		Aluminio		Escandio		Vanadio		Cromo		Manganeso	
sitio	Conc	Incert	Conc	Incert	Conc	Incert	Conc	Incert	Conc	Incert	Conc	Incert
47	0.082	0.044	0.000	0.052	0.043	0.057	0.048	0.034	0.024	0.075	0.002	0.068
Sin efecto	s.c.		s.c.		s.c.		<0.050		s.c.		<0.100	
Crónico	s.c.		s.c.		s.c.		>0.050		s.c.		>0.100	
Agudo	s.c.		s.c.		s.c.		s.c.		s.c.		s.c.	

	Hierro		Cobalto		Níquel		Cobre		Zinc		Estroncio	
sitio	Conc	Incert	Conc	Incert	Conc	Incert	Conc	Incert	Conc	Incert	Conc	Incert
47	2.450	0.164	0.009	0.046	0.009	0.040	3.306	0.221	0.007	0.026	7.210	0.496
Sin efecto	<0.050		<0.001		<0.008		<0.0031		<0.081		s.c.	
Crónico	>0.050		>0.001		>0.008		>0.0031		>0.081		s.c.	
Agudo	>0.300		s.c.		>0.074		>0.0048		>0.090		s.c.	

Fuente: Elaboración IMP

Sedimento: Como se puede observar en la Tabla IV.69 el cromo, cobre, zinc, arsénico, bario y plomo presentan riesgos mínimos TEL y el Níquel de categoría posible PEL. Estas concentraciones a pesar de representar estos riesgos y estar en los sedimentos de la zona de influencia del proyecto a nivel regional, son un orden de magnitud menor, a las observadas enfrente del ambiente marino de Dos Bocas, Tab. En consecuencia, no se considera que los sedimentos estén contaminados por metales de acuerdo a los índices de geoacumulación que se calcularon y solamente el escandio y el arsénico presentan un enriquecimiento mínimo asociado a procesos naturales de la corteza terrestre.

Tabla IV.68. Concentración e incertidumbre de metales en sedimento (mg/g) obtenidos durante la campaña oceanográfica Pewa 1 en el Golfo de México.

	Litio		Aluminio		Escandio		Vanadio		Cromo		Manganeso		Hierro	
Sitio	Conc.	Incert.	Conc.	Incert.	Conc.	Incert.	Conc.	Incert.	Conc.	Incert.	Conc.	Incert.	Conc.	Incert.
47	2.14	0.46	5697.45	0.00	13.44	0.05	26.24	0.02	15.92	0.18	218.68	0.01	12949.18	0.00
Riesgo ambiental														
Mínimo	*		*		*		*		<52.3		*		*	
Posible	*		*		*		*		52.3 a 160		*		*	
Probable	*		*		*		*		>160		*		*	

	Cobalto		Níquel		Cobre		Zinc		Arsénico		Bario		Plomo	
Sitio	Conc.	Incert.	Conc.	Incert.	Conc.	Incert.	Conc.	Incert.	Conc.	Incert.	Conc.	Incert.	Conc.	Incert.
47	8.83	0.11	16.78	0.05	0.01	22.33	21.32	0.01	1.32	6.24	86.08	0.02	4.21	2.16
Riesgo Ambiental														
Mínimo	*		<15.9		<18.7		<124		<7.24		<130		<30.24	
Posible	*		15.9 a 42.8		18.7 a 108		124 a 271		7.24 a 41.6				30.2 a 112	
Probable	*		>42.8		>108		>271		>41.6				>112	

* no aplica

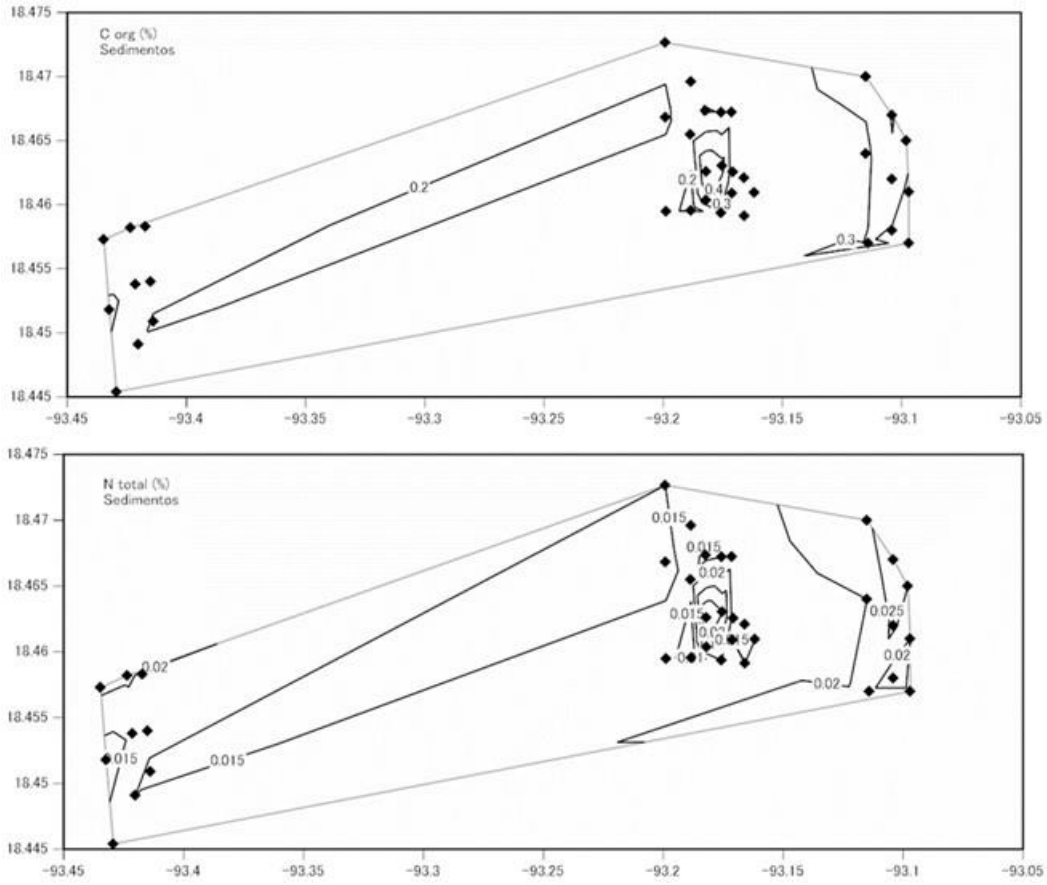
El código de color corresponde a los criterios de toxicidad establecidos por la NOAA para cada metal. Las concentraciones menores al TEL representan riesgo bajo, mayores a TEL pero menores a PEL representan un riesgo medio y las mayores a PEL un riesgo alto.

Fuente: Elaboración IMP

Carbono y nitrógeno sedimentarios.

Como se observa en la Figura IV.174 en la que se presentan los iso-valores de ambos elementos para cada sitio, las concentraciones de carbono en sedimentos oscilan entre 0.14 y 0.51 %. Las concentraciones promedio más altas se presentaron en la salida del difusor submarino. La concentración de nitrógeno total varió entre 0.01 y 0.036. Los niveles más altos de este parámetro se presentaron a la salida del difusor. En general la distribución de estos dos parámetros fue similar en los tres sitios.

Figura IV.174. Distribución de carbono orgánico total (panel superior) y nitrógeno total (panel inferior) en sedimentos.



Fuente: Elaboración IMP

Comportamiento de compuestos orgánicos.

Se presentan los resultados de los hidrocarburos totales del petróleo y los compuestos semi-volátiles para cada sitio de estudio en la matriz ambiental, agua, sedimentos y organismos pelágicos en que fueron analizados.

- Hidrocarburos Totales del Petróleo HTP.

Columna de agua: No se identificaron ni cuantificaron compuestos individuales de HTP ni totales en columna de agua. Se reportan los valores <0.401 ng L-1 correspondiente al límite de detección. Los valores de referencia que se han medido en zonas costeras como antecedentes tienen diferencias metodológicas, Botello et al. (1996) compilan valores promedio de hidrocarburos disueltos y dispersos en aguas para cada estado del litoral del Golfo de México. En Veracruz han estimado niveles de 15.1 µg L-1, Tabasco con 5.3 µg L-1, Campeche 48.8 µg L-1, y Quintana Roo 4.4 µg L-1. Los valores de hidrocarburos medidos en estudios antecedentes se encuentran en niveles de ppb (µg L-1), tres órdenes de magnitud superiores a la resolución de las mediciones en el presente estudio de ppt (ng L-1) por lo que no resulta adecuada su referencia para evaluar el estado del ambiente.

La persistencia de los hidrocarburos en columna de agua es considerablemente menor que la que se da en la fase sedimentaria, por lo que las variaciones en las concentraciones que puedan observarse son altas y es común encontrar en el ambiente acuático, diluciones en factores logarítmicos desde la descarga fuente aún en distancias cortas, razón por la cual es importante observar el comportamiento de los contaminantes en el ambiente sedimentario debido a su naturaleza conservativa.

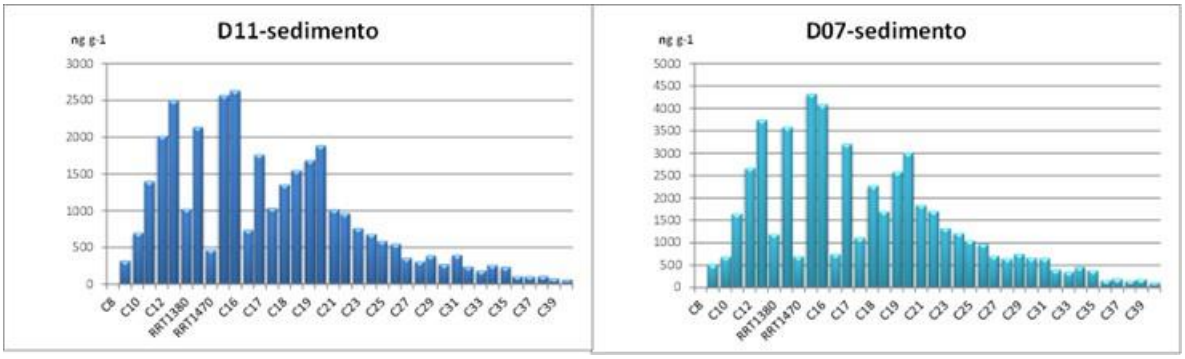
Sedimentos: El análisis del contenido de HTP en sedimentos proporciona información sobre el destino y dispersión de los hidrocarburos de la descarga en el ambiente marino receptor. Niveles de HTP totales en sedimento se observaron únicamente en dos puntos cercanos a la salida del emisor submarino con concentraciones de 564.6 y 470.5 mg Kg-1 respectivamente. En las zonas de referencia de Barra de Tupilco y frente a la desembocadura del Río González no se observaron niveles analíticamente cuantificables de HTP.

Los niveles observados en el polígono frente al emisor durante el monitoreo realizado en 2003 fueron menores de forma importante (desde No detectados hasta máximo de 48.7 mg Kg-1) éste máximo corresponde a la misma posición geográfica de la estacón D11, habiendo una diferencia de un orden de magnitud mayor en 2013. Esta diferencia puede asociarse con las temporadas climáticas ya que el muestreo

en 2003 se realizó durante nortes cuando ocurre mayor dispersión de las descargas y el realizado en 2013 fue en la transición secas-lluvias, por lo que pudo observarse tres puntos con concentraciones detectables de hidrocarburos ubicados en el polígono frente al emisor, mientras que en 2003 solo se registró una estación contaminada. Por otro lado, en la zona de Barra de Tupilco al oeste de Dos Bocas, no se observaron niveles detectables analíticamente a diferencia del 2003 donde en promedio hubo 7.87 mg Kg^{-1}.

En la Figura IV.175 se muestra el patrón de distribución de compuestos individuales de HTP detectados en los sedimentos. En ambas estaciones se observó un patrón similar, con dominancia de nC15 y nC16.

Figura IV.175 Patrón de distribución de hidrocarburos alifáticos en muestras de sedimentos en la zona costera de Dos Bocas.



Fuente: Elaboración IMP

Las relaciones de diagnóstico calculadas para ambas estaciones se especifican en la Tabla IV.69.

Tabla IV.69. Relaciones de diagnóstico para las dos estaciones en agua con presencia de HTP.

	D07	D11
Pristano/fitano	0.66	0.67
$(nC_{15}+nC_{17})/nC_{16}$	1.84	1.65
CPI	1.10	1.16
HC principal	nC_{15}	nC_{16}
LMW/HMW	4.69	7.87
ODD/EVEN	1.03	1.0

Fuente: Elaboración IMP

En general, los índices de diagnóstico en ambos sitios tuvieron valores similares y demostraron el aporte reciente de hidrocarburos al medio sedimentario: la relación Pristano/Fitano <1 (el fitano es principalmente derivado del petróleo mientras que el

pristano puede tener origen de petróleo y biológico en los sedimentos marinos), valores de CPI cercano a la unidad, la presencia de HC dominante de bajo peso molecular y valores de hidrocarburos pares e impares en proporciones equivalentes. El aporte inmediato en la estación D11 y su transporte hacia la D07 punto donde hubo niveles menores de los hidrocarburos más ligeros y que se reflejó en la relación de compuestos alto peso molecular HMW con los de bajo peso molecular LMW también menor.

Los niveles altos de LMW se encuentran en sitios con impacto antropogénico, alta HMW indica sitio con fuentes de origen biogénico; es entonces que la relación LMW/HMW menor a la unidad indica aporte natural de fuentes biogénicas marinas y terrestres y mayor a la unidad, aportes industriales y origen del petróleo (Yusoff, et al; 2012). De acuerdo con el Índice de preferencia del carbón (CPI), las mezclas de hidrocarburos biogénicos contienen mayor concentración de alcanos con carbonos impares (CPI>1) que los hidrocarburos del petróleo los cuales tienen aproximadamente la misma distribución de cadenas pares e impares.

El grado de biodegradación se estima con base en los valores de las relaciones de compuestos estables y abundantes en el petróleo con hidrocarburos de fácil degradación (nC17:Pristano y nC18:Fitano). Los valores menores a la unidad en la relación sugieren biodegradación limitada relacionado con el ingreso de petróleo fresco.

- Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos HAP.

Columna de agua: La mayoría de los HAP que ingresan a la columna de agua tienen un tiempo de vida media significativamente menor a los que se encuentran en sedimentos por acción de la foto-oxidación, volatilización y adhesión a las partículas suspendidas para su transporte y posterior depositación en los fondos.

En el análisis de HAP en agua, en general no se detectaron niveles analíticamente cuantificables excepto en agua de fondo de la estación D07 del área de Dos Bocas y las estaciones RG 04 y RG 07 de la salida del Río González en superficie y fondo respectivamente. En la Tabla IV.70 se presentan los valores nominales de los hidrocarburos totales, de bajo y alto peso molecular y los valores de HAP totales estimados en 2003.

Tabla IV.70. Valores nominales de los hidrocarburos totales, de bajo y alto peso molecular y los valores de HAP totales estimados en 2003.

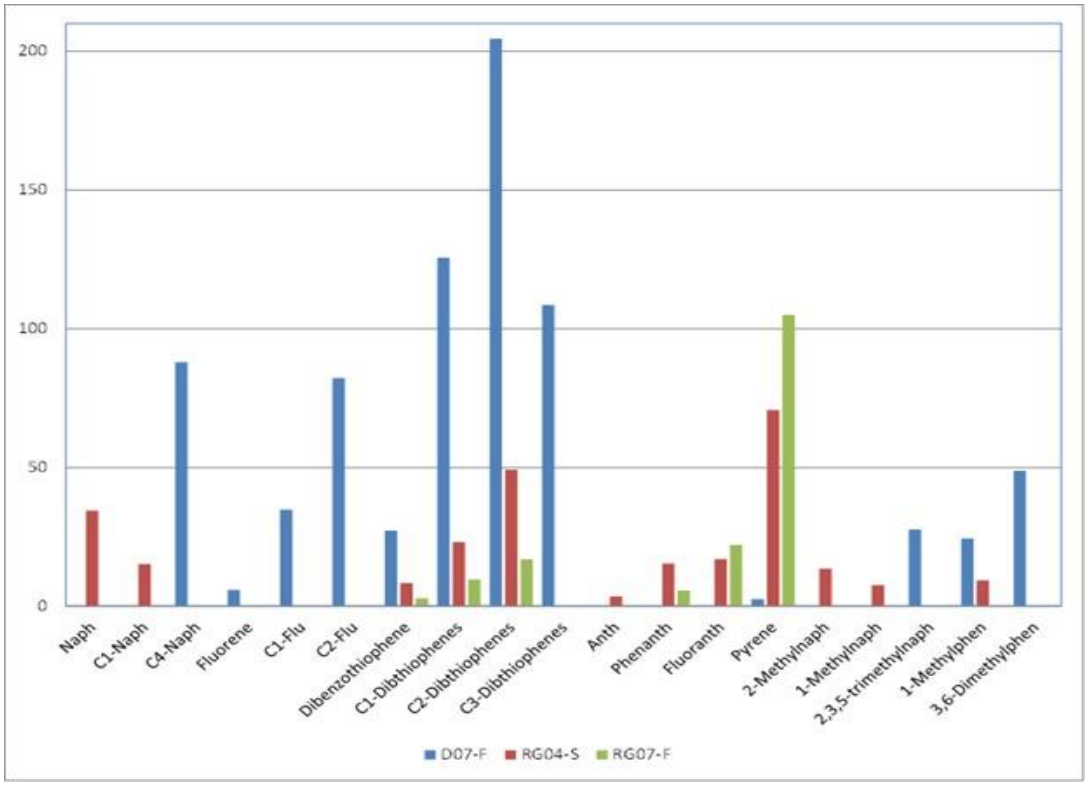
ng L^{-1}	HAP LMW	HAP HMW	HAP TOTALES
D07 Fondo	5.81	29.67	35.48
RG04 Superficie	68.37	95.89	164.26
RG07 Superficie	5.66	129.69	135.35
DB Ostión	*	*	76.7
Ref DB Ostión	*	*	55.9
DB SPMD	*	*	22.5
Ref DB SPMD	*	*	17.1
Criterio de calidad del agua marina 300 ppb			

Fuente: Elaboración IMP

Los niveles de estos hidrocarburos detectados puede considerarse que se encuentran en niveles similares a lo observado en 2003, sin embargo, en éste año se hizo un estudio de monitoreo mediante el cual de estimaron los valores a partir del análisis de bioacumulación de los monitores (ostiones y membrana SPMD) anclados en la zona y no de la medición directa del agua. Existe aporte de éstos compuestos al ambiente marino por la descarga del Río González.

Los criterios regulatorios de la NOAA para HAP totales marcan 300 µg L^{-1} como nivel máximo para agua marina, por lo que se sugiere un potencial bajo de impacto por el emisor en la columna de agua. Los compuestos individuales que se detectaron arriba del límite mostraron para cada estación los patrones que se grafican en la Figura IV.176. Los analitos dominantes en la estación D07 (fondo) corresponden a compuestos ligeros, (tres o menos anillos aromáticos), mientras que, aunque en las estaciones que registraron valores de la descarga del Río González el espectro del tipo de hidrocarburos fue más amplio, tuvieron mayores concentraciones compuestos de mayor persistencia ambiental y origen de combustión (de cuatro o más anillos aromáticos) o aportes continentales.

Figura IV.176. Distribución de analitos de HAP en muestras de agua marina del área de Dos Bocas y río González.



Fuente: Elaboración IMP

Sedimentos: Los HAP, tienden a asociarse rápidamente con las partículas suspendidas en la columna de agua y depositarse en los sedimentos, siendo éste un reservorio importante de estos compuestos. Los procesos hidrodinámicos como turbulencias a microescala y patrón de corrientes distribuyen el material particulado y los HAP. Así mismo, su distribución se ve influida por la bioturbación o mezclado de sedimentos por acción biológica, principalmente en la interfase agua-sedimento. Las concentraciones de HAP en sedimentos superficiales proporcionan información del transporte y destino de los hidrocarburos que ingresan a los sistemas. En la Tabla IV.71 se resumen los valores de HAP en sedimentos del área de Dos Bocas en 2013 y su comparación con los niveles observados en 2003.

Tabla IV.71. Valores de HAP en sedimentos del área de Dos Bocas en 2013 y su comparación con los niveles observados en 2003.

ng g^{-1}	HAP LMW	HAP HMW	HAP TOTALES
2013			
D07	2585.75	325.74	2911.49
D11	2049.96	274.22	2324.18
D12	269.65	97.72	367.37
2003			
DB (D1-1)	23.8	6.59	30.4
Ref DB	2.83	3.43	6.27
TEL ng g^{-1}	312	655	1684
PEL ng g^{-1}	1442	6676	16770

Sombreado en verde indica concentraciones máximas menores a los criterios TEL.
Sombreado amarillo indica concentraciones máximas mayores a los criterios TEL pero menores a los criterios PEL.
Sombreado en rojo indica concentraciones máximas mayores a los criterios PEL.
Fuente: Elaboración IMP

En 2003, solamente una estación resultó con valores de HAP analíticamente detectables y se ubicó en un punto inmediato a la salida del emisor submarino, siendo así es que no se observó un patrón de contaminación relacionado a la descarga del emisor, excepto en 2013 donde los valores mostraron que la dispersión en sedimento estaría dirigida hacia el Este y limitado a un área cercana a la salida del difusor. Cabe recordar que el muestreo en 2003 se hizo en época de nortes donde se favorece la dispersión y en 2013 en la transición de estiaje-lluvias. Bajo la aplicación de los criterios de calidad del sedimento en ambientes marinos establecidos por la NOAA, los HAP que representan mayor impacto a la fase sedimentaria son los de bajo peso molecular, dado el ingreso de hidrocarburos derivados del petróleo ya que las concentraciones medidas superaron los umbrales de efecto bajo y posible.

En cuanto a los compuestos individuales analizados, en la Tabla IV.72 se registran los datos de los analitos que se detectaron y que cuentan con niveles umbral de efecto como criterios de evaluación de impacto. Los compuestos que representan un impacto moderado a los sedimentos corresponden a los de menor peso molecular (tres anillos o menos). Este impacto detectado podrá determinarse como impacto alto si se consideran las concentraciones de los homólogos alquilados (por ejemplo la suma de los naftalenos o fenantrenos C1- a C4-), ya que sólo se compararon las concentraciones de los compuestos no alquilados, por lo que se espera que el impacto real sea alto por HAP de alto peso molecular como se determinó en las sumatorias de HAP.

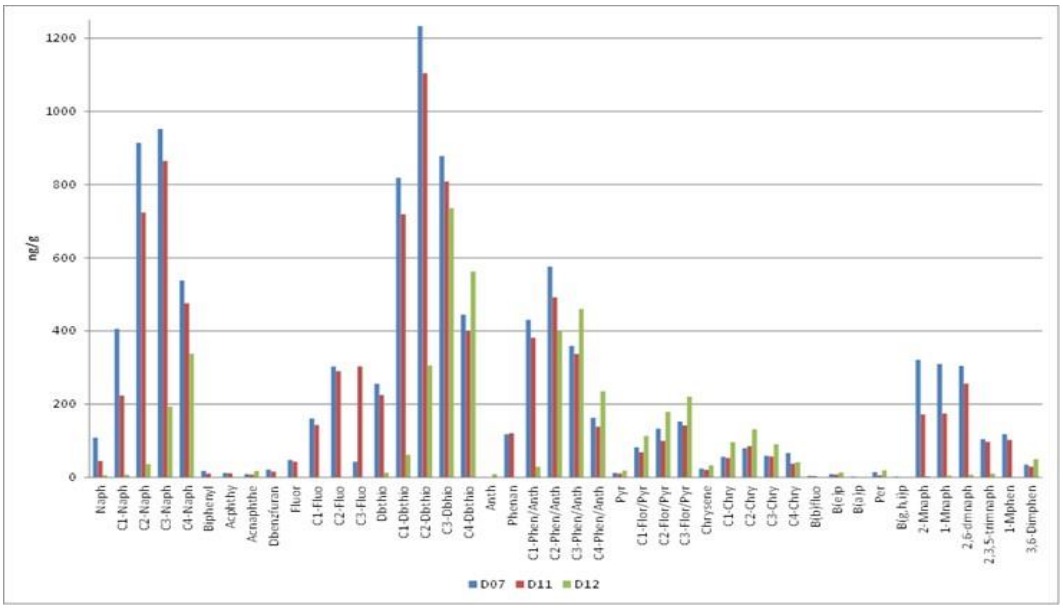
Tabla IV.72. Datos de los analitos que se detectaron y que cuentan con niveles umbral de efecto como criterios de evaluación de impacto.

ng g^{-1}	Dibenzo (a,h)Antraceno	Naftaleno	Fluoreno	Fenantreno	Criseno
D07	*	108.53	47.71	117.84	24.27
D11	*	45.09	42.77	121.1	20.82
D12	*	5.6	*	*	33.03
DB (D1-1)	0.044	6.28	2.59	5.86	1.63
Ref DB	0.042	1.22	0.172	0.728	0.459
TEL ng g^{-1}	6.22	34.6	21.2	86.7	108
PEL ng g^{-1}	135	391	144	544	846

·Sombreado en verde indica concentraciones máximas menores a los criterios TEL
·Sombreado amarillo indica concentraciones máximas mayores a los criterios TEL pero menores a los criterios PEL
·Sombreado en rojo indica concentraciones máximas mayores a los criterios PEL
Fuente: Elaboración IMP

En la Figura IV.177 se presenta la distribución de compuestos individuales de HAP en los sedimentos de las estaciones mencionadas, el patrón de distribución se encuentra hacia los compuestos ligeros (3 anillos o menos) dominando el dibenzothiofeno en el punto inmediato a la descarga, que se trata de un HAP con una molécula de azufre y en la estación que se registraron valores y se encontraba más alejada de punto focal (D12), los compuestos ligeros se atenúan e incrementan los niveles de los más persistentes.

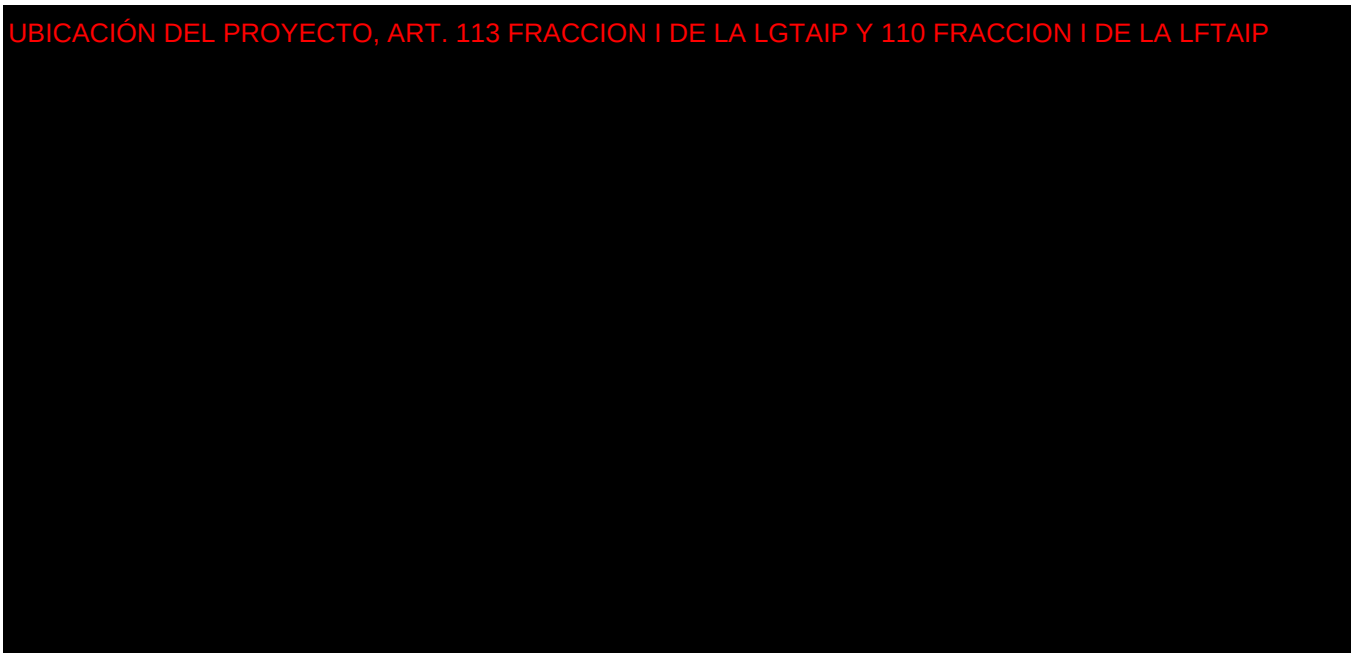
Figura IV.177. Distribución de compuestos individuales de HAP en sedimentos del área de Dos Bocas



Fuente: Elaboración IMP

Peces colectados en campo: Se capturaron individuos de peces comerciales en las áreas de salida del emisor de Dos Bocas y en un sitio de referencia ubicado en una plataforma abandonada frente al sitio del emisor aproximadamente a una distancia de 21.4 km de distancia en línea recta (Figura IV.178). Los peces colectados fueron huachinangos (Lutjanus campechanus) y un individuo en el sitio de referencia de la especie Balistes carolinensis (pez ballesta). Ambas especies habitan profundidades entre 10 a 70 m, se alimentan de peces pequeños y crustáceos y habitan fondos rocosos de arrecifes incluyendo plataformas marinas, permanecen nadando hacia el fondo en busca de alimento.

Figura IV.178. Ubicación de los puntos de muestreo de peces en el Difusor de Dos Bocas (circulo azul) y la Plataforma abandonada (círculo rojo al NW del difusor).



Fuente: Elaboración IMP

La presencia de HAP en tejidos de diferentes organismos de ambientes marinos y dulceacuícolas indica su capacidad para acumular los compuestos que se encuentran a bajas concentraciones en el ambiente, el alimento o sedimentos, ya que los hidrocarburos son altamente hidrofóbicos y lipofílicos. Los coeficientes intrínsecos de partición lípido/agua, favorecen la rápida transferencia de la fase acuosa en los compartimentos lipofílicos como las membranas biológicas, macromoléculas y almacén de lípidos (Spacie y Hamelik, 1985).

En la Tabla IV.73 se presentan los valores promedio de HAP totales en tejido muscular de los peces y su comparación con los valores de peces en 2003. Se puede

considerar que los valores fueron similares en las dos temporadas de muestreo para la zona del emisor, aunque las especies que integraron el muestreo en 2003 fueron de hábitos bentónicos y en el 2013 se colectaron especies de pelágicos asociados al fondo, por lo que los primeros tienen mayor frecuencia de exposición a los contaminantes del sedimento. En 2013 se observó una clara diferencia en los niveles de tejido residual entre el área de Dos Bocas y el sitio de referencia, observándose el valor máximo de HAP totales en el huachinango de la zona del emisor.

Tabla IV.73. Valores promedio de HAP totales en tejido muscular de los peces y su comparación con los valores de peces en 2003.

ng g^{-1} peso húmedo	Promedio	Min	Max
DB 2013	56.86	21.57	92.15
Ref peces 2013	1.38	1.35	1.41
DB 2003	69.0	49.2	10.4
Ref DB 2003	62.0	41.9	81.2
Sombreado en verde indica potencial bajo de impacto adverso (concentración < a criterio crónico de 1000 ng g^{-1})			

Fuente: Elaboración IMP

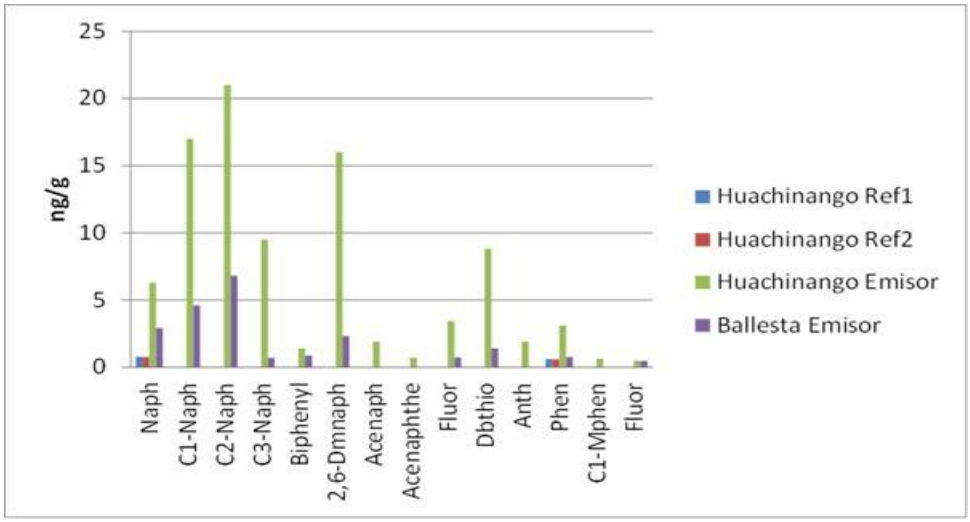
En cuanto a la diferencia en los sitios de referencia. El lugar de colecta realizado en el 2013 se ubicó mar adentro más alejado de la costa que el sitio de Referencia Dos Bocas, donde la exposición a las descargas del emisor o influencias costeras es menor o nula.

Las especies colectadas en el sitio de influencia del emisor también tuvieron diferente carga de HAP residual en tejido, siendo la bioacumulación en el pez ballesta considerablemente menor a la carga en el huachinango, lo cual puede estar asociado no sólo con los hábitos propios de las especies sino también con su movilidad, edades y estados reproductivos.

Considerando los valores criterio como concentración en tejido bajo exposición crónica, se podría esperar impacto menor en la acumulación, sin embargo, el riesgo real de consumo por especies con carga residual de estos hidrocarburos deberá verificarse con los modelos de riesgo ecológico y a la salud.

Los compuestos individuales detectados en tejido muscular de los peces por sitio se grafican en la Figura IV.179. Los compuestos mayormente acumulados son los compuestos ligeros, relacionados con origen petrolífero, claramente por la influencia de la descarga. Los organismos del sitio de referencia también correspondieron a los de bajo peso molecular pero en niveles significativamente menores sin observarse la presencia de los compuestos alquilados característico de muestras con influencia de productos del petróleo.

Figura IV.179. Distribución de compuestos individuales de HAP en sedimentos del área de Dos Bocas



Fuente: Elaboración IMP

Biomarcadores de petróleo BMK.

Los biomarcadores, del petróleo son compuestos orgánicos fósiles que conservan la estructura básica de sus moléculas precursoras de origen biogénico, lo que permite correlacionar entre aceites crudos, y entre aceites y rocas generadoras, así como relacionar las vías de distribución del petróleo en el ambiente con sus depósitos de origen o fuentes originales.

Se midieron los marcadores del petróleo en las muestras de agua y sedimentos así como en la descarga para poder determinar el grado de contaminación en el medio en relación a la influencia del emisor submarino.

No se encontraron estos compuestos arriba de los límites de detección en la columna de agua de las áreas de estudio por lo que se describe únicamente el comportamiento de ésta clase de compuestos en sedimentos y aguas de descarga.

En la Figura IV.180 se presenta la distribución de los biomarcadores en tres estaciones del área de influencia del emisor de Dos Bocas (D07, D11 y D12). Los nombres de los compuestos en la figura corresponden a los de la siguiente lista:

En general en el patrón de distribución de los compuestos predominó la serie de los hopanos con mayor nivel del 30-Norhopano. Esto se relaciona con la presencia de petróleo maduro en sedimentos.

En la Tabla IV.74 se presentan los valores de relaciones entre diferentes marcadores indicadores del grado de madurez y origen para los sedimentos

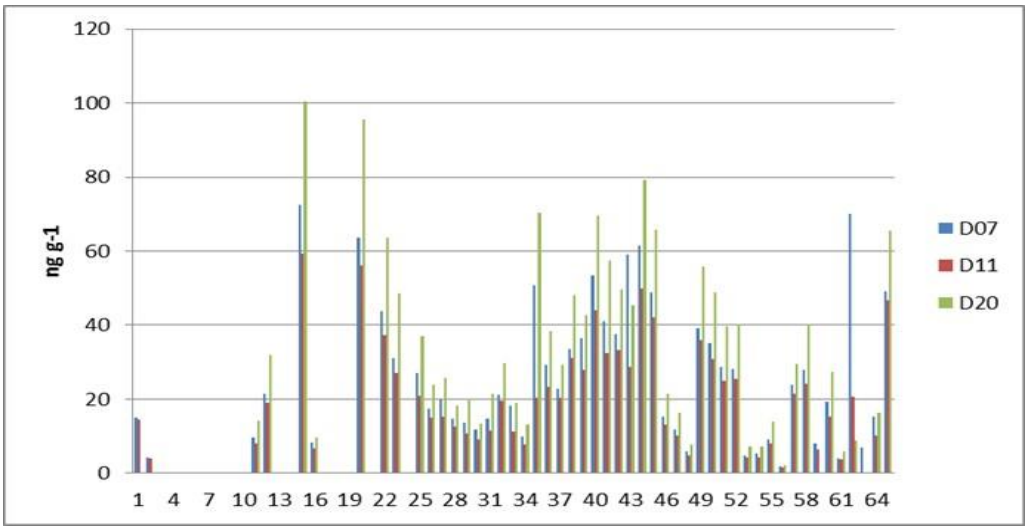
Tabla IV.74. Valores de relaciones entre diferentes marcadores indicadores del grado de madurez y origen para los sedimentos.

Índice	D07	D11	D20
Ts/Tm	0.45	0.42	0.44
Ts/Ts+Tm	0.31	0.30	0.31
22S/22S+22R	0.61	0.6	0.62

Ts/Tm: Relación 18α (H)-22,29,30-trisnorhopano/17α(H)-22,29,30-trisnorhopano Ts/Ts+Tm:18α(H)-22,29,30-trisnorhopano/18α(H)-22,29,30-trisnorhopano+17α(H)-22,29,30-trisnorhopano 22S/22S+22R: Relaciones de los compuestos con terminación S o R de acuerdo al listado anterior.

Fuente: Elaboración IMP

Figura IV.180. Distribución de biomarcadores del petróleo en sedimentos del área de Dos Bocas



Fuente: Elaboración IMP

La relación de Ts/Tm se encontró a valores bajos dadas las menores concentraciones de esteranos en comparación con los hopanos habiendo mayor dominancia de productos del petróleo en estado maduro.

La relación de Ts/Ts+Tm entre valores de 0.3 a 1.66 confirma la presencia de petróleo maduro en los sedimentos.

IV.3.1.2.Medio biótico.

En el siguiente apartado se describen cada uno de los aspectos biológicos que caracteriza el SAR, así como los sitios 1, 2, y 3 donde se ubicará el proyecto. Para esto se consideraron todos los aspectos necesarios de cada componente biológico tomando en cuenta la naturaleza de los mismos, flora y fauna.

La mecánica del estudio se realizó por taxón, considerando su trayectoria de desplazamiento, representatibilidad dentro de los sitios y su participación en la dinámica ecológica, lo anterior permitirá definir aspectos necesarios para medir las repercusiones del proyecto en la fauna.

Para un mejor análisis de los componentes bióticos, este se realizó desde lo general a lo particular, es decir, primeramente se describierón los aspectos bióticos del SAR y posteriormente del área donde se ubica el proyecto.

Sistema Ambiental Regional Terrestre y Costero.

Vegetación.

La caracterización de los componentes de flora, depende de los componentes ecológicos donde estos se distribuyen, por lo que fue necesario delimitar el área de influencia con relación a las dimensiones del proyecto.

Dentro del SAR se encuentran zonas con relevancia ecológica, que deben ser conservadas, que de acuerdo con los programas de ordenamientos ecológicos (POERET) son sitios prioritarios de conservación, como son los manglares y dunas costeras. De manera general los componentes vegetales pueden verse influenciados eventualmente por el desarrollo del proyecto, ya sea por la llegada de especies dispersoras de semillas (Aves y mamíferos) comunes de ambientes con asentamientos humanos residentes de la zona o por la presencia de zonas arboladas con vegetación exótica empleadas en jardinería.

El análisis de los componentes florísticos estuvo basado en consideración de factores limitantes como sitios de relevancia, programas de ordenamiento ecológicos (POET, POERET), limites naturales de distribución de la vegetación y estructuras físicas artificiales municipales, que en conjunto delimitan la Sub cuenca Rio Seco-Cuxcuchapa.

Dada las características compartidas a lo largo de todo el SAR, excepto en la desembocadura de la misma, en donde los niveles de salinidad son mayores por la entrada de agua proveniente del mar, se crean ambientes salobres idóneos para el desarrollo de un número de especies denominadas halófitas, las cuales desarrollan

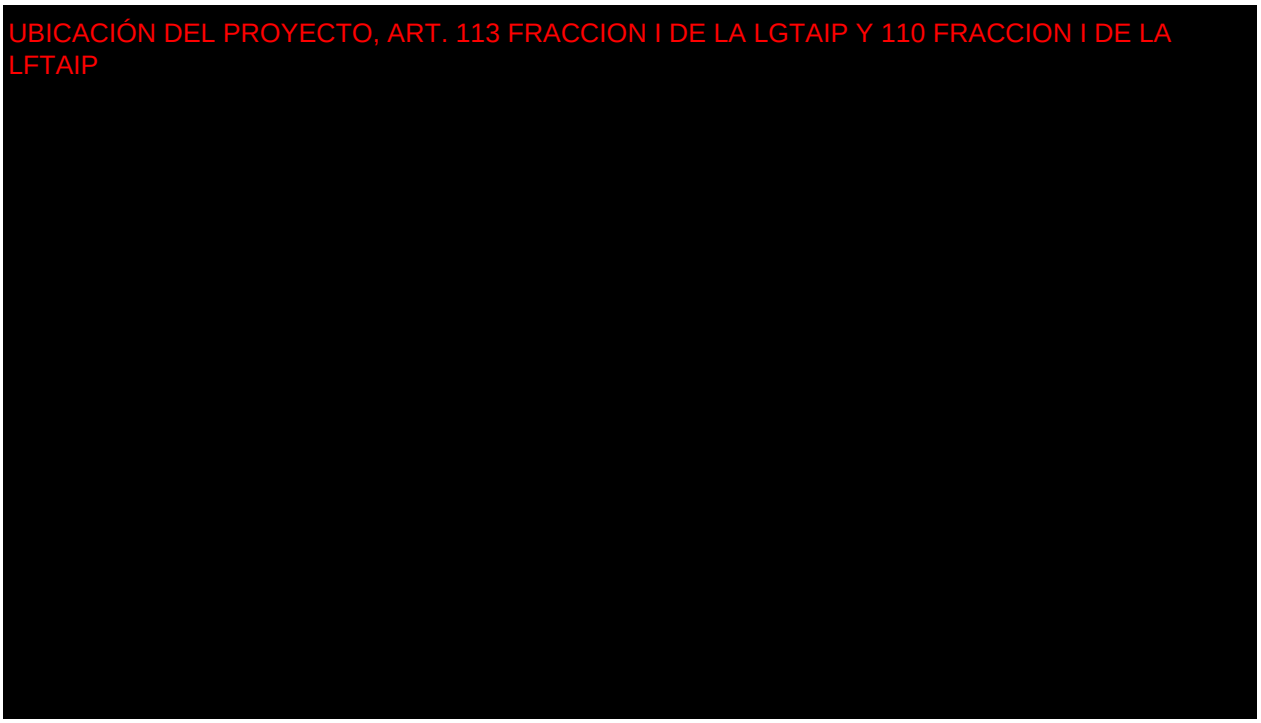
y completan sus ciclos biológicos en estas zonas, serán estudiadas de manera general dentro de todo el SAR y no solo en los sitios 1, 2 y 3 destinados para el desarrollo del proyecto (Ortiz-Lozano, *et al*. 2011).

Vegetación en el Estado de Tabasco.

Por su ubicación geográfica y condiciones climáticas, el estado de Tabasco se ha caracterizado por la presencia de una gran variedad de ambientes, tanto terrestres como acuáticos, que albergan además una enorme diversidad de especies de flora y fauna, las cuales en conjunto definen el estado de conservación de los ecosistemas. De manera general para el estado de Tabasco, se han reportado 12 tipos de vegetación terrestre: Selva alta perennifolia de Terminalia, selva alta perennifolia de Vochysia, selva alta subperennifolia de Brosimum, selva mediana subperennifolia de Attalea (Scheelea), selva mediana subcaducifolia de Bravaisia, selva baja subperennifolia de Haematoxilum, vegetación riparia, vegetación de dunas, sabana y encinar tropical, así como 9 tipos de vegetación acuática: selva mediana inundable, selva baja inundable, selva alta mediana riparia, bosque perennifolio ripario, manglar, palmar inundable; dentro de las comunidades arbustivas: matorral inerme inundable, matorral espinoso inundable; como parte de las comunidades de herbáceas (acuáticas y subacuáticas): hidrófitas enraizadas emergentes, hidrófitas enraizadas de hojas flotantes, hidrófitas enraizadas de tallos postrados, hidrófitas enraizadas sumergidas, hidrófitas libremente flotadoras e hidrófitas libremente sumergidas (Pérez *et al*. 2005).

Descripción de uso de suelo y vegetación base INEGI (2016).

De acuerdo con los datos de la carta de Uso de Suelo y Vegetación serie VI del INEGI, 2016., el SAR definido donde se ubicara el proyecto se encuentra caracterizado por 10 tipos principales de vegetación y/o uso de suelo; agricultura de temporal, manglar, pastizal cultivado, pastizal halófilo, pastizal inducido, popal, tular, vegetación halófila hidrófila, así como áreas desprovistas de vegetación y zonas urbanas, las cuales se describen a continuación (Figura IV.181).



Fuente: Elaboración IMP, con base a datos vectoriales de la serie VI del INEGI, 2016.

Manglar. Es una comunidad densa, dominada principalmente por un grupo de especies arbóreas conocidas como mangles, que se distribuyen en los litorales del Océano Pacifico y Atlántico, en zonas con climas cálidos húmedos y subhúmedos y de muy baja altitud. Se desarrollan en las márgenes de las lagunas costeras y esteros y en desembocaduras de ríos y arroyos, pero también en las partes bajas y fangosas de las costas; siempre sobre suelos profundos, en sitios inundados sin fuerte oleaje o con agua estancada. Los mangles son especies perennifolias y el estrato dominante que forman es generalmente arbóreo, aunque también pueden ser subarboreos o hasta arbustivos; las aturas de los mangles pueden variar, de manera general, desde 1 hasta 30 m.

Pastizal halófilo. Comunidad de gramíneas y graminoides que se desarrolla sobre suelos salino-sódicos, por lo que su presencia es independiente del clima; es frecuente en el fondo de las cuencas cerradas de zonas áridas y semiáridas; y en algunas áreas próximas a las costas afectadas por el mar o por lagunas costeras. Entre las formas biológicas de las comunidades halófitas predominan las gramíneas rizomatosas y las plantas herbáceas suculentas. En general, las gramíneas dominantes son más bien rígidas y solo sus partes tiernas constituyen un forraje atractivo para el ganado. Desde luego que las gramíneas no son las únicas plantas

que pueden crecer en tales condiciones, pero con frecuencia son las dominantes y las que definen la fisonomía de las comunidades vegetales que ahí habitan.

Pastizal inducido. Esta comunidad dominada por gramíneas o graminoides aparece como consecuencia del desmonte de cualquier tipo de vegetación; también puede establecerse en áreas agrícolas abandonadas o bien como producto de áreas que se incendian con frecuencia. Los pastizales inducidos algunas veces corresponden a una fase de la sucesión normal de comunidades vegetales, cuyo clímax es por lo común un bosque o un matorral. A consecuencia del pastoreo intenso o de los fuegos periódicos se detiene a menudo el proceso de la sucesión y el pastizal inducido permanece como tal mientras perdura la actividad humana que lo mantiene.

Popal. Comunidad vegetal de herbáceas que se desarrollan en sitios permanentemente inundados, propia de lugares pantanosos o de agua dulce estancada de la Llanura Costera del Golfo Sur, en zonas con clima cálido húmedo, con temperaturas medias anuales superiores a los 25°C y con una precipitación media anual mayor de 1500mm. Las especies que la constituyen viven enraizadas en el fondo, pero exponen sus hojas grandes y anchas sobre el agua, cubriendo extensas áreas. Las plantas más frecuentes son el quentó (*Thalia geniculata*), el popoal (*Calathea sp.*), el platanillo (*Heliconia sp.*) y algunas especies acompañantes de las familias Cyperaceae y Gramineae, como *Panicum sp.*, *Paspalum sp.*, *Cyperus sp.*, además de otros géneros como Bactris y Pontederia.

Tular. Comunidad de plantas acuáticas, distribuida principalmente en altiplanicies y llanuras costeras, en sitios con climas desde cálidos hasta templados, con amplios rangos de temperatura, precipitación y altitud. Se desarrolla en lagunas y lagos de agua dulce o salada y de escasa profundidad, así como en áreas pantanosas, canales y remansos de ríos. Las plantas de esta comunidad viven arraigadas en el fondo y constituyen masas densas con hojas largas y angostas, formando prácticamente un solo estrato herbáceo de 0.8 a 2.5m de altura. Está constituido básicamente por plantas de tule (*Typha spp.*), y tulillo (*Scirpus spp.*), pero también incluye a los llamados carrizales de *Phragmites australis* y de *Arundo donax* y a los “saibadales” de *Cladium jamaicense* del sureste del país.

Vegetación halófila-hidrófila. La constituyen comunidades dominadas por especies herbáceas o raramente arbustivas, que se distribuyen en ambientes en litorales (lagunas costeras, marismas salinas y playas) que reciben aportación de agua salina; en sitios de muy baja altitud, con climas cálidos húmedos o subhúmedos, sobre suelos generalmente arenosos con altas concentraciones de sales y que en algún

periodo están sujetos a grandes aportaciones de humedad. Generalmente la vegetación halófila-hidrófila está constituida por un sólo estrato herbáceo de plantas perennes suculentas, pero puede estar constituida por elementos arbustivos como los del género Atriplex. Especies comunes de este tipo de vegetación son: *Batis maritima* (vidrillo), *Frankenia spp*. (Hierba reuma), *Atriplex spp*. (chamizo), y diversos pastos marinos como *Zostera marina* y *Spartina foliosa*.

Tabla IV.75 Superficie de ocupación por tipo de vegetación y/o uso de suelo dentro del SAR.

Tipo de vegetación	Superficie en Ha.	Ocupación (%)
Agricultura de temporal	74609.17	40.172
Áreas desprovistas de vegetación	949.40	0.511
Manglar	21143.22	11.384
Pastizal cultivado	202.97	0.109
Pastizal halófilo	554.34	0.298
Tular	19650.24	10.580
Urbano construido	3041.48	1.637
Vegetación halófila-hidrófila	203.60	0.109
Pastizal inducido	107.49	0.057
Popal	793.55	0.427
Cuerpos de agua	64671.09	34.821
Total	**185723.00**	**100.00**

Caracterización general de la vegetación del Sistema Ambiental Regional (SAR) donde se ubicará el proyecto.

El análisis de la vegetación realizado por medio de visistas a las principales comunidades vegetales en el SAR, permitió conocer su estructura, composición y niveles de organización, así mismo su taxonomía, riqueza y distribución de especies, además de tener un panorama general del comportamiento del ecosistema. El área estudiada se caracteriza por presentar un mosaico de vegetación mayormente impactado, con ciertas áreas de comunidades vegetales conservadas como se resume en la Tabla IV.76.

Tabla IV.76 Tipos de vegetación identificados y asociados dentro del SAR

Tipo de vegetación asociado	Tipo de vegetación identificado
Vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia.	Vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia.
Dunas	Dunas
Vegetación hidrófila	Popal
	Popal-Tular
	Tular
	Tular-Popal
	Hidrofilas flotantes
Vegetación halófila	Manglar

	Pastizal halófilo
Selva baja inundable	Tintal
Bosque perennifolio ripario	Vegetación riparia
Plantaciones	Cacaotal
	Cocotal
	Platanal
	Cítricos
	Caña
Agrosistemas	Pastizal cultivado
	Pastizal inundable
	Pastizal inducido inundable
	Pastizal cultivado inundable

Fuente: Elaboración IMP

Vegetación secundaria. Este tipo de vegetación se caracterizó por presentar una composición florística muy heterogénea y de rápido crecimiento. Dentro de las especies más comunes observadas están: el guácimo (*Guazuma ulmifolia*), guarumo (*Cecropia obtusifolia*), majagua (*Hampea macrocarpa*), jolotzin (*Heliocarpus donell-smithii*); así como especies de enredaderas; cundeamor (*Momordica charantia*), campanita (*Quamoclit pinnata*) por mencionar solo algunas. La rápida colonización de espacios por estas especies dentro del SAR, ha llevado al desplazamiento de especies de interés o de cultivo por la reposición de la vegetación original, observándose zonas con estados avanzados de sucesión. Asimismo, la alta heterogeneidad de especies, hace de estos ambientes espacios idóneos para diversas especies de fauna que ahí habitan; principalmente aves y mamíferos, las cuales usan como zonas de refugio y alimentación, por lo que la diversidad de especies de plantas se ve incrementada por su contribución como dispersores de semillas.

Figura IV.182. Vegetación secundaria identificada dentro del SAR.



Fuente: Elaboración IMP, 2019

Vegetación de dunas costeras. Esta comunidad vegetal se identificó establecida a lo largo de la región costera (litoral), se caracterizó por la presencia de plantas pequeñas y suculentas. Estas especies juegan un papel importante como pioneras y fijadoras del suelo arenosol, evitando con ello que sean arrastradas por el viento y el oleaje. Dentro de las especies más abundantes están: riñonina (*Ipomoea pes-caprae*), rompe plato blanco (*Ipomoea stolonifera*) y cenizo (*Croton punctatus*).

Vegetación halófila-hidrófita. Por las características fisiográficas que predominan dentro del SAR, este tipo de vegetación fue muy frecuente de observar, formando grandes extensiones, o en algunos casos, pequeños manchones asociados con la vegetación terrestre circundante de la zona. Cabe señalar, que este tipo de vegetación en particular presenta épocas durante el año de mayor auge (épocas de lluvia). Sin embargo, durante la época de seca o estiaje pueden llegar incluso a desaparecer, dando paso al establecimiento de otro tipo de vegetación, que al igual que ésta, son de temporal.

Dentro del SAR se identificaron dos subtipos principales de vegetación halófila-hidrófita, que por sus características fisiológicas y formas de vida son fáciles de identificar:

Vegetación hidrófita flotante. En este grupo se incluyen aquellas especies de plantas que flotan en la superficie, bien arraigadas al fondo, o bien desprovistas por completo de órganos de fijación. Estas especies pueden vivir tanto en agua dulce, como en aguas moderadamente salobres, y prefieren sitios tranquilos no afectados por corrientes o con corriente lenta. Dentro de las especies observadas se encuentran: El jacinto (*Eichornia crassipes*), oreja de ratón (*Lemna minor*), hoja de sol (*Nymphaea amplia, N. odorata*), lechuga de agua (*Pistia stratiotes*, *Nymphoides humboldtiana, Heteranthera sp., Cabomba sp., Salvinia sp.*) por mencionar algunas.

Figura IV.183. Vegetación hidrófila flotante observada dentro del SAR.



Fuente: Elaboración IMP, 2019.

El uso de las especies de plantas flotantes es muy variado, y en dependencia de la zona donde se encuentre, su uso cambia. Un ejemplo, es para la elaboración de pequeñas artesanías o arreglos florales de consumo local, por lo que sus poblaciones no se ven afectada por estas actividades, siendo hasta ahora un recurso sustentable.

Vegetación hidrófita subacuática o sumergida. Comprende aquellas especies vegetales arraigadas o sin fijación al sustrato, pero que se mantienen normalmente por debajo de la superficie del agua. En su mayoría son plantas de agua dulce o ligeramente salobres; aunque puede haber excepciones. Este tipo de vegetación se caracteriza por formar asociaciones con la vegetación perimetral de áreas

inundadas. Dentro de las especies más comunes están: Sargazo (*Cerathophyllum demersum*), *Ceratophyllum echinatum* y *Utricularia sp.*) cintilla; *Vallisineria americana* y *Potamogeton sp.*

Figura IV.184. Vegetación hidrófila sumergida (*Typha latofolia*) observada dentro del SAR.



Fuente: Elaboración IMP, 2019.

Las zonas pantanosas permanentemente inundables albergan tipos específicos de especies, las cuales abarcan grandes extensiones de área denominándose, así como "monodominantes", tal es el caso del espadaño (*Typha latifolia*) especie estrictamente de zonas inundables, por lo que su clasificación es; hierba acuática enraizada emergente típica de observarse dentro del SAR.

Selva baja inundable (Tintal). Este tipo de vegetación se observó de forma irregular dentro de zonas de bajo a mediano grado de inundación. Esta comunidad se encuentra constituida por árboles y arbustos, capaces de crecer durante una buena parte del año inundados o bien, soportando periodos de sequía de varios meses. Estas especies llegan alcanzar alturas que van desde los 6 hasta los 10 metros, con troncos sumamente retorcidos y presencia de espinas. Este tipo de vegetación es posible encontrarlo en asociación con otras especies arbóreas como *Bucida buceras, Pithecelobium leucocalyx* y *Ouratea nítida*, así como algunas especies de hidrófitas.

La continúa expansión de actividades ganaderas y de cultivo, ponen en riesgo a este tipo de ecosistema, ya que durante la época de seca, gran parte de su cobertura es derribada para dar paso a este tipo de actividades. Es importante mencionar, que este ecosistema alberga una gran diversidad faunística, donde es común observar algunas especies de tortugas, serpientes, aves, insectos y mamíferos.

Figura IV.185. Vegetación de tinto (*Haematoxylum campechianum*) observada dentro del SAR.



Fuente: Elaboración IMP, 2019.

Manglar. Esta agrupación arbórea se observó de manera específica sobre el borde de lagunas ríos, así como en zonas de inundación temporal donde los niveles de salinidad son de tipo estuarino. La dominancia sobre el margen del litoral fue dada por el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mientras que las especies *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*, se observaron más alejado de la zona costera.

El estado actual de las comunidades de mangle, mostraron niveles altos de conservación, aunque solo en las zonas alejadas de asentamientos humanos. Sin embargo, existen sitios en donde la perturbación por la extracción como recurso de materia prima para la elaboración de carbón, ha llevado al declive de las poblaciones, principalmente del mangle negro (*Avicennia germinans*), observándose grandes extensiones sin vegetación y zonas en proceso de recuperación.

Figura IV.186. Vegetación de manglar (*Languncularia racemosa*) observada dentro del SAR.



Fuente: Elaboración IMP, 2019.

Plantaciones o cultivos. La subregión Chontalpa se caracteriza por que sus suelos son empleados principalmente para la agricultura esto por sus propiedades físico-químicas que los caracterizan, como la alta estabilidad, alto contenido de nutrientes (K,N,F, etc.) y baja acidez. Dentro de la SAR se lograron identificar plantaciones varias de cultivo como fueron: cacao, plátano, cítrico, caña de azúcar y cocotero, los cuales constituyen las bases primarias del ingreso con los que cuenta la región.

Las plantaciones extensivas del cocotero fueron identificadas principalmente cerca de la región costera. Sin embargo, se observaron zonas donde este tipo de plantación forma asociaciones con otras especies arbóreas como la pimienta (*Pimienta dioica*), mango (*Manguifera indica*), tamarindo (*Tamarindus indica*) y achiote (*Bixa orellana*), las cuales son aprovechadas a su vez por los habitantes de la zona.

Figura IV.187. Plantación de cítricos (*Citrus limon*) observado dentro del SAR.



Fuente: Elaboración IMP, 2019.

Bosque perennifolio ripario. Dentro del SAR existen diversos cuerpos de aguas de tipo léntico y lótico, por lo que es común observar asociaciones vegetales de tipo ripario en los márgenes de los mismos. Estas asociaciones se observaron formando una sola línea arbolada o formando masas más compactas de varios metros de ancho en dependencia de la pendiente del cuerpo de agua. De las especies que predominan en este tipo de ambientes, se encuentran principalmente algunos árboles como el guatope o chelele (*Inga vera*), sauce (*Salix humboldtiana*) y amate (*Ficus insipida*), así también se presentan especies arbustivas como el achiote (*Bixa orellana*) y herbáceas como el lirio (*Hymenocallis litoralis*) y otras como las enredaderas entre las que destacan el rompe plato (*Ipomoea purpurea*).

Figura IV.188. Vegetación riparia (*Salix humboldtiana*) observado dentro del SAR, sobre el margen del Río Seco.



Fuente: Elaboración IMP, 2019.

Agrosistemas. El establecimiento de zonas para actividades pecuarias, ha dado lugar a la expansión de zonas de cultivo de diversas especies de pasto empleadas principalmente para forraje, dentro de las especies más comunes observadas dentro del SAR están; pasto estrella (*Cynodon dactylon*) y en menor proporción el pasto alemán (*Echinochloa polystachya*). Estos agrosistemas se complementan además por el uso de especies arbóreas como cercos vivos donde las más comunes son el cocoite (*Glirisedia sepium*), palo mulato (*Bursera simaruba*).

Figura IV.189. Vegetación de Agrosistemas característico del SAR, en la cual se manifiesta la actividad objeto del establecimiento de la misma.



Fuente: Elaboración IMP, 2019

Caracterización de las comunidades vegetales.

La caracterización de las comunidades vegetales en el SAR y sitios 1, 2 y 3 donde se ubicará el proyecto, se realizó con los siguientes métodos.

Métodos de muestreo.

Flora.

La caracterización de la vegetación en el SAR, se realizó a través de la generación de información en campo, mediante el empleo de sistemas de muestreos acorde al tipo de vegetación identificado.

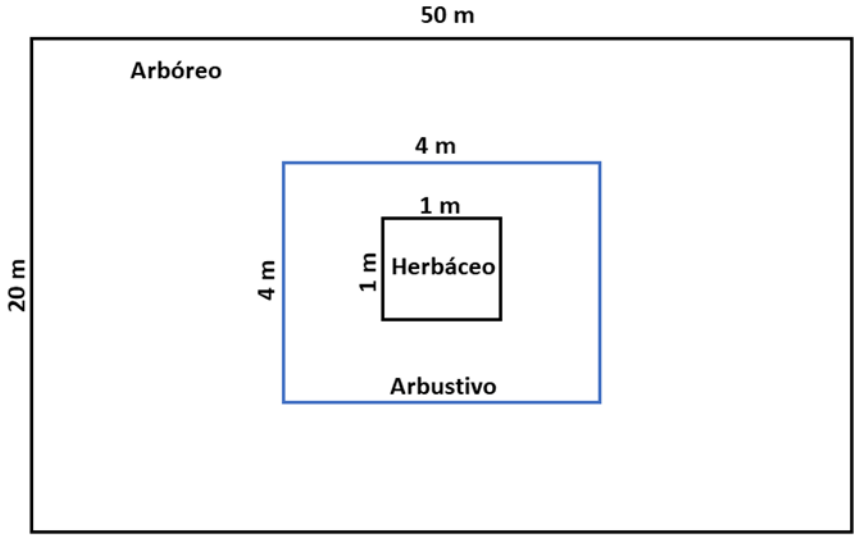
Método por cuadrantes.

El estudio cuantitativo de la vegetación arbórea se realizó mediante el método por cuadrantes de acuerdo con Cox (1981). Un total de 28 cuadrantes con área de cobertura de 0,1 ha (20x50 m) fueron distribuidos de manera aleatoria dentro de la superficie del SAR. Únicamente se consideraron las especies arbóreas con el sistema

radicular posicionado dentro de los límites de cada cuadrante, en caso contrario fueron descartados. Dentro de los datos recabados se consideró la identidad taxonómica de cada ejemplar, así como la altura total y el diámetro a la altura del pecho (DAP 1,30 cm) para su uso posterior en los Índices de Importancia. El esfuerzo de muestreo se complementó mediante la búsqueda de ejemplares trazando líneas rectas de longitud variable cercana al sitio donde se estableció el cuadrante. Al igual que las especies registradas dentro de los cuadrantes, se registraron los datos morfométricos y botánicos para las nuevas especies identificadas en los transectos.

Para las formas de vida arbustivas y herbáceas (sotobosque), se emplearon cuadrantes de tamaños variables. Para las especies arbustivas se emplearon cuadrantes con área de 16,0 m^2 (4x4 m) y para las herbáceas el área establecida fue de 1,0 m^2 (1x1m), los datos de abundancia y riqueza de especies fueron integrados de manera general por sitio de muestreo para ambos casos. Para cada tipo de vegetación se calculó, la densidad, frecuencia y abundancia relativa.

Figura IV.190. Distribución, forma y tamaño de los cuadrantes por tipo de estrato muestreado.



Fuente: Elaboración IMP.

Sitios de Muestreos en campo para el SAR.

El objetivo de los muestreos en campo fue con la finalidad de conocer el estado actual de los componentes biológicos vegetales dentro del SAR, y establecer una referencia valida en cuanto a la representatividad del ecosistema en estudio. Los sitios de muestreo y coordenadas UTM WGS84 Z15 se muestran en la siguiente tabla.

Tabla IV.77 Coordenadas geográficas UTM de los sitios de muestreo para el estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo dentro del SAR.

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

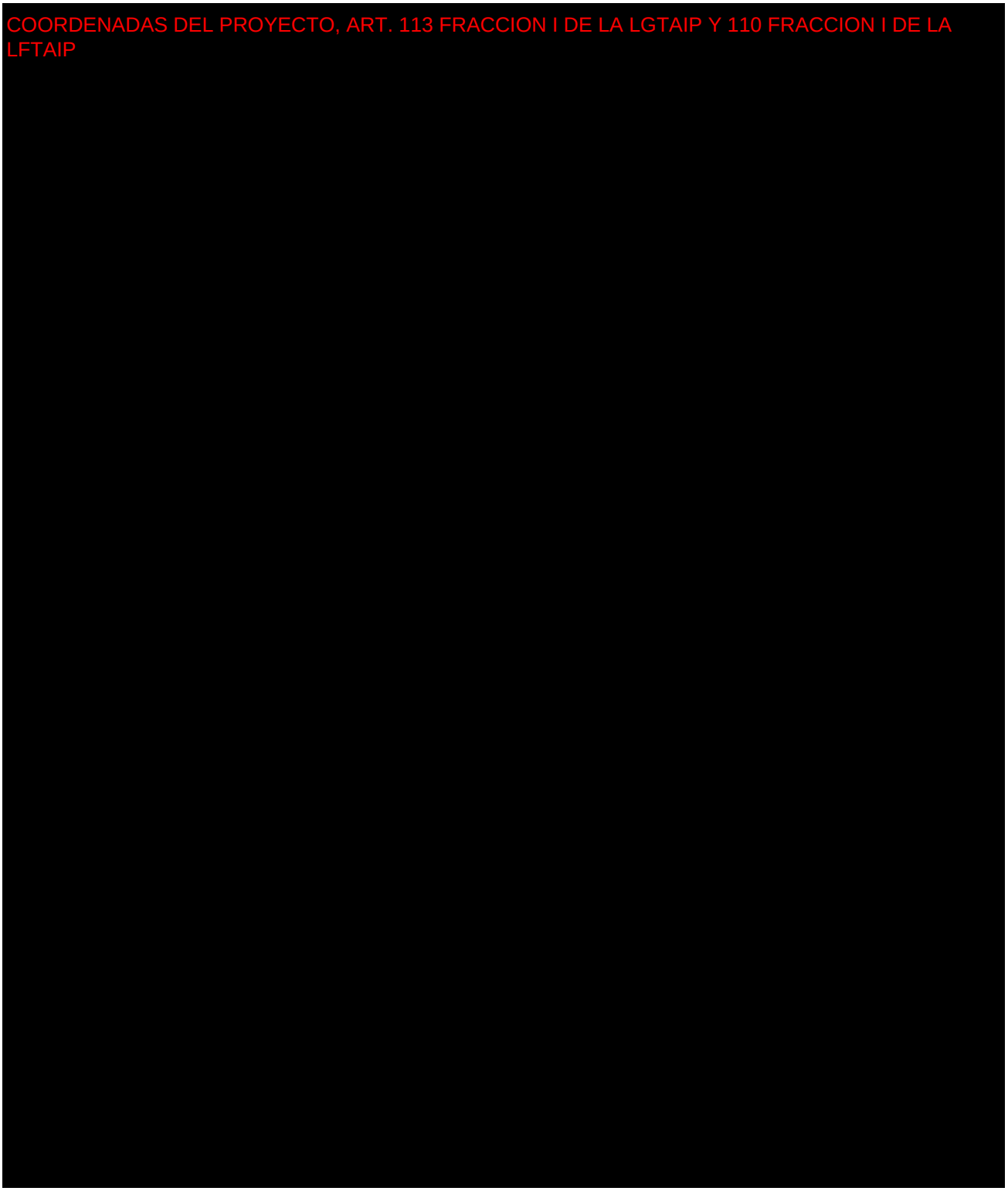
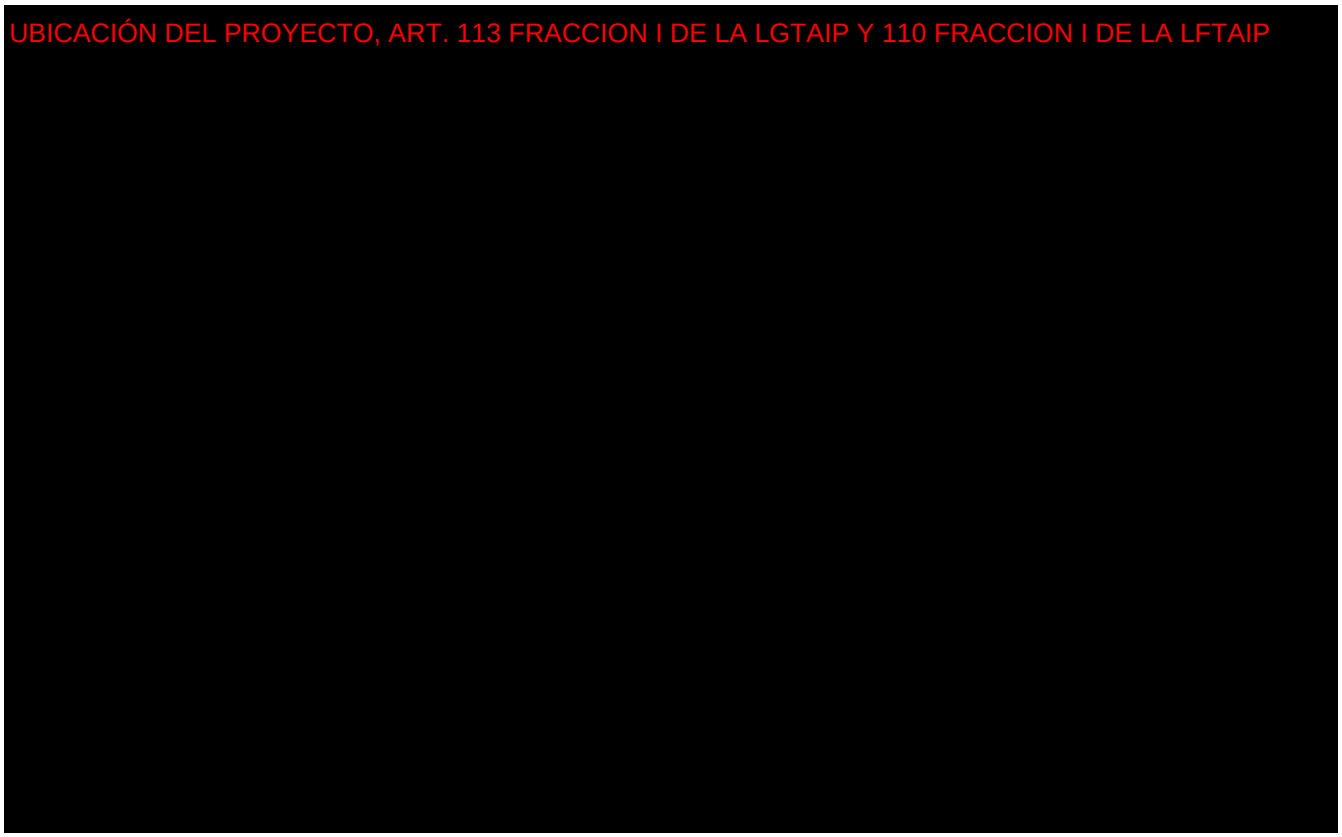


Figura IV.191. Ubicación de los puntos de muestreos para la vegetación dentro del SAR.



Fuente: Elaboración IMP.

De acuerdo con la información obtenida en campo, la vegetación fue clasificada por tipo de estrato, tomando en cuenta su forma de vida, así como algunos de sus componentes fisiológicos y dasométricos.

Cuatro tipos principales de estratos; arbóreo, herbáceo y arbustivo fueron definidos, los cuales en conjunto permiten obtener un panorama general de la composición vegetal que caracteriza el SAR y sus condiciones actuales del mismo. Para el caso de aquellas especies de hábitos epifítos, se consideraron como un tipo de estrato a parte por su forma de vida.

Resultados de los muestreos en el SAR.

El análisis de la información se realizó de manera independiente por tipo de estrato para una mejor interpretación y análisis comparativo, los cuales se describen a continuación.

Estrato arbóreo.

A continuación se muestra el resultado de las especies arbóreas que caracterizaron los sitios muestreados del SAR y estatus de vulnerabilidad por especie de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. El número total de especies identificadas para este tipo de estrato fue de 78, las cuales se citan en la siguiente tabla.

Tabla IV.78 Listado de especies de flora arbórea que caracterizaron el SAR y su estatus de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Especie No.	Nombre científico	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES
1	*Mangifera indica*	Mango	No incluidas en la lista	
2	*Spondias mombin*	Jobo		
3	*Annona cherimola*	Chirimoya		
4	*Tabebuia rosea*	Macuilís		
5	*Parmentiera edulis*	Cuajilote		
6	*Pachira aquatica*	Zapote de agua		
7	*Ceiba pentandra*	Ceiba		
8	*Adelia barbinervis Schlech & Cham.*	Espino blanco		
9	*Laguncularia racemosa*	Mangle blanco	A	
10	*Albizzia sp.*	s/n	No incluidas en la lista	
11	*Bursera simaruba*	Palo mulato		
12	*Bursera graveolens*	Sasafrás		
13	*Crataeva tapia*	Coscorrón		
14	*Salacia elliptica*	Gogo		
15	*Salacia sp*	Chocho		
16	*Cochlospermum vitifolium*	Pochote		
17	*Muntingia calabura*	Capulín		
18	*Andira inermis (W.Wright.) D.C.*	Maquilla		
19	*Avicenia germinains*	Mangle negro	A	
20	*Cordia megalantha*	Nopo	No incluidas en la lista	
21	*Enterolobium cyclocarpum*	Oreja de raton		
22	*Tamarindus indica*	Tamarindo		
23	*Pithecellobium saman*	Samán		
24	*Cupania dentata DC.*	Mestizo		
25	*Gliricidia sepium*	Cocoite		
26	*Pithecellobium lanceolatum*	Cabeza de loro		
27	*Lonchocarpus guatemalensis*	Palo gusano		
28	*Persea americana*	Aguacate		
29	*Cecropia peltata L.*	Chancarro		
30	*Rhizophora mangle*	Mangle rojo	A	
31	*Cornutia pyramidata L.*	Lengua de vaca	No incluidas en la lista	
32	*Byrsonima crassifolia*	Nance		
33	*Cedrela odorata*	Cedro	Pr	III
34	*Swietenia macrophylla*	Caoba	No incluidas en la lista	
35	*Ficus padifolia*	Amate		
36	*Ficus radula*	Amate		
37	*Psidium guajava*	Guayaba		
38	*Pimenta dioica*	Pimienta		
39	*Roystonea regia*	Palma real	Pr	

Especie No.	Nombre científico	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES
40	*Simira salvadorensis*	Nazareno	No incluidas en la lista	
41	*Sabal mexicana*	Guano redondo		
42	*Coccoloba uvifera*	Uva de playa		
43	*Citrus lemon*	Limón		
44	*Citrus limeta*	Lima		
45	*Citrus aurantium*	Naranja agria		
46	*Thevetia ahouai*	Acotope		
47	*Trichilia havanensis Jacq.*	Ciruelilo		
48	*Zanthoxylon caribeum*	Chichon		
49	*Salix chilensis*	Sauce		
50	*Talisia olivaeformis*	Guaya		
51	*Sapindus saponaria*	Jaboncillo		
52	*Guazuma ulmifolia*	Guácimo		
53	*Theobroma cacao*	Cacao		
54	*Sterculia apetala*	Bellota		
55	*Pithecellobium dulce*	Tukuy		
56	*Terminalia catappa*	Almendra		
57	*Haematoxylum campechianum*	Tinto		
58	*Ormosia macrocalix*	Caracolillo		
59	*Pithecellobium leucocalyx*	Guamuchil		
60	*Cornutia pyramidata*	Carreto		
61	*Stemmadenia donnell-smithii*	Cojon de caballo		
62	*Manilkara sapota*	Chicozapote		
63	*Cocos nucifera*	Cocotero		
64	*Ochroma pyramidale*	Balsa		
65	*Castilla elastica*	Árbol del hule		
66	*Chrysophyllum cainito*	Caimito		
67	*Astronium graveolens*	Jobillo	A	
68	*Colubrina arborescens*	Toatan	No incluidas en la lista	
69	*Zinnamomum zeylanicum Breyne*	Canela		
70	*Diphysa robinioides*	Chipilco		
71	*Delonix regia*	Framboyan		
72	*Annona muricata*	Guanabana		
73	*Talisia olivaeformis*	Guaya		
74	*Annona reticulata*	Anona		
75	*Tectona grandis*	Teca		
76	*Gmelina arborea*	Melina		
77	*Coccoloba barbadensis*	Uvero-Tocoy		
78	*Erythrina americana*	Moté		

Nota: A =Amenazada, Pr=Protección especial

Estrato arbustivo.

Respecto a los resultados obtenidos para las especies que caracterizaron el estrato arbustivo, se obtuvo un registro total de 35 especies, las cuales se distribuyeron de manera específica en área del SAR, estas especies se enlistan en la siguiente Tabla.

Tabla IV.79 Listado de especies de flora arbustiva identificados dentro del SAR y estatus de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Especie No.	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010
1	*Tabernaemontana chrysocarpa*	Cojón de venado	No incluidas en la lista
2	*Vernonia schiedeana*	Malacate	
3	*Chrysobalanus icaco*	Icaco	
4	*Mimosa pigra*	Zarza	
5	*Dalbergia glabra*	Mucal	
6	*Lawsonia inermis*	Residón	
7	*Malvaviscus arboreus*	Sibil	
8	*Hibiscus tiliaceus*	Majagua	
9	*Cecropia obtusifolia*	Guarumo	
10	*Randia aculeata*	Crucetilla	
11	*Morinda citrifolia*	Noni	
12	*Bixa orellana*	Achiote	
13	*Hibiscus mutabilis*	Amistad	
14	*Thevetia ahouai*	Bola de venado	
15	*Coffea arabica L.*	Café	
16	*Thevetia peruviana*	Campanita	
17	*Ixora finlaysoniana Wall. et. G.Don.*	Copo	
18	*Codiaeum variegatum*	Croto	
19	*Punica granatum*	Granada	
20	*Leucaena glauca*	Guaje	
21	*Ixora coccinea L*	Izocalo	
22	*Vernonia schiedeana Less*	Malacate	
23	*Plumeria rubra*	Tabasqueña	
24	*Sambucus mexicana Presl.*	Sauco	
25	*Clerodendron speciosum (Jacq.) R.Br.*	Musté	
26	*Ipomoea fistulosa*	Campana de agua	
27	*Cajanus bicolor*	Chicharo	
28	*Piper amalago*	Cordoncillo	
29	*Piper tuberculatum*	Cordoncillo	
30	*Phyllanthus acidus*	Grosella	
31	*Ricinus communis*	Higuerilla	
32	*Hampea macrocarpa*	Majagua	
33	*Opuntia decumbens*	Nopal	
34	*Jatropha curcas*	Piñon	
35	*Manihot esculenta*	Yuca	

Estrato herbáceo.

El número de especies identificadas dentro del SAR para el estrato herbáceo considerando los mismos puntos de muestreo, se muestra en la Tabla IV.80. El total de especies registradas fue de 71, las cuales mostraron una forma de distribución heterogénea dentro del polígono del SAR.

Tabla IV.80. Listado de especies de las herbáceas identificadas en el SAR y estatus de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Especie No.	Nombre científico	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010
1	*Ruellia nudiflora*	Tronadora	No incluidas en la lista
2	*Amarnthus dubius*	Bledo	
3	*Pistia stratiotes*	Lechuga de agua	
4	*Bidens pilosa*	Margarita silvestre	
5	*Batis maritima*	Saicán	
6	*Carica mexicana*	Papaya chica	
7	*Commelina difusa Burm*	Lengua de pollo	
8	*Euphorbia hypericifolia*	Golondrina	
9	*Croton punctatus*	Cenizo	
10	*Acacia cornigera*	Cornezuelo	
11	*Chamaechrista sp*	Frijolillo	
12	*Indigofera suffruticosa*	Añil	
13	*Senna occidentalis*	Hormiguera	
14	*Mimosa pudica*	Dormilona	
15	*Desmodium canum*	Cadillo	
16	*Heliconia latispatha*	Platanillo	
17	*Hydrolea spinosa*	Moradilla	
18	*Hyptis verticillata*	Hierba Martín	
19	*Sida acuta Burm*	Malva de puerco	
20	*Musa sp*	Plátano	
21	*Nymphaea ampla*	Hojas de sol	
22	*Pasiflora foetida*	Jujito	
23	*Panicum purpurascens*	Grama de agua	
24	*Cynodon dactylon*	Pasto bermuda	
25	*Cynodon plectostachyus*	Pasto estrella	
26	*Echinochloa colonum*	Pasto arrocillo	
27	*Eleusine indica*	Pata de gallo	
28	*Paspalum fasciculatum*	Camalote	
29	*Spartina spartinae*	Pajón	
30	*Rhynchelytrum repens*	Pasto rosa	
31	*Leersia hexandra*	Pelillo	
32	*Eragrostis reptans*	Alfombrilla	
33	*Bambusa vulgaris*	Bambú	
34	*Panicum pilosum*	Zacate	
35	*Eichhornia crassipes*	Jacinto	
36	*Pontederia lanceolada*	Popote	
37	*Datura stramonium*	Toloache	

Especie No.	Nombre científico	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2010
38	*Solanum torvum*	Berenjena	
39	*Typha latifolia*	Tule	
40	*Lantana camara*	Cinco negritos	
41	*Thalia geniculata L.*	popal	
42	*Piper auritum*	Hoja santa	
43	*Piper umbrelatum*	Momo	
44	*Abrus precatorius L.*	Ojito de cangrejo	
45	*Amaranthus spinosus L.*	Bledo verde	
46	*Asclepias curassavica L.*	Quiebra muelas	
47	*Calathea lutea (A.ubl.) G.F.W. Meyer.*	Hoja de to	
48	*Canna indica L.*	Chancle	
49	*Caperonia palustris (L.) A. St.-Hil.*	Caperonia	
50	*Capraria biflora L.*	Claudiosa	
51	*Cardiospermum halicacabum L*	Farolitos	
52	*Cyperus ferax Rich.*	Coquillo amarillo	
53	*Cyperus luzulae (L.) Retz.*	Zacate de estrella	
54	*Euphorbia postrata A.T.*	Golondrina	
55	*Ludwigia octovalis (Jacq.) Raven.*	Sauce de primavera	
56	*Momordica charantia L.*	Cundeammor	
57	*Mucuna argyrophylla Standl*	Ojo de venado	
58	*Musa sapientum L.*	Guineo	
59	*Neptunia postrata (Lam.) Baill.*	Dormilona acuatica	
60	*Pancratium littorale Jacq.*	Lirio de araña blanco	
61	*Parthenium hysterophorus L.*	Falsa altamisa	
62	*Pennisetum ciliare (L.) Link.*	Zacate buffel	
63	*Pithecoctenium echinatum Schum.*	Peine de mono	
64	*Priva lappulacea (L.) Pers.*	Cadillo	
65	*Rivina humilis L*	Coralillo	
66	*Sida rhombifolia L.*	Tlalamate	
67	*Solanum ptychanthum Dun.*	Sombra de noche	
68	*Spartina spartinae (Trin.) Merr.*	Zacate	
69	*Syngonium podophyllum Schott.*	Punta de flecha	
70	*Vernonia cinerea (L.) Less.*	Hierba	
71	*Xanthosoma robustum Schott.*	Hoja elegante	

Epífitas.

El número de epifitas registradas fue de tan solo 9 especies, distribuidas de forma irregular sobre el fuste y rama de los árboles. Estas especies se ubicaron dentro de las familias: Cactáceas, Bromeliaceae, Orchidaceae y Polypodiaceae, lo que indica que la diversidad en estos ambientes es escasa en comparación con selvas o vegetación riparia, donde algunos autores han reportado una diversidad más amplia (Ramón-Jiménez 1992).

Es importante citar que estas especies se registraron únicamente sobre árboles de edad avanzada, y no en aquellos en estadios de latizal o fustal mismos que no son aptos albergar estas especies. Las especies encontradas fueron *Selenicereus testudo* (Karw. ex Zucc.) Buxb., *Selenicereus undatus* (Haworth) D.R. Hunt, *Epiphyllum Crenatum* (Lindl.) G. Donn. *Aechmea bracteata* (SW.), *Tillandsia brachycaulos* Schldl. *Tillandsia caput-medusae* (André) André ex Mez, *Encyclia boothiana* (Lindl.) Dressler, *Platystele minimiflora* (Schltr.) Garay y *Brassavola nodosa* (L.) Lindl.

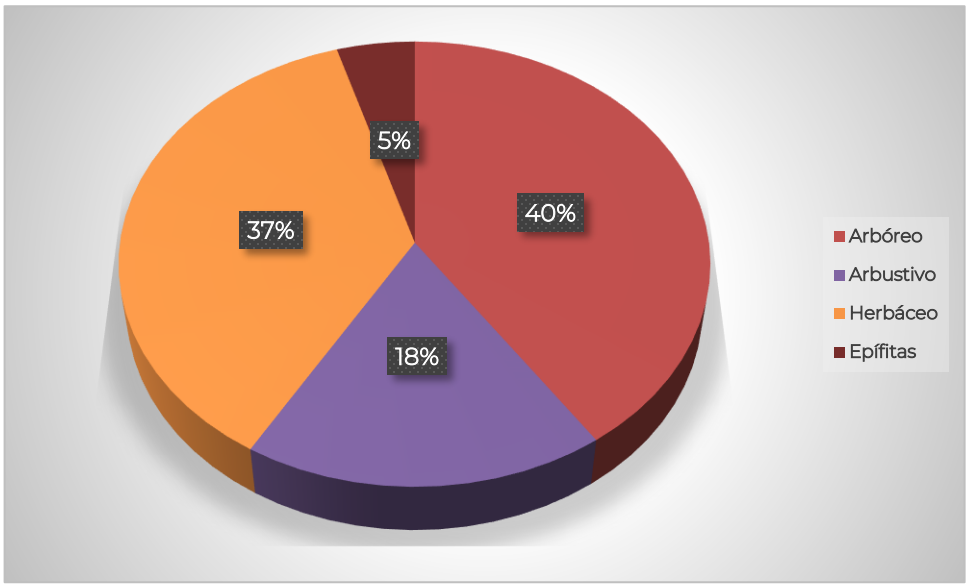
IV.3.1.2.1 Análisis de diversidad de vegetación para el SAR.

Los datos cuantitativos obtenidos en campo de la vegetación por tipo de estrato, fueron empleados para estimar los atributos por especie dentro del SAR.

La riqueza específica es la forma más sencilla de medir la diversidad de especies, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas. La forma ideal de medirla, es contar con un inventario completo que nos permita conocer el número total de especies dentro de una comunidad, aunque no siempre es posible dada las variables de tiempo y espacio.

La riqueza específica dentro del área del proyecto, estuvo representada por 193 especies distribuidas dentro de los diferentes tipos de estrato (arbóreo, arbustivo, herbáceo y epifitas) identificados en el SAR. El estrato más representativo fue el arbóreo con 78 especies, seguido del herbáceo con 71 especies, el estrato arbustivo con 35 especies, y finalmente las epifitas, con nueve especies.

Figura IV.192. Riqueza específica por tipo de estrato identificado en campo dentro del SAR.



Fuente: Elaboración IMP con información de campo.

Estimación de la abundancia relativa (Ar%) por tipo de estrato.

Para un análisis detallado de la información, se estimó la abundancia relativa por tipo de estrato, esto con el objetivo de identificar las especies más representativas en el área de estudio.

El análisis fue calculado con base en la siguiente fórmula citada en Moreno, 2001:

$$Ar=(ni/N)*100$$

Dónde: Ar= Abundancia relativa
ni= Número de individuos de una especie.
N= Número total de individuos.

A continuación se muestran los valores de la Ar por tipo de estrato, únicamente se muestran aquellas especies con los valores más representativos por tipo de estrato. Los datos completos se adjuntan como anexo para cotejo del presente estudio.

Tabla IV.81 Estimación de la abundancia relativa por tipo de estrato dentro del SAR.

Especie No.	Especie	Nombre común	Abundancia relativa (Ar%)
Arbóreo			
1	*Rhizophora mangle*	Mangle rojo	6.318%
2	*Cocos nucifera*	Cocotero	6.100%
3	*Laguncularia racemosa*	Mangle blanco	5.229%
4	*Theobroma cacao*	Cacao	5.229%
5	*Muntingia calabura*	Capulín	4.793%
6	*Guazuma ulmifolia*	Guácimo	4.575%
7	*Tabebuia rosea*	Macuilís	4.357%
8	*Gliricidia sepium*	Cocoite	4.357%
9	*Bursera simaruba*	Palo mulato	3.704%
10	*Cedrela odorata*	Cedro	3.268%
Arbustivo			
1	*Cecropia obtusifolia*	Guarumo	10.389%
2	*Mimosa pigra*	Zarza	7.388%
3	*Bixa orellana*	Achiote	6.933%
4	*Hibiscus tiliaceus*	Majagua	6.695%
5	*Malvaviscus arboreus*	Sibil	4.615%
6	*Randia aculeata*	Crucetilla	4.615%
7	*Vernonia schiedeana*	Malacate	4.160%
8	*Chrysobalanus icaco*	Icaco	4.160%
9	*Tabernaemontana chrysocarpa*	Cojón de venado	3.922%
10	*Manihot esculenta*	Yuca	3.922%
Herbáceo			
1	*Caperonia palustris (L.) A. St.-Hil.*	Caperonia	3.004%
2	*Syngonium podophyllum Schott.*	Punta de flecha	2.865%
3	*Commelina difusa Burm*	Lengua de pollo	2.634%
4	*Bidens pilosa*	Margarita silvestre	2.588%
5	*Euphorbia hypericifolia*	Golondrina	2.588%
6	*Paspalum fasciculatum*	Camalote	2.495%
7	*Momordica charantia L.*	Cundeammor	2.495%
8	*Desmodium canum*	Cadillo	2.449%
9	*Rhynchelytrum repens*	Pasto rosa	2.403%
10	*Cynodon plectostachyus*	Pasto estrella	2.357%
Epífitas			
1	*Tillandsia brachycaulos*	Barba de viejo	8.89%
2	*Tillandsia caput-medusae*	Gallito	20.00%
3	*Encyclia boothiana*	Orquidea	8.89%
4	*Selenicereus testudo*	Pitayita	8.89%
5	*Selenicereus undatus*	Pitaya	2.22%
6	*Epiphyllum Crenatum*	Nopalillo	11.11%
7	*Aechmea bracteata*	Pital	17.78%
8	*Platystele minimiflora*	Orquidea	8.89%
9	*Brassavola nodosa*	Dama de noche	13.33%

De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis de abundancia relativa para el estrato arbóreo, las especies más representativas fueron las siguientes: *Rhizophora*

mangle, Cocos nucifera, Laguncularia racemosa, Theobroma cacao y *Muntingia calabura*. Cabe señalar que los valores obtenidos para las especies de mangle, fueron altos ya que algunos de los puntos de muestreo se ubicaron en sitios con este tipo de vegetación. Para las especies *Theobroma cacao* y *Cocos nucifera*, los valores obedecen a que son especies cultivadas y de amplia distribución dentro del SAR.

Por otro lado, la vegetación arbustiva estuvo representada por las especies: *Cecropia obtusifolia, Mimosa pigra* y *Bixa orellana*, que se caracterizan por su fácil crecimiento y rápida expansión, siendo *Cecropia obtusifolia* la más típica de observar en ambientes en proceso de recuperación en su etapa inicial de sucesión.

El estrato herbáceo se caracterizó por las especies *Caperonia palustris*, *Syngonium podophyllum, Commelina difusa Burm* y *Euphorbia hypericifolia*. Estas especies se caracterizan por habitar en su mayoría en zonas inundables, por lo que durante una época del año pueden llegar a cubrir grandes extensiones de área. Sin embargo, dada las formas de vida de estas especies su permanencia es temporal, ya que durante la época de estiaje dan paso al establecimiento de otras especies, completándose así su ciclo anual.

El análisis detallado de la abundancia relativa por tipo de estrato, refleja claramente la dominancia de un número determinado de especies para cada tipo de estrato, las cuales caracterizaron el SAR. Cabe señalar que debido al proceso de sucesión que experimentan los ecosistemas dentro del SAR, estas dominancia puede variar conforme el tiempo, siempre y cuando no detenga los procesos naturales.

Estimación del índice de Shannon-Wiener por estrato.

Para conocer la diversidad específica por tipo de estrato dentro del SAR, se empleó el índice de *Shannon-Wiener*, el cual mide el contenido de información por individuo en muestras obtenidas al azar de una comunidad extensa de la que se conoce el número de especies.

El índice de diversidad de *Shannon-Wiener* se estimó con base en la siguiente fórmula citada en Moreno *et al*. 2011):

$$H' = \sum_{i=1}^{s} Pi\ LNPi)$$

Dónde: H´= Índice de diversidad de Shannon-Wiener

Pi= ni/N.
ni= número de individuos de la especie i
N= número total de individuos.

De igual manera se estimó la equidad por estrato, la cual se calculó con base en la siguiente fórmula:

$$J' = \frac{H'}{H'max} = \frac{H'}{LNS}$$

Dónde: J´= Equidad

H´= índice de *Shannon-Wiener*

LNS= es la diversidad máxima que se obtendría si la distribución de las abundancias de las especies en la comunidad fuese perfectamente equitativa.

A continuación se presentan los resultados obtenidos del índice de diversidad de Shannon-Wiener y valor de equidad para cada tipo de estrato identificado dentro del SAR.

Estrato arbóreo.

De acuerdo con los resultados obtenidos del índice de diversidad de especies para el estrato arbóreo dentro del SAR, se obtuvo un valor alto (*H´*=3.820). Este valor estuvo dado por aquellas especies colonizadoras de espacios perturbados y en proceso de recuperación, las cuales, dada sus características de rápido crecimiento y fácil dispersión, llegan a ocupar grandes extensiones de área con un alto número de individuos en un corto periodo de tiempo (Tabla IV.82). La continuidad sucesional de los ecosistemas dentro del SAR, permite la alcanzar la madurez del estrato vegetal hasta un grado clímax, observándose especies únicas y representativas por tipo de estrato.

Tabla IV.82 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para el estrato arbóreo.

Especie No.	Nombre científico	Nombre común	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (Pi)	Ln(Pi)	Pi*Ln(Pi)
1	*Mangifera indica*	Mango	25	0.020	3.932	0.077
2	*Spondias mombin*	Jobo	18	0.013	4.337	0.057
3	*Annona cherimola*	Chirimoya	19	0.015	4.183	0.064
4	*Tabebuia rosea*	Macuilís	55	0.044	3.133	0.137
5	*Parmentiera edulis*	Cuajilote	16	0.013	4.337	0.057
6	*Pachira aquatica*	Zapote de agua	25	0.020	3.932	0.077
7	*Ceiba pentandra*	Ceiba	13	0.011	4.520	0.049
8	*Adelia barbinervis Schlech & Cham.*	Espino blanco	5	0.004	5.436	0.024
9	*Laguncularia racemosa*	Mangle blanco	68	0.052	2.951	0.154
10	*Albizzia sp.*	s/n	5	0.004	5.436	0.024
11	*Bursera simaruba*	Palo mulato	47	0.037	3.296	0.122
12	*Bursera graveolens*	Sasafrás	6	0.004	5.436	0.024

Especie No.	Nombre científico	Nombre común	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (Pi)	Ln(Pi)	Pi*Ln(Pi)
13	*Crataeva tapia*	Coscorrón	4	0.002	6.129	0.013
14	*Salacia elliptica*	Gogo	5	0.004	5.436	0.024
15	*Salacia sp*	Chocho	6	0.004	5.436	0.024
16	*Cochlospermum vitifolium*	Pochote	22	0.017	4.050	0.071
17	*Muntingia calabura*	Capulín	62	0.048	3.038	0.146
18	*Andira inermis (W.Wright.) D.C.*	Maquilla	2	0.002	6.129	0.013
19	*Avicenia germinains*	Mangle negro	22	0.017	4.050	0.071
20	*Cordia megalantha*	Nopo	3	0.002	6.129	0.013
21	*Enterolobium cyclocarpum*	Oreja de raton	15	0.011	4.520	0.049
22	*Tamarindus indica*	Tamarindo	7	0.007	5.030	0.033
23	*Pithecellobium saman*	Samán	11	0.009	4.743	0.041
24	*Cupania dentata DC.*	Mestizo	2	0.002	6.129	0.013
25	*Gliricidia sepium*	Cocoite	57	0.044	3.133	0.137
26	*Pithecellobium lanceolatum*	Cabeza de loro	15	0.011	4.520	0.049
27	*Lonchocarpus guatemalensis*	Palo gusano	6	0.004	5.436	0.024
28	*Persea americana*	Aguacate	18	0.013	4.337	0.057
29	*Cecropia peltata L.*	Chancarro	5	0.004	5.436	0.024
30	*Rhizophora mangle*	Mangle rojo	80	0.063	2.762	0.174
31	*Cornutia pyramidata L.*	Lengua de vaca	3	0.002	6.129	0.013
32	*Byrsonima crassifolia*	Nance	6	0.004	5.436	0.024
33	*Cedrela odorata*	Cedro	41	0.033	3.421	0.112
34	*Swietenia macrophylla*	Caoba	14	0.011	4.520	0.049
35	*Ficus padifolia*	Amate	5	0.004	5.436	0.024
36	*Ficus radula*	Amate	5	0.004	5.436	0.024
37	*Psidium guajava*	Guayaba	18	0.013	4.337	0.057
38	*Pimenta dioica*	Pimienta	22	0.017	4.050	0.071
39	*Roystonea regia*	Palma real	2	0.002	6.129	0.013
40	*Simira salvadorensis*	Nazareno	3	0.002	6.129	0.013
41	*Sabal mexicana*	Guano redondo	29	0.022	3.826	0.083
42	*Coccoloba uvifera*	Uva de playa	11	0.009	4.743	0.041
43	*Citrus lemon*	Limón	8	0.007	5.030	0.033
44	*Citrus limeta*	Lima	3	0.002	6.129	0.013
45	*Citrus aurantium*	Naranja agria	10	0.009	4.743	0.041
46	*Thevetia ahouai*	Acotope	3	0.002	6.129	0.013
47	*Trichilia havanensis Jacq.*	Ciruelillo	2	0.002	6.129	0.013
48	*Zanthoxylon caribeum*	Chichon	3	0.002	6.129	0.013
49	*Salix chilensis*	Sauce	22	0.017	4.050	0.071
50	*Talisia olivaeformis*	Guaya	5	0.004	5.436	0.024
51	*Sapindus saponaria*	Jaboncillo	6	0.004	5.436	0.024
52	*Guazuma ulmifolia*	Guácimo	59	0.046	3.085	0.141
53	*Theobroma cacao*	Cacao	68	0.052	2.951	0.154
54	*Sterculia apetala*	Bellota	7	0.007	5.030	0.033
55	*Pithecellobium dulce*	Tukuy	29	0.022	3.826	0.083
56	*Terminalia catappa*	Almendra	29	0.022	3.826	0.083

Especie No.	Nombre científico	Nombre común	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (Pi)	Ln(Pi)	Pi*Ln(Pi)
57	*Haematoxylum campechianum*	Tinto	22	0.017	4.050	0.071
58	*Ormosia macrocalix*	Caracolillo	2	0.002	6.129	0.013
59	*Pithecellobium leucocalyx*	Guamuchil	29	0.022	3.826	0.083
60	*Cornutia pyramidata*	Carreto	2	0.002	6.129	0.013
61	*Stemmadenia donnell-smithii*	Cojon de caballo	2	0.002	6.129	0.013
62	*Manilkara sapota*	Chicozapote	4	0.002	6.129	0.013
63	*Cocos nucifera*	Cocotero	77	0.061	2.797	0.171
64	*Ochroma pyramidale*	Balsa	2	0.002	6.129	0.013
65	*Castilla elastica*	Árbol del hule	2	0.002	6.129	0.013
66	*Chrysophyllum cainito*	Caimito	2	0.002	6.129	0.013
67	*Astronium graveolens*	Jobillo	2	0.002	6.129	0.013
68	*Colubrina arborescens*	Toatan	2	0.002	6.129	0.013
69	*Zinnamomum zeylanicum Breyne*	Canela	2	0.002	6.129	0.013
70	*Diphysa robinioides*	Chipilco	2	0.002	6.129	0.013
71	*Delonix regia*	Framboyan	2	0.002	6.129	0.013
72	*Annona muricata*	Guanabana	4	0.002	6.129	0.013
73	*Talisia olivaeformis*	Guaya	9	0.007	5.030	0.033
74	*Annona reticulata*	Anona	4	0.002	6.129	0.013
75	*Tectona grandis*	Teca	12	0.009	4.743	0.041
76	*Gmelina arborea*	Melina	14	0.011	4.520	0.049
77	*Coccoloba barbadensis*	Uvero-Tocoy	18	0.013	4.337	0.057
78	*Erythrina americana*	Moté	5	0.004	5.436	0.024
					H´	3.820
					Riqueza	78
					$H´_{max}$	4.357
					$J´(H´/H_{max})$	0.877

De acuerdo con el valor obtenido para la proporción de especies de la diversidad observada (J´), este mostró un valor muy cercano a uno, con lo que se puede concluir que las especies presentes dentro de los sitios de muestreos son igual de abundantes dentro de todo el SAR.

Estrato arbustivo

A pesar del bajo número de especies que representaron a este tipo de estrato dentro del SAR, el índice de diversidad de Shannon-Wiener mostró un valor alto (H´=3.296), y al igual que al estrato arbóreo, la mayoría de las especies pertenece a la vegetación de tipo secundaria, por lo que es común encontrar un alto número de individuos de una misma especie en un área determinada (Tabla IV.83).

Tabla IV.83 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para el estrato arbustivo.

Especie	Nombre científico	Nombre común	Número de individuo	Abundancia relativa (Pi)	Ln(Pi)	Pi*Ln(Pi)
1	*Tabernaemontana chrysocarpa*	Cojón de venado	17	0.0392	3.2386	0.1270
2	*Vernonia schiedeana*	Malacate	18	0.0416	3.1797	0.1323
3	*Chrysobalanus icaco*	Icaco	18	0.0416	3.1797	0.1323
4	*Mimosa pigra*	Zarza	32	0.0739	2.6053	0.1925
5	*Dalbergia glabra*	Mucal	10	0.0231	3.7690	0.0870
6	*Lawsonia inermis*	Residón	13	0.0300	3.5063	0.1052
7	*Malvaviscus arboreus*	Sibil	20	0.0462	3.0758	0.1420
8	*Hibiscus tiliaceus*	Majagua	29	0.0669	2.7038	0.1810
9	*Cecropia obtusifolia*	Guarumo	45	0.1039	2.2644	0.2353
10	*Randia aculeata*	Crucetilla	20	0.0462	3.0758	0.1420
11	*Morinda citrifolia*	Noni	14	0.0324	3.4300	0.1111
12	*Bixa orellana*	Achiote	30	0.0693	2.6689	0.1850
13	*Hibiscus mutabilis*	Amistad	4	0.0092	4.6875	0.0432
14	*Thevetia ahouai*	Bola de venado	5	0.0116	4.4577	0.0517
15	*Coffea arabica L.*	Café	7	0.0161	4.1263	0.0666
16	*Thevetia peruviana*	Campanita	8	0.0185	3.9888	0.0739
17	*Ixora finlaysoniana Wall. et. G.Don.*	Copo	6	0.0139	4.2783	0.0593
18	*Codiaeum variegatum*	Croto	12	0.0277	3.5852	0.0994
19	*Punica granatum*	Granada	7	0.0161	4.1263	0.0666
20	*Leucaena glauca*	Guaje	7	0.0161	4.1263	0.0666
21	*Ixora coccinea L*	Izocalo	5	0.0116	4.4577	0.0517
22	*Vernonia schiedeana Less*	Malacate	6	0.0139	4.2783	0.0593
23	*Plumeria rubra*	Tabasqueña	4	0.0092	4.6875	0.0432
24	*Sambucus mexicana Presl.*	Sauco	2	0.0047	5.3695	0.0250
25	*Clerodendron speciosum (Jacq.) R.Br.*	Musté	8	0.0185	3.9888	0.0739
26	*Ipomoea fistulosa*	Campana de agua	13	0.0300	3.5063	0.1052
27	*Cajanus bicolor*	Chicharo	7	0.0161	4.1263	0.0666
28	*Piper amalago*	Cordoncillo	8	0.0185	3.9888	0.0739
29	*Piper tuberculatum*	Cordoncillo	2	0.0047	5.3695	0.0250
30	*Phyllanthus acidus*	Grosella	3	0.0069	4.9715	0.0345
31	*Ricinus communis*	Higuerilla	6	0.0139	4.2783	0.0593
32	*Hampea macrocarpa*	Majagua	16	0.0369	3.2984	0.1218
33	*Opuntia decumbens*	Nopal	10	0.0231	3.7690	0.0870
34	*Jatropha curcas*	Piñon	4	0.0092	4.6875	0.0432
35	*Manihot esculenta*	Yuca	17	0.0392	3.2386	0.1270
					H´	3.296
					Riqueza	35
					$H´_{max}$	3.555
					$J´(H´/H_{max})$	0.927

El análisis de equidad para este tipo de estrato, mostró un valor alto (J´= 0.927), lo que se traduce en que las especies observadas dentro del SAR son muy parecidas en cuanto a su distribución a lo largo del toda el área evaluada.

Estrato herbáceo

Las hierbas en general son consideradas especies de rápido crecimiento y cosmopolitas, por lo que es común encontrar un gran número de especies compartiendo un mismo hábitat. Durante las actividades de campo, este tipo de estrato se obtuvo un valor de diversidad alto *H´*=4.096 (Tabla IV.84).

Tabla IV.84 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para el estrato herbáceo.

Especie No.	Nombre científico	Nombre común	Número de individuo	Abundancia relativa (Pi)	Ln_2 (Pi)	Pi*Ln(Pi)
1	*Ruellia nudiflora*	Tronadora	22	0.010	4.589	0.047
2	*Amarnthus dubius*	Bledo	17	0.008	4.847	0.038
3	*Pistia stratiotes*	Lechuga de agua	10	0.005	5.377	0.025
4	*Bidens pilosa*	Margarita silvestre	56	0.026	3.654	0.095
5	*Batis maritima*	Saicán	9	0.004	5.483	0.023
6	*Carica mexicana*	Papaya chica	26	0.012	4.422	0.053
7	*Commelina difusa Burm*	Lengua de pollo	57	0.026	3.637	0.096
8	*Euphorbia hypericifolia*	Golondrina	56	0.026	3.654	0.095
9	*Croton punctatus*	Cenizo	9	0.004	5.483	0.023
10	*Acacia cornigera*	Cornezuelo	35	0.016	4.124	0.067
11	*Chamaechrista sp*	Frijolillo	17	0.008	4.847	0.038
12	*Indigofera suffruticosa*	Añil	8	0.004	5.600	0.021
13	*Senna occidentalis*	Hormiguera	37	0.017	4.069	0.070
14	*Mimosa pudica*	Dormilona	49	0.023	3.788	0.086
15	*Desmodium canum*	Cadillo	53	0.024	3.709	0.091
16	*Heliconia latispatha*	Platanillo	11	0.005	5.282	0.027
17	*Hydrolea spinosa*	Moradilla	17	0.008	4.847	0.038
18	*Hyptis verticillata*	Hierba Martín	22	0.010	4.589	0.047
19	*Sida acuta Burm*	Malva de puerco	42	0.019	3.942	0.077
20	*Musa sp*	Plátano	47	0.022	3.830	0.083
21	*Nymphaea ampla*	Hojas de sol	13	0.006	5.115	0.031
22	*Pasiflora foetida*	Jujito	16	0.007	4.907	0.036
23	*Panicum purpurascens*	Grama de agua	10	0.005	5.377	0.025
24	*Cynodon dactylon*	Pasto bermuda	42	0.019	3.942	0.077
25	*Cynodon plectostachyus*	Pasto estrella	51	0.024	3.748	0.088
26	*Echinochloa colonum*	Pasto arrocillo	47	0.022	3.830	0.083
27	*Eleusine indica*	Pata de gallo	28	0.013	4.348	0.056
28	*Paspalum fasciculatum*	Camalote	54	0.025	3.691	0.092
29	*Spartina spartinae*	Pajón	46	0.021	3.851	0.082
30	*Rhynchelytrum repens*	Pasto rosa	52	0.024	3.728	0.090
31	*Leersia hexandra*	Pelillo	18	0.008	4.789	0.040
32	*Eragrostis reptans*	Alfombrilla	5	0.002	6.070	0.014
33	*Bambusa vulgaris*	Bambú	16	0.007	4.907	0.036
34	*Panicum pilosum*	Zacate	44	0.020	3.896	0.079

Especie No.	Nombre científico	Nombre común	Número de individuo	Abundancia relativa (Pi)	Ln_2 (Pi)	Pi*Ln(Pi)
35	*Eichhornia crassipes*	Jacinto	9	0.004	5.483	0.023
36	*Pontederia lanceolada*	Popote	16	0.007	4.907	0.036
37	*Datura stramonium*	Toloache	28	0.013	4.348	0.056
38	*Solanum torvum*	Berenjena	30	0.014	4.279	0.059
39	*Typha latifolia*	Tule	45	0.021	3.873	0.081
40	*Lantana camara*	Cinco negritos	36	0.017	4.096	0.068
41	*Thalia geniculata L.*	popal	12	0.006	5.195	0.029
42	*Piper auritum*	Hoja santa	22	0.010	4.589	0.047
43	*Piper umbrelatum*	Momo	17	0.008	4.847	0.038
44	*Abrus precatorius L.*	Ojito de cangrejo	10	0.005	5.377	0.025
45	*Amaranthus spinosus L.*	Bledo verde	50	0.023	3.768	0.087
46	*Asclepias curassavica L.*	Quiebra muelas	9	0.004	5.483	0.023
47	*Calathea lutea (A.ubl.) G.F.W. Meyer.*	Hoja de to	26	0.012	4.422	0.053
48	*Canna indica L.*	Chancle	49	0.023	3.788	0.086
49	*Caperonia palustris (L.) A. St.-Hil.*	Caperonia	65	0.030	3.505	0.105
50	*Capraria biflora L.*	Claudiosa	9	0.004	5.483	0.023
51	*Cardiospermum halicacabum L*	Farolitos	35	0.016	4.124	0.067
52	*Cyperus ferax Rich.*	Coquillo amarillo	17	0.008	4.847	0.038
53	*Cyperus luzulae (L.) Retz.*	Zacate de estrella	8	0.004	5.600	0.021
54	*Euphorbia postrata A.T.*	Golondrina	37	0.017	4.069	0.070
55	*Ludwigia octovalis (Jacq.) Raven.*	Sauce de primavera	46	0.021	3.851	0.082
56	*Momordica charantia L.*	Cundeammor	54	0.025	3.691	0.092
57	*Mucuna argyrophylla Standl*	Ojo de venado	11	0.005	5.282	0.027
58	*Musa sapientum L.*	Guineo	17	0.008	4.847	0.038
59	*Neptunia postrata (Lam.) Baill.*	Dormilona acuatica	22	0.010	4.589	0.047
60	*Pancratium littorale Jacq.*	Lirio de araña blanco	42	0.019	3.942	0.077
61	*Parthenium hysterophorus L.*	Falsa altamisa	41	0.019	3.966	0.075
62	*Pennisetum ciliare (L.) Link.*	Zacate buffel	13	0.006	5.115	0.031
63	*Pithecoctenium echinatum Schum.*	Peine de mono	16	0.007	4.907	0.036
64	*Priva lappulacea (L.) Pers.*	Cadillo	10	0.005	5.377	0.025
65	*Rivina humilis L*	Coralillo	37	0.017	4.069	0.070
66	*Sida rhombifolia L.*	Tlalamate	51	0.024	3.748	0.088
67	*Solanum ptychanthum Dun.*	Sombra de noche	47	0.022	3.830	0.083
68	*Spartina spartinae (Trin.) Merr.*	Zacate	35	0.016	4.124	0.067

Especie No.	Nombre científico	Nombre común	Número de individuo	Abundancia relativa (Pi)	Ln_2 (Pi)	Pi*Ln(Pi)
69	*Syngonium podophyllum Schott.*	Punta de flecha	62	0.029	3.553	0.102
70	*Vernonia cinerea (L.) Less.*	Hierba	39	0.018	4.016	0.072
71	*Xanthosoma robustum Schott.*	Hoja elegante	49	0.023	3.788	0.086
					H´	4.096
					Riqueza	71
					$H´_{max}$	4.263
					$J´(H´/H_{max})$	0.961

El índice de equidad para este tipo de estrato obtuvo un valor alto (J´=0.961) quedando definido que la diversidad de especies dentro de los diferentes puntos de muestreo es similar en todo el polígono del SAR.

Epífitas.

Dentro de una comunidad vegetal, las epifitas juegan un papel importante desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con su distribución en los diferentes estratos verticales de un ecosistema, sirven de hábitat y nicho para muchos organismos como insectos, hongos y aves entre otros.

Este grupo estuvo poco representado dentro del SAR, donde el valor del índice de diversidad obtenido fue bajo (*H´*=2.086) en comparación con los otros estratos. Esta baja diversidad se relaciona con el estado de madurez de las especies arbóreas que caracterizaron el SAR, las cuales en su mayoría presentaron un estado de madurez bajo, por lo que no pueden albergar un mayor número de especies.

Tabla IV.85. 1 Índice de diversidad de Shannon-Wiener para epífitas.

Especie No.	Nombre científico	Nombre común	Número de individuo	Abundancia relativa (Pi)	Ln(Pi)	Pi*Ln(Pi)
1	*Tillandsia brachycaulos*	Barba de viejo	4	0.0889	2.4204	0.2151
2	*Tillandsia caput-medusae*	Gallito	9	0.2000	1.6094	0.3219
3	*Encyclia boothiana*	Orquidea	4	0.0889	2.4204	0.2151
4	*Selenicereus testudo*	Pitayita	4	0.0889	2.4204	0.2151
5	*Selenicereus undatus*	Pitaya	1	0.0222	3.8067	0.0846
6	*Epiphyllum Crenatum*	Nopalillo	5	0.1111	2.1972	0.2441
7	*Aechmea bracteata*	Pital	8	0.1778	1.7272	0.3071
8	*Platystele minimiflora*	Orquidea	4	0.0889	2.4204	0.2151
9	*Brassavola nodosa*	Dama de noche	6	0.1333	2.0149	0.2687
					H´	2.086
					Riqueza	9
					$H´_{max}$	2.197

Especie No.	Nombre científico	Nombre común	Número de individuo	Abundancia relativa (Pi)	Ln(Pi)	Pi*Ln(Pi)
					J´(H´/Hmax)	0.949

Uso de la vegetación dentro del SAR.

Las zonas alejadas de las comunidades urbanas dentro del SAR, emplean en su mayoría los recursos naturales para su sustento y supervivencia, por lo cual el aprovechamiento de los recursos es variado, y en dependencia de la zona, el uso para el mismo recurso puede variar. En la Tabla IV.86 se muestran los diversos usos (maderable, construcción, combustible, producción de carbón, comestible, industrial, cercos vivos, entre otros) que la población da a los recursos vegetales dentro del polígono del SAR.

Tabla IV.86 Uso de los recursos vegetales dentro del SAR

Genero	Especie	Nombre común	Uso
Avicennia	*germinans*	Mangle negro	M, Co, Ca
Rhizophora	*mangle*	Mangle rojo	M, Co, Ca
Laguncularia	*racemosa*	Mangle blanco	M, Co, Ca
Conocarpus	*erectus*	Mangle botoncillo	M, Co, Ca
Bucida	*burceras*	Puckté	M
Cocos	*nucifera*	Coco	Com, M, Co, Ind
Cedrela	*odorata*	Cedro	M
Psidium	*guajava*	Guayaba	Com
Pimienta	*dioica*	Pimienta	Com
Tabebuia	*rosea*	Macuilís	M
Ormosia	*schippi*	Maca colorada	M
Spondias	*mombin*	Jobo	Com
Guazuma	*ulmifolia*	Guacimo	Ce
Brosimun	*alicastrum*	Ramón	M
Castilla	*elástica*	Hule	Ind
Citrus	*sinensis*	Naranja	Com
Zanthoxylum	*caribaeum*	Cola de lagarto	M
Haematoxyllum	*campechianum*	Tinto	M, Ce
Sabal	*mexicana*	Guano	Co
Teutona	*grandis*	Teca	M
Musa	*paradisiaca*	Plátano	Com
Bixa	*orellana*	Achiote	Com
Teobroma	*cacao*	Cacao	Com, Ind
Manguifera	*indica*	mango	Com
Tamarindus	*indica*	Tamarindo	Com
Loncocarpus	*guatemalensis*	Palo gusano	M
Pachira	*aquatica*	Zapote de agua	M
M=maderable, Com=comestible, Ce= cerco vivo, Ca= carbón, Ind=industrial, Co= construcción.			

Fuente: Elaboración IMP

Especies protegidas dentro el SAR.

Para el estado de Tabasco se han reportado un total de 664 especies de plantas acuáticas y 2584 especies de plantas terrestres (Bueno *et al*. 2005). Sin embargo, la deforestación, la expansión ganadera extensiva y semi-intensiva, la intensificación agrícola y urbanización, han llevado al confinamiento de las especies nativas a zonas muy particulares, lo que además pone en riesgo sus poblaciones. Del total de las especies terrestres registradas para el estado de Tabasco, 54 de ellas están bajo algún estatus de protección de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (32 amenazadas, siete en peligro de extinción y 15 bajo protección especial). Mientras que para las especies de vida acuática a semi-acuatica, únicamente diez de este total se encuentran bajo alguna categoría de protección de acuerdo con la misma norma.

De las especies enlistadas, la mayoría son empleadas principalmente para la elaboración de carbón, leña y como madera para la construcción de casas. La extracción desmedida de estos recursos con fines comerciales, ha incrementado su extracción del medio natural y por lo consecuente su disminución dentro del SAR.

Tabla IV.87 Especies identificadas en el SAR bajo alguna categoría de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Familia	Especie	Nombre común	Categoría
Arecaceae	*Roystonea regia*	Palma real	Pr
Avicenniaceae	*Avicennia germinans*	Mangle negro	A
Combretaceae	*Laguncularia racemosa*	Mangle blanco	A
Meliaceae	*Cedrela odorata*	Cedro	Pr
Rhizophoraceae	*Rhizophora mangle*	Mangle rojo	A
Anacardiaceae	*Astronium graveolens*	Jobillo	A
Pr= protección, A= amenazada.			

Fuente: Elaboración IMP

Por otro lado, es importante señalar la importancia de algunas especies de árboles que, aunque no se encuentren bajo ninguna categoría de protección por la NOM-059 o CITES, tienen importancia cultural e histórica y merecen ser preservadas, como en el caso de la ceiba (*Ceiba pentandra*) y el samán (*Pithecellobium saman*). En este sentido, la Ley de Protección Ambiental del Estado de Tabasco en su Artículo 72, establece “la conservación de aquellas especies cuya belleza escénica es representativa, con valor científico, educativo, de recreo e histórico, por su importancia como medios de captación de agua y por otros servicios ambientales que prestan”, por lo anterior es necesario considerar tales medidas.

Caracterización de las comunidades de fauna.

Metodología de muestreo.

Para conocer la diversidad faunística dentro del SAR y sitios 1,2 y 3 donde se ubicará el proyceto, fue necesario el empleo de métodos directos e indirectos de muestreo en campo, específicos para cada grupo taxonómico, estas metodologías consisten principalmente en el establecimiento de transectos y estaciones de monitoreo, que permiten hacer un estimado preciso de las especies que alberga el área en estudio. A continuación, se describe brevemente cada metodología empleada por grupo taxonómico.

Aves - Estaciones de monitoreo.

Este método consistió en seguir un transecto a lo largo del terreno con puntos delimitados a una distancia de 100,0 m aproximadamente entre cada punto para garantizar independencia. En cada punto el tiempo y radio de observación fue de 10 min y 50 metros. Los recorridos se realizaron en dos horarios, uno diurno (06:00 a 10:00 h) y otro por la tarde (16:00 a 18:00 h), horarios donde estos organismos tienen su mayor actividad. La identificación de las especies, se hizo de manera directa mediante el empleo de binoculares y fotografías, además del uso de guías especializadas para confirmar cada especie avistada. Adicional al avistamiento directo, el método de identificación por canto o vocalización, permitió incrementar el registro y por ende la diversidad y abundancia de especies dentro del punto de muestreo. Durante las observaciones en campo, adicionalmente se tomaron notas sobre otros parámetros de comportamiento tales como percheo, vuelo, canto, caminando, anidando o alimentándose, entre otros y, que fueron utilizados de igual manera para cada especie avistada dentro de los diferentes ecosistemas del SAR.

Mamíferos - Búsqueda directa.

Para estimar la presencia de los mamíferos dentro del sistema ambiental, fue empleado el método de búsqueda directa propuesto por Wallace (1999), para ello, se emplearon transectos lineales los cuales fueron trazados y distribuidos de manera aleatoria dentro del SAR con longitud de 0,5 km. El recorrido de los transectos se realizó a paso lento con alcance de observación hasta donde la vegetación lo permitía. Los horarios de recorridos fueron: diurnos (06:00 a 10:00 h) y por las tardes (14:00 a 18:00 h) colocando puntos de observación momentáneos cada 100 m por 10 min en cada transecto, haciendo el menor ruido posible, y nocturnos realizando recorridos con las luces de las linternas apagadas. Durante los recorridos se registró las especies observadas, así como la distancia aproximada hacia la línea central del

transecto. Además de la observación directa, se realizaron registros por métodos indirectos, como la identificación por huellas, excretas, restos óseos, pelaje y llamados guturales. Para la identificación de las especies, se utilizaron las guías especializadas para el taxón, Aranda (2000) y Ceballos & Oliva (2005).

Anfibios y Reptiles - Transectos.

La diversidad herpetofaunística fue estimada mediante el empleo del método por transectos de acuerdo con Barragán-Vázquez (2007). Estos tuvieron una longitud de 0,5 km y ancho variable dependiendo del tipo de vegetación. Los recorridos se realizaron a paso lento en dos horarios: diurnos (09:00 a 10:00 h) y nocturnos (16:00 a 22:00 h). La identificación y registro de los ejemplares fue mediante la captura directa o a través del canto. Para los ejemplares capturados se tomaron datos de la especie, sexo, lugar y hora de captura. Los especímenes capturados fueron liberados en el mismo sitio, teniendo siempre en consideración causar el menor daño y estrés posible. Las guías de campo empleadas para el grupo fueron las de Calderón-Mandujano *et al. (*2005) y Cedeño-Vázquez *et al.* (2006).

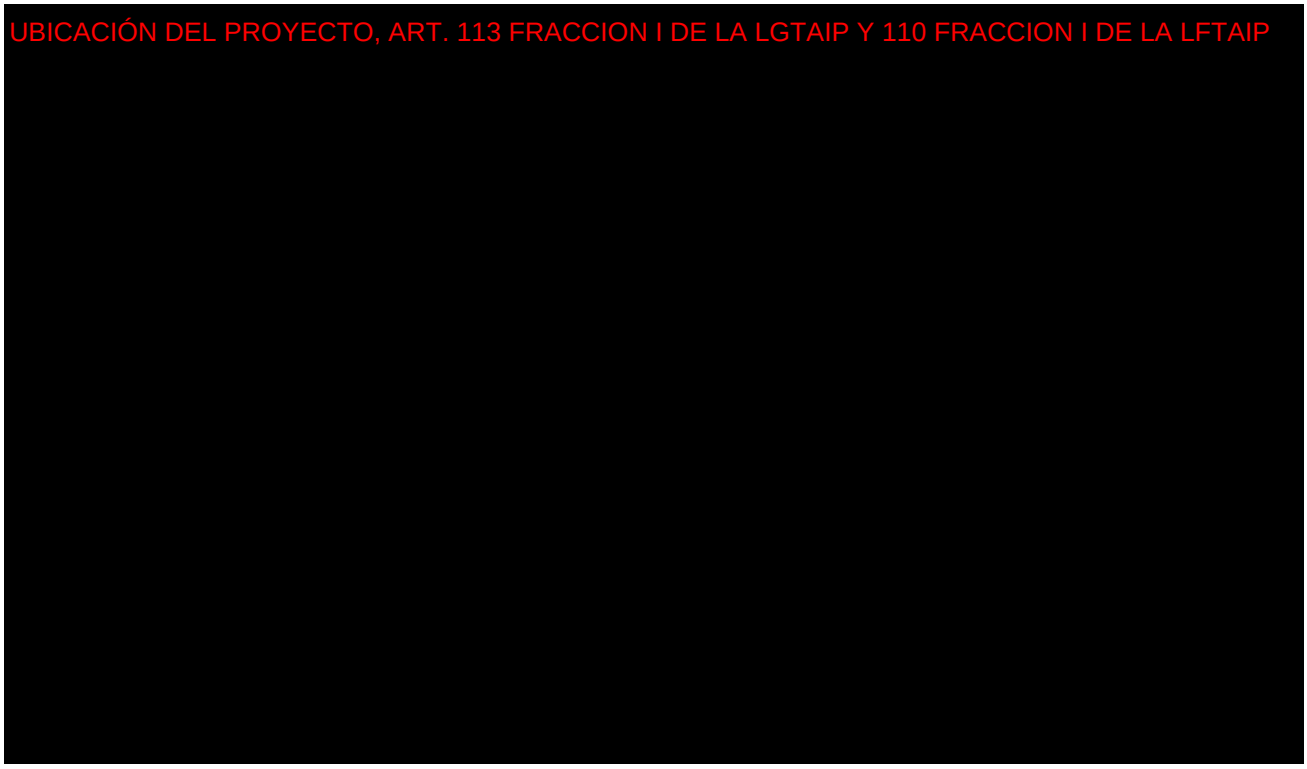
Análisis de la información.

La base de datos fue integrada de manera general en una hoja de cálculo mediante el uso del programa Excel, 2019 para Windows 10, donde las entradas para generar el estimador fueron el número de especies y el número de sitios de muestreos realizados. El análisis de la información se realizó de manera independiente por cada clase taxonómica para un mejor análisis y comprensión de la información.

Distribución de los puntos de muestreo para la fauna dentro del SAR.

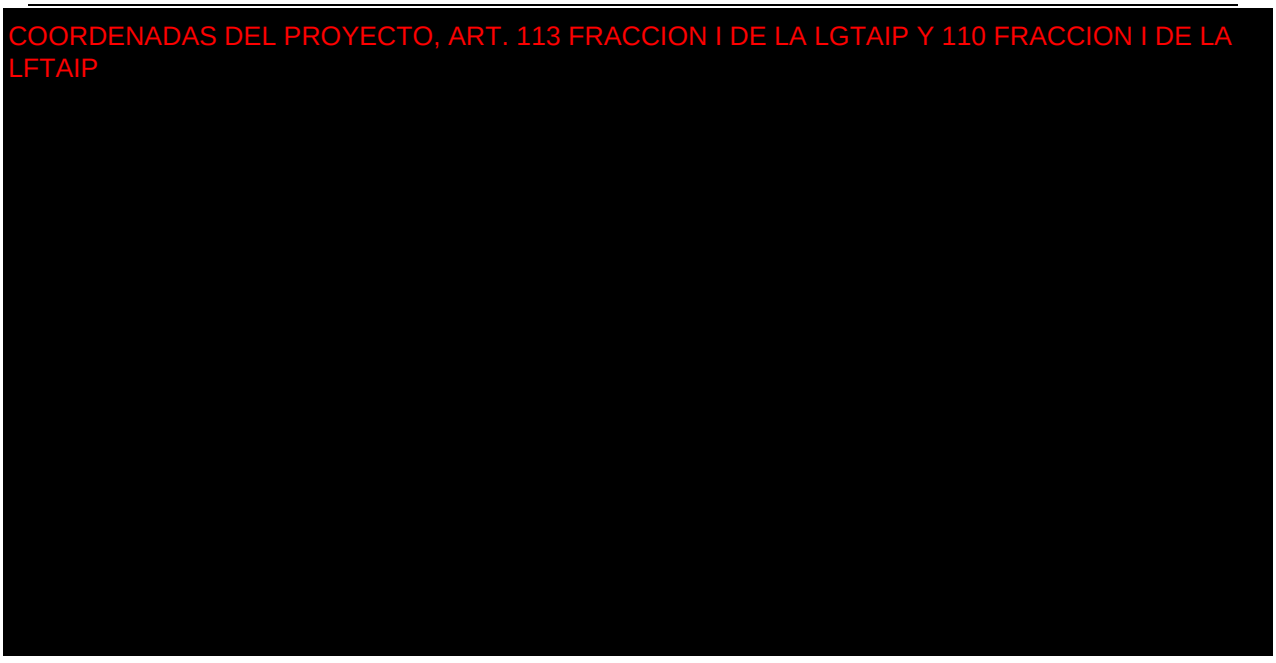
Los puntos de muestreos para la fauna dentro del SAR, fueron determinados con base en la estructura de la vegetación, teniendo en cuenta que su distribución fuera representativa. En la Figura IV.193 se muestran los puntos de monitoreo para los diferentes grupos faunísticos distribuidos dentro del SAR.

Figura IV.193. Ubicación de los puntos de monitoreo para los grupos taxonómicos dentro del SAR.

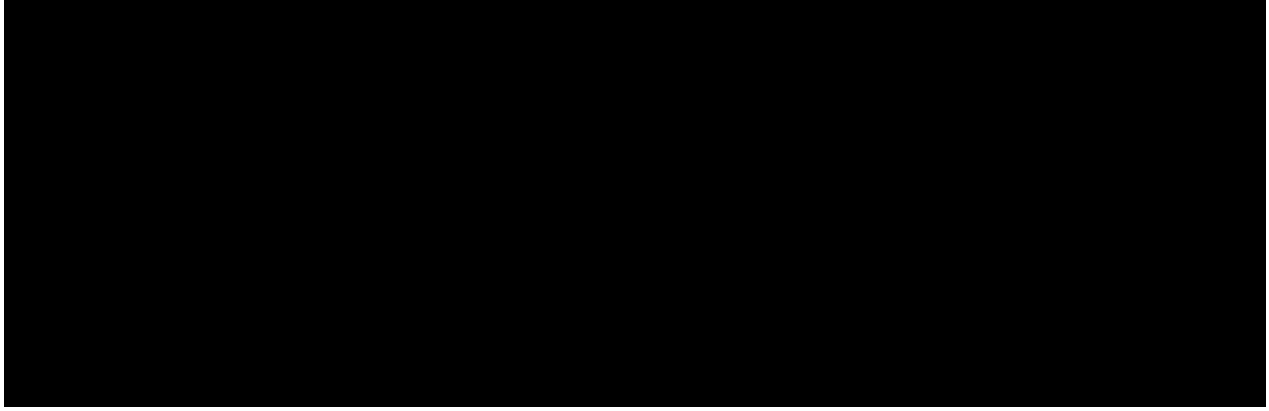


Fuente: Elaboración IMP.

Tabla IV.88 Coodenadas UTM de los puntos de muestreo dentro del SAR.



COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

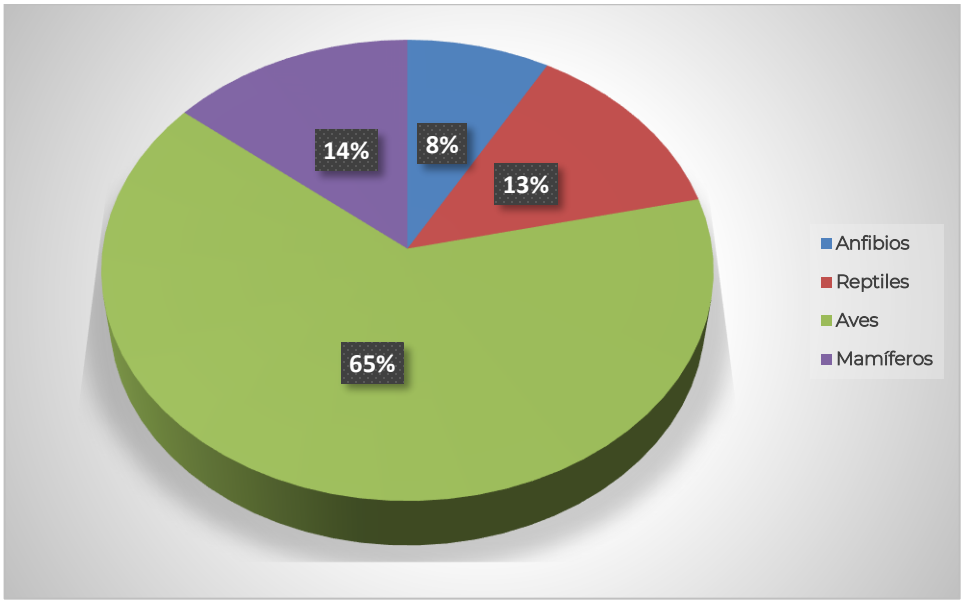


IV.3.1.2.2 Análisis de diversidad de la fauna dentro del SAR.

Del total de los muestreos realizados, se registró una abundancia de 6 246 individuos distribuidos dentro de los diferentes taxones muestreados, los cuales a su vez estuvieron divididos en 78 familias, 166 géneros, 205 especies.

El análisis de riqueza y abundancia por especie, mostró que el grupo de las aves fue el más representativo de los cuatro taxones con 133 especies, seguida de los mamíferos con 29, reptiles con 27 especies y finalmente los anfibios con 16 especies. La dominancia del grupo de las aves, estuvo dada por los diferentes tipos de vegetación que caracterizaron el sistema ambiental, los cuales sirven como fuente para la obtención de alimento y refugio, tanto para las especies residentes como migratorias.

Figura IV.194. Abundancia específica por taxón dentro del SAR.



Fuente: Elaboración IMP.

Abundancia relativa de las especies de fauna en el SAR.

La abundancia relativa, representa el porcentaje de una especie con relación al número total de individuos de todas las especies registradas durante los muestreos, esta se calculó de acuerdo con la siguiente fórmula.

$$Ar = \frac{Ax}{A\ total} x100$$

Dónde: Ar= Abundancia relativa.

Ax= Número total de individuos de la especie X

A total=Número total de individuos de todas las especies.

De acuerdo con los resultados obtenidos para los diferentes grupos faunísticos dentro del SAR, se muestra la Ar por grupo taxonómico donde se incluyen todos los muestreos realizados.

Anfibios

El análisis conjunto de la información obtenida en campo para el grupo de los anfibios y el cálculo de su abundancia relativa se muestra en la (Tabla IV.89). De acuerdo con los resultados obtenidos, las especies con los valores más altos fueron; *Dendropsophus microcephalus* y *Leptodactylus melanonotus* los cuales en conjunto representan el 63.62% del total de las especies observadas, mientras que la menos representativa fue la especie *Scinax staufferi* y *Gastrophryne elegans* con tan solo el 0.61%. Respecto a los altos valores obtenidos para las dos primeras especies, estas están relacionadas con las épocas de lluvias y adaptación a zonas perturbadas, por lo que su incidencia dentro del SAR es muy común.

Tabla IV.89. Abundancia relativa de anfibios dentro del SAR.

Especie No.	Nombre científico	Nombre común	Abundancia relativa (Ar)
1	*Incilius valliceps*	Sapo pequeño	5.08%
2	*Rhinella marina*	Sapo común	5.08%
3	*Agalychnis callidryas*	Ranita verde	1.02%
4	*Dendropsophus microcephalus*	Rana grillo	28.66%
5	*Hyla picta*	Rana de árbol	1.93%
6	*Hyla locuax*	Rana	1.32%
7	*Scinax staufferi*	Rana	0.61%
8	*Phrynohyas venulosa*	Rana verrugosa	3.66%
9	*Smilisca baudinii*	Rana arborícola	9.45%
10	*Gastrophryne elegans*	Sapo boca angosta	0.61%
11	*Leptodactylus melanonotus*	Rana lomo oscuro	34.96%
12	*Leptodactylus labialis*	Rana labios blanco	1.42%
13	*Eleutherodactylus leprus*	Rana leprosa	0.51%
14	*Eleutherodactylus rhodopis*	Sapito	1.22%
15	*Eleutherodactylus alfredi*	Rana	0.81%
16	*Lithobates berlandieri*	Rana leopardo	3.66%

Reptiles

El grupo de los reptiles estuvo representado principalmente por las especies *Hemidactylus frenatus* (17.601%) y *Aspidoscelis deppi* (16.81%) las cuales en conjunto representan el 34.417% de total de las especies registradas dentro del SAR. En general, estas especies se han adaptado a los cambios que han sufrido los ambientes donde se distribuyen naturalmente, por lo que es común observar un gran número de estas especies en un área determinada, incluso donde existen asentamientos humanos.

Tabla IV.90. Abundancia relativa del grupo de los reptiles en el SAR.

Especie No.	Nombre científico	Nombre común	Abundancia relativa (Ar)
1	*Crocodylus moreletii*	Cocodrilo de pantano	0.561%
2	*Coniophanes bipunctatus*	Culebra de agua	0.561%
3	*Coniophanes sp*	Culebra de agua	0.673%
4	*Leptophis mexicanus*	Culebra perico	0.448%
5	*Oxibelis aeneus*	Culebra	0.673%
6	*Imantodes cenchoa*	Culebra cordelilla	0.224%
7	*Drymarcho melanurus*	Arroyera	0.561%
8	*Drymobius margaritiferus*	Petatilla	0.897%
9	*Thamnophis proximus*	Bejuquilla	0.561%
10	*Crotalus sp*	Cascabel	0.224%
11	*Anolis rodriguezii*	Anolis	5.269%
12	*sphaerodactylus glaucus*	Geko collarejo	0.561%
13	*Mabuya brachypoda*	Mabuya	2.354%
14	*Sphenomorphus cherriei*	Lagartija	0.673%
15	*Hemidactylus frenatus*	Chucho	17.601%
16	*Ctenosaura similis*	Iguana negra	5.493%
17	*Iguana iguana*	Iguana verde	6.166%
18	*Basiliscus vittatus*	Toloque	8.969%
19	*Sceloporus variabilis*	Lagarto escamoso	9.529%
20	*Aspidoscelis deppi*	Lagarto rallado	16.816%
21	*Cnemidophorus deppii*	Lagartija	1.345%
22	*Ameiva undulata*	Lagartija	5.830%
23	*Anolis lemurinus*	Anolis	6.839%
24	*Anolis sagrei*	Anolis	3.027%
25	*Anolis sericeus*	Anolis	2.242%
26	*Kinosternon leucostomun*	Pochitoque	1.121%
27	*Trachemys venusta*	Hicotea	0.785%

Aves

Como se mencionó anteriormente, las aves fueron el grupo de fauna más representativo dentro del SAR, estas en su mayoría son de amplia distribución y no específicos de un solo lugar. De acuerdo con los registros en campo, la mayor representatividad estuvo dado por las especies *Coragyps atratus, Zenaida asiática, Crotophaga sulcirostris*, *Ortalis vetula* y *Quiscalus mexicanus* (Tabla IV.91). En general este grupo de aves presentan hábitos de alimentación de tipo frugívoro e insectívoro, a excepción de *Coragyps atratus*, cuyo hábito de alimentación es de tipo carroñero.

Tabla IV.91. Abundancia relativa de aves en el SAR.

Especie No.	Nombre científico	Nombre común	Abundancia relativa (Ar)
1	*Anas discors*	Cerceta	1.127%
2	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije	0.974%
3	*Dendrocygna bicolor*	Pijije aliblanco	0.487%
4	*Amazilia yucatanensis*	Chupita	1.025%
5	*Amazilia candida*	Colibrí	0.205%
6	*Anthracothorax prevostii*	Colibrí	0.154%
7	*Phaethornis longuemareus*	Ermitaño	0.179%
8	*Archilochus colubris*	Colibrí	0.179%
9	*Bucco macrorhynchus*	Bucco	0.179%
10	*Nyctidromus albicollis*	Tapacaminos	0.641%
11	*Nyctibius griseus*		0.154%
12	*Ardea alba*	Garzón blanco	0.743%
13	*Botaurus pinnatus*	Garza tigre	0.205%
14	*Bubulcus ibis*	Garza garrapatera	2.690%
15	*Butorides virescens*	Joito	0.589%
16	*Egretta thula*		0.538%
17	*Nycticorax nycticorax*	Martinete común	0.077%
18	*Tigrisoma mexicanum*	Garza tigre	0.179%
19	*Egretta tricolor*		0.102%
20	*Egretta caerulea*	Garza azul	0.384%
21	*Eudocimus albus*	Ibis blanco	0.564%
22	*Pelecanus erythrorhynchos*	Pelicano blanco	0.436%
23	*Pelecanus occidentalis*	Pelicano café	1.102%
24	*Cathartes aura*	Aura común	3.459%
25	*Coragyps atratus*	Chombo común	3.946%
26	*Platalea ajaja*	Espátula rosada	0.128%
27	*Columbina inca*	Tortolita	1.947%
28	*Columba livia*		0.282%
29	*Columbina talpacoti*	Tortolita canela	0.512%
30	*Leptotila verreauxi*	Paloma montaraz	0.307%
31	*Patagioenas flavirostris*	Paloma morada	0.128%
32	*Zenaida asiatica*	Paloma aliblanca	5.457%
33	*Ceryle torquata*	Pescador mayor	0.794%
34	*Chloroceryle americana*	Pescador verde	0.179%
35	*Chloroceryle amazona*	Pescador	0.231%
36	*Megaceryle alcyon*	Pescador norteño	0.051%
37	*Momotus momota*	Momoto	0.256%
38	*Charadrius vociferus*	Chorlo	0.384%
39	*Jacana spinosa*	Pespita	1.358%
40	*Leucophaeus atricilla*	Gaviota reidora	0.205%
41	*Actitis macularius*	Playero alzacolita	0.282%
42	*Tringa melanoleuca*	Patamarilla menor	0.077%
43	*Crotophaga sulcirostris*	Pijui	3.459%
44	*Piaya cayana*	Cuco	0.179%
45	*Coccyzus minor*	Cuclillo	0.128%
46	*Buteo magnirostris*	Águila caminera	0.487%
47	*Buteo nitidus*	Águila gris	0.154%

Especie No.	Nombre científico	Nombre común	Abundancia relativa (Ar)
48	*Buteogallus anthracinus*	Águila negra menor	0.128%
49	*Elanus caeruleus leucurus*	Milano coliblanco	0.384%
50	*Pandion haliaetus*	Águila pescadora	0.359%
51	*Rostrhamus sociabilis*	Caracolero	0.487%
52	*Caracara cheriway*	Caracará común	0.487%
53	*Falco rufigularis*	Halcón murcielaguero	0.128%
54	*Herpetotheres cachinnans*	Vaquero	0.256%
55	*Aramides cajanea*	Tutupana	0.615%
56	*Fulica americana*		0.179%
57	*Porphyrula martinica*	Gallereta morada	0.205%
58	*Laterallus ruber*	Polluela rojiza	0.077%
59	*Aramus guarauna*	Carao	0.743%
60	*Ortalis vetula*	Chachalaca	3.971%
61	*Vireo griseus*	Vireo ojiblanco	0.231%
62	*Vireo olivaceus*	Vireon	0.359%
63	*Pheucticus chrysopeplus*	Picogrueso amarillo	0.615%
64	*Piranga rubra*	Tangara	0.282%
65	*Passerina cyanea*	Azulejo	0.256%
66	*Cyanocorax morio*	Pea	3.741%
67	*Cyanocorax yucatanicus*	Chara yucateca	0.641%
68	*Tityra semifasciata*	Titira enmascarado	0.179%
69	*Euphonia affinis*	Frutero	0.743%
70	*Euphonia hirundinacea*	Frutero	0.256%
71	*Synallaxis erythrothorax*	Pijuí centroamericano	0.179%
72	*Stelgidopteryx serripennis*	Golondrina café	1.204%
73	*Icterus auratus*	Cenzontle común	2.255%
74	*Icterus cuculatus*	Calandria dorso negro	1.153%
75	*Icterus galbula*	Bolsero	0.282%
76	*Icterus gularis*	Bolsero	1.409%
77	*Icterus spurius*	Bolsero	0.282%
78	*Icteria virens*	Bolsero	0.461%
79	*Sturnella magna*	Pradero común	0.410%
80	*Amblycercus holosericeus*		0.179%
81	*Dives dives*	Tordo cantor	0.512%
82	*Quiscalus mexicanus*	Zanate	4.740%
83	*Psarocolius montezuma*	Zacua	0.179%
84	*Agelaius phoeniceus*	Tordo cantor	0.102%
85	*Sturnella neglecta*	Pradero gorgojeador	0.666%
86	*Dumetella carolinensis*	Mimido gris	0.769%
87	*Mimus gilvus*	Cenzontle tropical	0.538%
88	*Polioptila caerulea*	Perlita gris	0.743%
89	*Dendroica petechia*	Chipe amarillo	0.897%
90	*Seiurus noveboracensis*	Chipe charquero	0.179%
91	*Dendroica dominica*	Chipe	0.307%
92	*Dendroica magnolia*	Chipe	0.512%
93	*Geothlypis trichas*	Mascarita común	0.999%
94	*Dendroica virens*	Chipe	0.282%
95	*Setophaga ruticilla*	Pavito migratorio	0.359%
96	*Parula americana*	Chipe azul	0.461%
97	*Wilsonia citrina*	Chipe encapuchado	0.948%

Especie No.	Nombre científico	Nombre común	Abundancia relativa (Ar)
98	*Wilsonia pusilla*	Chipe	0.154%
99	*Dendroica petechia erithachorides*	Chipe cabecicastaño	0.512%
100	*Mniotilta varia*	Chipe trepador	0.922%
101	*Campylorhynchus zonatus*	Matraca	1.076%
102	*Thryothorus maculipectus*		0.077%
103	*Henicorhina leucosticta*	Cucurachero	0.077%
104	*Turdus grayi*	Calandria café	2.921%
105	*Hylocichla mustelina*	Zorzal	0.410%
106	*Saltator atriceps*	Saltador cabeza negra	0.359%
107	*Sporophila torqueola*	Semillero collarejo	1.307%
108	*Thraupis abbas*	Tangara	0.179%
109	*Saltator coerulescens*	Pepitero gris	0.026%
110	*Pitangus sulphuratus*	Chilera	4.458%
111	*Tyrannus forficatus*	Tirano tijereta	0.231%
112	*Megarhynchus pitangua*	Bienteveo	0.538%
113	*Myiarchus tuberculifer*	Mosquero	0.384%
114	*Myiarchus tyrannulus*	Mosquero	0.154%
115	*Empidonax flaviventris*	Mosquero	0.077%
116	*Myiozetetes similis*	Luis menor	2.255%
117	*Pyrocephalus rubinus*	Cardenal	0.231%
118	*Tyrannus melancholicus*	Tirano común	0.436%
119	*Trogon melanocephalus*	Trogón	0.307%
120	*Dryocopus lineatus*	Carpintero mayor	0.205%
121	*Leuconotopicus fumigatus*	Carpintero café	0.333%
122	*Melanerpes aurifrons*	Cheje	1.819%
123	*Pteroglossus torquatus*	Tucán collarejo	0.102%
124	*Tachybaptus dominicus*	Zambullidor menor	0.461%
125	*Amazona autumnalis*	Loro frente rojo	0.410%
126	*Amazona albifrons*	Loro frente blanco	1.409%
127	*Aratinga nana*	Perico pechisucio	1.486%
128	*Anhinga anhinga*	Pavo de agua	0.051%
129	*Fregata magnificens*	Fragata común	0.897%
130	*Phalacrocorax auritus*	Cormorán orejudo	1.050%
131	*Phalacrocorax brasilianum*	Cormorán	0.846%
132	*Ciccaba virgata*	Búho café	0.077%
133	*Glaucidium brasilianum*	Tecolotito bajeño	0.128%

Mamíferos

Para el grupo de los mamíferos, la mayor abundancia relativa por especie estuvo dada por las especies: *Procyon lotor* y *Sciurus aureogaster*, los cuales en conjunto representan el 30.20% del total de especies dentro del SAR. Los ambientes que caracterizan el SAR, en una buena parte presentan especies vegetales-frutales y de cultivo, las cuales son fuente principal de alimento de estas especies por lo que sus

poblaciones han incrementado considerablemente, llegando incluso a ser consideradas plagas por su abundancia y daño provocado hacia las especies de cultivo.

Tabla IV.92. Abundancia y relativa de mamíferos en el SAR.

Especie No.	Nombre científico	Nombre común	Abundancia relativa (Ar)
1	*Canis latrans*	Coyote	1.71%
2	*Lontra longicaudis*	Nutria	1.93%
3	*Procyon lotor*	Mapache	13.28%
4	*Artibeus jamaicensis*	Murciélago frutero	4.93%
5	*Artibeus intermedius*	Murciélago	4.07%
6	*Carollia brevicauda*	Murciélago	2.14%
7	*Glossophaga soricina*	Murciélago lengueton	4.50%
8	*Molossus molossus*	Murciélago mustin	3.00%
9	*Sturnira lilium*	Murciélago menor	3.64%
10	*Sturnira ludovici*	Murciélago mayor	1.93%
11	*Phyllostomus discolor*	M. panza peluda	2.57%
12	*Myotis keaysi*	Murcierlago	3.64%
13	*Molossus sinaloe*	Murciélago mastin	1.50%
14	*Eptesicus furinalis*	Murciélago moreno	0.64%
15	*Desmodus rotundus*	Vampiro	1.50%
16	*Dermanura phaeotis*	Murciélago	1.50%
17	*Artibeus lituratus*	Murciélago frutero	1.71%
18	*Didelphis marsupialis*	Tlacuache común	5.78%
19	*Caluromys derbianus*	Zorrito platanero	1.07%
20	*Philander opossum*	Cuatro ojos	1.71%
21	*Marmosa mexicana*	Marmosa	1.50%
22	*Didelphis virginiana*	Tlacuache cola pelada	4.93%
23	*Sylvilagus brasilense*	Conejo	3.00%
24	*Sylvilagus floridanus*	Conejo	2.14%
25	*Peromyscus mexicanus*	Ratón de campo	2.57%
26	*Sciurus aureogaster*	Ardilla gris	16.92%
27	*Coendou mexicanus*	Puerco espín	3.64%
28	*Alouatta palliata*	Mono aullador	1.07%
29	*Tamandua mexicana*	Oso hormiguero	1.50%

Análisis de diversidad dentro del SAR.

Para estimar la diversidad de especie dentro del SAR, se empleó el índice de diversidad de Shannon-Wiener, el cual fue estimado empleando la siguiente ecuación:

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} pi\ LNpi$$

Dónde: H´ = índice de diversidad de Shannon-Wiener.
S = número de especies.
P_i = proporción del número de individuos de la especie *i* con respecto al total (n*i*/N).
n_i = número de individuos de la especie *i*.
N = número de todos los individuos de todas las especies.

De igual manera se estimó el índice de equitatividad, como complemento al análisis de diversidad de Shannon-Wiener, el cual fue calculado mediante la siguiente formula:

$$J'=H'/H'_{max}$$

Donde:| H_{max} = Ln S.
S = Número de especies.
J (Justeness)= Equidad.

Anfibios.

El resultado obtenido del índice de diversidad de *Shannon-Wiever* para el grupo de anuros, presentó un valor bajo (H´=1.916) tal como se muestra en la Tabla IV.93. Esta baja diversidad fue asociada con el alto grado de perturbación de las zonas donde se realizaron los muestreos.

Tabla IV.93. Índice de diversidad de Shannon-Wiever para el grupo de los anfibios.

Especie No.	Nombre científico	Nombre común	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (Pi)	LN (Pi)	Pi *LN (Pi)
1	*Incilius valliceps*	Sapo pequeño	50	0.051	-2.980	-0.151
2	*Rhinella marina*	Sapo común	50	0.051	-2.980	-0.151
3	*Agalychnis callidryas*	Ranita verde	10	0.010	-4.589	-0.047

Especie No.	Nombre científico	Nombre común	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (Pi)	LN (Pi)	Pi *LN (Pi)
4	*Dendropsophus microcephalus*	Rana grillo	282	0.287	-1.250	-0.358
5	*Hyla picta*	Rana de árbol	19	0.019	-3.947	-0.076
6	*Hyla locuax*	Rana	13	0.013	-4.327	-0.057
7	*Scinax staufferi*	Rana	6	0.006	-5.100	-0.031
8	*Phrynohyas venulosa*	Rana verrugosa	36	0.037	-3.308	-0.121
9	*Smilisca baudinii*	Rana arborícola	93	0.095	-2.359	-0.223
10	*Gastrophryne elegans*	Sapo boca angosta	6	0.006	-5.100	-0.031
11	*Leptodactylus melanonotus*	Rana lomo oscuro	344	0.350	-1.051	-0.367
12	*Leptodactylus labialis*	Rana labios blanco	14	0.014	-4.253	-0.061
13	*Eleutherodactylus leprus*	Rana leprosa	5	0.005	-5.282	-0.027
14	*Eleutherodactylus rhodopis*	Sapito	12	0.012	-4.407	-0.054
15	*Eleutherodactylus alfredi*	Rana	8	0.008	-4.812	-0.039
16	*Lithobates berlandieri*	Rana leopardo	36	0.037	-3.308	-0.121
					H´	1.916
					Riqueza	16
					$H´_{max}$	3.178
					$J´(H´/H_{max})$	0.602

El resultado obtenido para el índice de equitatividad de especies por sitio muestreado fue bajo (*J´*= 0666), y al igual que la diversidad, este resultado estuvo relacionado con el grado de perturbación de los ambientes muestreados. Los ambientes con alta perturbación albergaron en su mayoría, solo dos especies en particular (*Leptodactylus melanonotus* y *Dendropsophus microcephalus*) los cuales se ha adaptado muy bien a estos ambientes perturbados y, que de acuerdo con la riqueza observada su resilencia ha sido exitosa.

Reptiles.

Con relación al grupo de los reptiles, se determinó que la diversidad dentro del sistema ambiental fue bajo, esto de acuerdo al valor obtenido del índice de diversidad de Shannon, parámetro determinado en función de los momentos de muestreo (H'=2.517) (Tabla IV.94) A diferencia de los anfibios, este grupo en específico presenta hábitos en su mayoría diurnos, por lo que es común observar a las especies posando en sitios soleados sin importar el grado de perturbación. Sin embargo, existen especies de muy poca tolerancia a estos ambientes perturbados los cuales permanecen ocultos incluso durante el día y parte de la noche, por lo que su incidencia de avistamientos es bajo.

Tabla IV.94. Índice de diversidad de Shannon-Wiener para el grupo de los Reptiles.

Especie No.	Nombre científico	Nombre común	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (Pi)	LN (Pi)	Pi *LN (Pi)
1	*Crocodylus moreletii*	Cocodrilo de pantano	5	0.006	-5.184	-0.029
2	*Coniophanes bipunctatus*	Culebra de agua	5	0.006	-5.184	-0.029
3	*Coniophanes sp*	Culebra de agua	6	0.007	-5.002	-0.034
4	*Leptophis mexicanus*	Culebra perico	4	0.004	-5.407	-0.024
5	*Oxibelis aeneus*	Culebra	6	0.007	-5.002	-0.034
6	*Imantodes cenchoa*	Culebra cordelilla	2	0.002	-6.100	-0.014
7	*Drymarcho melanurus*	Arroyera	5	0.006	-5.184	-0.029
8	*Drymobius margaritiferus*	Petatilla	8	0.009	-4.714	-0.042
9	*Thamnophis proximus*	Bejuquilla	5	0.006	-5.184	-0.029
10	*Crotalus sp*	Cascabel	2	0.002	-6.100	-0.014
11	*Anolis rodriguezii*	Anolis	47	0.053	-2.943	-0.155
12	*sphaerodactylus glaucus*	Geko collarejo	5	0.006	-5.184	-0.029
13	*Mabuya brachypoda*	Mabuya	21	0.024	-3.749	-0.088
14	*Sphenomorphus cherriei*	Lagartija	6	0.007	-5.002	-0.034
15	*Hemidactylus frenatus*	Chucho	157	0.176	-1.737	-0.306
16	*Ctenosaura similis*	Iguana negra	49	0.055	-2.902	-0.159
17	*Iguana iguana*	Iguana verde	55	0.062	-2.786	-0.172
18	*Basiliscus vittatus*	Toloque	80	0.090	-2.411	-0.216
19	*Sceloporus variabilis*	Lagarto escamoso	85	0.095	-2.351	-0.224
20	*Aspidoscelis deppi*	Lagarto rallado	150	0.168	-1.783	-0.300
21	*Cnemidophorus deppii*	Lagartija	12	0.013	-4.309	-0.058
22	*Ameiva undulata*	Lagartija	52	0.058	-2.842	-0.166
23	*Anolis lemurinus*	Anolis	61	0.068	-2.683	-0.183
24	*Anolis sagrei*	Anolis	27	0.030	-3.498	-0.106
25	*Anolis sericeus*	Anolis	20	0.022	-3.798	-0.085
26	*Kinosternon leucostomun*	Pochitoque	10	0.011	-4.491	-0.050
27	*Trachemys venusta*	Hicotea	7	0.008	-4.848	-0.038
					H´	2.517
					Riqueza	27
					$H´_{max}$	3.295
					$J´(H´/H_{max})$	0.763

La distribución de las especies dentro de los sitios muestreados es poco parecida, lo que fue ratificado con el valor obtenido del índice de equidad (J´= 0.763). Este índice se relacionó por la presencia de un grupo en específico de especies, los cuales

presentaron un número de individuos representativos en cada uno de los puntos de muestreos realizados.

Aves.

Dadas las características etológicas de este grupo en especial, y de acuerdo con el Índice de diversidad de Shannon-Wiener, la diversidad para este grupo fue alta (*H'*=4.287). Los altos valores obtenidos para el taxón fueron determinados por las condiciones ambientales que prevalecen en cada uno de los puntos de muestreos y en general dentro del SAR (Tabla IV.95).

Tabla IV.95. Índice de diversidad de Shannon-Wiever para el grupo de las aves.

Especie No.	Nombre científico	Nombre común	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (Pi)	LN (Pi)	Pi *LN (Pi)
1	*Anas discors*	Cerceta	44	76	152	296
2	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije	38	74	148	292
3	*Dendrocygna bicolor*	Pijije aliblanco	19	38	76	152
4	*Amazilia yucatanensis*	Chupita	40	79	153	303
5	*Amazilia candida*	Colibrí	8	16	32	64
6	*Anthracothorax prevostii*	Colibrí	6	12	24	48
7	*Phaethornis longuemareus*	Ermitaño	7	14	28	56
8	*Archilochus colubris*	Colibrí	7	14	28	56
9	*Bucco macrorhynchus*	Bucco	7	14	26	52
10	*Nyctidromus albicollis*	Tapacaminos	25	50	100	198
11	*Nyctibius griseus*		6	11	22	44
12	*Ardea alba*	Garzón blanco	29	54	108	208
13	*Botaurus pinnatus*	Garza tigre	8	16	32	63
14	*Bubulcus ibis*	Garza garrapatera	105	200	391	774
15	*Butorides virescens*	Joito	23	44	84	161
16	*Egretta thula*		21	42	84	166
17	*Nycticorax nycticorax*	Martinete común	3	6	12	24
18	*Tigrisoma mexicanum*	Garza tigre	7	14	28	53
19	*Egretta tricolor*		4	8	16	32
20	*Egretta caerulea*	Garza azul	15	23	46	89
21	*Eudocimus albus*	Ibis blanco	22	44	88	170
22	*Pelecanus erythrorhynchos*	Pelicano blanco	17	25	50	92
23	*Pelecanus occidentalis*	Pelicano café	43	68	136	256
24	*Cathartes aura*	Aura común	135	266	527	1046
25	*Coragyps atratus*	Chombo común	154	306	603	1200
26	*Platalea ajaja*	Espátula rosada	5	10	20	40
27	*Columbina inca*	Tortolita	76	152	295	590
28	*Columba livia*		11	22	44	86
29	*Columbina talpacoti*	Tortolita canela	20	40	80	160
30	*Leptotila verreauxi*	Paloma montaraz	12	24	48	96

Especie No.	Nombre científico	Nombre común	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (Pi)	LN (Pi)	Pi *LN (Pi)
31	*Patagioenas flavirostris*	Paloma morada	5	10	20	38
32	*Zenaida asiatica*	Paloma aliblanca	213	417	827	1640
33	*Ceryle torquata*	Pescador mayor	31	59	117	228
34	*Chloroceryle americana*	Pescador verde	7	14	27	54
35	*Chloroceryle amazona*	Pescador	9	18	36	71
36	*Megaceryle alcyon*	Pescador norteño	2	4	8	16
37	*Momotus momota*	Momoto	10	20	40	80
38	*Charadrius vociferus*	Chorlo	15	27	54	108
39	*Jacana spinosa*	Pespita	53	97	194	383
40	*Leucophaeus atricilla*	Gaviota reidora	8	16	32	57
41	*Actitis macularius*	Playero alzacolita	11	13	26	50
42	*Tringa melanoleuca*	Patamarilla menor	3	6	12	24
43	*Crotophaga sulcirostris*	Pijui	135	270	525	1050
44	*Piaya cayana*	Cuco	7	14	27	54
45	*Coccyzus minor*	Cuclillo	5	10	20	39
46	*Buteo magnirostris*	Águila caminera	19	38	76	152
47	*Buteo nitidus*	Águila gris	6	12	24	48
48	*Buteogallus anthracinus*	Águila negra menor	5	10	20	40
49	*Elanus caeruleus leucurus*	Milano coliblanco	15	30	60	119
50	*Pandion haliaetus*	Águila pescadora	14	28	56	112
51	*Rostrhamus sociabilis*	Caracolero	19	35	70	136
52	*Caracara cheriway*	Caracará común	19	38	74	148
53	*Falco rufigularis*	Halcón murcielaguero	5	10	19	38
54	*Herpetotheres cachinnans*	Vaquero	10	18	36	71
55	*Aramides cajanea*	Tutupana	24	48	96	183
56	*Fulica americana*		7	14	28	56
57	*Porphyrula martinica*	Gallereta morada	8	14	28	53
58	*Laterallus ruber*	Polluela rojiza	3	6	12	24
59	*Aramus guarauna*	Carao	29	49	98	192
60	*Ortalis vetula*	Chachalaca	155	310	605	1202
61	*Vireo griseus*	Vireo ojiblanco	9	18	34	68
62	*Vireo olivaceus*	Vireon	14	28	56	112
63	*Pheucticus chrysopeplus*	Picogrueso amarillo	24	48	96	192
64	*Piranga rubra*	Tangara	11	22	44	85
65	*Passerina cyanea*	Azulejo	10	20	40	80
66	*Cyanocorax morio*	Pea	146	289	563	1126
67	*Cyanocorax yucatanicus*	Chara yucateca	25	50	97	194
68	*Tityra semifasciata*	Titira enmascarado	7	14	28	52
69	*Euphonia affinis*	Frutero	29	58	116	232
70	*Euphonia hirundinacea*	Frutero	10	20	38	76
71	*Synallaxis erythrothorax*	Pijuí centroamericano	7	14	26	52

Especie No.	Nombre científico	Nombre común	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (Pi)	LN (Pi)	Pi *LN (Pi)
72	*Stelgidopteryx serripennis*	Golondrina café	47	86	172	331
73	*Icterus auratus*	Cenzontle común	88	170	340	678
74	*Icterus cuculatus*	Calandria dorso negro	45	90	180	353
75	*Icterus galbula*	Bolsero	11	22	44	86
76	*Icterus gularis*	Bolsero	55	110	213	426
77	*Icterus spurius*	Bolsero	11	20	40	76
78	*Icteria virens*	Bolsero	18	36	69	136
79	*Sturnella magna*	Pradero común	16	32	59	118
80	*Amblycercus holosericeus*		7	14	28	56
81	*Dives dives*	Tordo cantor	20	40	80	160
82	*Quiscalus mexicanus*	Zanate	185	364	713	1415
83	*Psarocolius montezuma*	Zacua	7	14	28	54
84	*Agelaius phoeniceus*	Tordo cantor	4	8	16	32
85	*Sturnella neglecta*	Pradero gorgojeador	26	52	102	204
86	*Dumetella carolinensis*	Mimido gris	30	59	118	229
87	*Mimus gilvus*	Cenzontle tropical	21	41	82	162
88	*Polioptila caerulea*	Perlita gris	29	58	112	224
89	*Dendroica petechia*	Chipe amarillo	35	70	136	272
90	*Seiurus noveboracensis*	Chipe charquero	7	14	28	56
91	*Dendroica dominica*	Chipe	12	24	48	91
92	*Dendroica magnolia*	Chipe	20	40	80	156
93	*Geothlypis trichas*	Mascarita común	39	74	143	286
94	*Dendroica virens*	Chipe	11	22	43	86
95	*Setophaga ruticilla*	Pavito migratorio	14	26	52	102
96	*Parula americana*	Chipe azul	18	36	65	130
97	*Wilsonia citrina*	Chipe encapuchado	37	73	144	280
98	*Wilsonia pusilla*	Chipe	6	12	24	48
99	*Dendroica petechia erithachorides*	Chipe cabecicastaño	20	38	76	151
100	*Mniotilta varia*	Chipe trepador	36	72	142	284
101	*Campylorhynchus zonatus*	Matraca	42	79	158	307
102	*Thryothorus maculipectus*		3	6	11	22
103	*Henicorhina leucosticta*	Cucurachero	3	6	12	24
104	*Turdus grayi*	Calandria café	114	228	444	888
105	*Hylocichla mustelina*	Zorzal	16	31	62	119
106	*Saltator atriceps*	Saltador cabeza negra	14	28	54	108
107	*Sporophila torqueola*	Semillero collarejo	51	94	187	367
108	*Thraupis abbas*	Tangara	7	14	28	56
109	*Saltator coerulescens*	Pepitero gris	1	2	4	8
110	*Pitangus sulphuratus*	Chilera	174	343	672	1335
111	*Tyrannus forficatus*	Tirano tijereta	9	18	34	68
112	*Megarhynchus pitangua*	Bienteveo	21	41	82	159
113	*Myiarchus tuberculifer*	Mosquero	15	30	57	111

Especie No.	Nombre científico	Nombre común	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (Pi)	LN (Pi)	Pi *LN (Pi)
114	*Myiarchus tyrannulus*	Mosquero	6	11	22	44
115	*Empidonax flaviventris*	Mosquero	3	5	10	20
116	*Myiozetetes similis*	Luis menor	88	175	341	679
117	*Pyrocephalus rubinus*	Cardenal	9	18	35	70
118	*Tyrannus melancholicus*	Tirano común	17	34	68	136
119	*Trogon melanocephalus*	Trogón	12	24	47	94
120	*Dryocopus lineatus*	Carpintero mayor	8	16	32	63
121	*Leuconotopicus fumigatus*	Carpintero café	13	26	51	102
122	*Melanerpes aurifrons*	Cheje	71	142	284	563
123	*Pteroglossus torquatus*	Tucán collarejo	4	8	16	32
124	*Tachybaptus dominicus*	Zambullidor menor	18	36	72	141
125	*Amazona autumnalis*	Loro frente rojo	16	32	62	124
126	*Amazona albifrons*	Loro frente blanco	55	110	220	434
127	*Aratinga nana*	Perico pechisucio	58	110	216	432
128	*Anhinga anhinga*	Pavo de agua	2	4	8	16
129	*Fregata magnificens*	Fragata común	35	60	120	227
130	*Phalacrocorax auritus*	Cormorán orejudo	41	70	140	275
131	*Phalacrocorax brasilianum*	Cormorán	33	66	132	258
132	*Ciccaba virgata*	Búho café	3	6	11	22
	Glaucidium brasilianum	Tecolotito bajeño	5	10	20	40
					H'	4.246
					Riqueza	132
					H'_{max}	4.882
					$J'(H'/H_{max})$	0.869

El índice de equidad observado para este grupo mostró que por cada sitio de muestreo la representatividad de especies fue similar (*J'*= 0. 869), esta similitud estuvo asociada con los ambientes evaluados los cuales presentan un tipo de vegetación parecidos con alta diversidad de especies.

Mamíferos.

Con relación al valor obtenido del índice de diversidad para este grupo, el valor obtenido fue alto (*H'*= 3.030) (Tabla IV.96). La diversidad observada dentro del SAR se relacionó con los niveles de conservación de la vegetación, los cuales le proveen todos los recursos necesarios para la postergación de nuevas especies.

Tabla IV.96. Índice de diversidad de Shannon-Wiener para el grupo de los mamíferos.

Especie No.	Nombre científico	Nombre común	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (Pi)	LN (Pi)	Pi *LN (Pi)
1	*Canis latrans*	Coyote	4	0.012	-4.425	-0.053
2	*Lontra longicaudis*	Nutria	4	0.012	-4.425	-0.053
3	*Procyon lotor*	Mapache	43	0.129	-2.050	-0.264
4	*Artibeus jamaicensis*	Murciélago frutero	20	0.060	-2.815	-0.169
5	*Artibeus intermedius*	Murciélago	13	0.039	-3.246	-0.126
6	*Carollia brevicauda*	Murciélago	9	0.027	-3.614	-0.097
7	*Glossophaga soricina*	Murciélago lengueton	13	0.039	-3.246	-0.126
8	*Molossus molossus*	Murciélago mustin	9	0.027	-3.614	-0.097
9	*Sturnira lilium*	Murciélago menor	12	0.036	-3.326	-0.120
10	*Sturnira ludovici*	Murciélago mayor	7	0.021	-3.865	-0.081
11	*Phyllostomus discolor*	M. panza peluda	12	0.036	-3.326	-0.120
12	*Myotis keaysi*	Murcierlago	10	0.030	-3.509	-0.105
13	*Molossus sinaloe*	Murciélago mastin	6	0.018	-4.019	-0.072
14	*Eptesicus furinalis*	Murciélago moreno	2	0.006	-5.118	-0.031
15	*Desmodus rotundus*	Vampiro	6	0.018	-4.019	-0.072
16	*Dermanura phaeotis*	Murciélago	5	0.015	-4.202	-0.063
17	*Artibeus lituratus*	Murciélago frutero	5	0.015	-4.202	-0.063
18	*Didelphis marsupialis*	Tlacuache común	16	0.048	-3.039	-0.146
19	*Caluromys derbianus*	Zorrito platanero	4	0.012	-4.425	-0.053
20	*Philander opossum*	Cuatro ojos	5	0.015	-4.202	-0.063
21	*Marmosa mexicana*	Marmosa	7	0.021	-3.865	-0.081
22	*Didelphis virginiana*	Tlacuache cola pelada	14	0.042	-3.172	-0.133
23	*Sylvilagus brasilense*	Conejo	9	0.027	-3.614	-0.097
24	*Sylvilagus floridanus*	Conejo	9	0.027	-3.614	-0.097
25	*Peromyscus mexicanus*	Ratón de campo	9	0.027	-3.614	-0.097
26	*Sciurus aureogaster*	Ardilla gris	58	0.174	-1.751	-0.304
27	*Coendou mexicanus*	Puerco espín	13	0.039	-3.246	-0.126
28	*Alouatta palliata*	Mono aullador	4	0.012	-4.425	-0.053
29	*Tamandua mexicana*	Oso hormiguero	6	0.018	-4.019	-0.072
					H´	3.030
					Riqueza	29
					$H´_{max}$	3.367
					$J´(H´/H_{max})$	0.899

Especies bajo protección.

Del total de especies de fauna identificadas dentro la SAR, 27 se encuentran dentro de alguna de las categorías de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla IV.97) El grupo de las aves fue quien presentó el mayor número, con 13 especies, seguida de los reptiles y mamíferos con cinco y finalmente los anfibios con sólo dos especies.

Tabla IV.97 Especies presentes dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Familia	Género	Especie	Nombre común	Categoría
Anfibios				
Ranidae	*Lithobates*	*berlandieri*	Rana leopardo	Pr
Microhylidae	*Gastrophryne*	*elegans*	Sapo boca angosta	Pr
Reptiles				
Crocodylidae	*Crocodylus*	*moreletii*	Cocodrilo de pantano	Pr
Colubridae	*Imantodes*	*cenchoa*	Culebra cordelilla	Pr
	Thamnophis	*proximus*	Culebra bejuquilla	A
	Leptophis	*mexicanus*	Culebra perico	A
Iguanidae	*Ctenosaura*	*similis*	Iguana negra	A
Iguanidae	*Iguana*	*iguana*	Iguana verde	Pr
Sphaerodactylidae	*Sphaerodactylus*	*glaucus*	Geko collarejo	Pr
Aves				
Ardeidae	*Botaurus*	*pinnatus*	Garza tigre	A
Accipitridae	*Buteogallus*	*anthracinus*	Águila negra menor	Pr
Accipitridae	*Rostrhamus*	*sociabilis*	Caracolero	Pr
Aramidae	*Aramus*	*guarauna*	Carao	A
Podicipedidae	*Tachybaptus*	*dominicus*	Zambullidor menor	Pr
Psittacidae	*Amazona*	*albifrons*	Loro frente blanco	Pr
Psittacidae	*Aratinga*	*nana*	Perico	Pr
Trochilidae	*Phaethornis*	*longuemareus*	Ermitaño	Pr
Columbidae	*Leptotila*	*verreauxi*	Paloma montaraz	Pr
Vireonidae	*Vireo*	*griseus*	Vireo ojiblanco	A
Icteridae	*Icterus*	*spurius*	Bolsero	Pr
Icteridae	*Psarocolius*	*montezuma*	Zacua	Pr
Ramphastidae	*Pteroglossus*	*torquatus*	Tucan collarejo	Pr
Mamíferos				
Mustelidae	*Lontra*	*longicaudis*	Nutria	A
Didelphidae	*Caluromys*	*derbianus*	Zorrito platanero	A
Erethizontidae	*Coendou*	*mexicanus*	Puerco espín	A
Atelidae	*Alouatta*	*palliata*	Mono aullador	P
Myrmecophagidae	*Tamandua*	*mexicana*	Oso hormiguero	P

Donde: A=Amenazada; P=Peligro; Pr=Protección.

Es importante señalar que debido a los hábitos etológicos de las aves, de no permanencia en un solo lugar, estas especies pueden ser observadas dentro de los sitios del proyecto. Sin embargo, esto no representa ningún tipo de peligro para este grupo, ya que al sentirse amenazadas, huyen del sitio donde estos perchan y su reincidencia hacia el mismo lugar es bajo.

Por otro lado, para los grupos de anfibios, reptiles y mamíferos los cuales son de lento desplazamiento, en su mayoría prefieren zonas con ambientes muy conservados y sus avistamientos solo son posibles cuando se encuentran en la búsqueda de alimento. Sin embargo, no se descarta la posibilidad de encontrar alguna de estas especies dentro de los sitios 1, 2 y 3 del proyecto, y en caso de presentarse alguna especie bajo protección, se aplicaran los procedimientos descritos para el rescate ahuyentamiento de la fauna con el objetivo de salvaguardar la integridad de las especies.

Caracterización de la vegetación del sitio donde se ubicará el proyecto.

La zona donde se establecerá el proyecto de la nueva refinería, se encuentra dividido en tres extensiones de área denominados sitios 1, 2, y 3, los cuales difieren en su composición vegetal y en la estructura de esta. La creciente demanda de los recursos naturales y la expansión poblacional, así como el establecimiento de zonas industriales, ha llevado al deterioro y declive de las poblaciones vegetales originales que caracterizaron el municipio y como consecuencia los sitios destinados para la construcción de la nueva refinería Dos Bocas, donde se identificaron cinco tipos de vegetación y uso de suelo: Palmar cultivado, Vegetación secundaria de selva media subperennifolia, Vegetación hidrófila, vegetación halófila, Selva baja inundable, Plantaciones y agrosistemas.

La cobertura vegetal observada es bastante heterogénea, ésta se encuentra distribuida con base en el relieve del suelo que caracteriza la zona. De manera general las formaciones vegetales que predominan en el área de influencia, corresponden en su mayoría a vegetación secundaria, palmar y pastizal, siendo la última, definida por los niveles de inundación de la zona.

La vegetación hidrófila se observó en pequeños grupos muy aislados, las especies identificadas fueron: popal (*Thalia geniculata*), espadaño (*Typha latifolia*), jacinto (*Eichhornia crassipes*), lenteja de agua (*Lemna minor*), y lechuga de agua (*Pistia stratiotes*). Cabe señalar que este tipo de vegetación se presenta mayormente durante la época de lluvias, por lo que su permanencia dentro del sitio es temporal, llegando a desaparecer casi en su totalidad durante la época de secas, dando paso

al establecimiento de otro tipo de vegetación, principalmente gramíneas, las cuales son usadas por los pobladodres cercanos como forraje para ganado.

Figura IV.195. Vegetación hidrófita observada dentro del área del proyecto.



Fuente: IMP, 2019.

Agrosistemas. El cambio de uso de suelo, principalmente para actividades de pastoreo y extracción de recursos maderables ha dado pauta para el establecimiento de pastizal inducido, este se observó ocupando extensas áreas dentro de los sitios del proyecto, donde las especies identificadas fueron; pasto estrella (*Cynodon plectostachius*), pajón (*Spartina spartinae*), zacate elefante y pasto alemán (*Echinochloa polystachia*).

De acuerdo con las características del relieve de la zona, considerada de fácil inundación, se pudo algunas especies de plantas arbustivas como *Randia aculeata, Leucaena glauca y Mimosa pigra*, así como algunos árboles: *Tabebuia rosea, Spathodea campanulata, Guazuma ulmifolia*, los cuales son empleados en ocasiones como cercos vivos para la delimitación de potreros.

Figura IV.196. Vegetación de pastizal inducido dentro del sitio 2, donde se pueden identificar algunas especies de árboles y arbustos típicos de una zona sujeta a inundación.



Fuente: IMP, 2019.

Figura IV.197. Vegetación de pastizal inducido para uso pecuario existente en el polígono 2, donde se observan algunas especies arbóreas y arbustivas.



Fuente: IMP reconocimiento de campo, 2019.

La vegetación halófilta de manglar se observó asociado principalmente con los cuerpos de aguas permanentes y semipermanentes con salinidad media (salobres), abarcando una superficie de 53.030 Has. De las especies típicas de este tipo de vegetación esta el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), y mangle negro (*Avicennia germinans*), la superficie; la primera se desarrolla en aguas con niveles de salinidad que van desde los 50 a 60 ppm, mientras que la segunda se distribuyen en aguas con niveles de salinidad de 30 a 40 ppm, finalmente el mangle negro habita zonas con salinidades que van desde los 30 hasta las 60 ppm. Cabe mencionar que la primera es la más representativa observada en las márgenes del río Seco pero fuera de los sitios seleccionados y requeridas para la construcción de la refinería, misma que puede ser influenciado por las acciones que se realicen.

La influencia humana dentro de la zona, ha llevado a que las plantas de estas especies experimenten ambientes con alto grado afectación, lo que ha ocasionado además, la reducción sus poblaciones, pausa en su desarrollo; además, dentro del área donde se ubica el proyecto, existen sitios desprovistos en su totalidad de vegetación, así como pequeñas zonas donde el proceso de recuperación es lento.

Figura IV.198. Vista panorámica del manglar presente en las márgenes del río Seco, donde se puede apreciar el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y mangle blanco (*Laguncularia racemosa*).



Fuente: IMP Reconocimiento de campo, 2019

Dunas costeras. La zona litoral costera se caracterizó por presentar un tipo específico de vegetación de "Dunas" en proceso de crecimiento. Generalmente este tipo de vegetación se conforma de especies herbáceas *Sesuvium portulacastrum, Espartina sp, Ipomoea imperatii, Uniola paniculata, Chamaecrista chamaecristoides, Pancratium matitimum* entre otras, así como algunas especies arbustivas como el Icaco (*Chrysobalanus icaco*), muco (*Dalbergia glabra*) y algunos árboles como *Coccoloba uvifera* (uva de playa) y palmas de coco (*Cocos nucifera*).

Una particularidad para el desarrollo de estas especies, es su poca exigencia de nutrimentos donde se desarrollan, por lo que su distribucion es amplia a lo largo de la región costera. Estas especies tienen además, un valor ecológico agregado, ya que son especies fijadoras de suelo, las cuales evitan la perdida por factores como oleaje, mareas, viento y lluvia.

Figura IV.199. Vista panorámica de la costa dentro del sitio uno, se observan algunas especies de plantas suculentas como riñonina (*Ipomoea pes-caprae*) y rompe plato blanco (*Ipomoea stolonifera*).



Fuente: IMP Reconocimiento de campo, 2019.

Vegetación inducida de palma de coco (*Cocos nucifera*) y Cacao (*Theobroma cacao*). En la zona donde se ubican los Sitios 1, 2 y 3, se identificaron el establecimiento de plantaciones, principalmente de coco y cacao. La implementación de la agricultura y cultivo en la zona, fue en su momento una de las practicas más importantes, llegando a ser una de las principales fuentes para la obteción de recursos. Sin

embargo, esta práctica se ha reducido considerablemente, lo que ha llevado al abandono de estos lugares y al envejecimiento de las especies, lo que se refleja en una baja producción.

Las plantaciones de coco y cacao registrados dentro del sitio dos, se encuentran dominado por especies de herbáceas y arbustos, así como algunas especies arbóreas, los cuales compiten por espacio y nutrientes, por lo que se observó un proceso transicional de la vegetación.

Figura IV.200. Cultivo de palma de coco (*Cocos nucifera*), se aprecia la dominancia de especies herbáceas y arbustivas.



Fuente: IMP Reconocimiento de campo, 2019.

Vegetación Secundaria de Selva Mediana Subperennifolia. Este tipo de vegetación se distribuye en los sitios definidos (1, 2 y 3), la cual se caracteriza por presentar una composición florística muy heterogénea y de rápido crecimiento. Las especies más comunes observadas fueron; guácimo (*Guazuma ulmifolia*), guarumo (*Cecropia obtusifolia*), majagua (*Hampea macrocarpa*), jolotzin (*Heliocarpus donell-smithii*), así como especies de herbáceas; cundeamor (*Momordica charantia*), campanita (*Quamoclit pinnata*) por mencionar solo algunas.

La rápida colonización de espacios por estas especies dentro de los sitios, ha llevado al desplazamiento de especies de interés o de cultivo, en donde la recuperación de sitios en abandono por la vegetación original es evidente, observándose zonas en

proceso de estado avanzado de sucesión y continua recuperación. Asimismo, la alta heterogeneidad vegetal, hace de estos ambientes espacios idóneos para los diversos grupos de fauna que cohabitan en los sitios, como las aves y mamíferos, los cuales usan como zonas de refugio, descanso y alimentación.

Figura IV.201. Panorama general de la vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia, en donde se observan algunas especies típicas de este tipo de vegetación como palo mulato (*Bursera simaruba*) y Capulin (*Muntingia calabura*).



Fuente: IMP Reconocimiento de campo, 2019.

Vegetación secundaria de acahual. Los acahuales son originados por la eliminación de la vegetación primaria lo que favorece el desarrollo de diversas especies de árboles y arbustos de diferentes tamaños, en estos se presentan especies de hasta 12 m de altura y dependiendo de las especies algunos presentan árboles de hasta 20 m de altura con troncos de medianos a gruesos con un diámetro de más de 51 cm, la estructura es variada ya que la arquitectura que presentan las copas responden a la intensidad de radiación solar, esta respuesta entre especie es distinta ya que en las áreas con vegetación de selva una misma especie puede presentar follajes menos densos; uno de los ejemplos son las especies de Ficus spp, las cuales amplían

su cobertura en áreas abiertas e inclusive en alturas mínimas de las primeras ramificaciones. Se desarrollan sobre superficies que han sido olvidadas o presentan bajo manejo desde el punto; la variación y tamaño depende las especies que lo conforman. Las especies que se observan en estos acahuales son macuilí (*Tabebuia rosea*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), palmas coco (*Cocos nucifera*). Otra de las características de estos ambientes es que en sus primeros estadíos abundan especies de enredaderas, como es el caso del muco (*Dalbergia spp.*), esta misma fue observada hacia las márgenes de este tipo de vegetación, es componente de indicativo de que es un ambiente en estadio avanzado de sucesión.

Resultados de los muestreos en los sitios donde se ubica el proyecto.

Los recorridos dentro de los diferentes sitios que caracterizan las zonas para el desarrollo del proyecto, permitió identificar áreas con la presencia de cobertura vegetal y así, delimitar los espacios acorde al tipo de vegetación presente dentro del área de influencia. Como se describió en los apartados anteriores, los tipos de vegetación dominantes dentro de los sitios 1, 2 y 3 donde se ubica el proyecto, corresponden a VSSMSP, Vegetación secundaria de acahual, Dunas, Palmar inducido de coco-caco; asimismo se observó la presencia de manglar distribuido en la margen derecha del río Seco, aledaño al sitio dos, el cual no se contempla dentro del polígono constructivo. En la tabla siguiente se citan las superficies de vegetación que serán removidas de los polígos de construcción de los sitos.

Tabla IV.98. Área de cobertura vegetal a remover dentro de los sitios 1, 2 y 3 donde se ubica el proyecto.

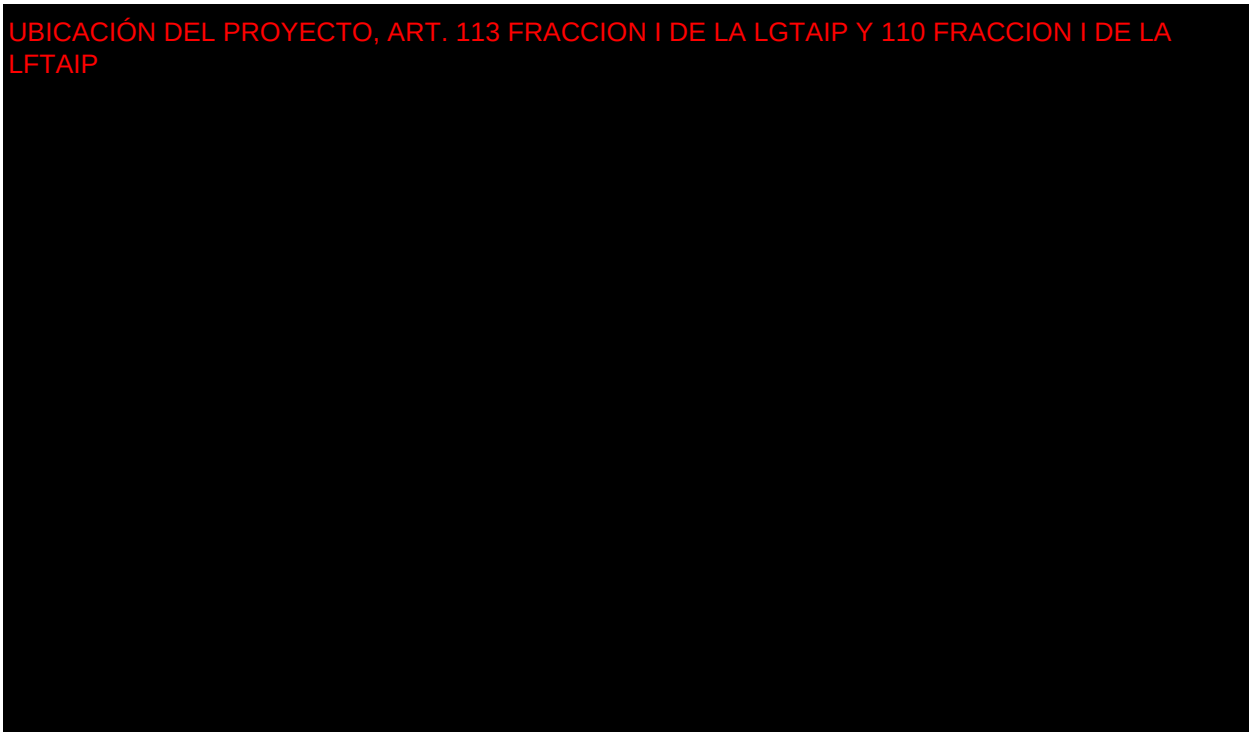
Tipo de vegetación (Ha)	Sitio 1	Sitio 2	sitio 3	Total
Vegetación inducida Palmar coco	0.523	15.936	0.000	**16.459**
Vegetación de dunas	19.707	0.000	0.000	**19.707**
VSSMSP	31.571	14.930	39.040	**85.540**
Veg Sec de Acahual	9.462	0.000	0.000	**9.462**
Total:	**61.263**	**30.866**	**39.040**	**131.169**

Fuente: Elaboración IMP

Con relación a la vegetación identificada en el Sitio 1, se encuentra presente VSSMSP así como la correspondiente a las que ocupan en la zona de dunas costeras, para el primero es posible encontrar especies como palo mulato (*Bursera simaruba*), macuilí (*Tabebuia rosea* Bertol), guaje (*Leucaena leucocephala*) (Lam.) de estrato arbóreo; con respecto a la vegetación de unas se encuentran especies como icaco (*Chrysobalanus icaco*), muco (*Dalbergia glabra*) y algunos árboles como *Coccoloba uvifera* (uva de playa) y palmas de coco (*Cocos nucifera*). En el Sitio 2, se puede observar pastizales, vegetación acuática así como VSSMSP en las que se distribuyen especies como guácimo (*Guazuma ulmifolia*), guarumo (*Cecropia peltata*), macuilí

(*Tabebia rosea*). Respecto al Sitio 3, la vegetación identificada corresponde al tipo de vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia.

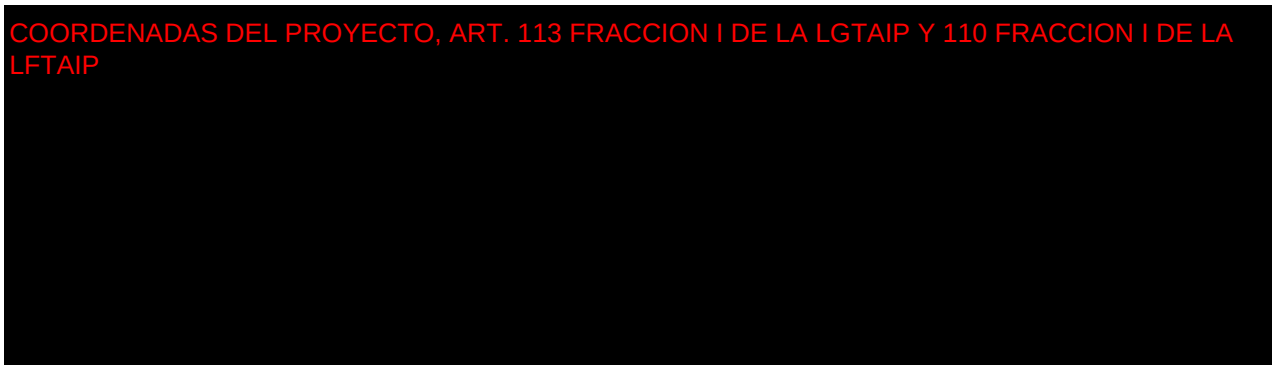
Figura IV.202. Polígonos por tipo de vegetación dentro de los sitios donde se ubica el proyecto.



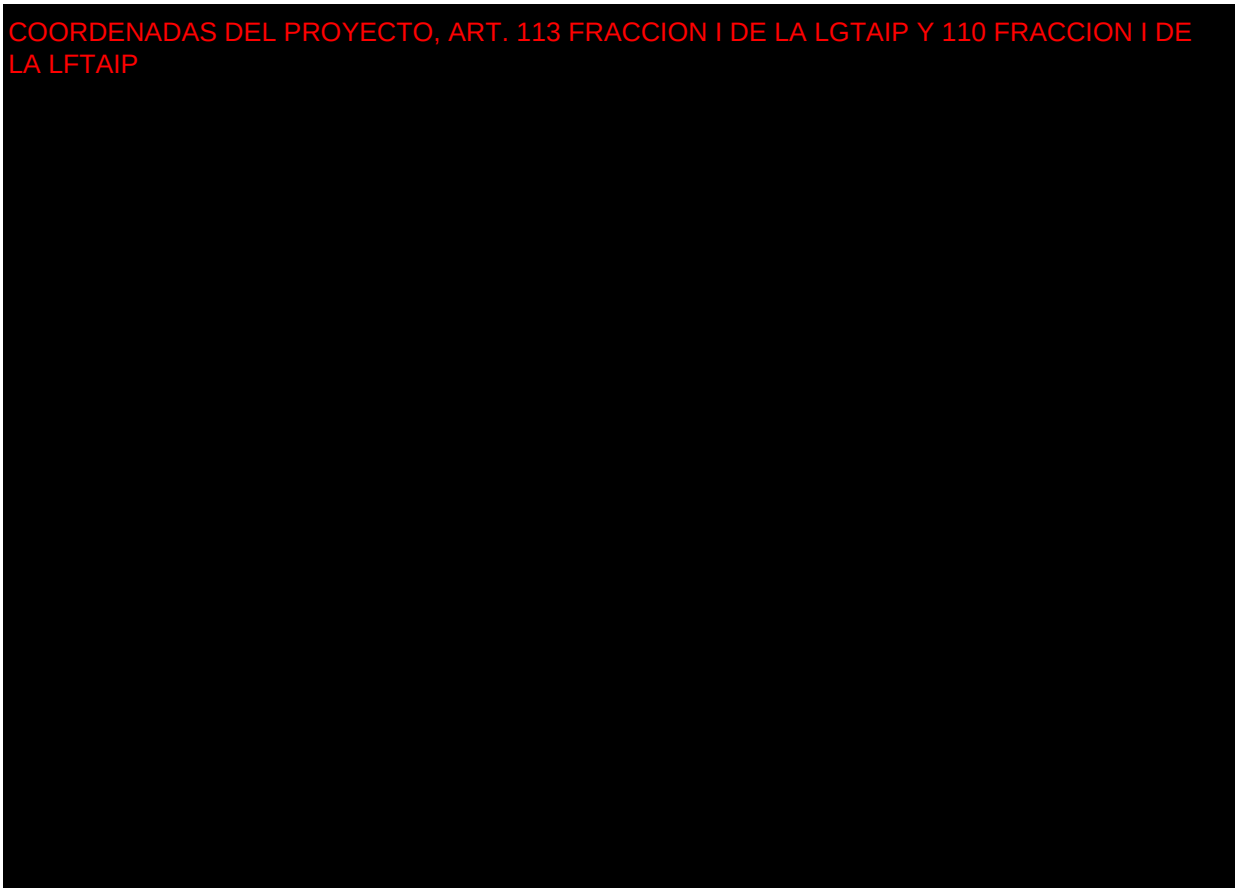
Caracterización de la vegetación

La caracterización de las comunidades vegetales se realizó con los métodos antes expuestos en el apartado de vegetación del SAR.

A continuación se muestran las coordenadas de los puntos de muestreo para la vegetación dentro del sitio 1, 2 y 3.



COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP



Con la información obtenida en campo, la vegetación se analizó por tipo de estrato, tomando en cuenta su forma de vida, así como algunos de sus componentes fisiológicos y dasométricos.

Dentro de los sitios 1, 2 y 3, se identificaron tres tipos principales que corresponde a VSSASP, dunas costeras y Palmar de coco, los cuales muestran de manera general la composición vegetal y las condiciones actuales de la misma.

Resultados del muestreo de los sitios.

En el siguiente apartado se muestran los resultados obtenidos por tipo de estrato dentro del sitio 1, 2 y 3, a la vez se presentan aquellas especies incluidas bajo algún estatus de protección de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

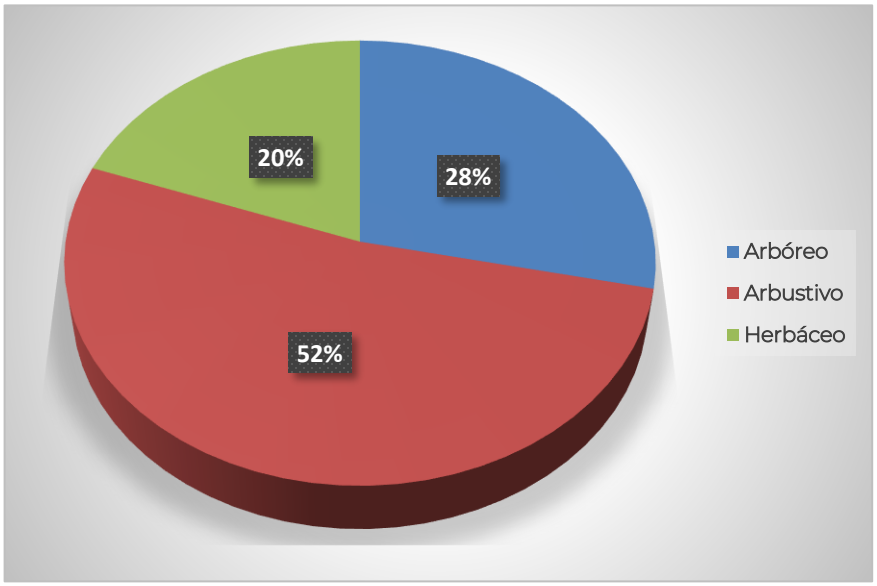
Riqueza especifica por tipo de estrato.

La diversidad de flora fue cubierta en los muestreos y recorridos para los diferentes tipos de vegetación identificados en los sitios seleccionados (Sitios 1, 2 y 3). Los

muestreos que se establecieron fueron suficientes para registrar las especies de los tres estratos: arbóreo, arbustivo y herbáceo considerados para la evaluación.

El estrato más representativo fue el herbáceo con un total de 35 especies, seguido del estrato arbóreo con 19 y el arbustivo con 13 especies (Figura IV.203).

Figura IV.203. Riqueza especifica por tipo de estrato dentro del sitio 1.



Fuente: Elaboración IMP

Abundancia relativa (Ar) por tipo de estrato.

Para un análisis más detallado de la información, se estimó la abundancia relativa por tipo de estrato dentro de los sitios de estudio, esto con el objetivo de identificar las especies más representativas dentro de los mismos.

El análisis fue calculado con base en la siguiente fórmula (Moreno, 2001):

$$Ar=(ni/N)*100$$

Donde: Ar= Abundancia relativa
ni= Número de individuos de una especie.
N= Número total de individuos.

Estrato arbóreo.

En la Tabla IV.100 se muestran los valores de la Ar para las especies arbóreas dentro los sitios 1, 2 y 3. Las especies más representativas fueron *Cocos nucifera, Adelia barbinervis* y *Guazuma ulmifolia*. La alta representatividad de las especies, se debe a que estas son típicas de ambientes en proceso de recuperación, la cual es una característica distintiva de los sitios en estudio.

Tabla IV.100 Abundancia relativa para el estrato arbóreo dentro del sitio 1.

Nombre científico	Nombre común	Abundancia relativa
Adelia barbinervis Schlech & Cham.	Espino blanco	4.926%
Albizzia sp.	--	1.970%
Andira inermis (W.Wright.) D.C.	Maquilla	0.985%
Bursera simaruba (L.). Sarg.	Palo mulato	4.926%
Cocos nucifera L.	Coco	15.271%
Cupania dentata DC.	Quiebra hacha	0.985%
Guazuma ulmifolia	Guácimo	9.360%
Cordia megalanta	Nopo	3.448%
Heliocarpus donnell-smithii	Árbol de majagua	1.478%
Inga espuria	Guatope	2.463%
Pimenta dioica	Pimienta	1.970%
Stemmadenia donnell smithii	Cojon de gato	2.956%
Theobroma cacao L.	Cacao	7.882%
Castilla elastica Cerv.	Árbol del hule	0.493%
Cecropia peltata L.	Guarumo	6.897%
Cornutia pyramidata L.	Carreto	1.478%
Mangifera indica L.	Mango	2.956%
Roystonea regia	Palma real	0.985%
Simira salvadorensis	Nazareno	2.463%
Sterculia apetala (Jacq.) Karst.	Bellota	1.970%
Tabebuia rosea (Bertol.) A. DC.	Macuilis	2.463%
Trichilia havanensis Jacq.	Ciruelillo	2.463%
Gliricidia sepium	Cocoite	3.448%
Zanthoxylon caribaeum	Chichon	1.478%
Thevetia ahouai	Bola de venado	1.970%
Manilkara sapota L.	Chicozapote	1.970%
Pithecellobium leucocalyx	Cabeza de loro	1.970%

Nombre científico	Nombre común	Abundancia relativa
Tabernaemontana chrysocarpa	Lecherillo	1.970%
Terminalia catappa	Almendra	1.478%
Trophis racemosa	Campanilla	2.956%
Cedrela odorata	Cedro	1.970%

Fuente: Elaboración IMP

Estrato arbustivo.

En la siguiente tabla se muestran los valores de abundancia relativa para las especies arbustivas identificadas dentro de los sitios 1, 2 y 3. De las especies más representativas fueron; *Senna occidentalis, Mimosa pigra* y *Crotalaria retusa*, estas especies son típicas de ambientes perturbados y en proceso de recuperación, por lo que su presencia dentro del área evaluada es muy común.

Tabla IV.101 Abundancia relativa para el estrato arbustivo dentro el sitio 1.

Especies	Abundancia relativa
Gossypium hirsutum L.	4.399%
Indigofera suffruticosa Mill.	5.211%
Lantana camara L.	4.887%
Crotalaria retusa L.	10.262%
Thevetia peruviana (Pers.) Schum.	5.211%
Randia aculeata L.	4.235%
Dalbergia retusa Hemsl.	3.907%
Dalbergia glabra (Mill.) Standl.	4.887%
Leucaena leucocephala (L.) Benth et Hook.	6.679%
Psidium guajava L.	1.628%
Recinus communis L.	4.559%
Senna occidentalis (L.) Irwi & Barneby	9.282%
Chrysobalanus icaco L.	6.679%
Ixora coccinea L.	2.444%
Thevetia ahouai.	2.115%
Hamelia patens Jacq.	2.608%
Mimosa pigra L.	9.282%
Caesalpinia bonduc (Linneo) Roxb.	11.726%

Fuente: Elaboración IMP

Estrato herbáceo.

En la siguiente tabla se muestran los valores de abundancia relativa para las especies herbáceas de los sitios 1, 2 y 3. De las especies más representativas fueron; *Mimosa púdica, Canna indica, Bidens pilosa* y *Heliconia latisphata Benth*. De manera general, estas especies son típicas de ambientes en proceso de recuperación, así como zonas utilizadas para actividades pecuarias, por lo que su abundancia donde estas habitan, es alta.

Tabla IV.102 Abundancia relativa para el estrato herbáceo dentro del sitio 1.

Especies	Abundancia relativa
Agave angustifolia Haw.	0.990%
Bidens pilosa L.	4.851%
Parthenium hysterophorus L.	1.485%
Eragrostis reptans (Michx.) Nees.	2.079%
Merremia umbellata Hall.	1.782%
Stigmaphyllon humboldtianum (DC) A. Juss.	1.980%
Serjania triquetra Radlk.	0.891%
Odonellia hirtiflora	2.178%
Mucuna argyrophylla Standl	2.277%
Cissus sicyoides L.	1.980%
Caperonia palustris (L.) A. St.-Hil.	0.594%
Amaranthus dubius Mart.	1.881%
Amaranthus spinosus L.	1.485%
Ludwigia octovalis (Jacq.) Raven.	1.188%
Piper tuberculatum Jacq.	1.089%
Costus ruber Griseb.	1.188%
Rivina humilis L	0.198%
Piper amalago L.	2.178%
Momordica charantia L.	1.683%
Canna indica L.	4.455%
Priva lappulacea (L.) Pers.	0.891%
Aeschynomene americana L.	2.079%
Croton punctatus Jacq.	2.079%
Panicum maximum Jacq.	4.555%
Pennisetum ciliare (L.) Link.	0.891%
Russelia equisetifolia Schl. et Cham.	1.683%

Especies	Abundancia relativa
Mimosa pudica L.	6.535%
Neptunia postrata (Lam.) Baill.	0.891%
Emilia sonchifolia (L.) DC. ex Wight	0.495%
Capraria biflora L.	0.792%
Phaseolus lathyroides L.	1.584%
Cardiospermum halicacabum L	0.990%
Euphorbia postrata A.T.	0.495%
Acrostichum danaefolium Long. & Fish.	0.495%
Thelypteris interrupta (Willd.) Iwast.	1.782%
Wedelia trilobata (L.) Hitch.	0.495%
Calathea lutea (A.ubl.) G.F.W. Meyer.	0.990%
Passiflora foetida L.	3.069%
Syngonium podophyllum Schott.	1.287%
Pancratium littorale Jacq.	0.396%
Sida rhombifolia L.	1.188%
Sida acuta Burm.	1.683%
Malachra alceifolia Jacq.	0.495%
Vernonia cinerea (L.) Less.	0.396%
Mimosa sp.	1.683%
Cyperus ferax Rich.	1.188%
Opuntia decumbens Mill.	0.594%
Cyperus luzulae (L.) Retz.	0.297%
Abrus precatorius L.	1.386%
Mucuna sloanei Faw. Et Rendl.	0.594%
Ravenala madagascariensis Gmel.	0.594%
Carica mexicana (A.DC.) L.	0.495%
Pithecoctenium echinatum Schum.	1.188%
Musa sapientum L.	0.396%
Heliconia latisphata Benth.	3.663%
Fimbristylis spadicea (L.) Vahl.	0.594%
Sporobulus indicus (L.) R. Br	0.495%
Spartina spartinae (Trin.) Merr.	1.287%
Rinchelitrum repens (Willd.) C.F. Hubb.	0.495%
Xanthosoma robustum Schott.	0.594%
Asclepias curassavica L.	0.792%
Solanum lycopersicum L.	2.574%

Especies	Abundancia relativa
Typha latifolia L.	1.584%
Solanum ptychanthum Dun.	1.089%
Spilanthes americana (Mutis ex L.f.) Hieron.	1.782%
Verbesina fastigiata B.L. Rob. & Greenm	1.089%
Croton punctatus	2.871%

Fuente: Elaboración IMP

Análisis de diversidad.

Análisis del estrato arbóreo.

En la siguiente tabla se muestran los valores del índice de diversidad de Shannon-Wiener por los sitios de muestreos y por especie para los estratos: arbóreo, arbustivo y herbáceo.

Tabla IV.103 Índice de diversidad de Shannon del estrato arbóreo.

Especie	Nombre común	Total	Pi	LN(Pi)	Pi*LN(Pi)
Adelia barbinervis Schlech & Cham.	Espino blanco	18	0.0493	-3.0106	-0.1483
Albizzia sp.		7	0.0197	-3.9269	-0.0774
Andira inermis (W.Wright.) D.C.	Maquilla	4	0.0099	-4.6201	-0.0455
Bursera simaruba (L.). Sarg.	Palo mulato	18	0.0493	-3.0106	-0.1483
Cocos nucifera L.	Coco	55	0.1527	-1.8792	-0.2870
Cupania dentata DC.	Quiebra hacha	4	0.0099	-4.6201	-0.0455
Guazuma ulmifolia	Guácimo	35	0.0936	-2.3688	-0.2217
Cordia megalanta	Nopo	12	0.0345	-3.3673	-0.1161
Heliocarpus donnell-smithii	Árbol de majagua	6	0.0148	-4.2146	-0.0623
Inga espuria	Guatope	9	0.0246	-3.7038	-0.0912
Pimenta dioica	Pimienta	7	0.0197	-3.9269	-0.0774
Stemmadenia donnell smithii	Cojon de gato	11	0.0296	-3.5214	-0.1041
Theobroma cacao L.	Cacao	29	0.0788	-2.5406	-0.2002
Castilla elastica Cerv.	Árbol del hule	2	0.0049	-5.3132	-0.0262
Cecropia peltata L.	Guarumo	26	0.0690	-2.6741	-0.1844
Cornutia pyramidata L.	Carreto	6	0.0148	-4.2146	-0.0623
Mangifera indica L.	Mango	10	0.0296	-3.5214	-0.1041

Especie	Nombre común	Total	Pi	LN(Pi)	Pi*LN(Pi)
Roystonea regia	Palma real	3	0.0099	-4.6201	-0.0455
Simira salvadorensis	Nazareno	9	0.0246	-3.7038	-0.0912
Sterculia apetala (Jacq.) Karst.	Bellota	7	0.0197	-3.9269	-0.0774
Tabebuia rosea (Bertol.) A. DC.	Macuilis	9	0.0246	-3.7038	-0.0912
Trichilia havanensis Jacq.	Ciruelillo	9	0.0246	-3.7038	-0.0912
Gliricidia sepium	Cocoite	12	0.0345	-3.3673	-0.1161
Zanthoxylon caribaeum	Chichon	5	0.0148	-4.2146	-0.0623
Thevetia ahouai	Bola de venado	7	0.0197	-3.9269	-0.0774
Manilkara sapota L.	Chicozapote	7	0.0197	-3.9269	-0.0774
Pithecellobium leucocalyx	Cabeza de loro	7	0.0197	-3.9269	-0.0774
Tabernaemontana chrysocarpa	Lecherillo	8	0.0197	-3.9269	-0.0774
Terminalia catappa	Almendra	5	0.0148	-4.2146	-0.0623
Trophis racemosa	Campanilla	10	0.0296	-3.5214	-0.1041
Cedrela odorata	Cedro	7	0.0197	-3.9269	-0.0774
				H	3.1302
				H MAX	3.4339872
				J	0.9115430

Con relación a la equitatividad de especies (J') se observó un valor muy cercano a 1, por lo que las especies dentro de los puntos de muestreo son parecidas, tal como se mostró en la tabla anterior.

Análisis del estrato arbustivo.

De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis de diversidad de Shannon-Wiener para el estrato arbustivo la cual se muestra en la siguiente tabla, se observa que la diversidad biológica es baja (H'=2.763). Sin embargo, para el índice de equitatividad se observó un valor cercano a 1, con lo que se puede concluir que las especies presentes dentro de los sitios son muy similares y se encuentran ampliamente distribuidas en todos los sitios.

Tabla IV.104 Índice de diversidad para el estrato arbustivo.

Especies	Total	Pi	LN(Pi)	Pi*LN(Pi)
Gossypium hirsutum L.	27	0.0440	-3.12370	-0.13742
Indigofera suffruticosa Mill.	32	0.0521	-2.95443	-0.15395
Lantana camara L.	30	0.0489	-3.01855	-0.14752
Crotalaria retusa L.	63	0.1026	-2.27670	-0.23364
Thevetia peruviana (Pers.) Schum.	32	0.0521	-2.95443	-0.15395

Especies	Total	Pi	LN(Pi)	Pi*LN(Pi)
Randia aculeata L.	26	0.0424	-3.16173	-0.13391
Dalbergia retusa Hemsl.	24	0.0391	-3.24241	-0.12668
Dalbergia glabra (Mill.) Standl.	30	0.0489	-3.01855	-0.14752
Leucaena leucocephala (L.) Benth et Hook.	41	0.0668	-2.70622	-0.18074
Psidium guajava L.	10	0.0163	-4.11812	-0.06702
Recinus communis L.	28	0.0456	-3.08809	-0.14078
Senna occidentalis (L.) Irwi & Barneby	57	0.0928	-2.37710	-0.22064
Chrysobalanus icaco L.	41	0.0668	-2.70622	-0.18074
Ixora coccinea L.	15	0.0244	-3.71170	-0.09070
Thevetia ahouai.	13	0.0212	-3.85598	-0.08156
Hamelia patens Jacq.	16	0.0261	-3.64668	-0.09510
Mimosa pigra L.	57	0.0928	-2.37710	-0.22064
Caesalpinia bonduc (Linneo) Roxb.	72	0.1173	-2.14340	-0.25133
			H´	2.76385891
			H´MAX	2.89037
			J	0.95622956

Fuente: Elaboración IMP con datos de campo.

Diversidad del estrato herbáceo.

Respecto a la diversidad biológica para el estrato herbáceo, este mostró un valor alto (*H'*= 3.952) el cual se puede observar en la siguiente tabla. Esta alta diversidad estuvo caracterizada porque la mayoría de las especies son colonizadoras de espacios impactados y en proceso de recuperación, caracteristicas que predominan dentro de los sitios.

Por otro lado el índice de equitatividad mostró un valor muy cercano a 1, con lo que se puede concluir que las especies presentes dentro del sitio 1 son muy parecidas y presentan una distribución homogénea dentro del mismo.

Tabla IV.105 Análisis de diversidad para el estrato herbáceo.

Especies	Total	Pi	LN(Pi)	Pi*LN(Pi)
Agave angustifolia Haw.	10	0.0099	-4.6150	-0.0457
Bidens pilosa L.	49	0.0485	-3.0259	-0.1468
Parthenium hysterophorus L.	15	0.0149	-4.2097	-0.0625
Eragrostis reptans (Michx.) Nees.	21	0.0208	-3.8732	-0.0805
Merremia umbellata Hall.	18	0.0178	-4.0273	-0.0718
Stigmaphyllon humboldtianum (DC) A. Juss.	20	0.0198	-3.9220	-0.0777

Especies	Total	Pi	LN(Pi)	Pi*LN(Pi)
Serjania triquetra Radlk.	9	0.0089	-4.7205	-0.0421
Odonellia hirtiflora (M. Martens & Galeotti) K.R. Robertson	22	0.0218	-3.8267	-0.0834
Mucuna argyrophylla Standl	23	0.0228	-3.7822	-0.0861
Cissus sicyoides L.	20	0.0198	-3.9220	-0.0777
Caperonia palustris (L.) A. St.-Hil.	6	0.0059	-5.1260	-0.0304
Amaranthus dubius Mart.	19	0.0188	-3.9732	-0.0747
Amaranthus spinosus L.	15	0.0149	-4.2097	-0.0625
Ludwigia octovalis (Jacq.) Raven.	12	0.0119	-4.4327	-0.0527
Piper tuberculatum Jacq.	11	0.0109	-4.5198	-0.0492
Costus ruber Griseb.	12	0.0119	-4.4327	-0.0527
Rivina humilis L	2	0.0020	-6.2247	-0.0123
Piper amalago L.	22	0.0218	-3.8267	-0.0834
Momordica charantia L.	17	0.0168	-4.0845	-0.0687
Canna indica L.	45	0.0446	-3.1110	-0.1386
Priva lappulacea (L.) Pers.	9	0.0089	-4.7205	-0.0421
Aeschynomene americana L.	21	0.0208	-3.8732	-0.0805
Croton punctatus Jacq.	21	0.0208	-3.8732	-0.0805
Panicum maximum Jacq.	46	0.0455	-3.0890	-0.1407
Pennisetum ciliare (L.) Link.	9	0.0089	-4.7205	-0.0421
Russelia equisetifolia Schl. et Cham.	17	0.0168	-4.0845	-0.0687
Mimosa pudica L.	66	0.0653	-2.7280	-0.1783
Neptunia postrata (Lam.) Baill.	9	0.0089	-4.7205	-0.0421
Emilia sonchifolia (L.) DC. ex Wight	5	0.0050	-5.3082	-0.0263
Capraria biflora L.	8	0.0079	-4.8384	-0.0383
Phaseolus lathyroides L.	16	0.0158	-4.1451	-0.0657
Cardiospermum halicacabum L	10	0.0099	-4.6150	-0.0457
Euphorbia postrata A.T.	5	0.0050	-5.3082	-0.0263
Acrostichum danaefolium Long. & Fish.	5	0.0050	-5.3082	-0.0263
Thelypteris interrupta (Willd.) Iwast.	18	0.0178	-4.0273	-0.0718
Wedelia trilobata (L.) Hitch.	5	0.0050	-5.3082	-0.0263
Calathea lutea (A.ubl.) G.F.W. Meyer.	10	0.0099	-4.6150	-0.0457
Passiflora foetida L.	31	0.0307	-3.4837	-0.1069
Syngonium podophyllum Schott.	13	0.0129	-4.3528	-0.0560
Pancratium littorale Jacq.	4	0.0040	-5.5315	-0.0219
Sida rhombifolia L.	12	0.0119	-4.4327	-0.0527
Sida acuta Burm.	17	0.0168	-4.0845	-0.0687

Especies	Total	Pi	LN(Pi)	Pi*LN(Pi)
Malachra alceifolia Jacq.	5	0.0050	-5.3082	-0.0263
Vernonia cinerea (L.) Less.	4	0.0040	-5.5315	-0.0219
Mimosa sp.	17	0.0168	-4.0845	-0.0687
Cyperus ferax Rich.	12	0.0119	-4.4327	-0.0527
Opuntia decumbens Mill.	6	0.0059	-5.1260	-0.0304
Cyperus luzulae (L.) Retz.	3	0.0030	-5.8189	-0.0173
Abrus precatorius L.	14	0.0139	-4.2786	-0.0593
Mucuna sloanei Faw. Et Rendl.	6	0.0059	-5.1260	-0.0304
Ravenala madagascariensis Gmel.	6	0.0059	-5.1260	-0.0304
Carica mexicana (A.DC.) L.	5	0.0050	-5.3082	-0.0263
Pithecoctenium echinatum Schum.	12	0.0119	-4.4327	-0.0527
Musa sapientum L.	4	0.0040	-5.5315	-0.0219
Heliconia latisphata Benth.	37	0.0366	-3.3068	-0.1211
Fimbristylis spadicea (L.) Vahl.	6	0.0059	-5.1260	-0.0304
Sporobulus indicus (L.) R. Br	5	0.0050	-5.3082	-0.0263
Spartina spartinae (Trin.) Merr.	13	0.0129	-4.3528	-0.0560
Rinchelitrum repens (Willd.) C.F. Hubb.	5	0.0050	-5.3082	-0.0263
Xanthosoma robustum Schott.	6	0.0059	-5.1260	-0.0304
Asclepias curassavica L.	8	0.0079	-4.8384	-0.0383
Solanum lycopersicum L.	26	0.0257	-3.6596	-0.0942
Typha latifolia L.	16	0.0158	-4.1451	-0.0657
Solanum ptychanthum Dun.	11	0.0109	-4.5198	-0.0492
Spilanthes americana (Mutis ex L.f.) Hieron.	18	0.0178	-4.0273	-0.0718
Verbesina fastigiata B.L. Rob. & Greenm	11	0.0109	-4.5198	-0.0492
Croton punctatus	29	0.0287	-3.5504	-0.1019
			H´	3.95239217
			H´MAX	4.20469262
			J	0.93999551

Fuente: Elaboración IMP con datos de campo.

Flora vulnerable en el sitio del proyecto.

La flora registrada como vulnerable, estuvo representada únicamente por una especie la cual se encuentra bajo la categoría de protección especial de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla IV.106 Flora registrada como vulnerable.

	Nombre común	Nombre científico	Familia	Estatus	
1	Palma real	*Roystonea regia* Allen.	Arecaceae	Pr	Protección especial

Pr= protección especial.

Fuente: Elaboración IMP

Fauna de los sitios.

Análisis de diversidad de la fauna en el sitio donde se ubica el proyecto.

Para conocer la diversidad biológica faunística que alberga el sitio 1, 2 y 3, se aplicaron diferentes métodos de muestreo de acuerdo al grupo taxonómico (aves, mamíferos, reptiles, anfibios). En cada muestreo se realizaron recorridos sobre transectos y puntos de avistamiento, así como la colocación de diversas trampas con la finalidad de obtener mayor cantidad de datos para un análisis robusto de los parámetros ecológicos (riqueza, diversidad y abundancia).

Aves - Estaciones de monitoreo.

Se trabajó con la metodología explicada en el apartado del SAR con los siguientes puntos de monitoreo Tabla IV.107.

Tabla IV.107 Coordenadas de los puntos fijos de observación de aves dentro de los sitios 1, 2 y 3.

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

[redacted]
COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

Fuente: Elaboración IMP con datos de campo.

Figura IV.204. Distribución de los puntos fijos para la observación de aves (sitio 1).

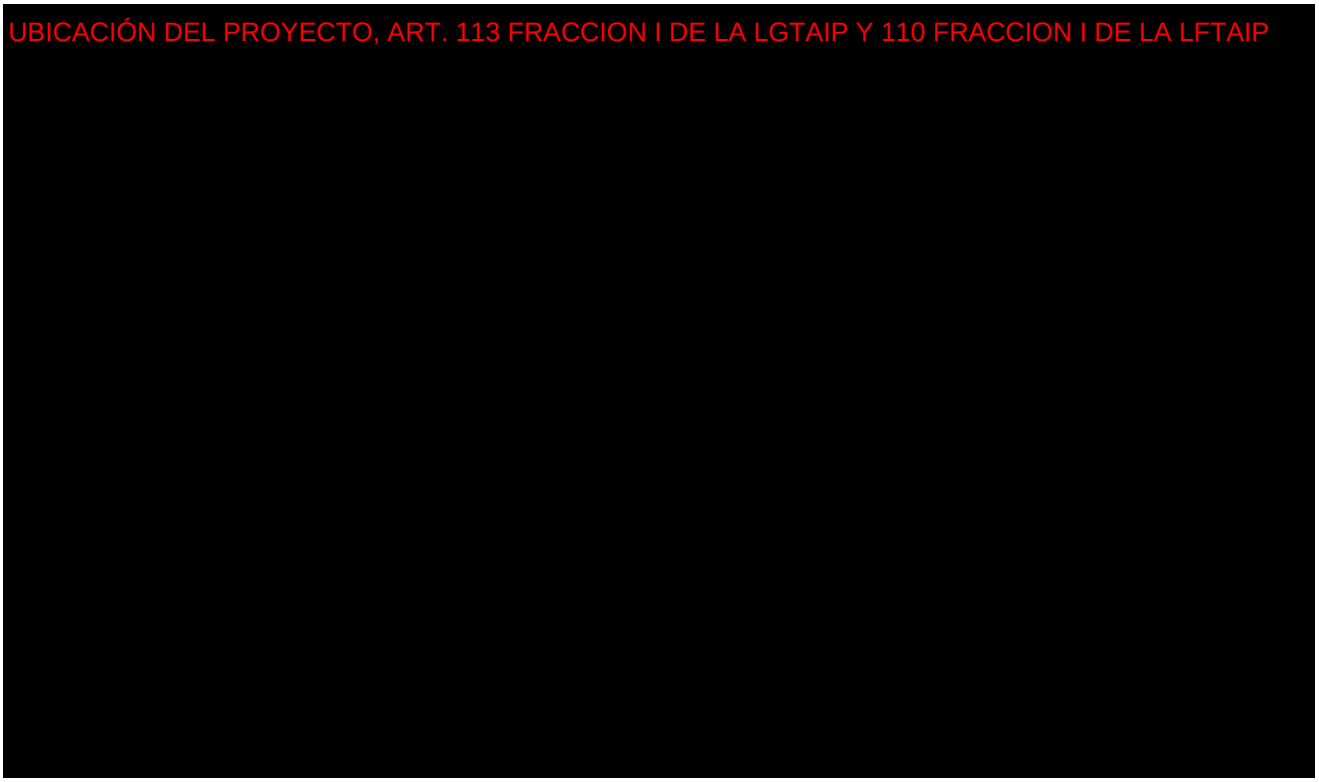
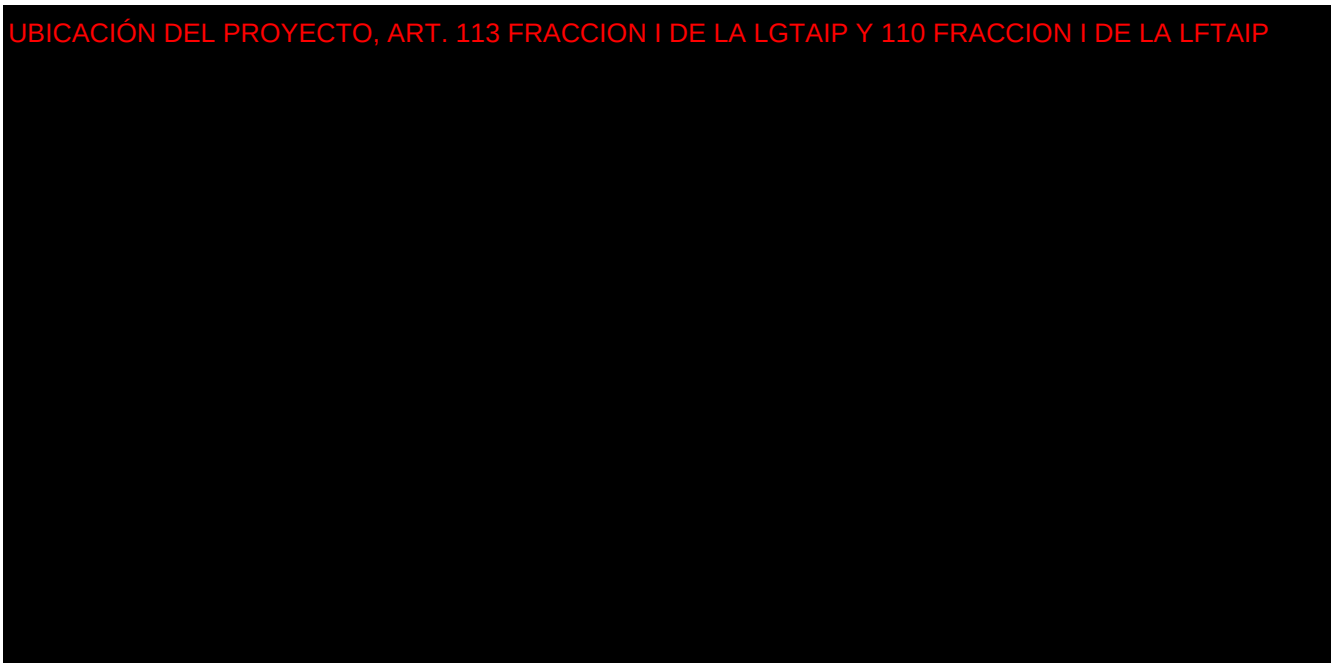
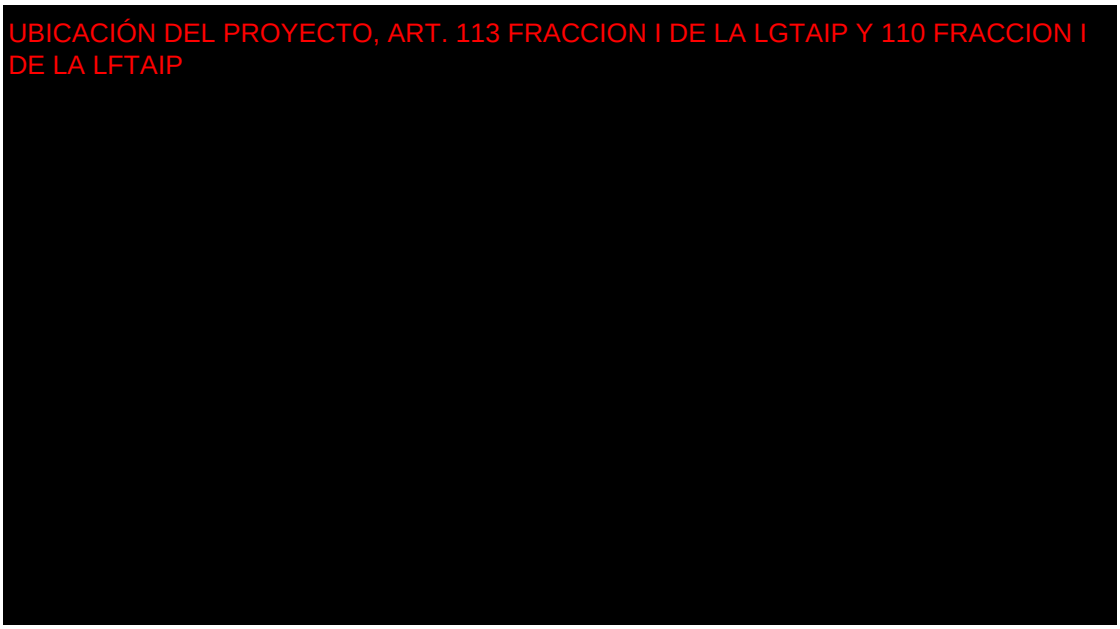


Figura IV.205. Distribución de los puntos fijos para la observación de aves (sitio 2).



Fuente: Elaboración IMP

Figura IV.206. Distribución de los puntos fijos para la observación de aves (sitio 3).



Fuente: Elaboración IMP

Mamíferos, Anfibios y Reptiles- Búsqueda directa.

Se trabajó con la metodología explicada en el apartado de SAR con los siguientes puntos de monitoreo, que se citan en la tabla siguiente.

Tabla IV.108 Coordenadas de los transectos de mamíferos, reptiles y anfibios (Datum-WGS-84).

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

Figura IV.207. Distribución de los transectos de mamíferos, reptiles y anfibios dentro del sitios 1.

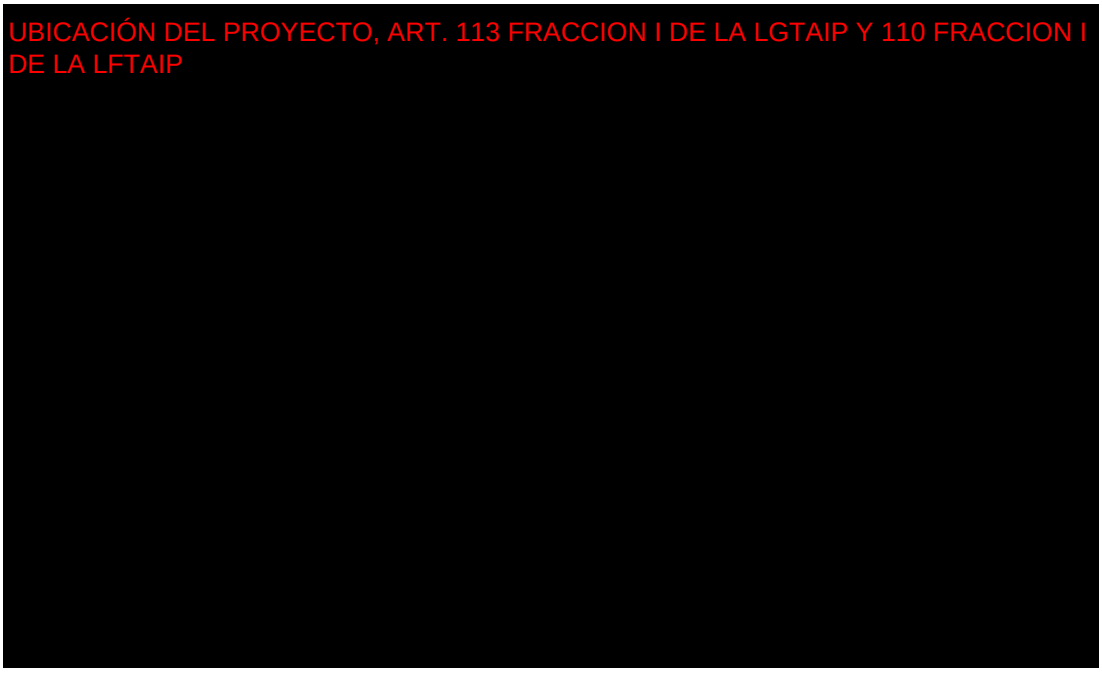
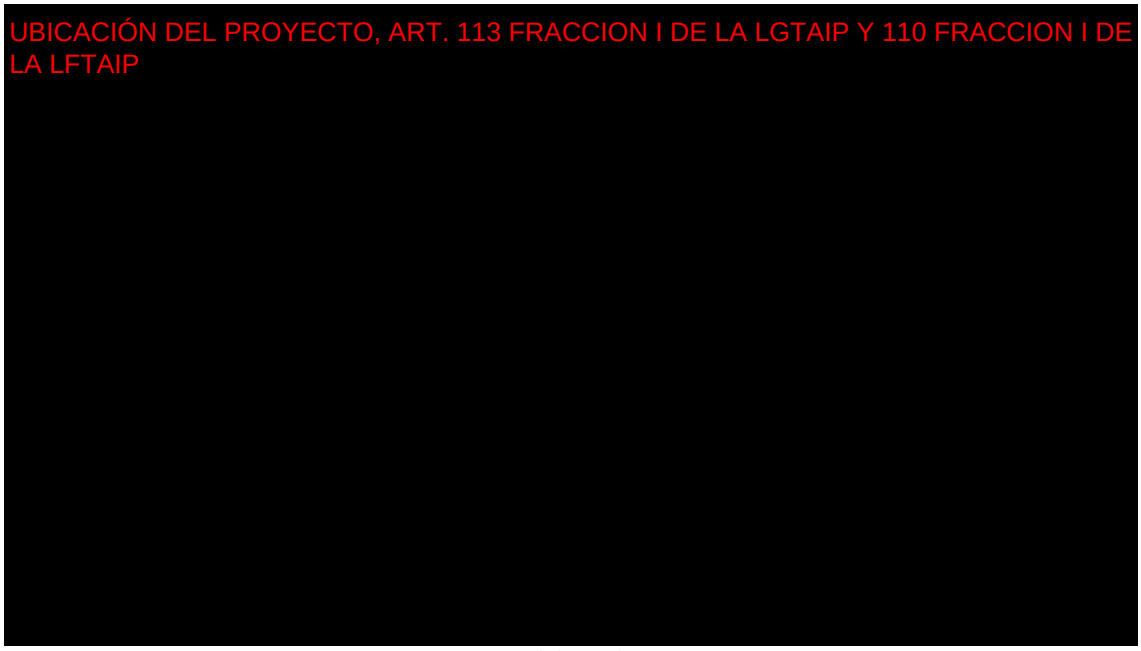


Figura IV.208. Distribución de los transectos de mamíferos, reptiles y anfibios dentro de los sitios 2 y 3.



Fuente: Elaboración IMP

Análisis de la información

La base de datos fue integrada de manera general en una hoja de cálculo mediante el uso del programa Excel, 2019 para Windows 10, donde las entradas para generar el estimador fueron el número de especies y el número de sitios de muestreos realizados. El análisis de la información se realizó de manera independiente por cada clase taxonómica para un mejor análisis y comprensión de la información, donde los valores biológicos estimados fueron: riqueza, diversidad, abundancia relativa y equitatividad.

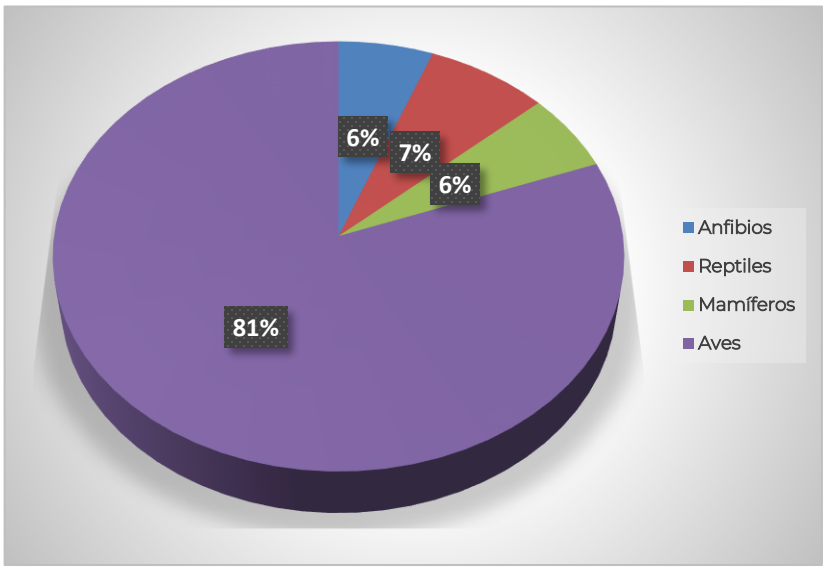
Análisis de los resultados de los sitios.

Riqueza y abundancia.

Los muestreos se realizaron a partir del día 13 de marzo al 1 de abril del 2019. Se registró un total de 4,239 individuos, pertenecientes a 119 especies, 53 familias y 24 órdenes. El grupo de las aves obtuvo el mayor número de especies con 96, mientras que los mamíferos y anfibios obtuvieron siete especies cada uno, y por su parte los reptiles registraron nueve especies. Respecto a la abundancia, las aves tuvieron el mayor número de registros con 3,303 individuos, seguidos por los anfibios con 334,

los reptiles con 294, mientras que los mamíferos fueron los menos abundantes con solo 116 individuos.

Figura IV.209. Riqueza especifica por grupo taxonómico.



Fuente: Elaboración IMP con datos de campo.

A nivel de especie la más abundante fue el zanate mayor (*Quiscalus mexicanus*) con 332 individuos, seguido por el zopilote común (*Coragyps atratus*) con 299, la chara pea (*Psilorhinus morio*) con 244 y la paloma alas blancas (*Zenaida asiatica*) ambas con 223, la garza dedos dorados (*Egretta thula*) con 238 y por último la ranita espumera de dedos marginados (*Leptodactylus melanonotus*) con 209 registros.

Riqueza y abundancia por grupo taxonómico.

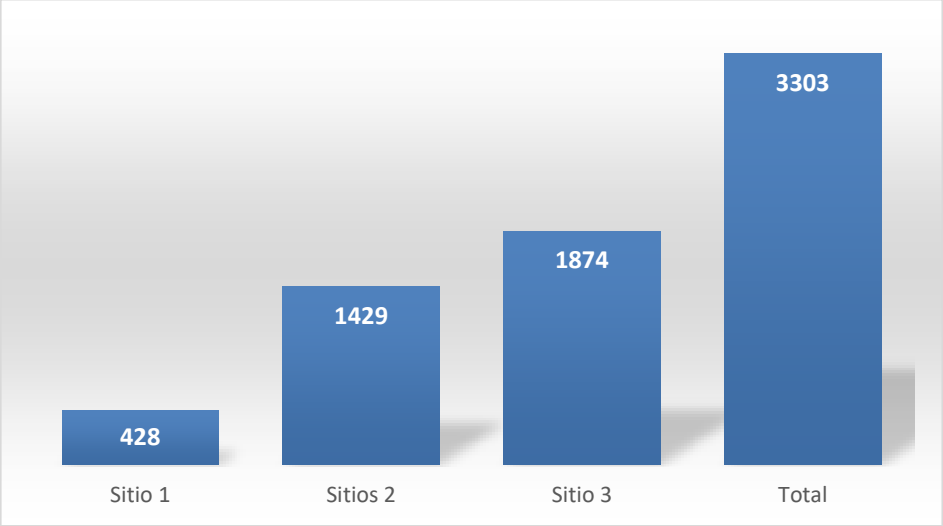
Aves.

Se registró una abundancia de 3,303 individuos correspondientes a 96 especies, distribuidas taxonómicamente en 18 órdenes y 39 familias, donde la familia mejor representada fue Tyrannidae e Icteridae con ocho especies, seguida por Parulidae con siete especies. De manera general, el zanate mayor (*Quiscalus mexicanus*) y el zopilote común (*Coragyps atratus*) fueron las más representativas con 332 y 299 registros respectivamente.

En cuanto a la residencia se registró un total de 35 especies migratorias. Dos de estas especies son semiendémicas para México la calandria dorso negro menor (*Icterus*

cucullatus) y el gorrión pálido (*Spizella pallida*). El colibrí vientre canelo (*Amazilia yucatanensis*) es una especie residente, pero cuasiendémica para México.

Figura IV.210. Avifauna de los puntos de muestreo.

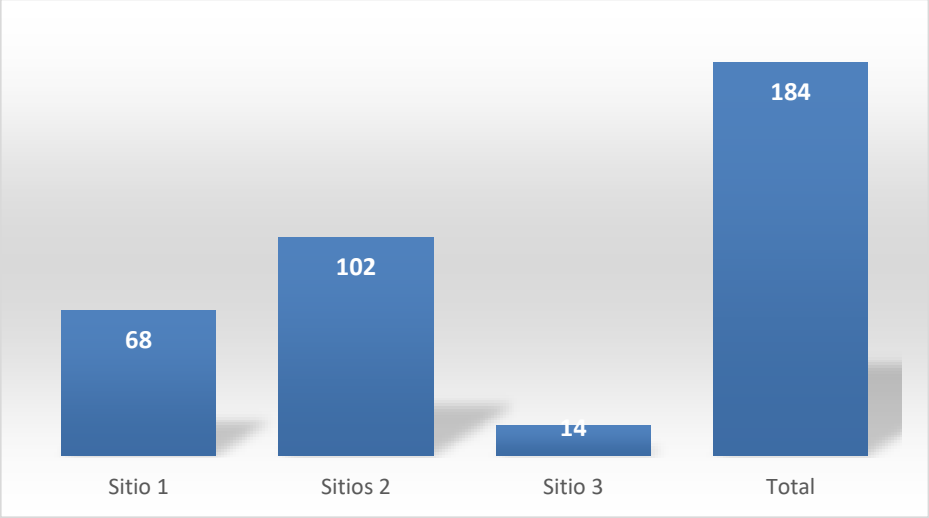


Fuente: Elaboración IMP con datos de campo.

Mamíferos.

Se registró una abundancia de 184 individuos correspondientes a siete especies, distribuidas taxonómicamente en cuatro órdenes y cinco familias, donde la familia mejor representada fue Didelphidae con tres especies. De manera general la ardilla vientre rojo (*Sciurus aureogaster*) y el mapache norteño (*Procyon lotor*) fueron las más representativas con 61 y 21 registros respectivamente, estas especies han sido consideradas plagas, ya que provocan perdidas económicas hacia los pequeños productores, especialmente sobre los cultivos de coco y maíz.

Figura IV.211. Mastofauna en los puntos de muestreo.



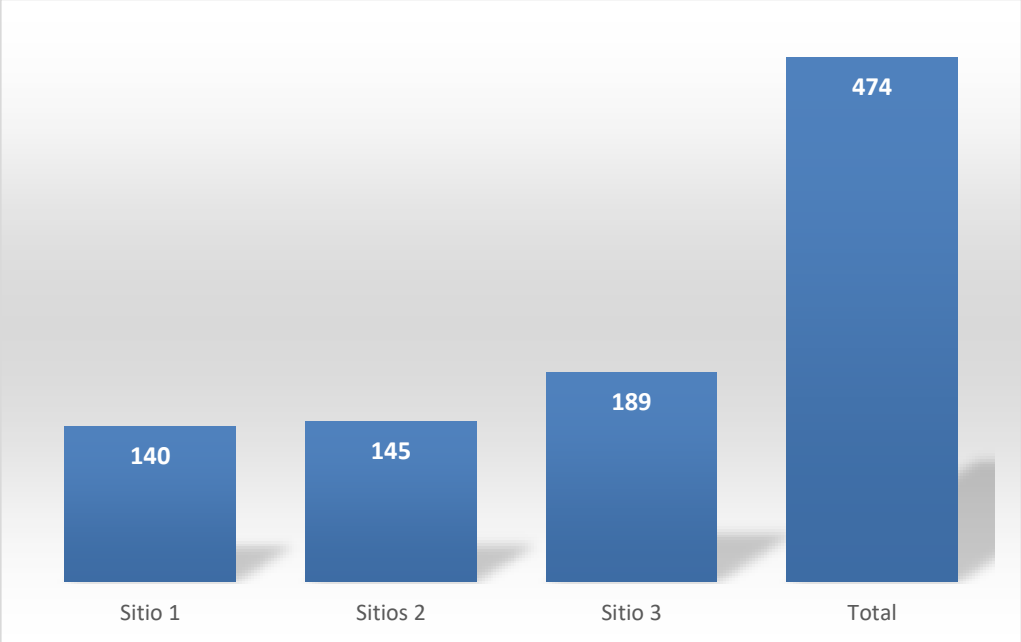
Fuente: Elaboración IMP con datos de campo.

Anfibios.

La comunidad de anfibios está representada por 474 individuos, pertenecientes a siete especies, tres familias y un orden. Los sitios 1 y 2 están representados por seis y cuatro especies respectivamente, mientras que el sitio 3 está representado por siete especies. Las especies más abundantes fueron la rana arborícola grillo (*Dendropsophus microcephalus*) con 161 registros y la ranita espumera de dedos marginados (*Leptodactylus melanonotus*) con 267 individuos. La abundancia más alta se dio para el sitio 3 con 189 individuos, seguido por el sitio 2 con 145 individuos.

Es importante mencionar que la diversidad de especies observadas en los sitios 2 y 3, se debe a la cercanía con cuerpos de agua, los cuales utilizan los anfibios para su reproducción y crecimiento. Únicamente se observaron estas especies por las noches, ya que previo al amanecer regresan a sus refugios por lo que durante el día es poco probable observar anfibios dentro de los sitios.

Figura IV.212. Anfibiofauna en los puntos de muestreo.

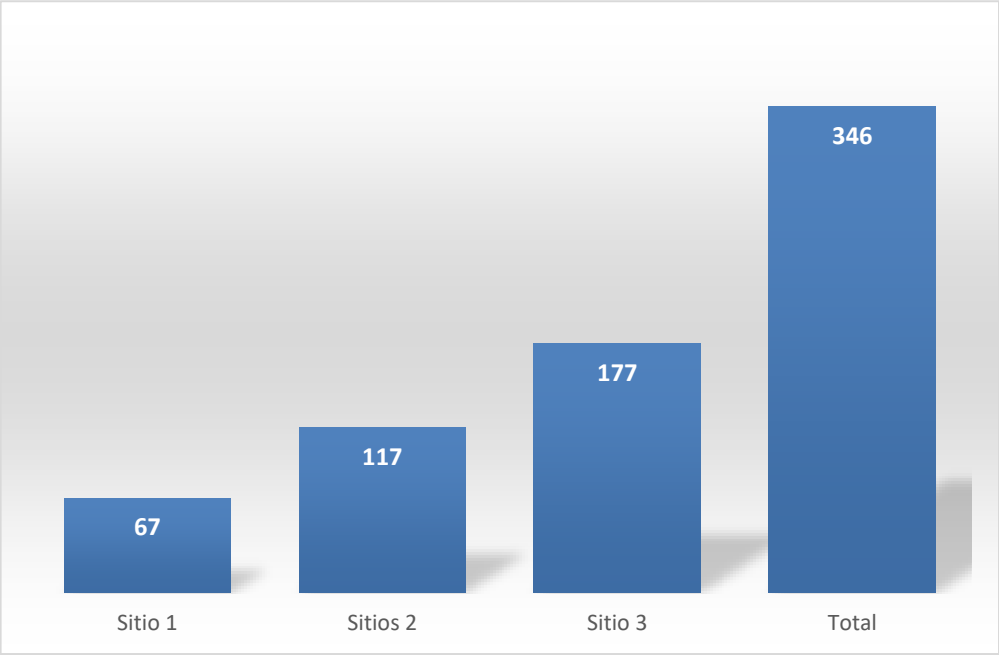


Fuente: Elaboración IMP con datos de campo.

Reptiles.

Los reptiles están representados por 346 individuos, pertenecientes a nueve especies, seis familias y un orden. La riqueza fue similar en los sitios 2 y 3 con ocho especies cada una, mientras que en el sitio 1 solo se registraron seis especies. Las especies más abundantes fueron el gecko de casa (*Hemidactylus frenatus*) y la lagartija rayada (*Aspidoscelis depii*) con 129 y 105 individuos respectivamente. Los altos valores de abundancia registrados para estas especies, se debe a su adaptación y convivencia con las poblaciones cercanas, por lo que es común observarlas cerca de las casas o inclusive sobre los bordes de las carreteras.

Figura IV.213. Comunidad de Reptiles en los puntos de muestreo.



Fuente: Elaboración IMP con datos de campo.

Análisis de diversidad Shannon Wiener.

Por grupo taxonómico, las aves resultaron con los valores más altos de diversidad (H'= 3.695), mientras que los anfibios registraron valores más bajos con una diversidad general de H'=1.064, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla IV.109 Valores de diversidad de la fauna silvestre.

Sitio	Aves	Mamíferos	Anfibios	Reptiles
1	3.622	1.232	0.830	1.445
2	3.389	1.291	0.885	1.635
3	2.969	1.232	0.830	1.445
Valores general de los sitios 1, 2 y 3	3.695	1.440	1.064	1.609

Fuente: Elaboración IMP con datos de campo.

Los valores de dominancia fueron de medios a altos. Con respecto a las aves y mamíferos los valores obtenidos fueron medios, siendo los más cercanos a valores de 1. Los anfibios y reptiles tuvieron valores bajos en ambos casos. Ver la siguiente tabla.

Tabla IV.110 Valores de dominancia de la fauna silvestre.

Sitios	Aves	Mamíferos	Anfibios	Reptiles
1	0.824	0.889	0.426	0.658
2	0.785	0.663	0.638	0.744
3	0.675	0.889	0.426	0.658
Valores generales de los sitios 1, 2 y 3	0.809	0.740	0.487	0.690

Fuente: Elaboración IMP con datos de campo.

Valores del índice de dominancia de Simpson.

Análisis de diversidad beta.

En general los valores de equitatividad para la comunidad de aves fueron bajos entre los sitios muestreados. Sin embargo, se observó asociación entre ellos, con un valor de equitatividad medio J'=0.809, es decir que, ambos sitios comparten algunas especies como el colibrí vientre canelo (*Amazilia yucatanensis*), la matraca tropical (*Campylorhynchus zonatus*), el zopilote común (*Coragyps atratus*) entre otros.

Discusión.

La composición taxonómica de la comunidad de aves reportadas en los sitio 1, 2 y 3 (119 especies), representa el 24.28% para el Estado de Tabasco (490 especies) (Chablé-Santos, Escalante-Pliego y López-Santiago, 2005). Los mamíferos se encuentran representados por siete especies lo que equivale al 4.9% para Tabasco (142 especies) (Cappello *et al*. 2010); mientras que los anfibios y reptiles (16 especies) representan solo el 10.48% (152 especies) (Barragán-Vázquez, Torrez-Pérez y Ríos-Rodas, 2015).

La familia mejor representada fue Tyrannidae e Icteridae, ya que fueron la más observada al presentar una mayor variedad de hábitats comunes para las especies, lo que permite que tengan un mayor campo para desarrollar sus actividades de alimentación y reproducción (Cárdenas, Harvey; Ibrahim y Finegan, 2003; Orians, 1969).

Comunidades biológicas de cuerpos de agua epicontinental.

El ecosistema costero en la Sonda de Campeche, destaca por su alta productividad, tanto marina como costera. La descripción del sistema biológico asociado a los cuerpos de agua costeros y epicontinentales a nivel regional corresponde a una compilación de estudios históricos realizada por el IMP-2001, más específicamente el MIA del campo Hokchi, 2018.

Cabe mencionar que los estudios realizados por el IMP históricamente, abarcan los Estados de Campeche y Tabasco, los resultados históricos que se muestran en el presente numeral, solo estarán enfocados a la información existente recabada, que compete al área del SAR.

Fitoplancton costero.

El análisis de información histórica de fitoplancton de las costas de Tabasco desde la década de los 60's hasta 2003, incorporó 28 publicaciones con información útil que describe características como es la composición florística, riqueza, abundancia, biomasa y productividad primaria.

La variación de las floras está en determinada con la época climática y en ciclos relacionados con largos periodos. Dichas diferencias se reflejan más en la abundancia que en la composición y diversidad de las comunidades. En términos generales, en la franja costera, se existe una mayor diversidad en las épocas de lluvias y nortes, debido probablemente a una resuspensión de las especies ictioplánctica, ocasionada por el aumento de la turbulencia en la columna de agua y aportes de nutrientes y materiales terrígenos que favorecen las floraciones, por ejemplo, diversos estudios desarrollados en la década de los noventas, registraron abundancias de especies de fitoflagelados colonizadoras como indicador del aumento de eutrofización en la zona.

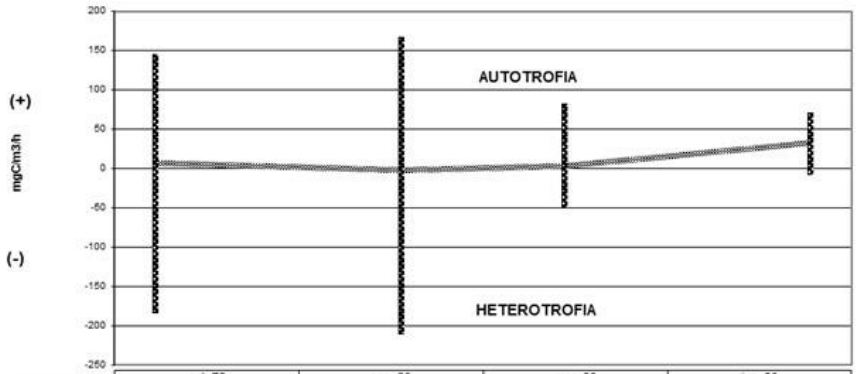
Por presencia de hidrocarburos relacionados con actividades petroleras, el efecto del crudo sobre el fitoplancton puede causar una disminución en la abundancia de células de las especies dominantes, permitiendo la expresión de las especies raras. Siendo los fitoflagelados más sensibles a los efectos de derrames o a la presencia aguda de hidrocarburos, la disminución de sus comunidades dan oportunidad al desarrollo de las diatomeas (quienes contienen más clorofila por unidad de volumen), lo cual podría explicar el aumento momentáneo en la biomasa en épocas de floramientos, sin embargo, en las últimas décadas se han registrado blooms de algas tóxicas (ejemplo el dinoflagelado *Gymnodinium breve*, la diatomea *Pseudonitzchia pseudodelicatissima* y la cianofita *Microcystis aeruginosa*) por mecanismos de enriquecimiento de nutrientes por aportes municipales y este mismo mecanismo podría provocar florecimientos de algas nocivas que tendrían un impacto sinérgico a los procesos contaminantes de las actividades petroleras en el ecosistema.

En cuanto a la productividad primaria, la región se ubica dentro de los datos típicos de zonas neríticas y las altamente productivas, presentando una marcada variación

estacional y existiendo un marcado gradiente negativo, que va desde la línea de costa hacia mar abierto.

La zona costera de Tabasco, cerca de la Barra de Dos Bocas, cuenta con alta productividad primaria (8.51 mg C/m^3/h) en comparación con el resto de los sitios costeras. La zona nerítica de Tabasco tiene una alta productividad, en Mecoacán (CECODES, 1981) se han registrado valores de hasta 32.4 mg C/m^3/h. Los resultados de productividad neta en la zona costera, a lo largo de un año se muestran en la Figura IV.214, donde destaca alta productividad y menor variación durante la época de secas (junio) y disminuyendo en la temporada de nortes (nov a dic).

Figura IV.214. Productividad primaria neta en la Laguna Mecoacán, Tabasco (1979 a 1980)

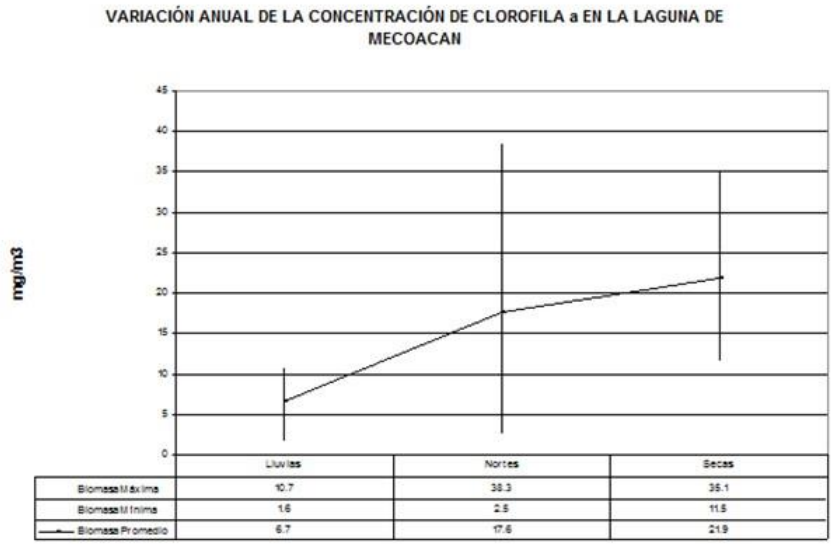


	oct.-79	ene.-80	mar.-80	jun.-80
MinN	-184.8	-210.7	-49.3	-8.9
MaxN	145.4	166.7	82.1	71.3
PromN	6.9	-1.5	2.4	32.39

Fuente: Elaboración IMP

Con respecto a la biomasa fitoplanctónica, se presenta únicamente los valores que se han observado para la Laguna Mecoacán (Figura IV.215), donde bajo ciclo anual, las fluctuaciones de biomasa muestran valores más bajos durante la época de lluvias-nortes y un incremento hacia la época seca con valores que mostraron aumentos significativos en un período de 10 años.

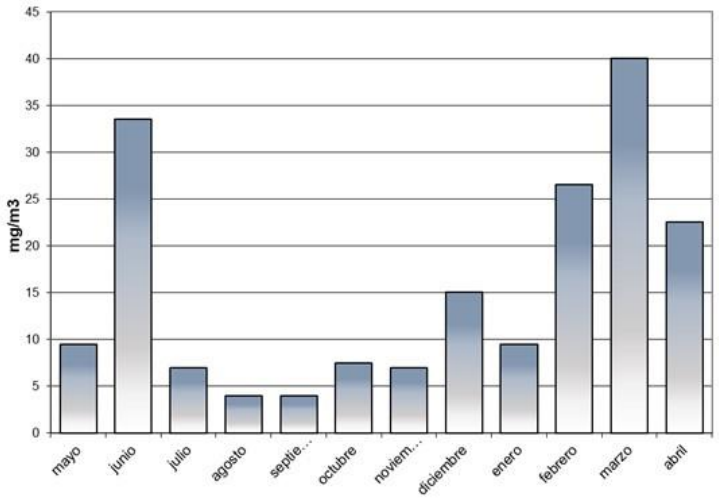
Figura IV.215. Biomasa anual en la laguna de Mecoacán, Tabasco



Fuente: Elaboración IMP

La variación anual de biomasa fitoplanctónica registrada en el sistema lagunar mediante monitoreos mensuales se representa en la Figura IV.216. La mayor producción algal se registra en la temporada seca de marzo a junio y finales de nortes en febrero. Los valores más bajos se observan en la transición de lluvias a nortes.

Figura IV.216. Biomasa mensual en el sistema lagunar



Fuente: Elaboración IMP

De la Lanza y Cáceres-Martínez (1994) determinaron para la laguna de Mecoacán, en la temporada seca, abundancias de fitoplancton total de hasta 2.3 x 10^6 cels/l, valores coherentes con la alta productividad que se presenta en la época. Los valores de mayor biomasa descienden de la zona costera hacia el mar abierto.

Zooplancton e Ictioplancton

No existen datos suficientes para efectuar un análisis espacial comparativo de las poblaciones más relevantes del zooplancton, debido a que para ello se debería de contar con un estudio de todos los taxones en todas las localidades, condición que no presenta en este caso ya que los datos analizados son difícilmente comparables. No obstante y considerando todos los datos a nuestro alcance, del cual se desprende lo siguiente que debe ser tomado con sus reservas.

Phylum Chordata. Larvas de Peces; este taxa ha sido de los más estudiados y al que se le puede dar un mayor seguimiento, sin embargo de las 76 especies de larvas que se mencionan, ninguna ha sido reportada hasta el momento para las Lagunas de Mecoacán, Dos Bocas, Paraíso y Comalcalco en Tabasco.

Phylum Arthropoda Subclase Copepoda; los pocos estudios que se encontraron sobre este taxa en estas lagunas: En la laguna de Mecoacán, Tabasco, solo se tiene detectada una especie que es *Acartia tonsa*. Ésta es una especie con un amplio espectro de distribución que abarca lagunas costeras de regiones tropicales, subtropicales y templadas, seguramente que en el Golfo de México es el copépodo

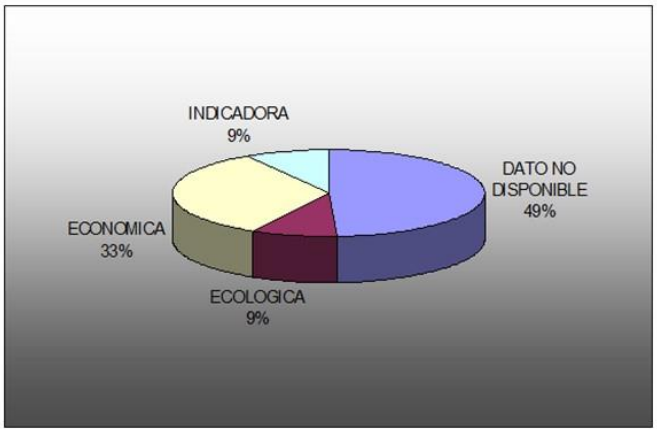
más importante ya que su abundancia puede oscilar entre el 60 y 90 % de la abundancia del zooplancton. Caligus rapax es un copépodo parásito cuya presencia en el zooplancton es accidental. Euterpina acutifrons también es típica de lagunas costeras tropicales, al igual que varias especies de Pseudodiaptomus y Labidocera. Temora turbinata es común en aguas estuarinas, mientras que Temora stylifera a es común en aguas neríticas.

Bentos:

Fitobentos: Macroalgas costeras:

Este grupo biológico no ha sido muy estudiado en el litoral de Sonda de Campeche. A pesar de los escasos estudios de macroalgas para Tabasco y Campeche, se identifica una zona típica con representantes algales tropicales, inclusive se mantiene la proporción de 2:1 de Rodofitas vs. Feofitas (Índice de Feldmann). Sin embargo, aunque la información disponible aparenta pobreza en cuanto a diversidad, resalta el hecho de que el porcentaje de especies de importancia ecológica y económica para un litoral tan reducido es relevante (33%) Figura IV.217.

Figura IV.217. Importancia de las especies



Fuente: Elaboración IMP

En relación al efecto de las actividades petroleras en la ficoflora no se puede inferir, ya que los datos obtenidos no nos permiten hacer una comparación antes y durante la explotación de dicho recuso. Ya que la información solo se basa en listados florísticos sin considerar la variación estacional, así como abundancias, lo cual no permite observar el efecto directo de la explotación del petróleo en el grupo de las macroalgas.

Zoobentos

El análisis del bentos de la Laguna de Mecoacán, se presenta en la Tabla IV.111, este se compone de 85 registros, organizados en 9 grupos, 51 familias, 65 géneros y 83 especies. Las especies comprenden el 97.6% del total de registros y la diferencia del 100% corresponde a los registros ubicados en la categoría de género sp.

Tabla IV.111. Riqueza de la fauna bentónica de la Laguna de Mecoacán, Tabasco.

Grupos.	Familia	Género	Especie
Briozoarios	2	2	1
Cnidarios	1	1	1
Poliquetos	4	5	7
Gasterópodos	21	28	31
Bivalvos	19	24	36
Cirripedios	1	1	2
Peracáridos	1	1	1
Carideos	1	1	2
Braquiuros	1	2	2
Total de Registros	Familia	Genero	Especie
85	51	65	83

Fuente: Elaboración IMP

La Laguna de Dos Bocas, considerada por muchos autores como parte de la Laguna de Mecoacán, por lo que la mayoría de los estudios no describen en particular esta localidad, sin embargo, en la Tabla IV.112, se enlistan los organismos registrados para Dos Bocas, los cuales solo comprenden a dos grupos de moluscos, con 14 familias, 14 géneros y 14 especies.

Tabla IV.112. Riqueza de la Laguna de Dos Bocas, Tabasco.

Grupos	Familia	Género	Especie
Gasterópodos	4	4	4
Bivalvos	10	10	10
Total de Registros	Familia	Género	Especie
14	14	14	14

Fuente: Elaboración IMP

Como se puede observar en las Tabla IV.111y Tabla IV.112, la mayoría de los estudios realizados en estas localidades están enfocados a las comunidades de moluscos, de los cuales los bivalvos *Crassostrera virginica*, *Rangia cuneata*, *Rangia flexuosa*, *Brachidontes exustus* y *Lucina pectinata*, son explotados comercialmente. Cabe mencionar que dentro de las especies explotadas en esta localidad se también se encuentra *Polymesoda caroliniana*, la cual a principio de la pesquería de almejas

solía ser una especie de acompañamiento, sin embargo, al igual que las almejas del género Rangia se encuentran sobreexplotadas y esta última se encuentra en la categoría de especie protegida de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010, en la actualidad existe un planteamiento de veda para estas almejas.

Necton.

Con relación a los ecosistemas costeros de Tabasco, el río González tiene 60 especies de peces, y desde un punto de vista comparativo, es el que presenta mayor riqueza. Esta situación es explicable ya que hay especies representativas de sistemas de agua dulce, salobres, y marinos.

En la parte marina correspondiente a la barra de Chiltepec, es donde se encuentra la mayor riqueza de especies. En la barra de Chiltepec, cercana a Dos Bocas se presentan especies marinas, especies dependientes estuarinas, y dulceacuícolas.

Sistema Ambiental Regional – Zona Marina.

Productividad Primaria.

La variación en las concentraciones de los diferentes pigmentos fotosintéticos, proporciona información importante que permite hacer inferencias sobre los fenómenos sucesionales del fitoplancton, el cual es contrastante en cada época climatológica en el Golfo de México.

En la región de la Sonda de Campeche, durante la temporada de nortes de 1998, se analizaron las concentraciones de clorofilas a, b y c. Los valores promedio estimados fueron de 0.009 mg/m3, 0.017 mg/m3 y 0.067 mg/m3, así como sus porcentajes de 10%, 18% y 72%, respectivamente. La distribución horizontal de la clorofila a, mostró dos fluctuaciones, las cuales fueron superiores a los datos antes referenciados. Ambos localizados en el sector Este de la zona marina, frente a las costas de Yucatán. Se identificaron valores de clorofila a inferiores al valor máximo frente a la boca Oeste de Laguna de Términos, y valores cercanos al máximo en la parte Este, posiblemente debido a la intrusión de aguas oceánicas ricas en nutrientes provenientes del fondo (Orozco, 1989), definido a su vez, por la introducción de aguas cálidas de la corriente de Lazo, las cuales penetran por el canal de Yucatán y la zona del Caribe (De Lanza & Gómez Rojas, 2004)

Los valores de clorofila a en esa fecha, se observaron por debajo de los intervalos de concentración reportados por Day et al., (1992) de 0.3 a 8.2 mg/m3 para la Sonda de Campeche y por El Sayed (1972) como el valor promedio para el Golfo de México (0.2

mg/m3); estos valores son propios de condiciones oligotróficas del ambiente oceánico.

La distribución horizontal de la clorofila b reveló una tendencia similar a la distribución de la clorofila a. Las concentraciones de clorofila b se desplazaron hacia aguas costeras con distribución entre el sistema lagunar Pajonal - La Machona y la Laguna de Términos. Las concentraciones horizontales de la clorofila b (30 m de profundidad) mostraron fluctuaciones que pueden estar asociadas al giro ciclónico de esta zona (De la Lanza et al., 1991). Se presentaron altas concentraciones de este pigmento (2 mg/m3) en el vórtice ubicado en la parte central del SO del Golfo de México y frente a la Laguna de Términos; no se distinguió con claridad la influencia del aporte fluvial.

La distribución horizontal de la clorofila c mantuvo en general el mismo comportamiento con mayor distribución en el sector Oeste del Golfo de México, sobre el borde continental frente a las costas de Veracruz y Tabasco, así como en el sector Noreste, frente a las costas de la península de Yucatán.

En la misma temporada, un año después, durante la campaña Xcambó-1 (1999), la concentración promedio de clorofila a fue de 0.63 mg/m3 con fluctuaciones entre 1.24 mg/m3 en aguas superficiales y 0.348 mg/m3 a una profundidad de 20 m. A nivel regional, el Banco de Campeche se caracteriza por una intenso flujo de nutrientes hacia la capa eufótica, con una consecuente alta productividad; este fenómeno es promovido por la surgencia que se presenta sobre el margen continental de la Península de Yucatán, a partir de la cual se pone a disposición concentraciones importantes de nitratos y fosfatos esenciales en el metabolismo de los productores primarios. Es importante hacer mención que los valores altos de biomasa en el Banco de Campeche, se registran en los meses de verano, cuando se intensifica el flujo a través del Estrecho de Yucatán, apreciándose un incremento en la surgencia de esta región.

Un estudio reciente realizado por el IMP (2013) se evaluó la productividad primaria del área marina frente a la terminal Marítima de Dos Bocas, y la zona de descarga del río González. Los valores medidos de pigmentos fotosintéticos y biomasa del fitoplancton se resumen en la Tabla IV.113.

Tabla IV.113. Pigmentos fotosintéticos y biomasa de fitoplancton en Dos Bocas y desembocadura del río González, Tabasco.

ESTADISTICOS	CH-a (mg/m3)	CH-b (mg/m3)	CH-c (mg/m3)	Feofitinas (mg/m3)	Biomasa Fito (mg/m3)
AGUA SUPERFICIAL EMISOR "D"					
Promedio	3.23	7.70	1.15	3.35	0.55

Desv. est.	1.29	0.67	0.70	3.71	0.50
C.V.	39.9	96.4	61.1	110.7	90.7
Mínimo	1.46	1.05	0.07	0.00	0.01
Máximo	5.90	2.76	2.69	13.49	1.98
Cuartíl 25%	2	0	1	0	0
Cuartil 75%	4	1	1	5	1
n	17	17	17	17	17
ESTADISTICOS	CH-a (mg/m3)	CH-b (mg/m3)	CH-c (mg/m3)	Feofitinas (mg/m3)	Biomasa Fito (mg/m3)
AGUA SUPERFICIAL DE RÍO GONZÁLEZ					
Promedio	4.44	1.06	1.93	6.09	0.46
Desv. est.	1.2	0.8	1.0	6.0	0.4
C.V.	28.11	76.75	53.60	99.22	95.34
Mínimo	2.32	0.19	.59	0.00	0.08
Máximo	5.63	2.27	3.68	18.05	1.16
Cuartíl 25%	4.04	0.31	0.90	0.95	0.14
Cuartil 75%	5.37	1.71	2.44	10.34	0.75
n	9	9	9	9	9

Fuente: Elaboración IMP

Estos valores propios de zonas costeras con mayor productividad asociada a la influencia continental por aporte de nutrientes y florecimientos consecuentes. A nivel regional, el Banco de Campeche se caracteriza por una intenso flujo de nutrientes hacia la capa eufótica, con una consecuente alta productividad; este fenómeno es promovido por la surgencia que se presenta sobre el margen continental de la Península de Yucatán, a partir de la cual se pone a disposición concentraciones importantes de nitratos y fosfatos esenciales en el metabolismo de los productores primarios.

Con base en la clasificación del estado trófico descrito por Lara-Lara et al. (2008), los valores observados en el área costera de influencia del proyecto corresponden a un estado eutrófico. Esta clasificación describe los rangos de clorofila-a para los estados tróficos:

0.25 a 1.0 (mg/m3) - estado mesotrófico
< 0.25 mg de clorofila a/m3) - estado oligotrófico
> 1.0 mg de clorofila a/m3) - estado eutrófico

En la Sonda de Campeche, en el área oceánica, se han registrado valores de productividad primaria en el rango de 0.04 a 1.3 mg/m3/h con predominancia de las familias Bacillariophyceae y Dinophyceae. Estos valores de productividad corresponden a un sistema oligotrófico. Ante el enriquecimiento de Carbono fósil por la presencia de hidrocarburos, la sucesión de comunidades favorece la dominancia de fitoflagelados y diatomeas.

La presencia de pigmentos de degradación como la feofitina y su relación con la clorofila es indicadora del estado fisiológico de las poblaciones del fitoplancton. Una relativa abundancia de feofitinas indica la presencia de una población en decadencia. Los valores de feofitina en el área del Río González fueron en promedio aproximadamente el doble de los detectados en el área marina de Dos Bocas. Las mayores concentraciones en general de pigmentos de degradación observadas en el Río González, pueden estar asociadas los aportes y el transporte de biomasa vegetal degradada para el posterior depósito hacia el área marina.

Comunidades de fitoplancton.

El conocimiento sobre la riqueza específica estructura y patrones de variabilidad espacio-temporal del fitoplancton es limitado en el componente marino de área. Las zonas con mejor información al sur del Golfo de México, son la Laguna de Términos y la zona costera adyacente.

El ecosistema costero en la Sonda de Campeche representa proporcionalmente cerca de un 10 % en área, con relación al vasto sistema marino y oceánico; sin embargo, se destaca notablemente en términos de su productividad.

En el proceso de decisiones para el manejo de ambos sistemas, marino y costero, es esencial el conocimiento de la estructura y del funcionamiento de cada uno de sus componentes ecológicos. Asimismo, es fundamental identificar los procesos ambientales que gobiernan la variabilidad de cada componente en tiempo y espacio. Con este planteamiento en mente, a continuación se presenta una diagnosis sobre las variables ecológicas de cada subcomponente perteneciente al sistema costero y marino la Sonda de Campeche.

La mayor diversidad fitoplanctónica en la Sonda de Campeche, se presenta durante junio y julio en verano y disminuye de forma importante durante la temporada de nortes en los meses de invierno. Muestra pulsos de abundancia y diversidad asociados a procesos derivados de la dinámica costera y su interacción marina en las zonas litoral y nerítica.

En 2002, el IMP realizó un estudio de diagnóstico ambiental en la sonda de Campeche con base en la información recabada de trabajos especializados, tesis e informes técnicos. En cuanto a las comunidades de fitoplancton, elaboró un listado taxonómico general, que consta de 519 taxa, de las cuáles seis son Chlorophytas, 11 corresponden a Cyanophytas, uno a Euglenophytas, nueve a Phaeophytas, 25 a Prymnesiophytas, 252 a Bacillariophytas, 195 a Dinophytas, una Nanoflagelada no identificada y 19 Fitoflageladas no identificadas.

En 1998, durante la temporada de nortes, por medio de la campaña oceanográfica SGM-4 cuya red de estaciones se extendió sobre el Sistema de la Sonda de Campeche incluyendo la zona de restricción marina por la ubicación de las plataformas petroleras, se determinaron 127 táxones divididos como sigue: 85 bacilariofitas, 19 fitoflageladas, 8 dinophytas, 7 cyanophytas, 5 chlorophytas y 3 primnesiophytas. Se identificó entre 2 y 27 taxa por estación, con fluctuaciones en el intervalo de abundancia de 18,325 cel/L a 748,405 cel/L.

Dominaron por su elevada abundancia (≥50,000 cel) 14 taxa, distribuidos en seis bacillariophytas: *Thalassionema nitzschioides var. capitulata, Thalassionema nitzschioides var. claviformis, Bacteriastrum hyalinum, Chaetoceros lorenzianus, Thalassionema nitzschioides var. nitzschioides* y *Chaetoceros compressus*, cuatro cyanophytas (*Anacystis dimidiata, Chroococcal sp.* 1, *Synechococcus sp.* 1 y *Oscillatoria erythraea*), dos fitoflageladas no identificadas, la chlorophyta *Chlorococcal sp.* 3 y la dinophyta *Paulsenella sp.* 1.

La diversidad específica fluctuó de 0.6931 a 3.03, manteniendo valores por debajo de 2.2 bits/ind únicamente en áreas del sistema marino costero, en donde se presentan fenómenos de frentes oceánicos, la diversidad de fitoplancton acusa incrementos significativos (> 3.0 bits/ind).

En 1999 durante la campaña oceanográfica XCAMBO-1, se determinaron 168 especies que incluyeron 82 Bacillariophytas (33 Centrales y 49 Pennales) 73 Dinophytas, 9 Cyanophytas, 1 Euglenophyta, 1 Chlorophyta y 2 Silicoflagelados. De las especies de Dinophytas, se identificaron algunas especies potencialmente tóxicas en abundancias que no indicaron la presencia de proliferaciones masivas.

La concentración promedio del microfitoplancton - organismos mayores a 20 micras - fue de 0.036 cel/l; en este grupo, las Bacillariophytas fue dominante alcanzando una abundancia relativa porcentual de más de 80%. Las mayores abundancias relativas porcentuales se detectaron frente a las zonas de influencia de los ríos Coatzacoalcos y Grijalva y frente a Laguna de Términos (0.8 a 1 cel/l) mientras que la menor concentración se observó en la zona norte de Campeche con 0.02 cel/l. Las Cyanophytas presentaron concentraciones inferiores a 0.002 cel/l y su distribución se restringió al sector norte del Río Coatzacoalcos, con valores promedio de 0.012 cel/l.

La densidad promedio del fitoplancton total fue de 1.127 cel/l; la diversidad fluctuó de 0.00101 a 0.7709. La riqueza promedio en las 69 estaciones estudiada en esta campaña, fue de 30 especies por muestra, con valores máximos frente a la Laguna

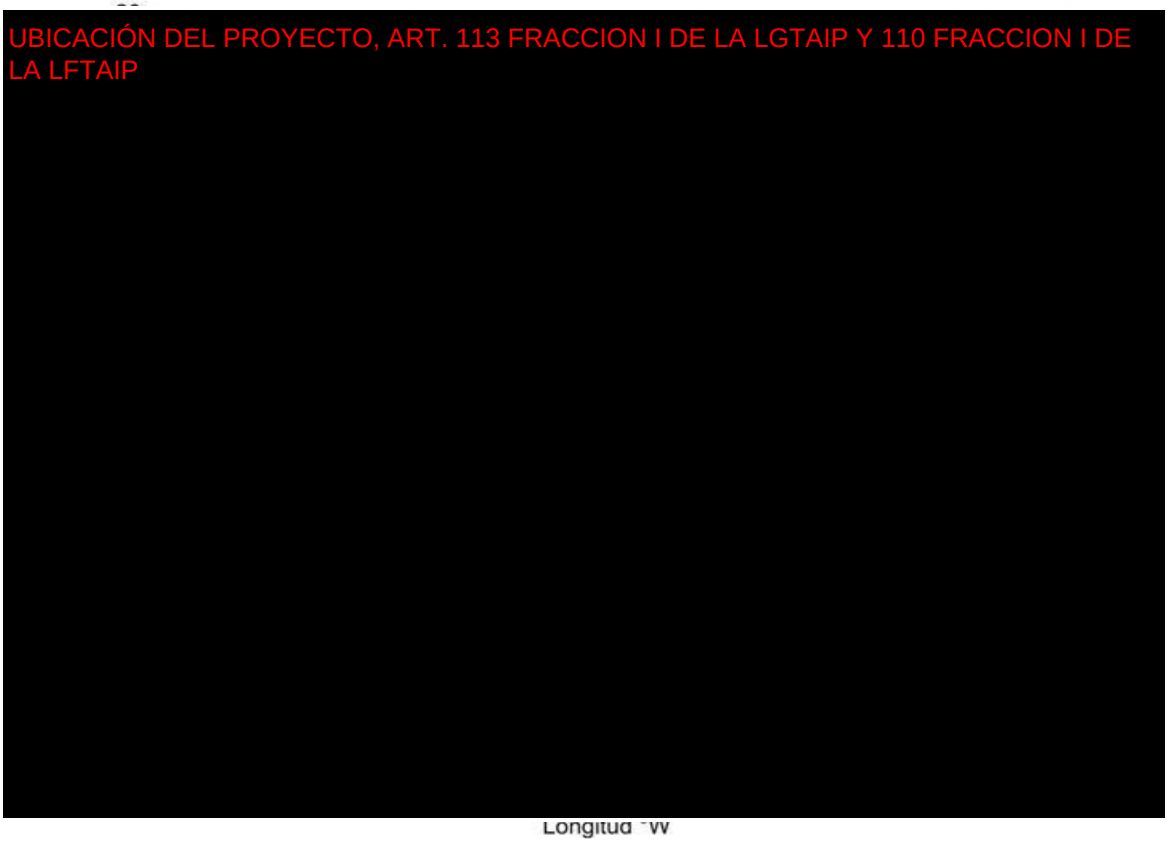
de Términos y en frente al delta del río Grijalva-Usumacinta. El mínimo se observó en la zona norte de Campeche con 22 especies por muestra. En relación a la distribución de especies por grupo, la riqueza estuvo dominada por las diatomeas con un promedio de 22 y de 8 para dinoflagelados.

La diversidad promedio de las muestras fue de 3.54 bits/ind y se presentaron los menores registros en los sitios de descargas de ríos (3.20 bits/ind), mientras que en las zonas marinas se registró la mayor diversidad (>3.60). Los valores de diversidad se correlacionaron directamente con los registros de equitatividad (r=0.82) lo que explica el elevado número de especies por muestra.

La diversidad promedio de las muestras fue de 3.54 bits/ind y se presentaron los menores registros en los sitios de descargas de ríos (3.20 bits/ind), mientras que en las zonas marinas se registró la mayor diversidad (>3.60). Los valores de diversidad se correlacionaron directamente con los registros de equitatividad (r=0.82) lo que explica el elevado número de especies por muestra.

En junio 2016, El IMP realizó un proyecto para conocer el estado ambiental del área marina donde se ubican los campos petroleros de aguas someras de la Ronda 1 (IMP 2017). De este proyecto, se consideró, para la descripción de los distintos componentes biológicos, dos estaciones ubicadas en el área del SAR de la presente MIA y se indican en recuadro rojo en los mapas y tablas que integran esta sección del documento. Sobre el fitoplancton identificado y cuantificado en éste sitio para la fecha ya mencionada, se observó mayor riqueza a lo largo de la costa entre las cotas de 15 a 50 m de profundidad. En la cota de 15 a 25 m de las dos estaciones, se observaron entre 9 y 32 taxones y abundancias en alícuota de 50 ml entre 34 y 1230 células (Figura IV.218).

Figura IV.218. Riqueza específica y abundancia de fitoplancton en el área de plataforma continental del sur del Golfo de México.



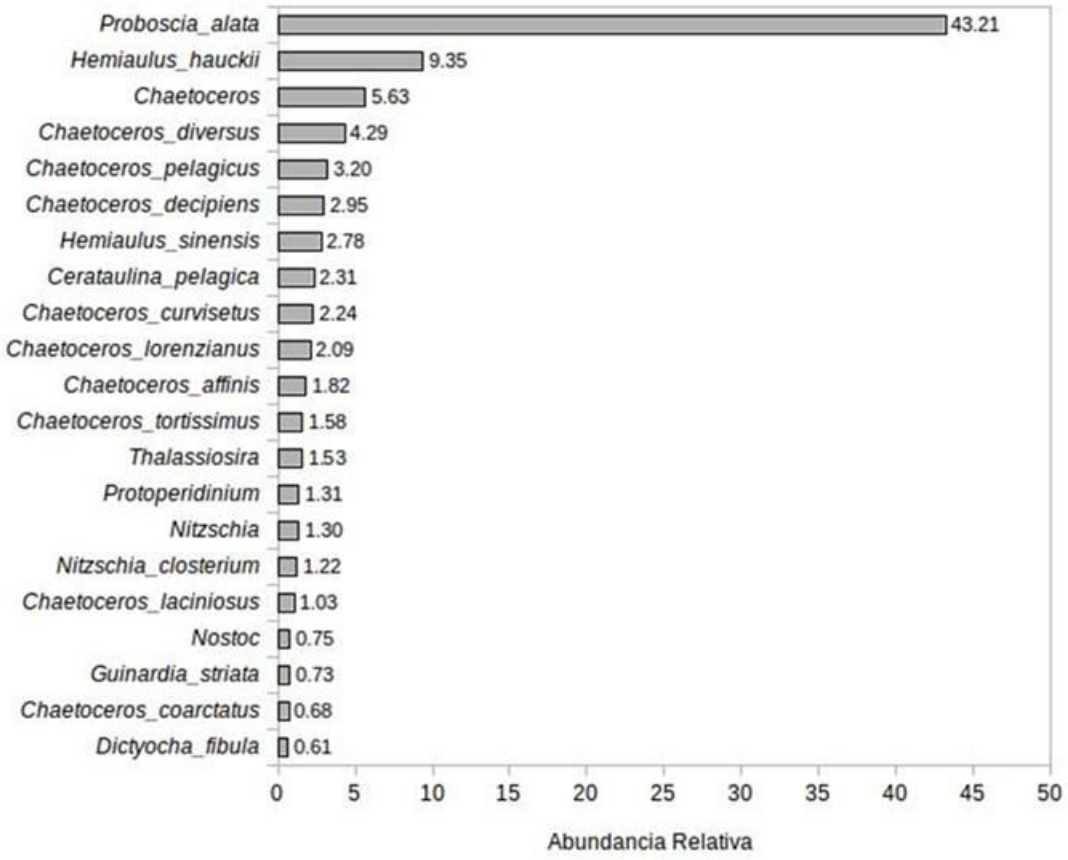
Marco rojo: área correspondiente al SAR del presente proyecto.

Fuente: Elaboración IMP

Las estaciones con alta riqueza y abundancia están localizadas frente a las costas de Campeche y Tabasco, donde la concentración de nutrientes, materia orgánica particulada y disuelta es mayor, lo que favorece la densidad fitoplanctónica (Fourqurean et al., 1993; Sklar & Browder, 1998; Smayda & Reynolds, 2001)

El 90.6% de la riqueza fitoplanctónica en el área de aguas someras en junio 2016, lo representaron 21 taxa; Proboscia alata fue la especie más abundante con aporte del 43.21%, seguida de Hemiaulos hauckii con 9.35%, mientras que el género Chaetoceros fue el más abundante representado con 10 taxones dentro de los 21 que representan el 90.6% del total (Figura IV.219).

Figura IV.219. Abundancia relativa de fitoplancton en áreas someras de sur del Golfo de México.



Fuente: Elaboración IMP

El índice de valor biológico (IVB) propuesto por Sanders determina la importancia biológica de las especies y permite establecer, para la fecha de muestreo, qué especies fueron realmente dominantes en la comunidad conjuntando su abundancia y distribución. La especie *Proboscida alata* obtuvo el mayor puntaje (133), ya que es la especie que representa el 43.21% de la abundancia relativa total observada. En la Tabla IV.114, se presentan las especies que aportan el 80% de la dominancia total. Este tipo de análisis permite establecer cuales taxones son importantes, al combinar la abundancia relativa de cada especie con la frecuencia de aparición en las estaciones de muestreo.

Tabla IV.114. Índice de valor biológico para especies de fitoplancton en la región marina de aguas someras del sur del Golfo de México.

Especies	PEWA 4	PEWA 6	PEWA 9	PEWA 11	PEWA 13	PEWA 15	PEWA 22	PEWA 24	PEWA 26	PEWA 28	PEWA 29	PEWA 30	PEWA 32	PEWA 33	PEWA 34	PEWA 36	PEWA 37	PEWA 42	PEWA 44	PEWA 45	PEWA 46	PEWA 47	Frec. Relativa	IVB	Abundancia Total
Proboscia alata	8	6				1	10	10	2		10	10	10	4	9	10	8		10	10	8	7	17	133	147540
Chaetoceros		7	10		8	7	5	9		8	8	7			8	9	3				7	8	14	104	19220
Cerataulina pelagica	6	8			7	6				6			4		7	3			7		9	5	11	68	7880
Chaetoceros diversus							9			7					10	6	5	9	8	2	2		9	58	14660
Thalassiosira									10			9	6	10				10					5	45	5220
Hemiaulus sinensis	7	9		9	10	9																	5	44	9500
Chaetoceros curvisetus			9			3				1	6					4	10			7		2	8	42	7640
Nitzschia		5				5	8	8		2	2			6	6								8	42	4440
Hemiaulus hauckii	4	10			9	10		7															5	40	31920
Navicula	10					8			6									7			6	3	6	40	1240
Pseudosolenia calcar-avis	9	2	7	7															4	4			6	33	920
Rhizosolenia imbricata		3		8				5			1						2	8		6			7	33	1480
Chaetoceros affinis															1	8	7		5	9			5	30	6200
Chaetoceros decipiens											7		2		4	7	9			1			6	30	10080

Fuente: Elaboración IMP

La variabilidad espacio-temporal en la estructura y dinámica de las comunidades de productores primarios en el área marina es amplia y se relaciona con la frecuencia y masa de descargas ribereñas en la sección de la Sonda de Campeche. Estos cambios se atribuyen a ritmos sucesionales de las comunidades en el corto plazo. Sin embargo, ante el enriquecimiento de materia orgánica fósil como los aportes de hidrocarburos por emanaciones naturales o de descargas industriales, el fitoplancton marino muestra efectos sobre la composición de especies y su biomasa, el cual, a corto plazo puede restablecer su equilibrio. De acuerdo con Licea et al., (1982), el restablecimiento de la estructura comunitaria del fitoplancton en la Sonda de Campeche conlleva un plazo máximo de 40 días, una vez que los efectos deletéreos causados por la presencia de hidrocarburos fósiles en la columna de agua son atenuados por efectos de dilución, dispersión e intemperismo.

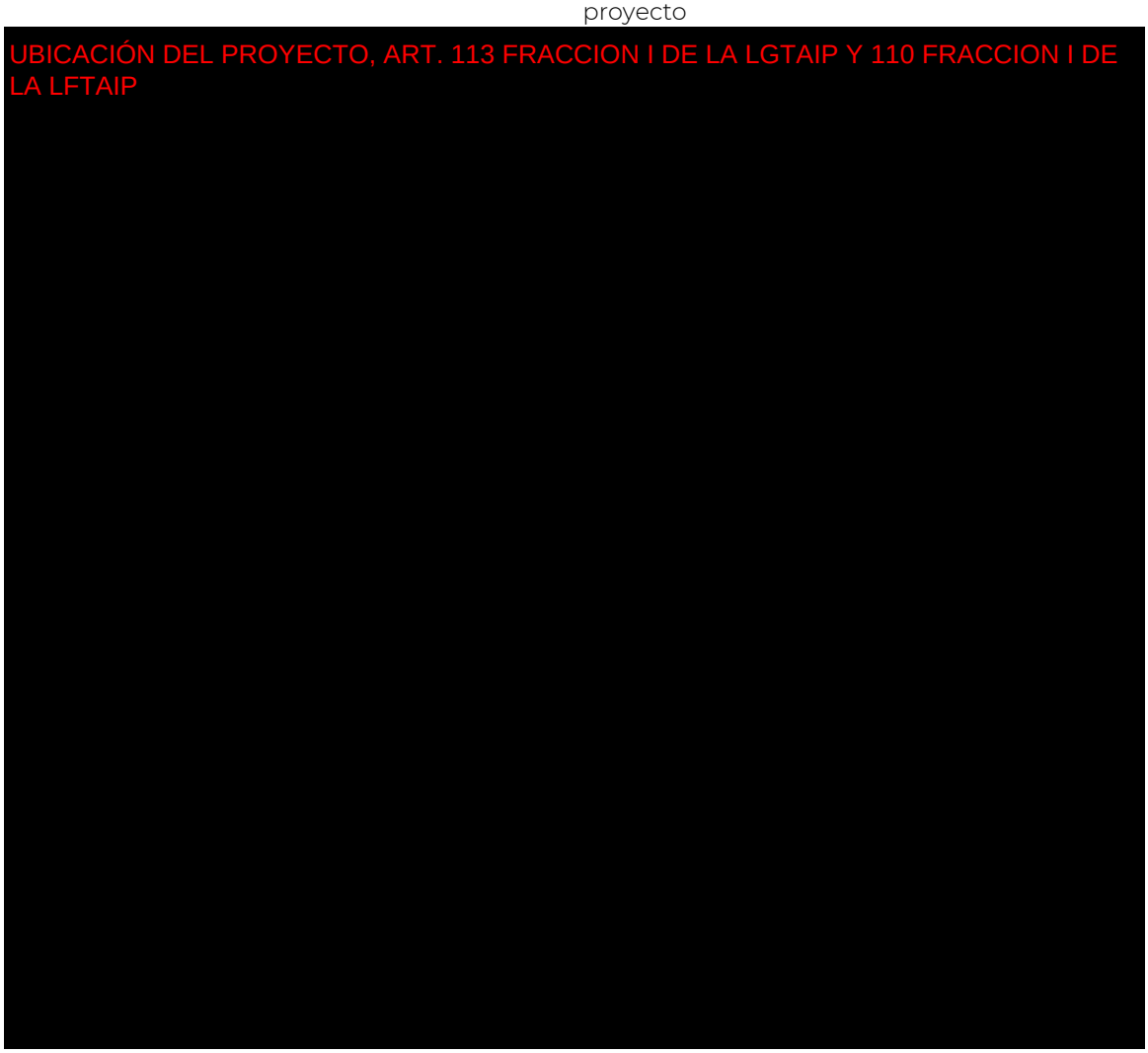
Zooplancton.

En el área marina del SAR sobre la costa de Frontera, Tabasco, se registraron valores medios de 20 a 25 taxones del zooplancton. Los grupos predominantes del zooplancton se delimitan a los grupos de copépodos y las larvas de peces, los quetognatos y las apendicularias, reconocidos por su asociación con ciertas masas de aguas oceánicas, así mismo, el registro de las mayores abundancias se presenta frente a los sistemas lagunares y pluviales Tabasco y Campeche. Las abundancias en la zona de interés variaron entre 43,259 y 366,200 individuos/m3 (Figura IV.220).

Elevadas concentraciones de sólidos orgánicos suspendidos y de fitoplancton frente a las descargas de los ríos Grijalva-Usumacinta, es propiciado por el enriquecimiento de la capa eufórica, dando como resultado la fertilización de la columna de agua por aporte de nutrientes epicontinentales, que suele incrementarse durante las épocas de lluvias y tormentas (junio a octubre) y por efecto de las corrientes costeras (Botello, 2005; Licea & Luna, 1999; Vega-Moro, 2004; Zavala-Hidalgo et al., 2003). La disponibilidad de nutrientes es aprovechada por el fitoplancton a través de florecimientos algales y como consecuencia un incremento de la fauna zooplanctónica.

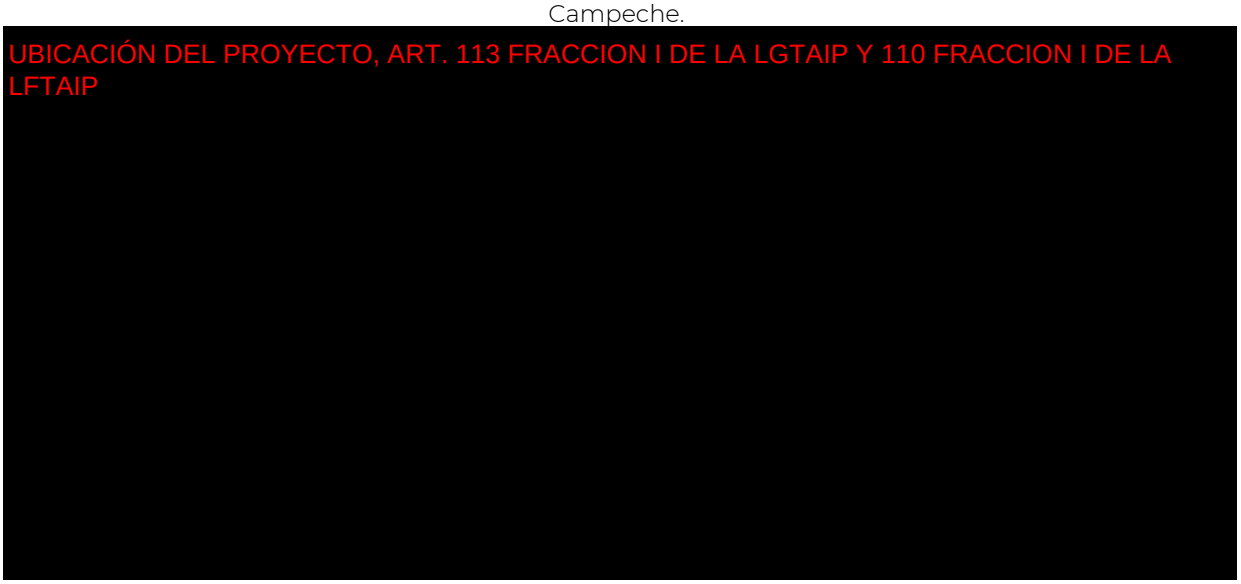
En la Sonda de Campeche se conoce la composición específica del zooplancton, su biomasa, diversidad y sus patrones espacio-temporales de distribución; los valores máximos de producción zooplanctónica se concentran en el área frente a la Laguna de Términos y el delta de los ríos Grijalva-Usumacinta. En condiciones de perturbación severas causadas por derrames de hidrocarburos fósiles, la biomasa del zooplancton puede reducirse hasta un orden de magnitud de 4. La complejidad de este componente se reestablece una vez que el efecto deletéreo cesa.

Figura IV.220. Riqueza específica y abundancia de zooplancton en el área de plataforma continental del sur del Golfo de México. Marco rojo: área correspondiente al SAR del presente proyecto



Considerando el área total de monitoreo presentado en la Figura IV.221, durante junio 2016 en el estudio ambiental del área de campos petroleros de aguas someras-Ronda 1, se registraron 29 taxones en 22 estaciones, donde la densidad máxima fue de 1 200 481 organismos en 1 000 m^3, 111 188 fueron organismos del meroplancton, 174 775 mero-plancton/holoplancton y 912 518 pertenecieron a holoplancton (IMP, 2017). La biomasa observada en esa fecha para el área correspondiente al SAR del presente estudio fue <43 organismos/1000 m^3.

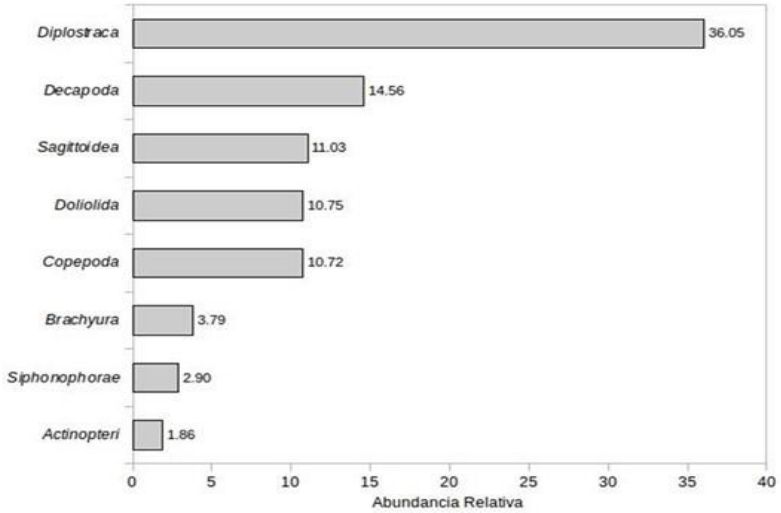
Figura IV.221. Distribución espacial de la biomasa zooplanctónica en área marina somera de Tabasco y Campeche.



Fuente: Elaboración IMP

En el mismo estudio, el 90% de la abundancia relativa estuvo representado por 8 taxones de los 29 reportados para este grupo. Los de mayor abundancia fueron Diplostraca con 36.06%, Decápoda con 14.56%, Saggitoidea con el 11.03%, Doliolida y Copépoda con 10.75 y 10.72% respectivamente. Además, Brachyura, Siphonophora y Actinopteri con menos del 4 % de abundancia relativa (Figura IV.221 y Figura IV.222).

Figura IV.222. Abundancia relativa del zooplancton.



Fuente: Elaboración IMP

Gasca et al. (1995), mencionan que la concentración de zooplancton en el suroeste del Golfo de México, se presenta en áreas con menos de 20 m de profundidad y es mayor durante junio a octubre, cuando la productividad comienza incrementarse por efecto del enriquecimiento en conjunto con la Corriente de Lazo, que durante ese periodo ingresa a la cuenca por el canal de Yucatán. Flores-Coto et al. (2009) mencionan en un estudio del ictioplancton, que la diversidad de especies es mayor hacia la zona más costera y que esta, se reduce hacia condiciones más oceánicas.

El índice de valor biológico permitió determinar los taxones con mayor dominancia, siendo Copépoda que junto a Decápoda y Sagittoidea fueron los grupos que se registraron con mayor frecuencia y abundancia (Tabla IV.115) en las estaciones ubicadas dentro de la SAR.

Tabla IV.115. Índice de valor biológico para las especies de zooplancton por estación.

Especies	PEWA 4	PEWA 6	PEWA 9	PEWA 11	PEWA 13	PEWA 15	PEWA 22	PEWA 24	PEWA 26	PEWA 28	PEWA 29	PEWA 30	PEWA 32	PEWA 33	PEWA 34	PEWA 36	PEWA 37	PEWA 42	PEWA 44	PEWA 45	PEWA 46	PEWA 47	Frec. Relativa	IVB	Abundancia Total
Copepoda	8	6	9	9	7	10	8	9	10	6	8	4	8	9	10	10	10	10	9	8	7	7	22	183	128679
Decapoda	7	9	6	2	9	8	7	6	9	9	9	8	10	8	4	8	8	9	9	10	10	10	22	175	174775
Sagittoidea	9	8	8	7	6	9	6	4	3	4	3	9	9	7	8	7	9	8	8	9	9	9	22	159	132379
Siphonophorae	10	10	3	5	5	4	2		4			5	6	3	5	4	4	6	4	4	6	6	19	96	34761
Diplostraca			1	10	10	7	3	8	6	5	10	10	1	10	2	1	3				4	4	17	95	432811
Doliolida	6		4	6	8		10	10						5	9	9	5		1		8	8	13	89	129078
Actinopteri	5	2		8	4	5	5	2	5	2	7	6	5	4	6	6	6	5		3			18	86	24925
Brachyura	4	5	7	1	2	1		5	7	8	5	7	7	6		2		4	2	6	1	1	19	81	45461

Fuente: Elaboración IMP

Ictioplancton. Este componente del zooplancton se encuentra conformado por huevos, larvas, postlarvas y algunos juveniles de peces, es de gran importancia dentro de las comunidades planctónicas por su gran potencial biológico y económico, sobre todo de aquellas especies de interés comercial como son Scombridae, Clupeidae, Engraulidae, Pleuronectiformes y Gerreidae.

De este componente, la información que se describe a continuación corresponde al análisis regional de la Sonda de Campeche, donde se conocen sus patrones de variabilidad espacio-temporales. Su estructura comunitaria está influenciada por la hidrodinámica prevaleciente en las zonas carbonatada y de influencia terrígena, y la intrusión de aguas oceánicas sobre la plataforma continental.

Se han determinado en la zona somera, hasta un total de 23 Órdenes (82.1% del total registrados para el Sur del Golfo de México) y 102 Familias (93.58% del total). Análisis iniciales en la época de estío de 1978, el porcentaje de abundancia de larvas

registrado a nivel familias fue el siguiente: Gobiidae 29.68%; Pleuronectiformes 20.69%; Scombridae 5.71%. En 1983, Clupeidae 23.12%; Engraulidae 19.98%; Gerreidae 10.11%. En la época de precipitación en 1978, Clupeidae 27%; Bothidae 21.38%; Gobiidae 18.42% y Engraulidae 6.73%. En 1999, Engraulidae 45.12%; Clupeidae 12.48%; Gobiidae 10.07% y Carangidae 8.04%. En la época de Nortes de 1984, Trichiuridae 10.26%, Tetraodontidae 7.69%, Synodontidae 6.74% y Stomatidae 6.92%.

En cuanto al patrón espacio-temporal, en la zona terrígena, la riqueza biológica tuvo poca variación anual. En la zona carbonatada, el número de familias presentes fue menor que en la zona terrígena. Sin embargo, en la época de lluvia pueden observarse fluctuaciones producto de los aportes terrígenos que enriquecen la zona con materiales biogénicos de origen continental, produciendo un incremento en la riqueza. Durante nortes, es posible observar una distribución en forma de parches con picos de alta diversidad cercanos a la costa.

Los cambios observados en los principales rasgos de la comunidad ictioplanctónica (abundancia larval, diversidad biológica, importancia), coinciden con la presencia de procesos que enriquecen las aguas costeras (principalmente aportes epicontinentales). Las aguas oceánicas presentan una comunidad ictioplanctónica que mantiene una mayor relación con la dinámica de procesos hidrológicos locales (giro ciclónico y corrientes).

La zona terrígena muestra una mayor riqueza específica que la zona carbonatada dado la abundancia de nutrientes de origen continental. La zona carbonatada presenta una oscilación estacional de la riqueza específica dada la influencia de los fenómenos climatológicos (precipitaciones) y una diversidad menor.

Bentos.

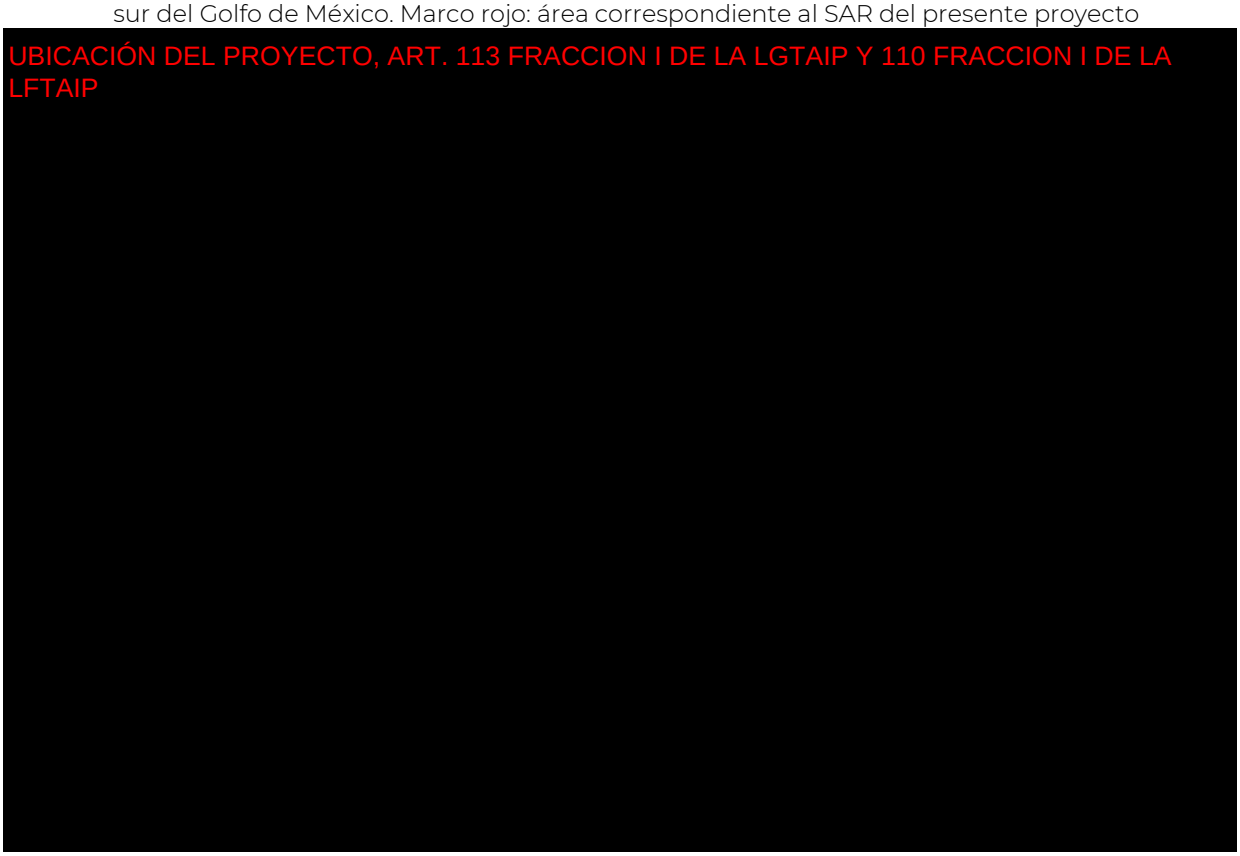
Este componente biológico asociado al fondo, está bien documentado en cuanto a sensibilidad para demostrar las perturbaciones ecológicas y respuesta a condiciones de estrés debido a causas naturales o antropogénicas; su complejidad es resultado de las condiciones del medio reflejada cuantitativamente en cambios de diversidad, densidad, abundancia y biomasa, los cuales funcionan como indicadores de cambio o alteración (Soto et al., 2009).

En el Golfo de México, el bentos ha sido estudiado desde la década de setenta, de lo cual se ha observado que sus patrones espaciales responden a la complejidad del fondo marino y a la topografía de la plataforma continental. Está dividido en dos tipos de hábitat: 1) la infauna que son las especies que viven en estrecha relación con el sedimento y 2) la epifauna, que son los organismos que viven en la capa superficial

sedimentaria. La infauna está regulada por las propiedades fisicoquímicas de los sedimentos como son la textura, mineralogía, condición redox y materia orgánica, mientras que la epifauna está influida por la salinidad, luz y temperatura, oxígeno disuelto, materia orgánica sedimentaria y corrientes de fondo.

Infauna. En junio de 2016, en la zona de influencia donde se ubica el SAR, se registraron menos de 10 taxones de infauna bentónica (Figura IV.223), en abundancias entre 1 y 10 org/m2. En general la abundancia en las cotas más someras fue baja y se mostró incrementada hacia la cota de 140 a 380 m mar adentro de los límites del área correspondiente al SAR y hacia la plataforma carbonatada.

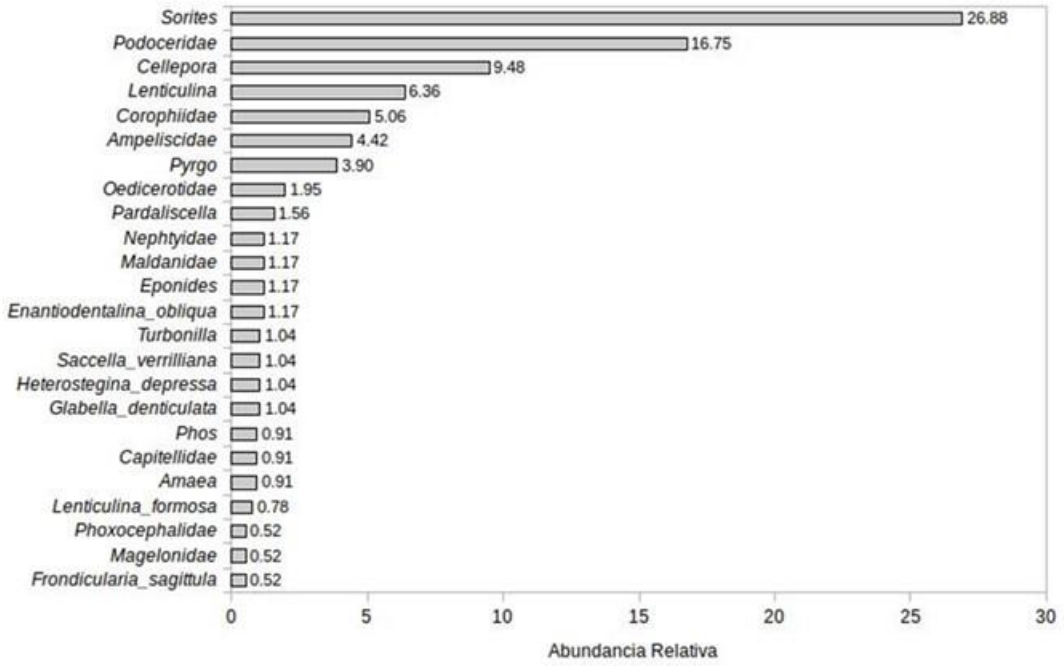
Figura IV.223. Riqueza específica y abundancia de infauna en el área de plataforma continental del sur del Golfo de México. Marco rojo: área correspondiente al SAR del presente proyecto



Fuente: Elaboración IMP

Los grupos más abundantes de infauna en la zona de aguas someras son Foramíniferos con 40%, Políquetos 22.99%, Crustáceos con 11.04% Bryozoa 9.48% y Moluscos con 6.75%. Sorites representó el 26.88 % del total de la infauna y Podoceridae, el 16.75%, estos dos taxones fueron los más abundantes (Figura IV.224).

Figura IV.224. Abundancia relativa de la infauna en aguas someras del sureste del Golfo de México en junio 2016.



Fuente: Elaboración IMP

Sin embargo, la diversidad de especies es mayor en zonas someras, estos patrones pueden variar dependiendo de las condiciones físicas del sedimento (Hutchings, 1998). El gradiente de profundidad es importante para la distribución de las especies infaunales, hacia zonas someras con mayor contenido de carbonato los moluscos pueden llegar a representar hasta dos terceras partes de la fauna (Montagna & Harper, 1996), mientras que hacia zonas más profundas y con mayor contenido de materia orgánica el grupo mejor representado son los políquetos (Hutchings, 1998).

La dominancia calculada con el índice de valor biológico, determina que taxones tienen mayor importancia dada la frecuencia de aparición y la abundancia relativa de cada uno. En el área, Sorites fue el taxón con mayor importancia. En la Tabla IV.116, se listan además los 20 taxones cuyo valor de importancia representa el 80% del total observado en aguas someras.

Tabla IV.116. Índice de valor biológico para las especies de infauna en aguas someras

Especies	PEWA 3	PEWA 4	PEWA 6	PEWA 9	PEWA 11	PEWA 13	PEWA 15	PEWA 17	PEWA 22	PEWA 24	PEWA 26	PEWA 28	PEWA 29	PEWA 30	PEWA 32	PEWA 33	PEWA 34	PEWA 35	PEWA 36	PEWA 37	PEWA 41	PEWA 42	PEWA 43	PEWA 44	PEWA 45	PEWA 47	Frec. Relativa	IVB	Abundancia Total
Sorites	10			10																	10	10	8	9	8	9	8	74	207
Podoceridae				7	8					10	10	10		10													6	55	129
Nephtyidae										8	8						10	10		6						7	6	49	9
Cellepora																					9	8	9	10	10		5	46	73
Pyrgo										6									8				10	8	9	5	6	46	30
Capitellidae												9	7	9												8	4	33	7
Maldanidae				6						9			10												6		4	31	9
Lenticulina	9							10	10																		3	29	49
Magelonidae						10						5		8					6								4	29	4
Pardaliscella															9				10							10	3	29	12
Enantodentalina_obliqua								8												10		9					3	27	8
Lenticulina_formosa								6											7	7			6				4	26	6
Ampeliscidae				9	10																						2	19	34
Eponides								9												9							2	18	9
Lumbrineridae												8					9										2	17	3
Saccella_verrilliana	7		10																								2	17	8
Frondicularia_sagittula	6																			8							2	14	4
Glabella_denticulata	8	6																									2	14	8
Harryplax												6	8														2	14	3
Phoxocephalidae				5					9																		2	14	4

Fuente: Elaboración IMP

Epifauna. La epifauna son los organismos que viven sobre el sustrato ya sean sésiles (fijos al fondo) o motiles (que se desplazan sobre el fondo). Los grupos más comunes en los fondos blandos en el suroeste del Golfo de México son artrópodos, moluscos, equinodermos y cnidarios; de estos, los artrópodos son más abundantes principalmente los crustáceos son comúnmente capturados como fauna de acompañamiento con redes de arrastre camaroneras, por lo que son consideradas como recurso con potencial de explotación (Carpenter et al., 2002).

En el área de aguas someras, en junio 2016, se registraron en total 5 Phylum, 7 Clases, 12 Órdenes, 34 Familias, 42 Géneros y 42 Especies. La distribución de macro-fauna es amplia en la zona y es influenciada por factores como: tipo de sedimento y profundidad; entre los 15 y 45 m, el tipo de sedimento influye sobre la distribución de las especies, mientras que la zona entre los 46 y 70 m es una zona de transición o ecotono entre dos provincias sedimentarias que propicia un incremento en el número de especies, la primera tiene plataforma angosta con pendiente abrupta que recibe aportes importantes de sedimentos terrígenos del sistema Grijalva-Usumacinta; por su parte, el banco de Campeche presenta amplia plataforma con poco aporte pluvial y sedimentos de origen biogénico (carbonatos) (Ruiz et al., 2013).

La riqueza de epifauna en el área del SAR fue de máximo 6 taxones (Figura IV.225) con abundancias bajas con respecto a los registros observados en toda el área

marina somera, donde la mayor abundancia se ubicó frente a la fuente de mayor descarga pluvial hacia los 20 a 120 m de profundidad.

Del total de epifauna recolectada en la región de aguas someras, el 90% de la abundancia relativa fue representado por 11 de los 49 taxones registrados, estos fueron Arthropoda (6), Mollusca (2), Cnidaria (2) y Echinodermata (1). Los taxones más abundantes registrados en la temporada (Figura IV.226) fueron *Squila edentata*, *Callinectes sapidus*, *Achelous spina-carpues* y *Penaeus duorarum*, que juntas representaron cerca del 60% de la abundancia total, las especies más abundantes *Squilla edentata* y *Callinectes sapidus* con 1,145 y 797 individuos respectivamente, siendo los crustáceos, el grupo dominante de macrofauna como se ha observado en estudios antecedentes en el área (Escobar-Briones et al., 2008; Ruiz *et al*., 2013).

Figura IV.225. Riqueza específica y abundancia de epifauna en el área de plataforma continental del sur del Golfo de México. Marco rojo: área correspondiente al SAR del presente proyecto

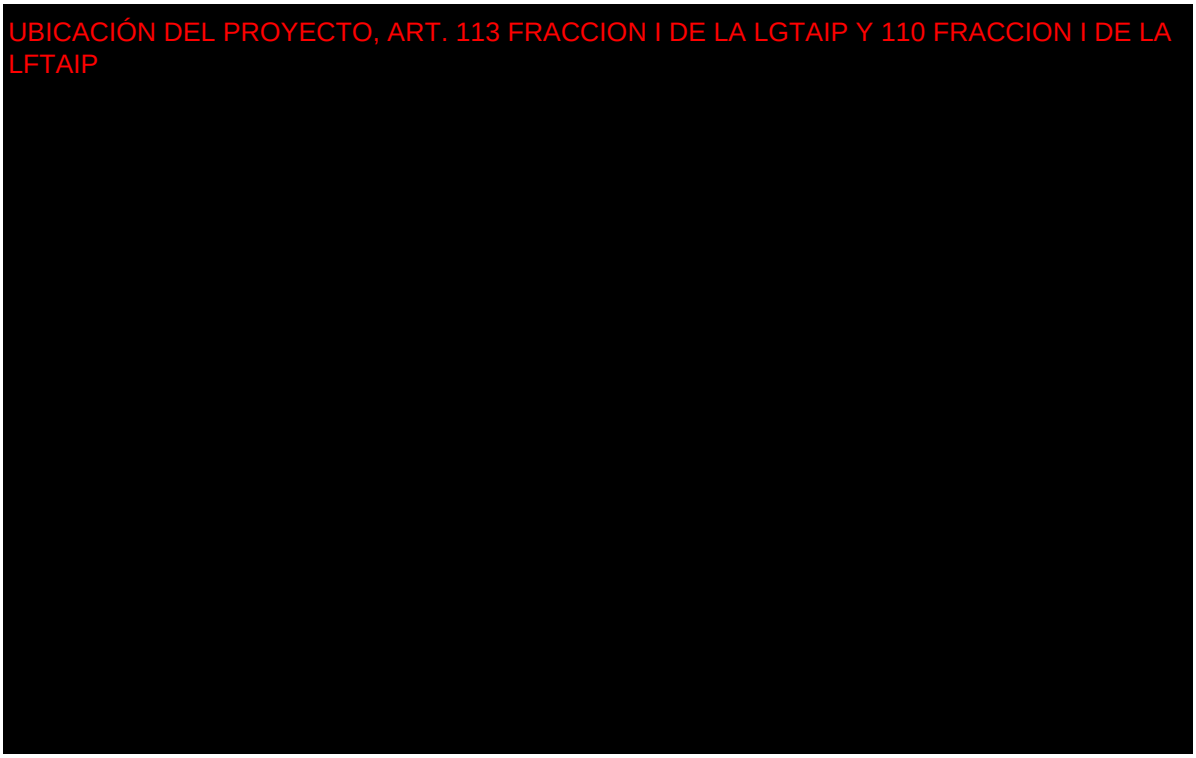
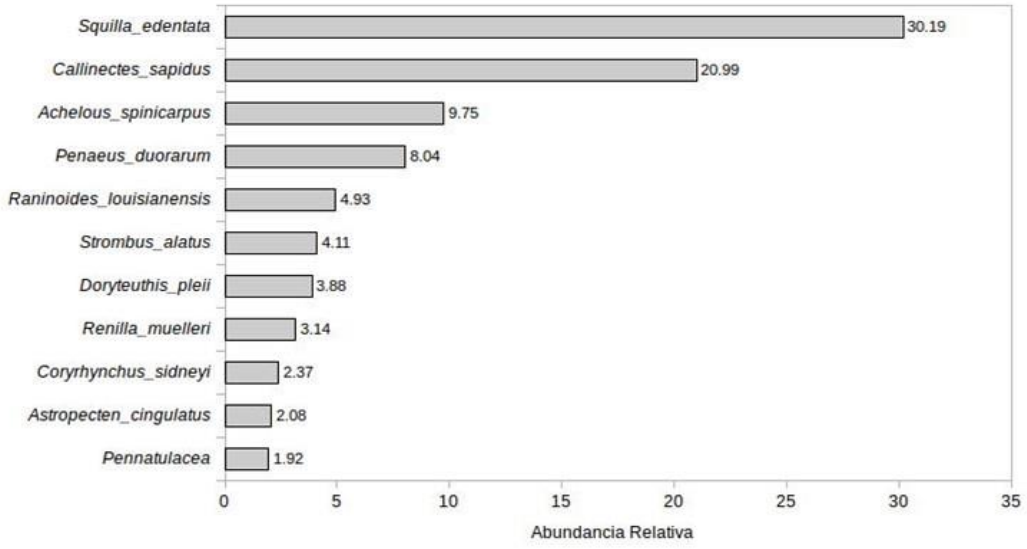


Figura IV.226. Abundancia relativa de la epifauna en aguas someras del sureste del Golfo de México en junio 2016.



Fuente: Elaboración IMP

El análisis del índice de valor biológico determinó que *Achelous spinicarpus*, *Callinectes sapidus*, *Penaeus duorarum* fueron las especies más abundantes y frecuentes (Tabla IV.117). Los Grupos dominantes fueron Crustáceos (76%), Cefalópodos (5%), Gasterópodos (4%), Octocoral y Equinodermos con (3% respectivamente). Carpenter *et al.* (2002); Escobar-Briones *et al*. (2008); Ruiz *et al*. (2013), coinciden con este tipo de patrones, independientemente que sus resultados solo se refieran a valores relativos de abundancia.

Tabla IV.117. Índice de valor biológico para las especies de epifauna por estación.

Especies	PEWA 4	PEWA 6	PEWA 9	PEWA 11	PEWA 13	PEWA 15	PEWA 22	PEWA 24	PEWA 26	PEWA 28	PEWA 29	PEWA 30	PEWA 32	PEWA 33	PEWA 34	PEWA 36	PEWA 37	PEWA 42	PEWA 44	PEWA 45	PEWA 46	PEWA 47	Frec. Relativa	IVB	Abundancia Total
Achelous spinicarpus	10	7				10	8			9			7		9	6	9	10			10	9	12	104	370
Callinectes sapidus		9	8	8	7			9	10	0	10	9	10	10	7								11	97	796
Penaeus duorarum	3	10			10	5	4	8		5	5	8		4	8	3		4					13	77	305
Doryteuthis pleii	6		9				10			7				7	10	2		6	9			10	10	76	147
Squilla edentata				10	8			10			9	10	9	5	6			9					9	76	1145
Astropecten cingulatus	7		6	7			6			6					5	9	8	8	10				10	72	79
Raninoides louisianensis	5	8				9	7			8						10	7						7	54	187
Astropecten articulatus						8					8									10	9	7	5	42	38
Doryteuthis pealeii				9	4			5			7	7		8									6	40	48
Coryrhynchus sidneyi						1	9									8	10	7					5	35	90
Renilla muelleri								7					8	9									3	24	119
Iliacantha liodactylus	4				1	6				4						4							5	19	15
Strombus alatus			10		9																		2	19	156

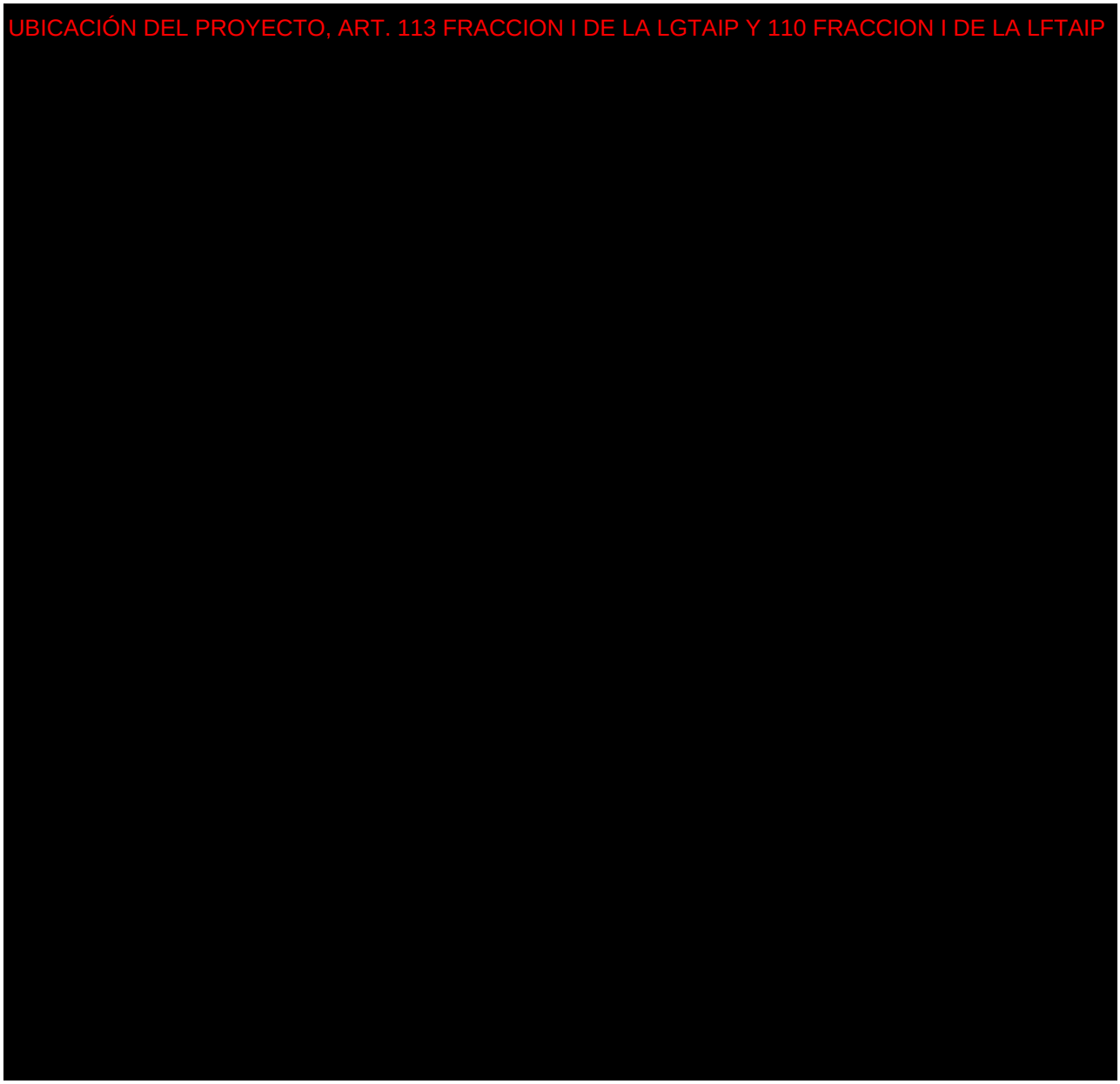
Fuente: Elaboración IMP

Necton.

La importancia que tiene el componente nectónico en el ecosistema marino en el Sistema Sonda de Campeche (SMC), es por un lado económico y por otro ecológico, pues son transformadores de energía primaria, ya que se alimentan de materia orgánica, fitoplancton y zooplancton. Estos organismos se encuentran ocupando diversos eslabones de la cadena trófica, siendo desde consumidores secundarios hasta encontrarse en el tope de la cadena trófica. Así mismo, son reguladores energéticos en ecosistemas costeros debido a su habilidad de desplazarse intra y entre ecosistemas. Son organismos que viven en estrecha vinculación con el marco físico ambiental del hábitat, al cual han adaptado sus estrategias biológicas reproductoras y alimentarias, por lo cual pueden presentar respuestas a la contaminación del medio marino. La importancia e interacción de las actividades petroleras y pesqueras se han hecho más relevantes conforme aumentan las interacciones ecológicas y socioeconómicas entre estas dos actividades en la región.

Los peces registrados en la región de aguas someras en junio 2016, fueron 1 Phylum, dos Clases: Actinopterygii y Elasmobranchii, con un total de 21 órdenes, 47 familias, 82 géneros y 108 taxones, 102 son peces óseos y 6 elasmobranquios, que corresponden aproximadamente al 56 % de las reportadas en la Sonda de Campeche (193 especies). Los taxones observados frecuentemente fueron: los órdenes Perciformes y Pleuronectiformes; las familias Paralichthydae (Lenguados), Carangidae (Jureles y Pampanos) y Lutjanidae (Pargos). En la distribución espacial de la riqueza, en el área del SAR, se observaron valores menores a los observados en el área somera marina total (1 a 14 taxones) asociados a zonas de mayor influencia antropogénica costera coincidiendo con la menor abundancia 1 a 100 organismos (Figura IV.227).

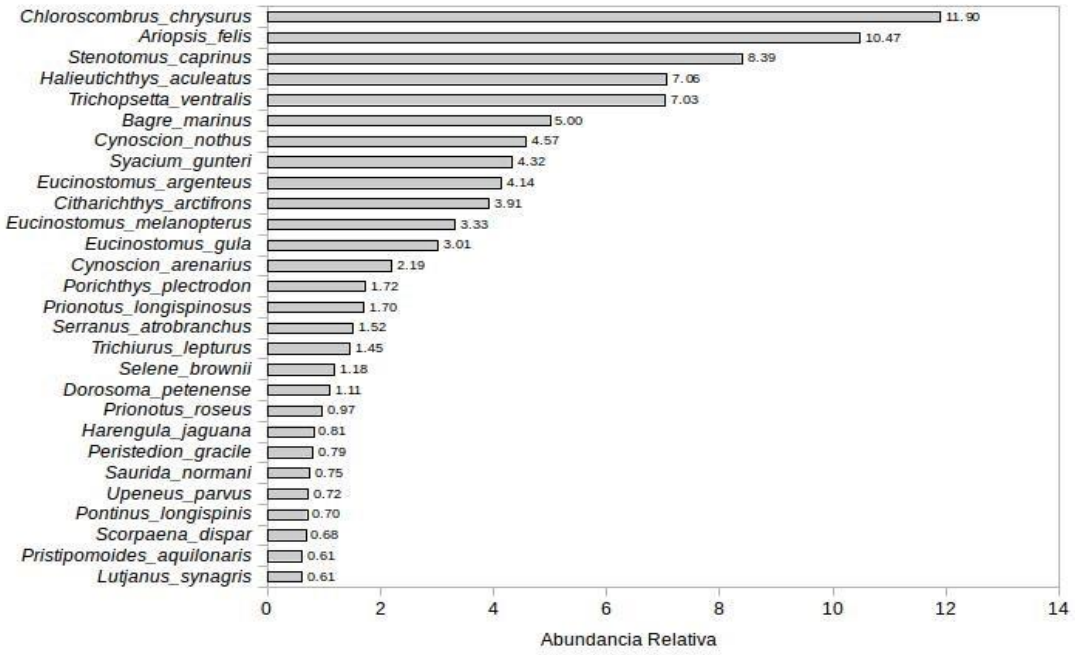
Figura IV.227. Riqueza específica y abundancia de necton en el área de plataforma continental del sur del Golfo de México. Marco rojo: área correspondiente al SAR del presente proyecto



En términos de biomasa, los valores más altos se observaron hacia el área costera, particularmente en la zona del SAR. El taxón con el valor más alto fue el bagre *Ariopsis felis* con 151.7 kg, *Bagre marinus* con 66.5 kg y *Chloroscombrus chrysurus* con 27.8 kg que se distribuyeron principalmente en las cotas menores a 20 m. Particularmente se tuvo el caso de la raya redonda de estero Urobatis jamaicencis y fueron dos individuos que pesaron en conjunto 25 kg.

Chloroscombrus chrysurus, representó el 11.9%, la mayor abundancia relativa de este carangido responde a que, si bien es una especie que se encuentra en aguas superficiales, se distribuye en la plataforma continental sobre zonas de fondos blandos. Además, forma grandes cardúmenes y suele ser común en lagunas costeras y estuarios (Cervigon, 1992). *Ariopsis felis* es una especie que fue muy abundante y represento el 10.47% de la abundancia también distribuido en profundidades máximas de 15 m (Figura IV.228).

Figura IV.228. Abundancia relativa de peces.



Fuente: Elaboración IMP

Los valores de riqueza en las diferentes estaciones no mostraron datos extremos, el máximo fue de 27 especies considerando que se identificaron más de 100. Además, no se detectó un gradiente evidente entre la región costera y pelágica, existe cierta influencia por algunos sistemas riparios relacionado a la desembocadura de los ríos

Usumacinta y Grijalva en el estado de Tabasco y a la Laguna de Términos en Campeche (López-Jiménez & Torruco, 2014).

Las especies predominantes en el área dada su frecuencia y abundancia total fueron *Chloroscombrus chrysurus* y *Syacium gunteri* con mayor valor biológico en las estaciones relacionadas al SAR. Así mismo, en los sitios con distribución costera se observaron los mayores índices de equitatividad, diversidad media y baja dominancia mostrando equilibrio entre las poblaciones del grupo biológico hacia profundidades alrededor de los 25 m.

Soto et al. (2009) establecen que los patrones espacio-temporales del necton en el sur del Golfo de México están correlacionados significativamente con las variaciones climatológicas reconocidas para la zona. En la provincia carbonatada se presentan los valores más altos de biomasa y diversidad incrementando la abundancia en la zona de plataformas costa afuera, asociado a las zonas de exclusión por efecto de protección que representan las estructuras de las instalaciones petroleras y la transferencia de materia orgánica por la cadena trófica.

En resumen las condiciones biológicas observadas en la zona de interés se caracterizan por ser de un ambiente complejo debido a la variedad de factores que ecológicamente la definen como un ambiente cuya diversidad se ve modificada por la influencia de la dinámica costera.

La productividad biológica del área marina está determinada por el tipo sedimentario, aportes de terrígenos continentales, descarga pluvial en la zona y obedece a ciclos definidos asociados a la temporalidad climática de la zona.

Sobre las comunidades biológicas registradas en el sistema marino bajo estudio, ninguna de las especies de peces identificados, se encuentra considerado en la NOM-059- SEMARNAT- 2010.

IV.3.1.3 Medio Socioeconómico

Dentro del SAR confluyen 9 Municipios, los cuales son: Paraíso, Comalcalco, Cunduacán, Cárdenas, Jalpa de Méndez, Centla, Nacajuca, Centro y Huimanguillo, cabe mencionar que éste último es el menor representado y no reporta INEGI ninguna localidad que se asiente dentro del SAR.

En general las estadísticas del INEGI manifiestan que en los municipios involucrados el sector es predominante es el secundario, con la producción y extracción de petróleo crudo y gas natural. El sector primario, que se representa por la agricultura, ganadería y pesca, son la segunda actividad e importancia. En términos generales, las actividades económicas por sector se distribuyen de la siguiente manera:

- Sector Primario: 33 % Agricultura, Ganadería, Caza y Pesca
- Sector Secundario: 27% Minería, Petróleo, Industria Manufacturera, Construcción y Electricidad
- Sector Terciario: 34% Comercio, Turismo y Servicios
- Actividades: 6% no especificadas

Las características generales de los principales municipios representados en el SAR, se muestran a continuación:

Paraíso

Población. De acuerdo con INEGI 2010, existen 44 localidades de las cuales 5 son urbanas Paraíso, Comalcalco, Reyes Hernández 2da. Sección, Quintín Arauz y Puerto Ceiba, además de 39 localidades rurales. La suma de la población urbana asciende 77,896 habitantes, mientras que la suma de la población rural es de 52,950 dando un total de 130,846 habitantes. De la población total reportada, el 50.5& corresponde a mujeres y el 49.5% a hombres.

La situación de la población económicamente activa, dentro del municipio, presenta la distribución señalada en la siguiente tabla:

Tabla IV.118. Población Económicamente activa a 2010 Paraíso, Tabasco.

Indicadores de participación económica	Total	Hombres	Mujeres	% Hombres	% Mujeres
Población económicamente activa (PEA) (1)	**29,816**	**22,645**	**7,171**	**75.95**	**24.05**
Ocupada	27,970	21,065	6,905	75.31	24.69
Desocupada	1,846	1,580	266	85.59	14.41
Población no económicamente activa(2)	**34,207**	**8,601**	**25,606**	**25.14**	**74.86**

(1) Personas de 12 años y más que trabajaron, tenían trabajo pero no trabajaron o buscaron trabajo en la semana de referencia.

(2) Personas de 12 años y más pensionadas o jubiladas, estudiantes, dedicadas a los quehaceres del hogar, que tenían alguna limitación física o mental permanente que le impide trabajar

Fuente: SEGOB, INAFED

Del total de la producción generada en el municipio, el sector secundario aporta más del 98 por ciento mediante la extracción de petróleo crudo y gas natural; la industria manufacturera contribuye con un 0.05 %; electricidad y agua 0.002 % y la industria de la construcción un 0.004 %. Del sector terciario, el comercio aporta un 0.22 %; los servicios de comunicación y transporte un 0.019 % y los servicios privados no financieros un 0.36 %.

La mayor parte de la vivienda reportada es de tipo particular, con 3 dormitorios y de tipo casa habitación. Las localidades rurales se ubican principalmente sobre las vías de comunicación y en la periferia de las localidades urbanas.

Paraíso está catalogado, dentro de los municipios de Tabasco con un grado de marginación bajo; ocupando el lugar 16 de las 17 alcaldías de la entidad.

A nivel nacional, también se ubica dentro del grupo que presenta un grado de marginación bajo y en el conjunto de municipios que tienen un grado de rezago social muy bajo.

Para la zona aledaña al sitio de la Refinería Dos Bocas, que se encuentra completamente incluida dentro del Municipio de Paraíso, se tuene de acuerdo con la información del Censo de Población y Vivienda de INEGI 2010, para esta zona directa se albergan 9,936 habitantes. El 58% son urbanos 5,739 y 42% rurales 4,197 de las localidades de Nuevo Torno Largo y Puerto Ceiba Carrizal.

En cuanto a las vías de comunicación y transporte, para las inmediaciones del sitio del proyecto, se pueden observar diferentes caminos, brechas, veredas y carreteras. Entre las cuales se encuentran: Libramiento a Dos Bocas, Carretera Paraíso-Comalcalco (Malpaso-El Bellote), Lázaro Cárdenas del Río, Paraíso-Las Flores, Boulevard Manuel A. Romero Zurita, Santos Degollado, Gregorio Méndez Magaña, Calle Uno.

De acuerdo a la DENUE, las unidades económicas presentes en las inmediaciones del sitio del proyecto hay 167 establecimientos registrados, los grupos con mayor presencia son: comercio al por menor (38 establecimientos), otros servicios (33) y hospedaje y alimentos (31).

La distribución espacial de los establecimientos en el la zona permite identificar que una buena parte de las unidades económicas se ubican sobre la vialidad Av. Lázaro Cárdenas del Río, una de las vialidades que conectan a la localidad de Paraíso con Frontera (Municipio de Centla).

La misma fuente indica que el equipamiento urbano está constituido por, cuatro centros educativos, una estancia infantil y una clínica y de manera adicional se cuenta con:

- Hospital General Pemex Paraíso y la Clínica de Especialidades de Pemex
- Edificio Administrativo Pemex Kaan-Ceiba
- Instalaciones de la Administración Portuaria Integral (API)
- Instalaciones de la Terminal Marítima Dos Bocas
- Parque Giselita Rodríguez Dclis.
- Polideportivo
- Club Petrolero Paraíso

La información que INEGI proporciona, es generada de manera municipal y local, sin embargo, utiliza como unidad de medida a nivel localidad, incluso la existencia de una vivienda, motivo por el cual no en todos los casos se presenta información a nivel localidad. Para el SAR el Municipio con mayor representación el Paraíso, seguido de Comalcalco, Cunduacán y Centla, los cuales se describen en términos generales a continuación.

Comalcalco

El municipio de Comalcalco está representado en la zona por 23 localidades de las cuales 4 son urbanas las cuales son Cocohital, Chichicapa, Comalcalco, Reyes Hernández 2da Sección y 19 rurales, con una población dentro del SAR de 120,536 habitantes. Para el municipio se tiene una distribución entre hombres y mujeres de 49.32% y 50.68% respectivamente.

La situación de la población económicamente activa, dentro del municipio, presenta la distribución mostrada en la siguiente tabla:

Tabla IV.119. Población Económicamente activa a 2010 Comalcalco, Tabasco.

Indicadores de participación económica	Total	Hombres	Mujeres	% Hombres	% Mujeres
Población económicamente activa (PEA) (1)	**65,015**	**51,454**	**13,561**	**79.14**	**20.86**
Ocupada	60,325	47,309	13,016	78.42	21.58
Desocupada	4,690	4,145	545	88.38	11.62
Población no económicamente activa (2)	**77,827**	**18,185**	**59,642**	**23.37**	**76.63**

(1) Personas de 12 años y más que trabajaron, tenían trabajo pero no trabajaron o buscaron trabajo en la semana de referencia.

(2) Personas de 12 años y más pensionadas o jubiladas, estudiantes, dedicadas a los quehaceres del hogar, que tenían alguna limitación física o mental permanente que le impide trabajar

Fuente: SEGOB, INAFED

La mayor parte de la vivienda reportada es de tipo particular, con 2 dormitorios y de tipo casa habitación. Como una constante en la mayoría de los municipios del Estado, las localidades rurales se ubican principalmente sobre las vías de comunicación y en la periferia de las localidades urbanas.

Cunduacán

Para el caso de este municipio, se incluyen dentro del SAR 43 localidades de las cuales INEGI no reporta número de habitantes. Más que para una de ellas, Huimango 2da Sección (La Mona) con una población de 1509 habitantes. De acuerdo a la información municipal, la distribución entre hombres y mujeres es de 49.34% y 50.66% respectivamente.

La situación de la población económicamente activa, dentro del municipio, presenta la distribución mostrada en la siguiente tabla:

Tabla IV.120. Población Económicamente activa a 2010 Cunduacán, Tabasco.

Indicadores de participación económica	Total	Hombres	Mujeres	% Hombres	% Mujeres
Población económicamente activa (PEA) (1)	**336,974**	**209,610**	**127,364**	**62.2**	**37.8**
Ocupada	315,954	193,840	122,114	61.35	38.65
Desocupada	21,020	15,770	5,250	75.02	24.98
Población no económicamente activa (2)	**263,800**	**76,764**	**187,036**	**29.1**	**70.9**

(1) Personas de 12 años y más que trabajaron, tenían trabajo pero no trabajaron o buscaron trabajo en la semana de referencia.

(2) Personas de 12 años y más pensionadas o jubiladas, estudiantes, dedicadas a los quehaceres del hogar, que tenían alguna limitación física o mental permanente que le impide trabajar

Fuente: SEGOB, INAFED

Centla

Para el caso de este municipio, se incluyen dentro del SAR solamente 2 localidades, una catalogada como urbana (Cuahutpemoc) y otra rural, reportando un total de 4388 habitantes. De acuerdo a la información municipal, la distribución entre hombres y mujeres es de 49.87% y 50.13% respectivamente.

La situación de la población económicamente activa, dentro del municipio, presenta la siguiente distribución:

Tabla IV.121. Población Económicamente activa a 2010 Centla, Tabasco.

Indicadores de participación económica	Total	Hombres	Mujeres	% Hombres	% Mujeres
Población económicamente activa (PEA) (1)	**32,567**	**26,916**	**5,651**	**82.65**	**17.35**
Ocupada	30,603	25,238	5,365	82.47	17.53
Desocupada	1,964	1,678	286	85.44	14.56
Población no económicamente activa (2)	**41,912**	**9,834**	**32,078**	**23.46**	**76.54**

(1) Personas de 12 años y más que trabajaron, tenían trabajo pero no trabajaron o buscaron trabajo en la semana de referencia.

(2) Personas de 12 años y más pensionadas o jubiladas, estudiantes, dedicadas a los quehaceres del hogar, que tenían alguna limitación física o mental permanente que le impide trabajar

Fuente: SEGOB, INAFED

Centla es, dentro catalogado dentro de los municipios de Tabasco, con grado de marginación medio; ocupa el lugar 5 de las 17 alcaldías de la entidad.

A nivel nacional, está dentro del grupo que presenta un grado de marginación medio, y en el conjunto de municipios que tienen un grado de rezago social bajo.

Fenómeno de Migración

Los datos muestran que en los municipios de Cárdenas y Paraíso la población que sale a buscar trabajo, es más de la que llega a incorporarse en alguna actividad laboral.

En las siguientes tablas se muestra la migración a nivel municipal que han tenido los 4 municipios que mayor representan el SAR.

Tabla IV.122. Migración reportada para os municipio.

Paraíso

Lugar de nacimiento	Población total		
	Total	Hombres	Mujeres
En la entidad federativa	78,156	38,416	39,740
En otra entidad federativa	6,509	3,488	3,021
En los Estados Unidos de América	54	28	26
En otro país	52	30	22
No especificado	1,849	925	924
Total	86,620	42,887	43,733

Comalcalco

Lugar de nacimiento	Población total		
	Total	Hombres	Mujeres
En la entidad federativa	183,125	90,143	92,982
En otra entidad federativa	8,029	4,120	3,909
En los Estados Unidos de América	125	58	67
En otro país	80	38	42
No especificado	1,443	725	718
Total	192,802	95,084	97,718

Cunduacán

nacimiento	Población total		
	Total	Hombres	Mujeres
En la entidad federativa	121,427	59,788	61,639
En otra entidad federativa	4,479	2,340	2,139
En los Estados Unidos de América	67	28	39
En otro país	37	18	19
No especificado	406	194	212
Total	126,416	62,368	64,048

Centla

Lugar de nacimiento	Población total		
	Total	Hombres	Mujeres
En la entidad federativa	96,604	48,018	48,586
En otra entidad federativa	4,875	2,586	2,289
En los Estados Unidos de América	52	28	24
En otro país	7	3	4
No especificado	572	290	282
Total	102,110	50,925	51,185

Fuente: SEGOB, INAFED

Como se puede ver en la información previa, el fenómeno migratorio es relativamente homogéneo para los municipios mencionados y en términos generales es bajo, considerando a la expulsión de la población fuera de la entidad.

Oferta turística

Las principales actividades recreativas de la zona, está relacionada con la pesca y el turismo local y nacional principalmente, dada la vegetación exhuberante, las playas y la gastronomía local.

El corredor turístico "República de Paraíso" es ampliamente conocido en el Estado, el cual es un centro turístico de la Villa Puerto Ceiba, de este municipio, el cual se localiza a las orillas de la laguna Mecoacán, donde se encuentran exhibidas piezas de las culturas Olmeca Maya, réplicas hechas con piedras de basalto.

En la última década, el turismo ecológico ha tomado fuerza en la zona, dada las características ambientales de la misma y la variedad de paisajes que se ofrecen en la región, por lo cual el senderismo, viajes en kayak, recorridos en lancha por ríos, lagunas y manglares, son actividades recreativas que se realizan de manera cotidiana.

Zonas Sensibles

Las áreas sensibles son aquellas que bajo intervención humana, pueden tener dificultades para su recuperación funcional, en el país se han desarrollado e implementado diferentes instrumentos para la observancia de éstas áreas con importancia ecológica y si bien dentro del SAR no se localizan Áreas Naturales Protegidas o sitios RAMSAR, en general en el área costera del Golfo de México, se ha detectado la presencia de fragmentación de vegetación primaria arbórea, la cual es debida a la transformación de áreas naturales hacia áreas agropecuarias y/o industriales, lo que ha determinado una dispersión muy rápida de la vegetación potencial natural. Adicionalmente, el SAR ocupa parcialmente el corredor Biológico denominado Humedales Costeros – Sierra de Huimanguillo, justo en su área limítrofe con el correspondiente a Pantanos de Centla- Cañón de Usumacinta.

Como se ha indicado anteriormente, la Refinería de Dos Bocas, será ubicada en la llanura costera de Tabasco, en la cual se asienta un muy complejo sistema de humedales costeros, esta llanura está compuesta por deltas interiores, sistemas palustres y bajos intermareales.

Los tipos de sistemas costeros ubicados en el SAR, a los cuales se les atribuyen las características idóneas para albergar a los humedales se indican a continuación:

Sistema Estuarino

Consiste de hábitats sumergidos de aguas profundas y humedales sumergidos adjuntos que son generalmente semicerrados por tierra pero que se encuentran parcialmente obstruidos, o esporádicamente accesados desde mar abierto, y en el que ocasionalmente el agua de mar es diluida por escurrimientos de agua dulce desde el continente (Figura IV.229). La salinidad periódicamente se incrementa encima que la del mar abierto debido a la evaporación solar. Adicionalmente,

algunas líneas costeras de baja energía, la dilución de agua de mar, es hasta más intensa de manera ocasional. En las áreas exteriores con plantas y animales típicos de estuarios, como mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y ostiones (*Crassostrea virginica*), los cuales también están presentes en el sistema palustre.

Figura IV.229. Definición de Sistema Estuarino.

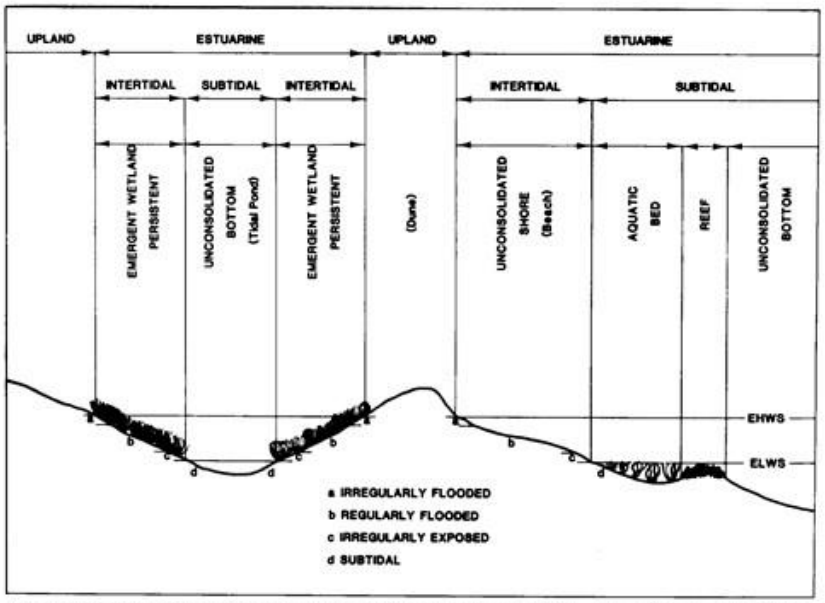


Fig. 3. Distinguishing features and examples of habitats in the Estuarine System. EHWS = extreme high water of spring tides; ELWS = extreme low water of spring tides.

Mareal. -El substrato está continuamente sumergido.
Intermareal. -El substrato se expone e inunda por olas; incluyendo las asociadas en la zona de rompimiento.
Clases. Fondo rocoso, Fondo sedimentario, Fondo Lodoso, Arrecifal, Lecho ripario, Humedal emergente, Pantano de arbusto-matorral, y Pantano con matorral.

Fuente: Cowardin et. al. (1979)

Sistema Palustre

El sistema palustre (Figura IV.230) que incluye todos los humedales dominados por árboles, arbustos, líquenes y musgos persistentemente emergidos y que estos humedales se encuentren en áreas donde la salinidad marina llegue hasta 0.5%. También incluyen humedales en donde falte la vegetación, pero que tenga alguna de las siguientes características: (1) área menor de 8 Ha (20 acres), (2) en donde no existan playa de alta energía o litoral de fondo rocoso, (3) que en la batimetría el punto más profundo sea menor de 2 metros y (4) que la salinidad marina sea menor de 0.5%.

Figura IV.230. Definición del Sistema Palustre

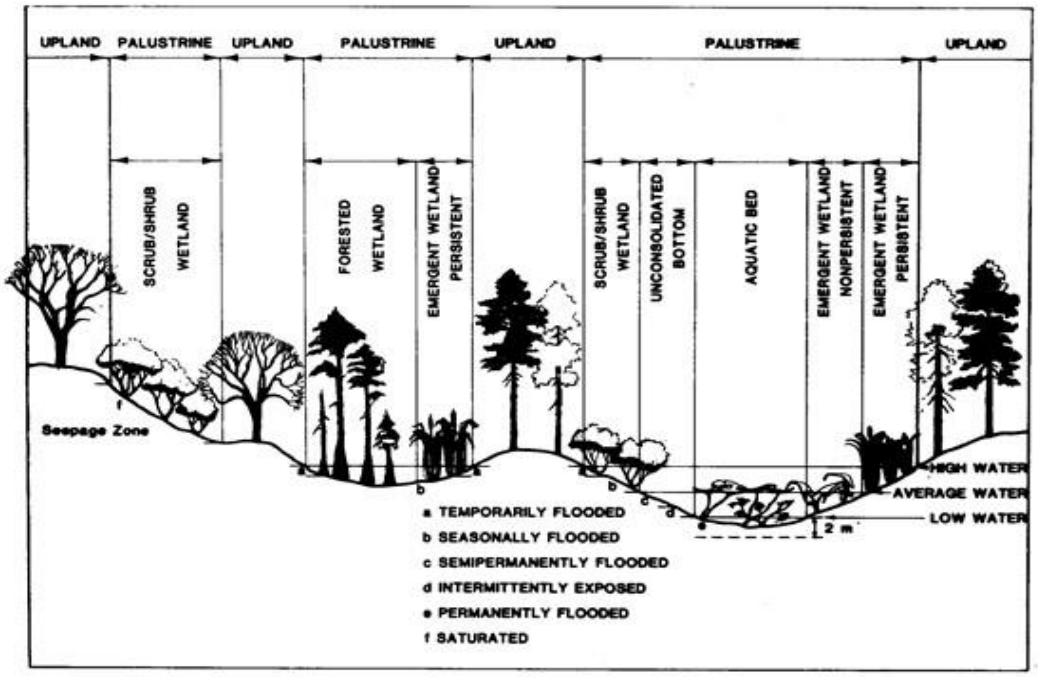


Fig. 6. Distinguishing features and examples of habitats in the Palustrine System.

Fuente: Cowardin *et. al*. 1979.

El sistema palustre se desarrolla agrupando humedales con vegetación que tradicionalmente han recibido nombres como marismas, pantano, Ciénega, espartal y tular, además de otros nombres locales que se le da a lo largo de México. También en este grupo se incluyen a los pequeños cuerpos de agua salobre permanentes o intermitentes que se denominan estanques (ponds).

Los humedales palustres se ubican en las partes bajas del litoral de lagos, canales de ríos o estuarios; en las llanuras de inundación, en terraplenes aislados o en pendientes. También se presentan en islas e lagos o ríos. Las fuerzas erosivas del viento y del agua son de menor importancia excepto durante severas inundaciones.

La vegetación emergente adjunta a ríos y lagos también es referida como “zona de litoral” o la “zona emergente de vegetación” (Reid and Wood 1976), y es generalmente considerada de manera separada en el río o lago.

Subsistemas rivereños.

El sistema rivereño se ha dividido en cuatro subsistemas: el sumergido, el perenne inferior, el perenne superior y el intermitente. Cada uno se describe en términos de permanencia de agua, gradiente, velocidad de agua, substrato, la presión del

desarrollo de la llanura de inundación. Los subsistemas posen fauna y flora característica (véase Illies and Botosaneau 1963; Hynes 1970; Reid y Wood 1976). La totalidad de los cuatro subsistemas no están necesariamente presentes en todos los ríos, y en orden de frecuencias puede que algunos sean menos o más en dos distintos sitios.

Manglar

El manglar es la especie que mejor controla los efectos provocados por las mareas y la alta concentración de sales. Cuando se encuentra sobre los bordos de los ríos es muy común encontrarlo asociado a las siguientes especies riparias: *Citharexylum hexangulare* (palomillo), *Dalbergia brownii* (muco), *Chrysobalanus icaco* (icaco), *Pithecellobium lanceolatum* (tucuy) e *Inga fyssicalix* (chelele).

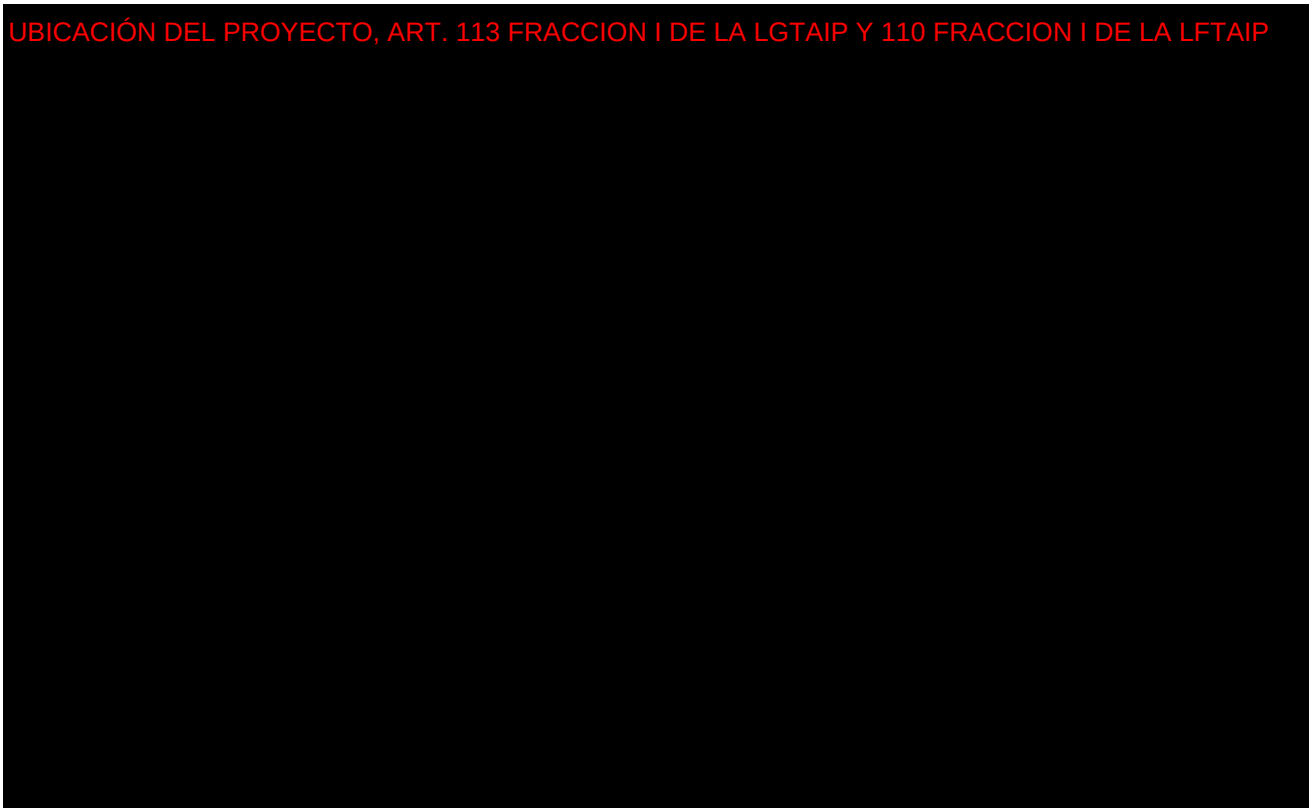
Avicennia germinans comúnmente se establece atrás de la línea formada por el mangle rojo y se presenta a manera de masas puras, pero es más frecuente formando bosques mixtos. *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus* aparecen donde la salinidad aparentemente es baja. En este caso el mangle se asocia francamente con selvas mediana y bajas subperennifolia, el Mucal, Tintal y las comunidades hidrófilas, haciéndose acompañar en este caso por especies características de los estratos del pukteal como *Bucida buceras*, *Manikara zapota*, *Pachira aquatica*, *Dyospiros digina*, *Callophyllum brasiliensis*, *Bactris balanoidea*, *Roystonea regia*, *Sabal mexicana*, entre otras.

El manglar sirve como refugio a otras formas de vida, entre ellas la epífitas como *Achmea bracteata*, parásitas como *Phoradendron mucronatum* (caballera), *Helosis sp.*, algunas enredaderas como *Passiflora coriácea* y el helecho característico del manglar *Achrostrichum aureum. Algunas Cyperaceas* como *Cyperus surinamensis*, *Fimbristilys spadiaceae*, *Eleocharis geniculata*, *E. celluosa*, y otras especies como *Hydrocotyle umbellatus*, *Nymphaea amplia* y Salvina y *Lemma m*inos cuando este hace contacto con la comunidades hidrófilas.

En la

Figura IV.231, se muestra la distribución de las áreas de manglar que se encuentran ubicadas en el SAR.

Figura IV.231. Manglares del SAR.



En el Programa de Ordenamiento Ecológico Vigente hasta 2018 del Estado de Tabasco se menciona dentro de los escenarios que es probable que ocurran modificaciones importantes en los manglares que podrán ser afectados por el aumento del nivel del mar proyectado donde el agua de mar podría entrar hasta 40 kilómetros tierra adentro en casos extremos. En cuanto a las formaciones vegetales que se encuentran en estas condiciones de riesgo están los ecosistemas de humedales costeros y vegetación de dunas y la vegetación de pantanos.

En la siguiente Tabla IV.123, se incluyen los criterios ecológicos específicos que se indican dentro del Ordenamiento, aplicables al caso:

Tabla IV.123. Criterios econlógicos específicos del POET.

BIODIVERSIDAD		
Lineamientos ecológicos	Estrategias	Descripción
Evitar y reducir la pérdida de biodiversidad	Disminuir los impactos de las actividades productivas e infraestructura	Se restringe la alteración o modificación de las dunas costeras y aquellos ecosistemas considerados prioritarios, todo obra o actividad que se realice en humedales costeros en zonas de manglar deberá sujetarse a la NOM-022-SEMARNAT-2003.
AGUA		
Garantizar el flujo de las corrientes superficiales evitando problemas de inundación y azolvamiento	Disminuir el impacto a los causes de os ríos por actividades antropocéntricas.	No se permite el establecimiento de rellenos sanitarios a menos de 2 Km de la línea de costa y a 500 metros de los cuerpos de agua y manglares conforme lo enseña la NOM-083-SEMARNAT-2003.
CONFLICTOS AMBIENTALES		
Disminuir las situaciones de conflictos entre los sectores concurrentes en el Estado	Disminuir los conflictos y la presión que ejercen las actividades turísticas sobre la conservación de los recursos naturales.	Queda prohibido el establecimiento de infraestructura turística en las dunas de playa y manglares previa justificación técnica que demuestre que no se altera ni la estructura ni la función de los ecosistemas.
CAMBIO CLIMÁTICO		
Mitigar los efectos de Calentamiento Climático Global en el Estado	Reducir la vulnerabilidad de la población entre los efectos adversos a eventos de desastres hidrometeorológicos	En comunidades rurales con áreas de manglar, deberán considerar un programa de manejo para su conservación y aprovechamiento sustentable, salvo en zonas vulnerables a erosión costera donde estará prohibido su uso y aprovechamiento.
ACTIVIDADES PRODUCTIVAS PRIMARIAS		
Promover las actividades productivas	Seguimiento ambiental a las actividades de la industria petrolera	El establecimiento de nueva infraestructura petrolera las UGA´s prioritarias de conservación deberán asegurar: 1) que las actividades no ocasionen más del 20% de la fragmentación de la vegetación existente a) excepción del manglar que se regirá por la NOM-022-SEMARNAT-2003 por polígono y proyecto, garantizando la conectividad de las especies de fauna en el 80% restante; 2) manteniendo la salud de los ecosistemas y 3) mantener escorrentías en cuanto a su calidad y cantidad sin ocasionar alteraciones en su dirección, como medidas de prevención y mitigación para disminuir los impactos significativos durante su realización y operación.
		Se deberá emplear el método de perforación direccional controlada cuando el tendido de las líneas o ductos, atraviesen ríos, cuerpos de agua, vegetación de manglar, selvas y utilizar preferentemente sitios ya impactados y/o infraestructura existente para las peras de lanzamiento y/o recibo, así como área de lingada.

Fuente: Elaboración IMP, base POET 2013-2018

Corredor Biológico Humedales Costeros - Sierra de Huimanguillo

Este corredor está distribuido en la parte occidental del estado de Tabasco abarcando los municipios de Cárdenas, Comalcalco, Huimanguillo y Paraíso, tiene un área total de 6,931 km^2. De acuerdo a las características físicas identificadas por CONABIO, para ser una zona de interés, el corredor tiene vegetación de tipo Sabana, sin embargo, existe una importante presencia de cultivos agrícolas y plantaciones

principalmente representadas por el cacao. En el corredor se encuentran las Regiones Hidrológicas Prioritarias Cabecera del Río Tonalá y Laguna de Términos - Pantanos de Centla. Otro aspecto importante con el que cuenta la zona son las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves.

Específicamente, en el caso del SAR, sobresalen los humedales costeros en la franja litoral de la costa del Golfo de México, los cuales representan un hábitat idóneo para diferentes especies de fauna que los utilizan para percheo, refugio, anidamiento o áreas de descanso, entre otras.

Cambio Climático

El cambio climático es uno de los problemas más importantes que la humanidad enfrenta en la actualidad, porque impacta toda su actividad económica, afecta la seguridad y supervivencia de la sociedad. Para enfrentar este problema a nivel local, se requiere realizar acciones para mitigar y disminuir la vulnerabilidad de la sociedad a sus impactos. Para ello se requiere elaborar estrategias y diseñar políticas públicas que permitan que la población y sus actividades económicas se vean lo menos afectadas en el futuro. En el Anexo “Análisis Cambio Climático Tabasco”, se presenta el informe completo de cambio climático, sustento del presente apartado.

México es particularmente vulnerable al cambio climático, por lo que la mitigación y la adaptación deben ser una preocupación central del país. Para estar preparados, se deben conservar los ecosistemas (y por tanto los servicios ambientales que proveen), detener la deforestación y degradación forestal, fortalecer la capacidad de adaptación de las ciudades y los sectores productivos y proteger nuestra infraestructura estratégica ante eventos hidrometeorológicos extremos.

El Gobierno Federal, considera que es necesario generar procesos para que las metas de mitigación y adaptación se cumplan. Es importante el desarrollo de la capacidad institucional para instrumentar algunas de las acciones planteadas en el Programa Especial de Cambio Climático 2014 a 2018 (PECC 2014 a 2018), primordialmente a nivel municipal; la coordinación y participación efectiva intersectorial y con los diversos actores, como entre las ciudades y el campo; la disponibilidad de recursos; y la concientización de la población en general.

México ha asumido compromisos a nivel internacional con acciones y políticas a nivel nacional para enfrentar este problema. Derivado de dicha política, se han elaborado Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático (PEACC). Así el PEACC de Tabasco surge como instrumento de apoyo del Gobierno del Estado para el análisis, planeación, desarrollo y diseño de políticas públicas sustentables, así

como acciones relacionadas en materia de cambio climático estatal, además de evaluar medidas para mitigar emisiones, así como de adaptación, aumentando la capacidad adaptativa del estado y disminuir la vulnerabilidad actual y futura de la población.

Tabasco es el estado de México con el mayor escurrimiento hídrico; como se indicó anteriormente, éste se encuentra entre dos de las cuencas hidrológicas importantes del país, el río Mezcalapa-Grijalva y el río Usumacinta. Otra característica territorial de Tabasco son las pendientes bajas y amplias. Aproximadamente, el 60% del territorio está a un nivel inferior a 20 msnm y, en el caso de las ciudades, 11 de las 17 cabeceras municipales, incluyendo Villahermosa, la capital del estado, están por debajo de una cota de 20 m.

Tabasco destaca por la producción de petróleo y del gas natural, en contra parte, algunas regiones del estado son vulnerables socioeconómicamente a los efectos del Cambio Climático por sus contrastes y rezago en bienestar social. Además, los fenómenos hidrometeorológicos extremos son recurrentes. En la década 2000 a 2010, estos fenómenos causaron pérdidas por más de 6,500 millones de pesos al año en el sector agropecuario y en la infraestructura civil. Se estima que una población mayor a 300,000 habitantes ha padecido inundaciones severas. La inundación del 2007 afectó al 75% de su población y tuvo un costo económico equivalente al 29% del PIB estatal.

En el 2014 el Programa de Investigación en Cambio Climático, realizó el estudio de "Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México", en dicho documento se estimó la vulnerabilidad de los municipios del país considerando indicadores que reflejan el grado de exposición al clima y al cambio climático, indicadores de sensibilidad de la población, así como indicadores que muestran la magnitud de su capacidad adaptativa. Se buscó que la evaluación integre indicadores representativos de las condiciones sociales, biofísicas, económicas e históricas de los municipios mexicanos.

El nivel de exposición al cambio climático se refiere al grado de estrés climático sobre una unidad particular de análisis y puede estar representada por cambios en las condiciones climáticas o bien por cambios en la variabilidad climática, incluyendo la magnitud y frecuencia de eventos extremos. Para ello se consideraron un total de 13 variables, agrupadas en tres conjuntos de indicadores a escala municipal:

- Frecuencia de eventos extremos,
- La problemática ambiental en un municipio
- El clima y los cambios futuros modelados

Frecuencia de eventos extremos. Una amenaza constante en el país es la alta variabilidad climática que históricamente ha incluido eventos de fenómenos extremos. En regiones con alta frecuencia de eventos como sequías e inundaciones, su población se encuentra más expuesta. La frecuencia de eventos extremos evalúa si un municipio ha reportado afectaciones de este tipo en los últimos años, indicando así la exposición climática.

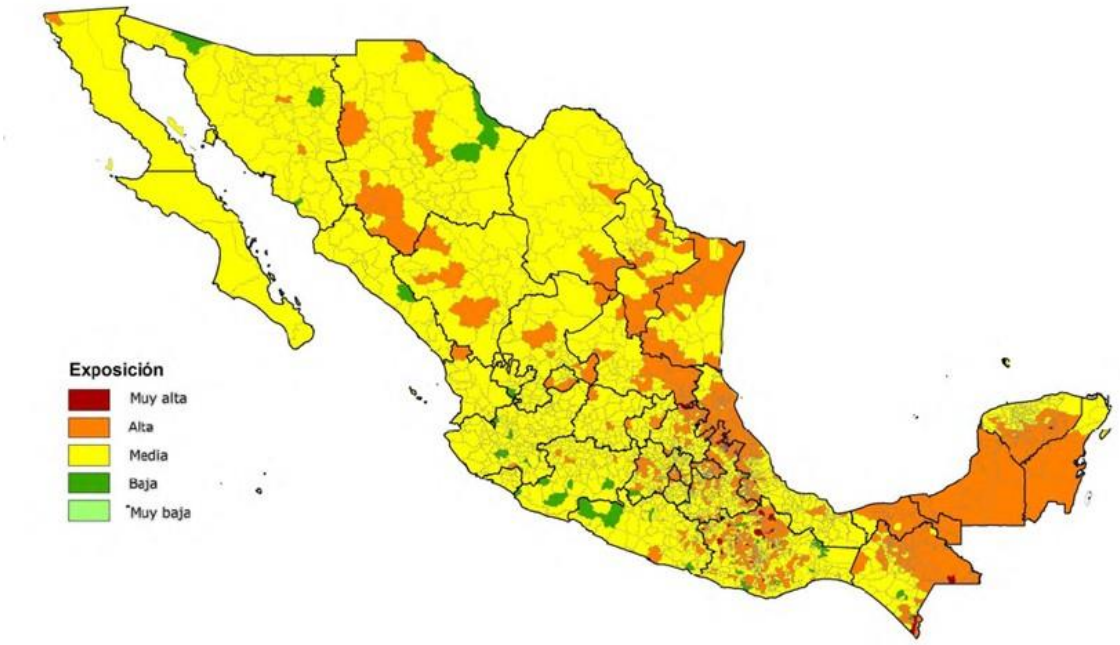
Problemática ambiental: Se refiere aquellas cuestiones ambientales que denotan que el municipio se encuentra con algún grado de degradación en sus recursos, contribuyendo a que los municipios se encuentren más expuestos a sufrir algún daño. Incluye la presencia de cinco problemas ambientales (tala ilegal, incendios, plagas y enfermedades, pérdida de biodiversidad y contaminación del agua).

Se toman en cuenta las Unidades de Producción que INEGI las define como el "conjunto formado por los terrenos, con o sin actividad agropecuaria o forestal en el área rural o con actividad agropecuaria en el área urbana, ubicados en un mismo municipio; los animales que se posean o críen; así como los equipos, maquinarias y vehículos destinados a las actividades agrícolas, pecuarias o forestales; siempre que durante el periodo de marzo a septiembre del 2007, todo esto se haya manejado bajo una misma administración", para el censo agrícola, pecuario y forestal realizado en el año 2007.

Clima y cambio climático: Representan los cambios modelados por cambio climático, entre más adversos sean los cambios mayor dificultad se experimentará para poder ajustarse, estando así más expuestos. Se incluyen únicamente dos variables representativas: temperatura y precipitación, para las proyecciones futuras según los modelos HADGEM1 y MPI ECHAM5, bajo el escenario A2 para el año 2050.

Las variables se evaluaron, se estandarizaron y se integraron mediante suma aritmética en cada componente, obteniendo así tres subíndices: fenómenos extremos, problemas ambientales y variables de clima y cambio climático. Posteriormente, los tres se integraron nuevamente para obtener el puntaje final de exposición por municipio y por último, se normalizaron los valores en escala 0 a 100 y se dividió el recorrido en cinco partes iguales, definiendo así igual número de grados de exposición en el país, como se presenta en la Figura IV.232.

Figura IV.232. Grado de exposición climática por municipio.



Fuente: Programa de Investigación en Cambio Climático 2014.

Por otro lado, el nivel de sensibilidad, el cual es el grado en el que un sistema es potencialmente modificado o afectado por un disturbio, interno, externo o un grupo de ellos. Esta medida determina el grado en el que un municipio se puede ver afectado por un estrés, son las condiciones humanas y ambientales que pueden empeorar o disminuir los impactos por el cambio climático. La evaluación de la sensibilidad considera tres componentes: población, salud y sector productivo (Figura IV.233). La evaluación de la sensibilidad fue a partir de 9 variables agrupadas en tres componentes: población, salud y sector productivo.

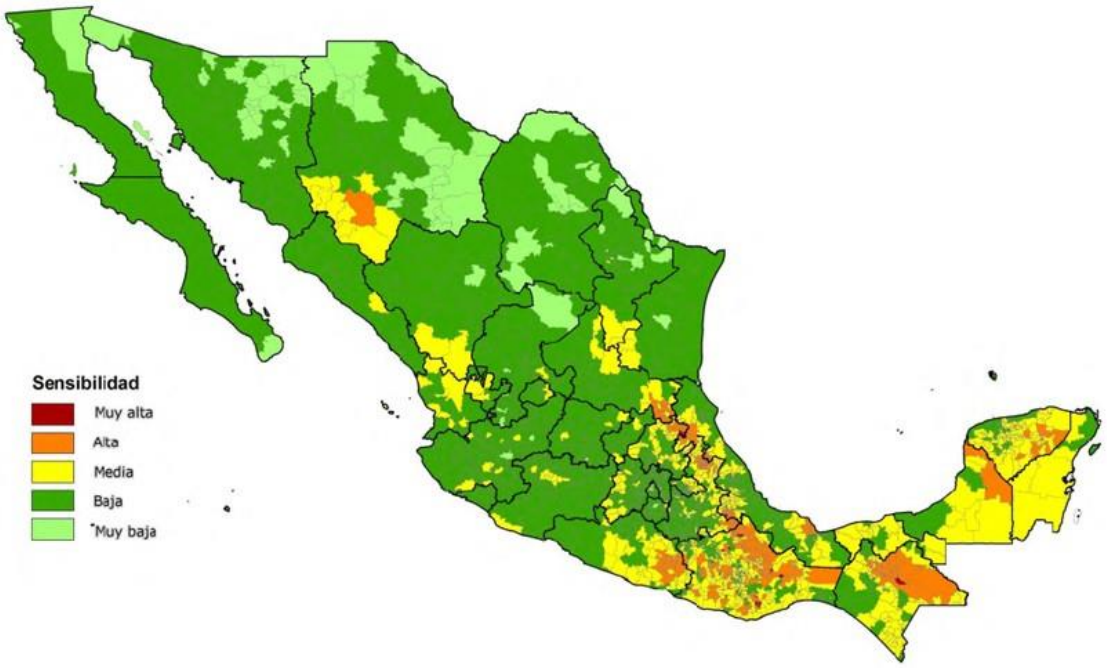
Población: Evalúa algunas características de sensibilidad de los grupos humanos que viven en un municipio. Incluye tres variables de la población que los suponen más sensibles: hogares con jefatura femenina, hogares indígenas y población en pobreza alimentaria.

Salud: Evalúa tres características que dan vigor a la población de un municipio, dado que un sistema con fortaleza es menos sensible ante cambios en alguna variable climática. Considerando al número de menores de cinco años con baja talla y bajo peso al nacer, así como el porcentaje de la población sin acceso a servicios de salud.

Productivo: Integra al sector productivo primario y su población en un municipio, suponiendo que a mayor cantidad de gente dedicada a ello será más sensible el

municipio ante el cambio climático. Consideró a la superficie municipal en actividades primarias y que no cuentan con riego, así como el porcentaje de la población que se dedica a estas actividades.

Figura IV.233. Grado de sensibilidad climática por municipio.



Fuente: Programa de Investigación en Cambio Climático 2014.

La instrumentación del PEACC en Tabasco se hace relevante, puesto que el tema se constituye de seguridad estratégica en el contexto estatal y nacional. Con la elaboración del PEACC, se busca definir, analizar y proponer, las medidas estratégicas necesarias para enfrentar el cambio climático, con medidas de mitigación (reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, GEI), y medidas de adaptación para garantizar la integridad de las comunidades y desarrollar capacidades para enfrentar los impactos adversos.

El PEACC es un instrumento para sustentar las políticas públicas y acciones relacionadas al cambio climático dentro del ámbito de competencia del gobierno estatal, además de conformar un elemento importante de la ruta crítica para la política de cambio climático en México e identificar acciones y medidas para reducir la vulnerabilidad ante los impactos del cambio climático y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI´s).

Tabasco forma parte del Corredor Biológico Mesoamericano (CBMM-T) desde el 2008. Se ubica en una zona de particular valor para la conservación de la biodiversidad, el ordenamiento territorial se ha dividido en 4 microrregiones prioritarias para protección y restauración ambiental, con Comités de Ordenamiento Territorial vinculado con Agencias que trabajan en acciones para la gestión y coordinación de las acciones en materia ambiental, Tabla IV.124.

Tabla IV.124. Ordenamiento Territorial para la conservación de la biodiversidad.

Microrregión	Municipio	No. comunidades	Superficie has.	Población
Agua Blanca (MA)	Macuspana	28	34,256	13,256
Cañón del Usumacinta (TC)	Tenosique	29	45,954	8,685
Sierra de Huimanguillo (SH)	Huimanguillo	18	23,969	4,465
Sierra de Tabasco (TT)	Tacotalpa	34	51,609	20,947
	Teapa	5		3,452

Fuente: PEACC 2014.

Tabasco pierde áreas de costas anualmente en algunas zonas debido a la erosión costera potenciando el efecto de elevación del nivel del mar como consecuencia del cambio climático, provocando además la salinización del territorio en determinadas regiones y, por ende, desequilibrios en los ecosistemas.

El Estado es una zona vulnerable cuyos impactos del cambio climático más importantes son inundaciones, variaciones en la línea de costa e incrementos de la temperatura; a lo que se suman los efectos del hundimiento de las cuencas bajas de los ríos Grijalva y Usumacinta por el proceso natural de sedimentación y la extracción de petróleo y agua.

Los eventos climáticos extremos atribuidos al cambio climático (huracanes intensos, inundaciones severas e incremento del nivel del mar) están causando impacto en la ecología de los manglares y pérdidas en los cultivos agrícolas cercanos a los litorales. Estudios del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) plantean que el nivel del mar puede incrementarse de 60 centímetros a casi un metro a finales del siglo. Esto afectaría a las lagunas costeras y zonas agrícolas cercanas a éstas por la salinización y las consecuencias que pueda traer.

Se han realizado estudios de vulnerabilidad, en colaboración con diversas instituciones que integran la Red Académica sobre Desastres en Tabasco (RASDET), como el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), el Instituto de Ecología Estatal (INECOL) y el Colegio de Posgraduados de la UJAT.

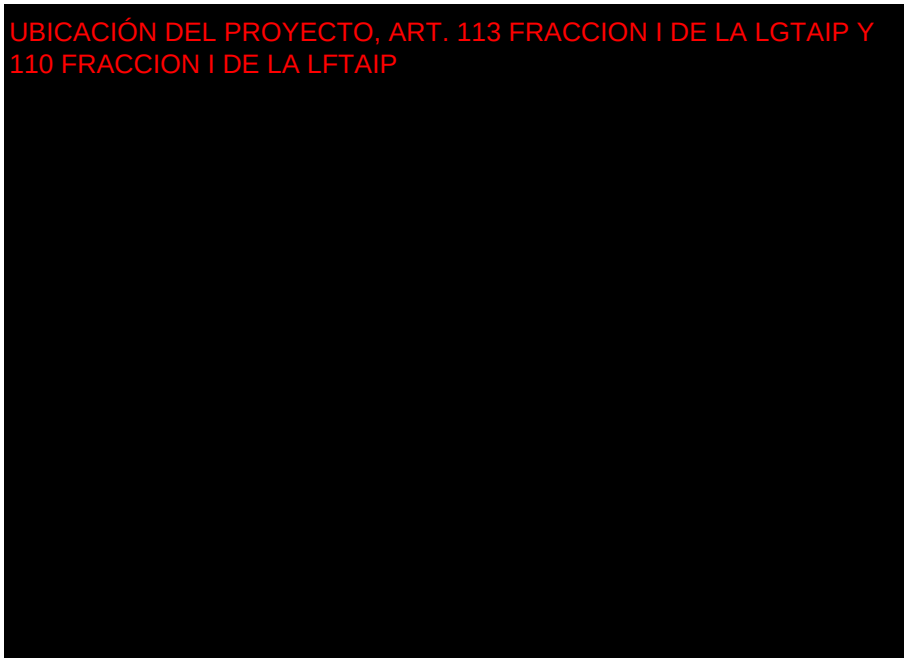
En la costa existen tasas de cambio significativas, es decir, de pérdida y ganancia de costa del estado, adicionalmente, en dichas zonas hay importantes actividades productivas y donde habita población que dependen de ellas. Esta información forma parte de instrumentos de planeación que se utilizan localmente, como el Plan de Acción Climática y el POET.

El nivel del mar se ha estado elevando, de acuerdo con los registros internacionales, alrededor de tres milímetros al año, adicionalmente, los estudios de humedales que se han realizado en Tabasco, permite determinar un aumento en la salinidad; se trata de un problema asociado al ingreso de agua de mar.

En los Pantanos de Centla, de acuerdo a las modelaciones climáticas, se ha estimado una elevación del mar de 50 cm a un metro, en la Figura IV.234 se puede observar este fenómeno, en tono azul muy claro, el IPCC describe este escenario en lugares cercanos al cauce de ríos y orillas de lagunas y pantanos.

En zonas de humedales, como los Pantanos de Centla, adicionalmente, se salinizaría el agua y eso hará que las especies ya no cuenten con un hábitat idóneo para vivir. Ésta es la zona que más se vería afectada, porque la elevación del mar podría alcanzar hasta dos metros, indicando que será un sitio potencial de inundación.

Figura IV.234. Mapa de impactos estimados del Cambio Climático en la Costa de tabasco.



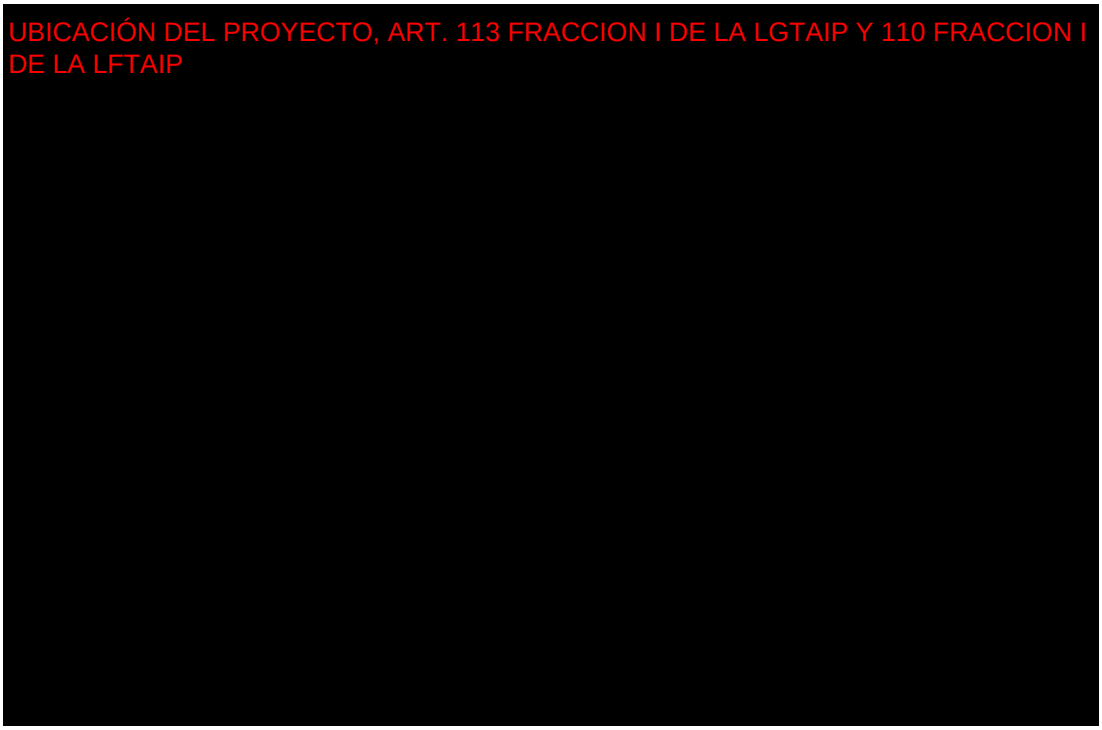
Fuente Conacyt 2017.

Por otra parte, el aumento de la temperatura provocará una redistribución de las tierras cultivables; algunos cultivos verán incrementada sus superficies, mientras que otras tendrán una reducción en el área cultivable, así como sus rendimientos.

El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), ha analizado las consecuencias que el calentamiento global pudiera causar a nivel local y regional, y ha generado escenarios de cambio climático a nivel regional para diferentes horizontes de tiempo, elaborando mapas de la república mexicana donde se muestra estas anomalías de temperatura y precipitación, para los horizontes 2020, 2050 y 2080.

La importancia de este tipo de estudios es la de identificar las zonas potenciales de impacto, se considera que el escenario más positivo es que el nivel se eleve un metro a final de siglo, aunque el panel intergubernamental contempla un incremento de 60 centímetros, las zonas más bajas tienen mayor subsidencia (Figura IV.235).

Aunado a lo antes mencionado, el aumento de la temperatura cambia el patrón de las lluvias, pudiendo aumentar el riesgo por inundación y afectando la biodiversidad existente.



Fuente Conacyt 2017.

Ante estos problemas, se debe de estar preparado y adaptarse a los cambios. En Tabasco, se ha promovido la posibilidad de que se implementen boyas para medir, en puntos diferentes de la costa del estado para evaluar cómo se están dando estos cambios de elevación del mar; esto permitirá tener bases contundentes del desarrollo del fenómeno y medir sus cambios.

En el Estado se ubica el Centro del Cambio Climático y la Sustentabilidad (CCGS), es una iniciativa conjunta del Gobierno estatal y federal, así como una alianza con instituciones de investigación, la idea es contar con un organismo de ciencia, tecnología e innovación que atienda problemas locales de dimensión global y que, surjan soluciones de alto impacto. Estas soluciones están enfocadas en atender los desafíos del calentamiento atmosférico, la recuperación y conservación de la biodiversidad, el manejo del agua y el aprovechamiento de energías renovables.

Como se indicó anteriormente, el fenómeno del cambio climático ocasiona pérdidas de suelo en el Estado, por el aumento del nivel del mar, así como de inundaciones originadas tanto por la intensificación de lluvias como por la erosión de los suelos. El suelo se deteriora también por el crecimiento poblacional sin planeación, los cambios de uso del suelo, la extensión de la ganadería y de áreas cultivables sin un correcto manejo sustentable, así como por el impacto ecológico y ambiental. Por lo mismo, el Centro pretende aportar e impulsar el diseño de un modelo de desarrollo sostenible, amable con el entorno y responsable con el futuro de las próximas generaciones.

De acuerdo con el PECC 2014 a 2018, publicado en el Diario Oficial de la Federación, el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y el SMN, han realizado estudios sobre las condiciones de riesgo en México, como: sequía, ondas de calor y zonas susceptibles a inundación, vertida en el Atlas de Riesgos de México; para la zona de Paraíso, Tabasco, la clasifican con un riesgo medio.

El INECC, considera al cambio climático como uno de los retos ambientales más importantes. En los últimos 50 años la temperatura de la superficie de la Tierra se ha incrementado, debido al desarrollo industrial y a la pérdida de bosques y selvas, lo cual representa un alto riesgo para todas las formas de vida.

En México se publicó en 2012 la Ley General de Cambio Climático (LGCC), que prevé dos instrumentos fundamentales para orientar e instrumentar la política pública en la materia. El primero de ellos en el mediano y largo plazos, la Estrategia Nacional para el cambio Climático (ENCC) y el de corto plazo, Programa Especial de Cambio Climático (PECC). El PECC 2014 a 2018, incluye una evaluación de vulnerabilidad en

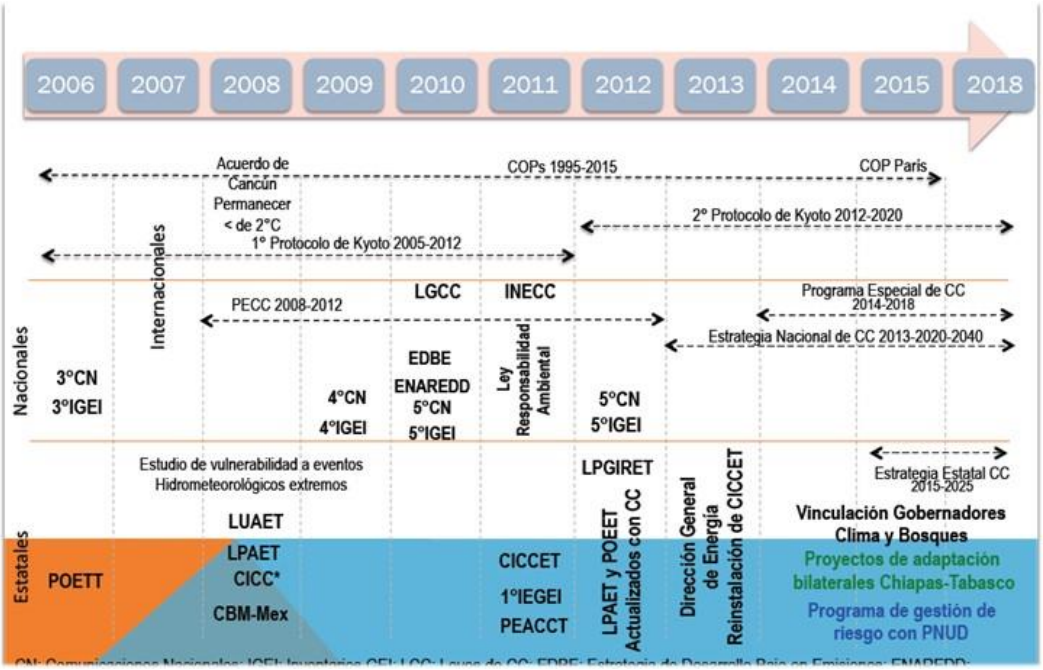
sectores prioritarios de México, considera un escenario de aumento de la temperatura de entre 2.5°C a 4.5°C, y una disminución en la precipitación entre -5 y -10%, tomando como base a los promedios de temperatura y precipitación del periodo 1961 a 1990.

Los estudios de los escenarios de cambio climático para el país no son alentadores, habrá regiones donde la precipitación será más intensa y frecuente, lo que aumentará el riesgo de inundaciones en las zonas de moderada a alta vulnerabilidad.

Se han realizado diversos estudios sobre vulnerabilidad al cambio climático en los municipios de México, con base en la información municipal disponible, con la finalidad de tener información sustentada en investigación científica para prever los escenarios de vulnerabilidad y adaptación, y de esta forma proponer medidas de mitigación específicas. La mayor vulnerabilidad se define en 13 estados del país y para 480 municipios en total, lo que representa el 20 por ciento a nivel nacional, las entidades se concentran en el sur y sureste (Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Veracruz y Tabasco).

Ante esta situación es necesario enfrentar el cambio climático tanto en el ámbito de la adaptación como en el de la mitigación, por lo que se requiere de instituciones sólidas y de la coordinación efectiva de los tres órdenes de gobierno. Datos del Consejo Nacional de Población (CONAPO) señalan que en 2010, 26.7 millones de personas, casi un cuarto de la población nacional, habitaba en municipios vulnerables al cambio climático. En la siguiente figura se muestran los diferentes instrumentos de política desarrollados en el país para enfrenar problemática del Cambio Climático (Fig IV.233)).

Figura IV.236. Instrumentos de política de Cambio Climático.



CN: Comunicaciones Nacionales; IGEI: Inventarios GEI; LCC: Leyes de CC; EDBE: Estrategia de Desarrollo Bajo en Emisiones; ENAREDD: Estrategia REDD; ENCC: Estrategias Nacionales; POEET: Programa de Ordenamiento; LUAET: Ley de uso del agua; LPAET: Ley Protección Ambiental de Tabasco; CICC*: Comisión Intersecretarial de CC; CICC: Comité Interinstitucional de Cambio Climático; CBM: Corredor Biológico Mesoamericano; LPGIRET: Ley de gestión integral residuos del Estado; PNUD: Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo.

Fuente ENCC 2014 a 2018.

Efectos del Cambio Climático

Según el IPCC, entre los efectos del cambio climático debido a actividades humanas, están la reducción de la productividad agrícola en las regiones tropicales y subtropicales, el aumento de ciertas enfermedades como el paludismo, el dengue, la malaria entre otras, y efectos adversos en el funcionamiento de los ecosistemas y su biodiversidad.

En Paraíso, Tabasco, de manera particular se identifica que los principales efectos del Cambio Climático son en la Salinización de la laguna Mecoacán y la erosión costera, aunque potencialmente se pueden detonar otros aspectos.

El cambio climático altera los patrones de temperatura, nubosidad y precipitación, y como consecuencia, también los patrones de evapotranspiración y de humedad disponible en el suelo. Estos cambios, tendrán profundos efectos en el crecimiento de las plantas terrestres y productividad en el futuro próximo.

El incremento en la temperatura global propicia, en muchas regiones aumento de la evaporación y evapotranspiración causando disminución de la fase de crecimiento de las plantas y por ende, el rendimiento.

Incremento de la temperatura

Los cambios esperados en la temperatura media para el futuro cercano serán de 1°C, mientras que el incremento podría ser de hasta 5°C en el futuro lejano. El análisis de temperatura máxima muestra incrementos de hasta 1.4°C en el Bajo Grijalva y el Bajo Usumacinta en el futuro cercano. Para el futuro lejano se presentará un comportamiento que posiblemente originará veranos mucho más cálidos y posibles eventos extremos con ondas de calor.

De los posibles cambios en el comportamiento futuro de acuerdo a los escenarios en relación a la temperatura se proyecta un aumento de 1°C en el 2039 a 4°C en el 2099 y las zonas más amenazadas sería el extremo norte en los municipios de la región Chontalpa, principalmente Cárdenas, Comalcalco, Paraíso y Huimanguillo, agudizándose los efectos a mayor cercanía a las costas del Golfo, de acuerdo al modelo de pronóstico tipo ensamblado.

Asimismo, el incremento de temperatura global por el cambio climático, resultará en el aumento del nivel del mar, con la muy probable necesidad de desplazamiento de habitantes de zonas costeras. Se han realizado estudios de pronóstico de escenarios climáticos para el Estado de Tabasco en el futuro cercano (2015 a 2039) y lejano (2075 a 2099).

Modificación de los patrones de precipitación

Los resultados obtenidos para el escenario futuro cercano para todas las regiones de la cuenca muestran una disminución en la precipitación (entre 1.2% y 1.9%) con respecto a los datos históricos. Para el futuro lejano, la disminución es un poco más pronunciada (entre 2.1% y 3.1%).

En la costa, el escenario futuro cercano, pronostica caídas de entre 0.0% y 0.36%. En el futuro lejano, hay decrementos de precipitación de entre 1.9% y 2.8%. Por último, en el futuro cercano, habrá decrementos de 1.3% en los Ríos de la Sierra; para el futuro lejano, se esperan decrementos más marcados, alrededor de 4.5% para cada región, llegando hasta un 5% con respecto al dato histórico.

Erosión y pérdida de suelo en la región costera

Las tasas anuales de erosión en la costa de Tabasco varían de 0.8 a 1.6 m anuales, con importantes impactos en los ecosistemas, las actividades productivas y la infraestructura. La tasa anual estimada de elevación del nivel del mar en la región es de 3 mm.

En cuanto al aumento en el nivel del mar, se prevé una pérdida de entre el 5 y el 8% del territorio de Tabasco por este fenómeno, el cual tendría un costo anual estimado en 1,500 millones de pesos al año por pérdida de servicios ambientales, recursos naturales y ecosistemas, y actividades productivas en la zona costera.

Localizado a un poco más de 25 km de su desembocadura en el Golfo de México, el delta de los ríos Grijalva y Usumacinta es considerada como una de las áreas más vulnerables ante el posible aumento del nivel del mar.

Incremento del nivel del mar

El incremento del nivel del mar (INM) es un evento extremo que impactará gravemente las zonas costeras bajas, como es el caso de Tabasco. A nivel nacional la costa tabasqueña es de los sitios más vulnerables ante tal evento, por lo que es necesario estimar localmente el grado de su vulnerabilidad.

Los promedios anuales de INM en la región Golfo de México oscilan entre 3.1±0.8mm por año con un incremento al 2090 de 60 cm, no obstante modelos recientes indican que el aumento al final de este siglo será mayor a un metro. Los cálculos realizados considerando un escenario de 1 m de elevación en el nivel del mar estiman inundaciones del 12% del territorio tabasqueño, lo que representa poco más de 3,000 km2.

Ello representaría la modificación en la ecología de recursos de alto valor (humedales, sistemas lagunares, entre otros) y socioeconómicos (recursos pesqueros, activos de producción petrolera, puertos, entre otros), que son especialmente importantes para la economía estatal y nacional. Asociado a ello, habitan en una franja de 5 km poco más de 90,000 personas en 147 localidades.

De acuerdo a los criterios del IPCC, ha determinado que las evaluaciones de vulnerabilidad sobre los sistemas naturales y humanos representan el primer paso para estimar los impactos del Cambio Climático. Es decir, cualquier estudio de vulnerabilidad parte de la evaluación de impactos físicos en el medio natural. Una acción clave para evaluar vulnerabilidad es desarrollar sistemas de indicadores, así

como metodologías que permitan evaluar los posibles impactos en el medio ambiente.

De acuerdo con el índice de vulnerabilidad costera, las áreas cercanas a los sistemas lagunares Carmen-Pajonal-Machona y Mecoacán son de los sitios con mayor vulnerabilidad en la costa de Tabasco. El nivel de vulnerabilidad de muy alta a alta, se ubican en una zona de seis kilómetros aproximadamente, están ubicadas por la comunidad de Sánchez Magallanes, cercana al sistema lagunar del Carmen, del municipio de Cárdenas, Tabasco, esto es debido a cuestiones de altos regímenes de oleaje asociado a una geomorfología de dunas costeras con material de sedimentos finos no consolidados.

Del litoral costero tabasqueño, la zona de muy alta vulnerabilidad es de unos 10 km, ubicada frente al sistema lagunar Mecoacán. Es importante destacar que dicha área se encuentra inmersa en la zona de influencia del puerto de Dos Bocas, donde la actividad antropogénica es notable.

Se considera que las costas de alto riesgo ante el INM son aquellas con relieve bajo, sustrato erosionable, retroceso histórico de la línea costera y oleaje intenso; esas son condiciones que presenta la costa tabasqueña y por lo tanto constituye uno de los sitios más críticos ante la elevación del nivel del mar.

Eventos Meteorológicos extremos

El aumento de la temperatura superficial del agua de los mares tiende a incrementar significativamente la cantidad de vapor de agua en la atmósfera, ocasionando fenómenos meteorológicos más fuertes (tormentas tropicales y huracanes), que traen consigo precipitaciones intensas y potencialmente generan inundaciones en períodos cortos de tiempo. Las tormentas tropicales y frentes fríos incrementan su potencial para eventos extraordinarios de precipitación con potencial para generar desastres por inundación. Sin duda los cambios potenciales en la frecuencia e intensidad de los ciclones tropicales y el ascenso del nivel medio del mar (nmm) son los principales problemas asociados con el cambio climático en la zona costera.

Se proyecta que los fenómenos hidrometeorológicos podrían ser más recurrentes y aumentar su intensidad por efectos del cambio climático. La temperatura aumentará 1°C en el 2039 a 5°C en el 2099. Las regiones más amenazadas serían el extremo norte de Tabasco, en los municipios de la región Chontalpa, principalmente Cárdenas, Comalcalco, Paraíso y Huimanguillo.

Para el caso de los eventos extremos de precipitación, ocurrirá una disminución de la precipitación en el territorio que va de -50 mm a 150 mm para el 2039. Este fenómeno seguirá en aumento hasta alcanzar una disminución de más de 200 mm para el año 2099, hacia la zona limítrofe con el estado de Chiapas y un aumento mayor a 500 mm hacia la zona norte del estado.

Las características geográficas, la distribución demográfica, la intensidad y la localización de las precipitaciones extremas son los factores clave para determinar la vulnerabilidad en el Estado de Tabasco, por ejemplo, el río Usumacinta inunda hasta el 20% de la extensión territorial del estado. Además de la causas mencionadas anteriormente, su cuenca sufre una deforestación y cambio de uso de suelo acelerado. 16,000 km2 de su cuenca presentan indicios de deforestación.

En el caso de los ríos Mezcalapa, Grijalva y Samaria, estos nacen en las presas del Alto Grijalva, en el estado de Chiapas. Las cuencas de estas presas tienen un profundo grado de deforestación que se puede estimar de alrededor de unos 24,000 km2. La situación de inundación en Tabasco es agravada por la deforestación global de las cuencas de sus ríos más importantes.

Considerando los pronósticos en la temperatura y la precipitación, las proyecciones en la medida que se alejan del presente pueden ser más acentuados los cambios.

Otros efectos del cambio climático, son:

1) La distribución de vectores de enfermedades;
2) Incidencia en la duración e intensidad de los brotes de enfermedades;
3) Incremento en la exposición a rayos ultravioleta y ondas de calor y
4) Desarrollo de sequías con el potencial de generar incendios.

Con respecto a los efectos en la salud por el cambio climático, se puede mencionar que a mayor temperatura, proliferan las bacterias en alimentos y aumento en el consumo de agua, esto implica incremento de enfermedades diarreicas. Por otro lado están las enfermedades respiratorias por infecciones respiratorias y contaminación atmosférica en épocas secas y de lluvias. Como ya se comentó anteriormente, a mayor temperatura y precipitaciones pluviales en áreas no endémicas a ciertos vectores, favorecen la aparición de enfermedades tropicales (dengue, malaria, chagas, etc.).

Todo ello traería como consecuencia un incremento de la disparidad entre las regiones más desarrolladas y las de menor desarrollo, la intensificación de los niveles de pobreza y el aumento de la desigualdad social.

Por lo que respecta al impacto del Cambio Climático en la pérdida de servicios ambientales, se puede mencionar lo siguiente:

1. Incremento en la velocidad de los escurrimientos
2. Disminución de la absorción hídrica y de la infiltración a los mantos acuíferos
3. Mayor aporte de sedimentos a la cuenca media y baja, azolvamiento de ríos, lagunas y zonas bajas.
4. Disminución de la capacidad hidráulica de la cuenca
5. Erosión de suelos y desertización
6. Disminución de la productividad
7. Incremento del riesgo de la población y su patrimonio

Si bien hay consensos en el pronóstico de la mayoría de los impactos, existen algunas problemáticas más específicas y apremiantes en el estado de Tabasco que están relacionadas con los temas de infraestructura, el abastecimiento de agua, la salud, la estructura productiva, los fenómenos meteorológicos y las zonas de alta concentración poblacional.

El Ordenamiento Ecológico es un modelo que atiende las nuevas necesidades poblacionales para mantener el equilibrio ecológico, considerando especialmente la vulnerabilidad ante eventos hidrometeorológicos y los impactos esperados por el cambio climático.

Cabe hacer mención que el municipio de Paraíso cuenta con un programa municipal de acción climática, que integra medidas al cambio climático.

En resumen, en el Estado de Tabasco los principales efectos del cambio climático son:

- Lluvias más intensas y frecuentes (inundaciones)
- Sequías prolongadas (aumento de la temperatura)
- Elevación del nivel del mar
- Incremento de la salinización

La Estrategia Nacional de Cambio Climático (2007) afirma que los efectos del cambio climático serán particularmente agudos en las zonas costeras del país debido no sólo a la distribución de las rutas ciclónicas, sino también a la gran concentración de población y actividades económicas que caracterizan a dichas zonas.

Se identifica que en la zona costera son particularmente vulnerables a cambios en el clima:

a) Los humedales.
b) Los cauces de agua permanentes —que pasarían a estacionales— y los estacionales, los cuales tendrían un caudal más irregular o incluso desaparecerían.
c) Los arrecifes coralinos.

El riesgo es mayor para hábitats aislados que albergan fauna endémica, sin capacidad de migrar, o donde no existe la posibilidad de establecer corredores. Indica también que debido al cambio climático podrían desaparecer en el corto plazo poblaciones importantes y los hábitats que las sustentan; a mediano plazo, la totalidad de ciertos tipos de hábitat podrían resultar afectados.

Ello también tendría repercusiones en el sector pesquero, tomando en cuenta que los humedales costeros y los arrecifes coralinos son criaderos para muchas especies de interés comercial.

Repercusiones sociales y económicas

Los cambios en el patrón de lluvias en la región, aunado a la falta de previsibilidad de las lluvias han ocasionado una notoria disminución de la actividad económica del sector primario. Por otro lado, el sector pesquero es otro muy afectado debido a que el incremento de la temperatura superficial de las aguas del mar afecta la distribución de las especies de pesca.

Adicionalmente, los fenómenos de inundación tienden a afectar más a los grupos sociales en condición de pobreza y marginación. Diferentes estudios relacionan la vulnerabilidad de la población al nivel de desarrollo humano de la misma.

Por otro lado, una de las consecuencias, a mediano y largo plazo, es el desplazamiento geográfico de los grupos humanos hacia regiones climáticamente menos impactadas; en la

Figura IV.237 se presenta la distribución del índice de vulnerabilidad social para el Estado de Tabaco, en la figura se observa que la región de Paraíso tiene un índice de bajo a muy bajo vulnerabilidad social.

Figura IV.237. Índice de vulnerabilidad social en el estado de Tabasco.



Fuente: Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático, 2015.

Los efectos anteriormente descritos por el cambio climático en la costa de Tabasco, es información importante que se debe de considerar para tomar medidas de planeación, así como acciones para disminuir el impacto del proyecto en las etapas de desarrollo y operación.

IV.3.1.4 Paisajes Ecológicos

La ecología del paisaje se fundamenta en los principios formulados por la teoría general de sistemas, acunada en 1968 por Ludwig Von Bertalanffy y adecuada por Oscar Johansen Bertoglio en 1993 a las ciencias ambientales y de la tierra, la cual establece que un todo es más que la suma de las partes, es decir, que la realidad de un paisaje determinado debe concebirse y estudiarse de forma integral, y no a partir de la sumatoria de sus elementos o factores constitutivos, tales como son los suelos, el clima, la cobertura vegetal, la litología o las actividades humanas entre otros.

En el paisaje costero, el concepto de conectividad está asociado a la extraterritorialidad funcional entre interfaces de distinta naturaleza y a los procesos ecológicos verticales y horizontales que vinculan. La característica fundamental de estos procesos es que son notoriamente controlados por la dinámica hidrológica continental y marina, por lo que se considera un factor funcional clave del emplazamiento de los elementos del paisaje y, por lo tanto, de la organización territorial del paisaje costero.

Los procesos ecológicos actúan de manera diferente en intensidades, flujos y volúmenes, tanto en la dimensión corológica1 (interrelación horizontal entre elementos y unidades del paisaje) como la topológica (interrelación vertical en capas y estratos). Sin embargo, la mayor parte de la dinámica y los flujos que le dan una identidad particular al paisaje costero están determinados por las relaciones corológicas o espaciales, es decir por los flujos de materia y energía entre las unidades del paisaje de distinta naturaleza, pero en vecindad.

Estas unidades colindantes pueden funcionar como difusoras activas o pasivas, emisoras, filtros o acumuladores de materia y energía. Según su dimensión de acción corológicas los procesos más evidentes y representativos son: geomorfológicos (morfogénesis y morfodinámica de zonas inundables, fluvio marinas), hidrológicas (escorrentías concentradas y difusas, régimen de mareas, deriva litoral, oleaje, estratificación salina, tiempo de residencia del agua y turbidez) bióticos (movilidad y colonizaciones de especies vegetales y animales), clima costero y antrópicos (fragmentación, deforestación, contaminación, construcciones rígidas no permeables o mal ubicadas)

A partir de la identificación de los elementos de unidades del paisaje, de su arreglo espacial (estructura) y de la amplitud territorial de los procesos ecológicos que

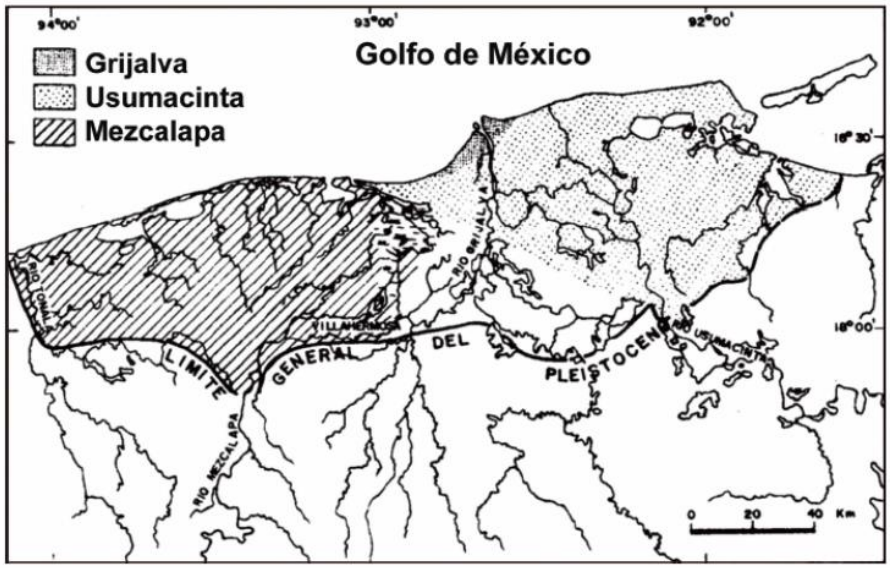
Corología: Ciencia auxiliar de la biogeografía, que estudia las leyes por las cuales se rige la distribución de las plantas y los animales sobre la Tierra

determinan la interrelación entre sus interfaces, las relaciones de conectividad pueden ser amplias o reducidas (contraste funcional). Esto dependerá de la amplitud horizontal de los procesos ecológicos que las mantengan unidas funcionalmente y los elementos del paisaje indicadores. Los elementos y procesos se pueden identificar objetivamente o de forma indirecta, a través de parámetros ambientales, físico-químicos y biológicos.

Tomando en consideración lo anteriormente expuesto, se indica entonces que, el proceso de regionalización ecológica consiste en, a partir del uso de determinados sistemas de clasificación, se delinean unidades relativamente homogéneas según uno o varios criterios (variables), y se representan en forma de mapas (y bases de datos geográficos) utilizando leyendas (modelos cartográficos) jerárquicas (anidadas). Es decir, se trata de la determinación (delineación, de manera cualitativa o cuantitativa) de diferentes niveles de homogeneidad sobre el territorio. Desde el punto de vista geométrico (en términos de las entidades con que se opera) se trata de unidades de área (con largo y ancho); diferentes de los puntos, resultado de las observaciones puntuales típicas del levantamiento biológico en el campo (Priego et al, 2010).

En el caso específico del Golfo de México, se tiene que las características geomorfológicas de la llanura costera del suroeste del mismo (Figura IV.238), se relacionan con el desarrollo de las llanuras aluviales de los ríos Mezcalapa y Grijalva-Usumacinta y han estado influenciadas por las variaciones glacioeustáticas de estos ríos, forman una costera madura, de suave relieve con pequeños lomeríos suavemente inclinados hacia el Golfo de México; están formadas por sedimentos del Pleistoceno y por depósitos aluviales y lagunares del Reciente (Carta Geológica de la República Mexicana, 1976). De acuerdo con Psuty (1966), su ancho aproximado es de 200 millas y es la zona de mayor depositación de sedimentos en la llanura costera del Golfo de México. La llanura aluvial del Río Mezcalapa es un delta en arco limitado al Norte por el Golfo de México, al Sur y Oeste por terrazas pleistocénicas y al Este por el delta del Río Usumacinta. El delta está situado en una zona donde la energía del oleaje es relativamente alta. En la llanura deltáica se alojan varias lagunas litorales formadas, por los procesos de sedimentación fluvio-terrígena, a partir de la estabilización del nivel del mar transgresivo holocénico (post-wisconsiniano); estas condiciones, dieron origen al desarrollo de los sistemas costeros que actualmente prevalecen en la región tabasqueña, que a saber son el lacustre, palustre, aluvial y litoral.

Figura IV.238. Llanura costera del complejo deltáico tabasqueño.

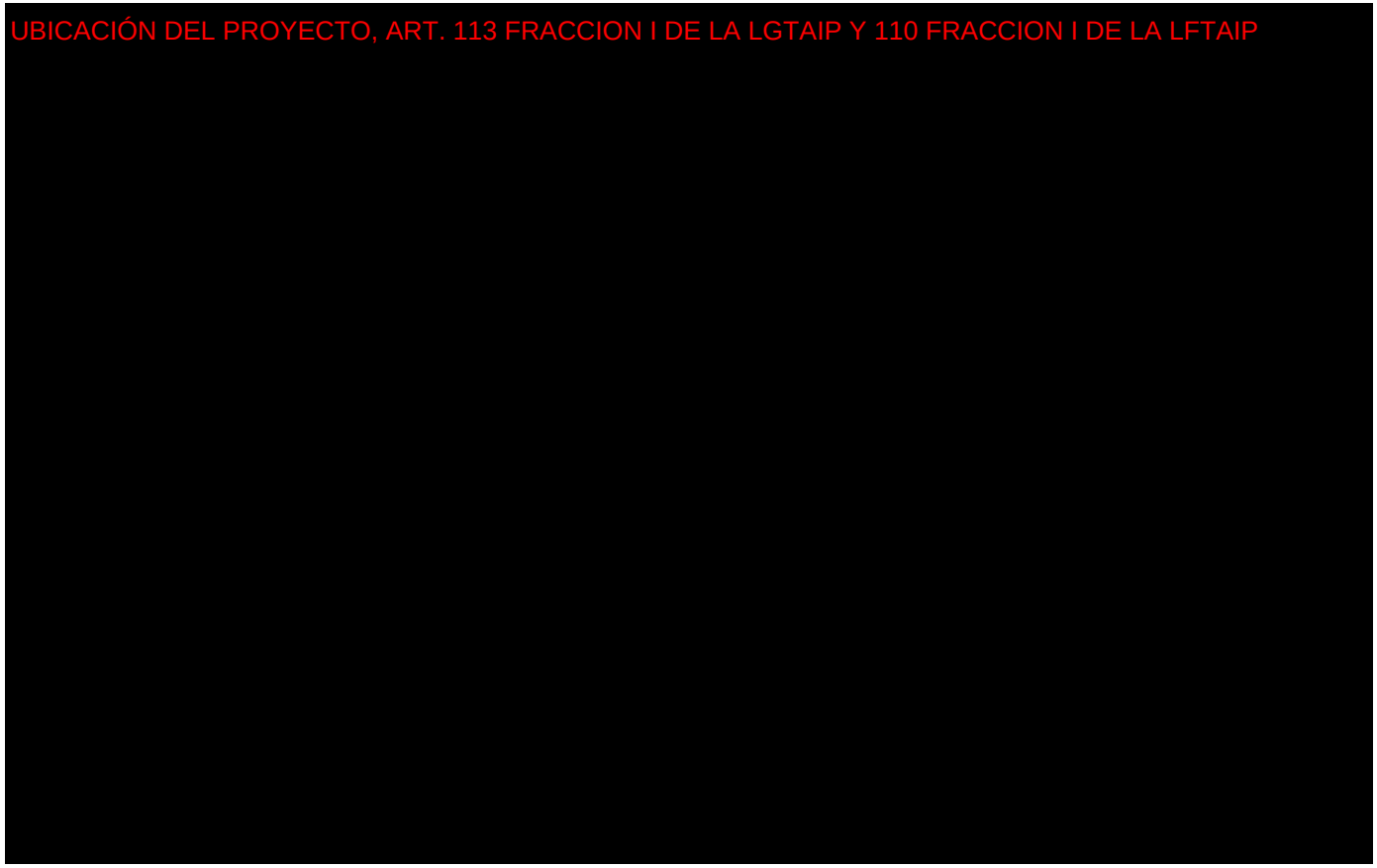


Fuente: West *et.al*. 1979

En otra perspectiva, en términos generales en el área costera del Golfo de México, se ha detectado una alta fragmentación, producto de su transformación de áreas naturales, hacia áreas agropecuarias y/o industriales, lo que ha determinado una dispersión muy rápida de la vegetación potencial natural. El área de estudio es un muy complejo sistema de humedales costeros que se encuentra con la llanura costera de Tabasco, el cual está compuesto por, llanura costera, deltas interiores, sistemas palustres y bajos intermareales.

En el siguiente mapa (Figura IV.239), se muestran los 17 paisajes ecológicos obtenidos para el SAR, los cuales, como se indicó en el numeral VI.I correspondiente a la "Delimitación y justificación del sistema ambiental regional (SAR) donde pretende establecerse el proyecto", a través del uso de Sistemas de Información Geográfica y fuentes oficiales de información espacial, se realizaron los procesos de eco-regionalización, que dieron origen a su conformación.

Figura IV.239. Paisajes ecológicos del SAR.



Fuente: Elaboración IMP

En la franja costera del SAR, se localizan los paisajes *planicies marino-eólicas acumulativas subhorizontales* (13597 ha) y *las onduladas* (318 ha), cubriendo una extensión total de 13915 ha, correspondientes a la categoría de cadena de dunas litorales. Éstos están constituidos por depósitos arenosos, asociados a clima cálido húmedo a subhúmedo; entre los usos de suelo y vegetación que permiten establecer se encuentran el manglar (con poca presencia), vegetación de dunas costeras, pastos cultivados, vegetación halófila, popal-tular y agricultura de temporal; sobre las unidades de suelo correspondientes a Arenosol, Regosol, Solonchak, Phaeozem y Gleysol

Siendo uno de los paisajes ecológicos con mayor representación dentro del sistema, se encuentran las *planicies estructural-plagada onduladas*, el cual abarca 23459 ha, se construyen por depósitos aluviales en clima que va de cálido húmedo a subhúmedo, con pastos cultivados, agricultura de temporal, popal-tular, manglar, pastos inducidos, vegetación halófila y gipsófila, palmar inducido, áreas sin vegetación aparente, vegetación de dunas costeras y vegetación de galería sobre unidades de suelo de Gleysol, Vertisol y Solonchak,

Las *planicies fluvio deltáica* (4047 ha), *acumulativas onduladas* (12179 ha) e *inactivas* (8457 ha), representan en su mayoría, la parte emergente de los deltas, conformando una llanura de potencial de inundación plana, comprende depósitos de arenisca, formada por arena fluvial acumulada, abarcando una extensión total de 24683 ha. Constituidas principalmente por complejos de depósitos aluvio-marinos en un clima cálido a subhúmedo. La fluviodeltáica inactiva, cobra importancia para fines del presente documento, ya que es donde se ubican las instalaciones de la actual Terminal Marina Dos Bocas y se llevará a cabo la construcción de la Refinería de Dos Bocas. Este tipo de paisajes se caracteriza por estar formados por superficies planas a cóncavas, con sedimentos aluviales acumulados por los ríos. La secuencia de relieves en sentido perpendicular a los paleocauces es de diques naturales con sedimentos de textura media a ambos lados de los cauces, ocupan los sitios más elevados, tienen forma ligeramente convexa y buen drenaje superficial. Los usos de suelo y vegetación reportados en éstos son agricultura de temporal, pastos cultivados, manglar, vegetación halófila y gipsófila, popal-tular, y pastos inducidos y áreas sin vegetación aparente sobre las unidades de suelo de Gleysol, Solonchak, Arenosol, Phaeozem y Vertisol

El paisaje ecológico correspondiente a las *planicies lacustres acumulativas subhorizontales*, abarca una extensión de 5665 ha constitiudas por depósitos lacustres en ambientes de clima cálido húmedo a subhúmedo; los uso de suelo y

vegetación que albergan son popal-tular, pastos cultivados, agricultura de temporal, y manglar, sobre unidades de suelo de Gleysol, Vertisol y Solonchak.

Las *planicies tectónico-abrasivas carsificadas* (11137 ha), las *denudativas* (1163 ha) y las *denudativas onduladas* (1024 ha), abarcan una extensión total dentro del SAR de 13324 ha constituidas por rocas sedimentarias carbonatadas y detríticas gruesas en ambientes de clima cálido húmedo a subhúmedo; los usos de suelo y vegetación que albergan son manglar, popal-tular, agricultura de temporal permanente, y pastos cultivados sobre las unidades de suelo Gleysol, Solonchak, Arenosol. Vertisol, Fluvisol y Regosol.

Las unidades de paisaje correspondientes a *planicies palustres* (7073 ha), *plegadas* (1958 ha), *acumulativas* (4750 ha) y *acumulativas subhorizontales* (3744 ha), representan una extensión total de 17525 ha, consisten de extensas depresiones entre las planicies costera y fluvial, permanecen inundadas con agua dulce la mayor parte del año, tienen una capa de turba sobre sedimentos aluviales finos, como resultado de la lenta descomposición de los materiales orgánicos aportados por la vegetación hidrófila. Es así que se constituyen por depósitos biógenos con diferentes arreglos dada la proveniencia y tiempo depósito; en ambientes de clima cálido húmedo a subhúmedo; los usos de suelo y vegetación que albergan son manglar, popal-tular, vegetación halófila y gipsófila, agricultura de temporal y temporal permanente y pastos cultivados, sobre las unidades de suelo Solonchak, Arenosol, Gleysol, Phaeozem y Vertisol.

Las *planicies alúvicas acumulativas* (2481 ha), *plegadas* (8926 ha) y *subhorizontales* (7275 ha), constituyen dentro del SAR un total de 18682 ha, su origen es dado principalmente por acumulación fluvial, esto es, por procesos geomórficos fluviales, que a su vez pueden o no estar interconectados con la dinámica de las aguas subterráneas dependiendo de su nivel base general y su interconexión a cuerpos de agua costeros (lago o laguna) en ambientes de clima cálido húmedo a subhúmedo. Los usos de suelo y vegetación que albergan son pastos cultivados, agricultura de temporal, permanente y semipermanente, sobre las unidades de suelo Phaeozem, Vertizol, Regosol y Gelysol.

Fragilidad Ambiental

La fragilidad ambiental puede ser considerada como la capacidad intrínseca de una unidad geográfica, ecosistema o comunidad, a enfrentar agentes de cambio, basado en la fortaleza propia de sus componentes y en la capacidad y velocidad de regeneración del medio, para evitar desplazamientos desde su estado inicial o estado de equilibrio dinámico (Begon *et al*. 2006); esta resistencia va directamente relacionada con el arreglo y estructura de los componentes que integran cada unidad, ecosistema o comunidad, así como de la magnitud de la presión ejercida sobre ella.

Por otra parte, la resiliencia, describe la capacidad a la cual una unidad, ecosistema o comunidad, puede retornar a su estado inicial después de haber sido perturbada. Cuando se ha experimentado una perturbación y el resultado ha sido el desplazamiento de la condición inicial y se presenta la capacidad de retornar a esa condición inicial pese al impacto, esa es la resiliencia; a mayor resiliencia – menor fragilidad y viceversa (Begon *et al*. 2006).

Un sistema resistente y con mayor resiliencia, presentará una mayor capacidad de resistir los cambios ya sean de origen natural o humano, motivo por el cual, podrá regresar a su estado basal después de una perturbación, sin embargo, existe todo un marco teórico basado en estudios ecológicos, para entender la capacidad de adaptación y de recuperación de los sistemas, tanto terrestres como marinos.

Los principales elementos que le confieren al sistema su característica de fragilidad son:

La pendiente.- la cual le aporta la característica de estabilidad-inestabilidad, por el grado de inclinación que se presente en el terreno; teniendo una relación directa a mayor pendiente mayor fragilidad. A este se asocia la precipitación, para el caso de las escorrentías por las características de la morfología del terreno, denotando una característica de fragilidad morfoclimática.

El suelo.- mismo que es evaluado en función a su susceptibilidad a la erosión y la posibilidad de modificación de sus propiedades físicas y químicas. La información de referencia se basa en las características intrínsecas del mismo, dadas por su clasificación y erodabilidad.

La vegetación.- dadas las características funcionales de las comunidades vegetales reportadas por las fuentes oficiales, éste es el factor biótico con mayor representatividad para la clasificación de la fragilidad, aquellas zonas alteradas o que

ya han sido modificadas de un área natural a una agrícola o pecuaria, son menos frágiles que aquellas que conservan vegetación natural.

Con relación a las pendientes, en términos generales éstas van desde muy bajas hasta muy altas, sin embargo, el SAR se encuentra ubicado en planicies donde las elevaciones son poco representativas. En la siguiente Tabla IV.125, se muestran las clasificaciones generales de las pendientes y precipitación (características morfoclimáticas) y su relación con la fragilidad.

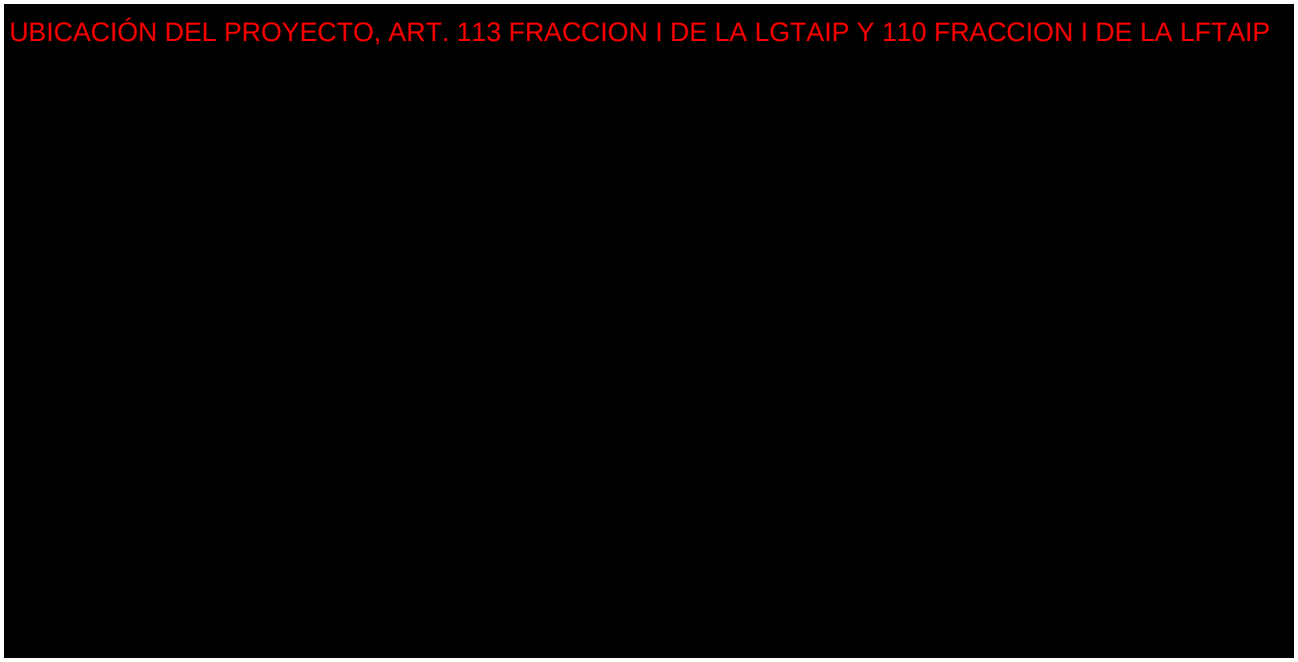
Tabla IV.125. Relación de pendientes con fragilidad.

Fragilidad	Muy alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Pendiente	>30º	Entre 15º a 30º	Entre 7º a 15º	Entre 5º a 7º	<5º
Clase	Escarpada	Muy inclinada	Inclinada	Suave	Muy suave
Precipitación	>1800 mm	800 a 1800 mm	500 a 800 mm	500 a 200 mm	<200 mm

Fuente: Elaboración IMP

Los paisajes prevalecientes en el SAR corresponden a planicies donde en el 90% de los casos las pendientes presentes están por debajo del 11°, es decir que la fragilidad general en la zona corresponde de “Media” a “Muy Baja” por el factor pendiente como se muestra en la siguiente Figura IV.240, mientras que el factor de precipitación por ser clasificada como un Estado de clima cálido húmedo y su privilegiada posición geográfica, favorece la precipitación promedio anual por arriba de los 1800 mm.

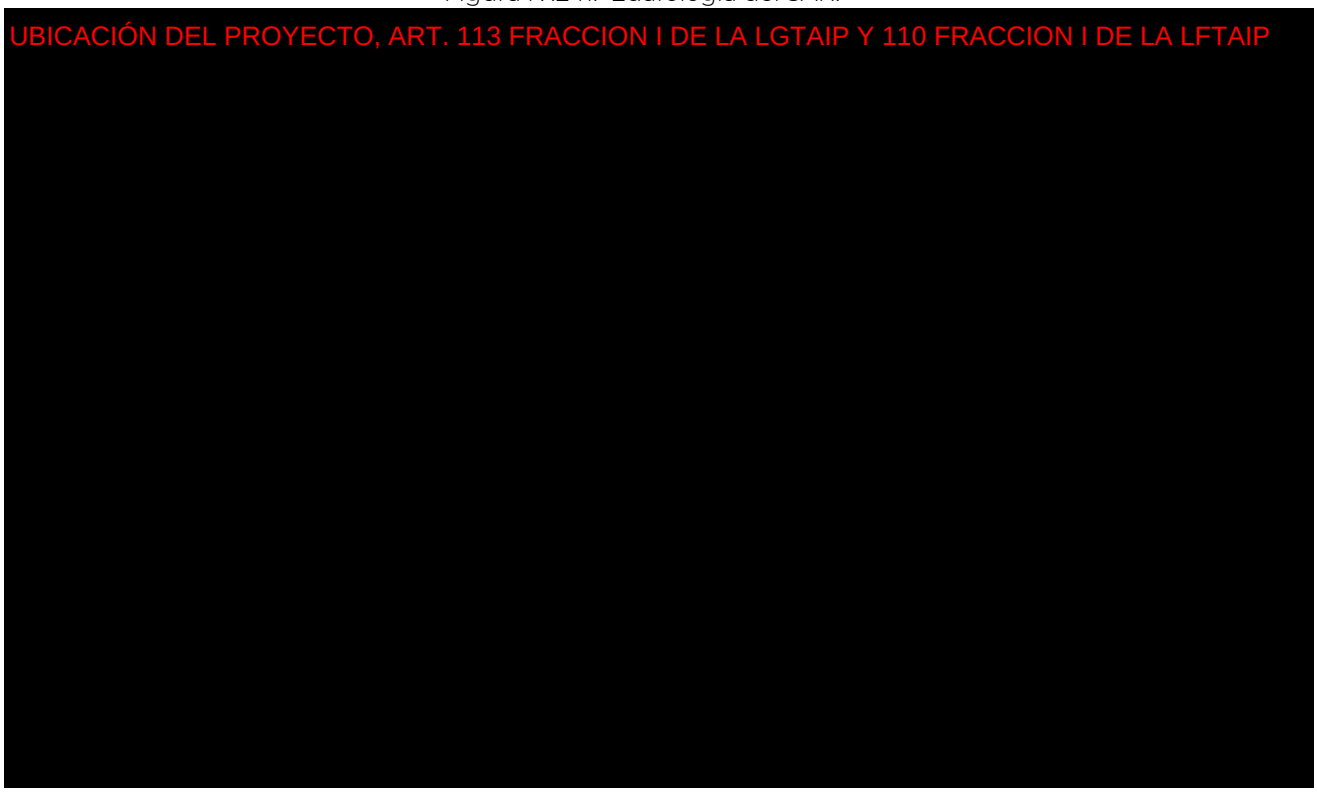
Figura IV.240. Pendientes promedio del SAR.



Fuente: Elaboración IMP, con base en INEGI

Para el caso de los suelos, en la zona existe una gran variabilidad, sin embargo las unidades de suelo dominantes son el Vertisol, Regosol, Gleysol, Arenosol y Solonchack, con la predominancia de clase textural fina, seguida de la intermedia y menor representación de la gruesa, como se muestra en la siguiente Figura IV.241, de acuerdo a la clasificación que marca INEGI basada en FAO/UNESCO, el principal calificador para el Arenosol, Vertisol y Gleyisol es el éutrico, mientras que para el Solonchack es el sódico.

Figura IV.241. Edafología del SAR.



Fuente: Elaboración IMP, con base en INEGI

Los criterios de fragilidad para los tipos de suelo, van también muy relacionados con la pendiente y precipitación, sin embargo existen características intrínsecas de los suelos como el tamaño de la partícula, capacidad de compactación y plasticidad, que restringen la facilidad de erosión del mismo.

De acuerdo a Palma-López, et al (2007) de los suelos presentes en el SAR, los que tienen mayor riesgo de erosión por sus características y las condiciones de medio son los Vertisoles, Gleysoles y Arenosoles, actualmente, la franja costera, que es la zona donde predominan los arenosoles ya cuenta con un historial de erosión, la cual sería catalogada como la fragilidad más alta, el mismo caso se presenta para los Gleysoles, sobre los cuales se reporta erosión, la cual se ha adjudicado principalmente a la influencia humana y se asignaría la fragilidad alta y a los Vertisoles la media, todos los demás tipos de suelo serán asignados con fragilidad baja. Cabe mencionar que de acuerdo a la FAO, no existen tipos de suelos considerados con fragilidad muy baja en el país, motivo por el cual esa categoría no será utilizada para el caso de los suelos.

En la siguiente tabla se indican las fragilidades en términos de suelo.

Tabla IV.126. Fragilidad asociada a suelo.

Fragilidad	Muy alta	alta	media	baja
Tipo de suelo	Arenosoles	Gleysoles	Vertisoles	Solonchak Phaeozem Fluvisol

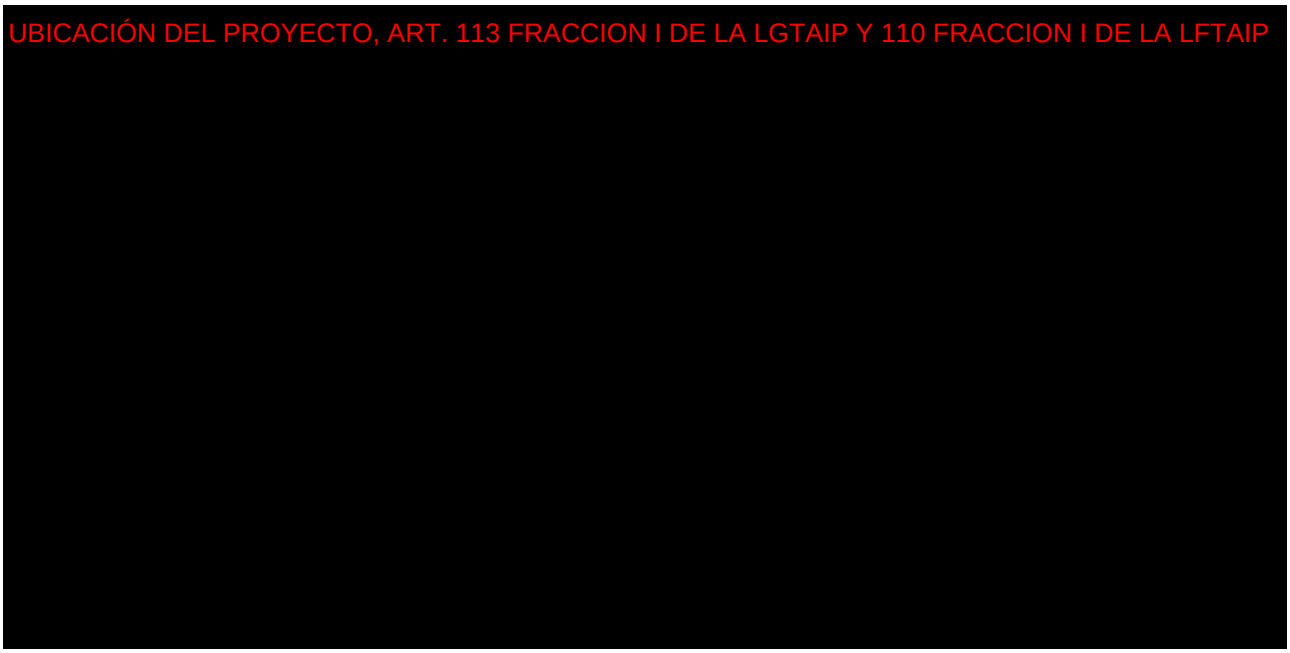
Fuente: Elaboración IMP

Vegetación

Existe una gran diversidad de humedales, que se caracterizan por ser comunidades altamente dinámicas, Carrera y de la Fuente (2003) compilan diversas definiciones, entre las que señalan como la más comprensible la propuesta por Cowardin y cols., que definen los humedales como "áreas donde la saturación con agua es el factor dominante que determina la naturaleza del desarrollo del suelo y el tipo de comunidades de plantas y animales que viven en el suelo o en su superficie. La característica que todos los humedales comparten es que el suelo o el sustrato están al menos periódicamente saturado o cubierto de agua. Los humedales son áreas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres, en donde el nivel freático usualmente está a nivel de superficie o cerca de ésta, o la superficie está cubierta por aguas someras". Rzedowski (1978) incluye entre los humedales la vegetación marina litoral, manglar, popal, tular y carrizal, vegetación flotante, vegetación sumergida, otras comunidades herbáceas anfibias o subacuáticas y bosques de galería.

La CONABIO indica que México es un país megadiverso y que para el 2013 en cuestión de manglares ocupa el cuarto lugar a nivel mundial tras Indonesia, Brasil y Australia, siendo estos ecosistemas uno de los más productivos del planeta. Adicionalmente, en el 2017 genera una actualización y exploración de los datos del sistema de monitoreo 1970/1980–2015 (Valderrama-Landeros, et al, 2017), en donde se evalúa entre otras cosas, la fragmentación y el índice integral de conectividad (IIC) de los manglares en toda la República Mexicana.

Para el caso específico de los manglares dentro del SAR, se incorpora dentro de la cobertura de los manglares el IIC, este índice es crucial para muchos procesos ecológicos, incluidos la dispersión, el flujo de genes, el rescate demográfico y el movimiento en respuesta al cambio climático, entre otros; ya que significa el grado en que el hábitat impide o facilita el movimiento de recursos entre los parches. En la siguiente Figura IV.242, se muestra la capa de manglares con los valores del IIC proporcionados por la CONABIO, mientras mayor es el valor, más grande es la conectividad que existe entre los parches de vegetación que están presentes en este hábitat.



Fuente: Elaboración IMP, con base en CONABIO

Como se puede ver en la imagen anterior, la mayor parte de los manglares en la zona presentan in IIC entre “Alto” y “Muy Alto”, lo que indica que presentan un buen estado de conservación.

El siguiente tipo de vegetación de zonas inundables con mayor representación en el SAR de acuerdo a la clasificación de INEGI Serie VI es el tular, popal y vegetación acuática (halófita - hidófila), éstas presentan áreas discontinuas de distribución, ya que se desarrollan en función de la presencia de los cuerpos de agua, como son ríos, arroyos y zonas de inundación permanentes.

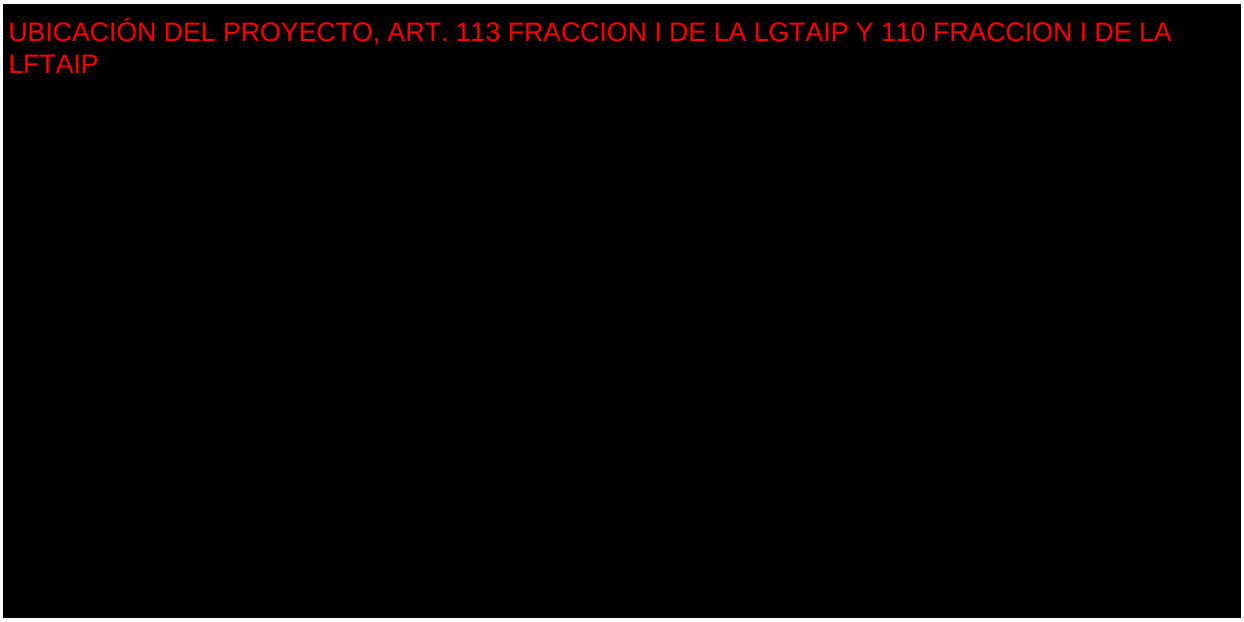
El popal (*Thalia genigulata*) llega a formar masas puras de esta especie que llegan a medir de 1 a 2.5 m de altura, con grandes hojas de color verde claro; crece densamente en las partes más bajas; son importantes ecológicamente por ser un hábitat natural de especies faunísticas (peces, tortugas y aves migratorias).

El tular (*Thypa latifolia*) por su parte, denominado como espadaño, llegan a alcanzar hasta 2.5 m de altura con hojas angostas y alargadas. En la zona de transición el manglar se asocia con el helecho (*Acrostichum aureum*) y en áreas menos inundadas con el popal. Esta vegetación sirve como refugio de diversas especies faunísticas, las cuales son aprovechadas con fines alimenticios por la población rural (Magaña, 2010).

La asociación de popal y tular juega un papel ecológico muy importante ya que funcionan como vasos reguladores de agua y brindan mayor protección a las especies faunísticas que ahí se encuentran.

La vegetación hidrófila, es la de menor representación, este complejo ecológico se da en la confluencia de los ríos de agua dulce, en las partes bajas, Han sido agrupadas en un apartado estas asociaciones de hidrófilas, ya que todas comparten una condición de inundación. La diversidad es muy amplia, entre las especies libre flotadoras más comunes se encuentra el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), y lenteja de agua (*Lemna minor*). Como especie de hojas flotantes se puede presentar el pan caliente (*Nymphea ampla*), asimismo, existen diferentes especies de helechos flotantes y arraigados al sustrato tales como la oreja de ratón (*Salvinia auriculata* y *Salvinia minima*), Acrostichum aureum que crece en las orillas, además del espadaño y el popal (Magaña, 2010).

En la siguiente Figura IV.243, se muestra la distribución de la vegetación primaria de las zonas de inundación previamente mencionadas, la cual como se indica, tienen funciones ecológicas para el funcionamiento integral del sistema costero dentro del SAR.



Fuente; Elaboración IMP con base en CONABIO

Cómo se muestra en la figura previa, el tular es el que presenta la mayor distribución, seguido por el popal. El siguiente grupo son los Pastizales halófilos, los cuales se han desarrollado en áreas en donde se eliminó la vegetación original, como los popales

y tulares, permitiendo la aparición de especies de gramíneas que crecen sin control. Estas áreas no requieren de un manejo adecuado para su cultivo ya que se trata de especies nativas que están dispersas. Un aspecto importante de este tipo de pastizal es que las especies que ahí se desarrollan son tolerantes a las inundaciones y a las condiciones de salinidad.

Usos de Suelo

En términos generales, como se muestra en la Figura IV.244 correspondiente a la información contenida en el Mapa Nacional Forestal de CONAFOR, la mayor parte del SAR, ya ha sido modificado de su condición natural original a algún uso con fines económicos para el ser humano, es decir, se ha transformado la condición natural del paisaje a un uso agropecuario a lo largo de los años.



Fuente: Elaboración IMP con base en CONAFOR

Los pastizales cultivados, han sido introducidos para fines ganaderos, que a su vez genera otras implicaciones en las condiciones del suelo por la compactación del terreno, este uso de suelo es el que tiene mayor presencia en la zona.

La agricultura en sus diferentes modalidades, es la segunda en importancia, siendo para la zona más costera el coco y el cacao los cultivos más representativos, mismos que le confieren ciertas características de humedad, nutrientes y retención al suelo, aún más cuando se hacen de manera mezclada, en ocasiones también con algunos frutales.

En la parte sur del SAR se diversifican los cultivos y se puede encontrar maíz, frijol y plátano entre otros menos representativos, adicionalmente a que es común encontrar el cultivo de traspatio o huerto familiar, que no necesariamente es exclusivo para autoconsumo, ya que también se utiliza para venta comercial y aporta nutrientes a los suelos por la variabilidad de especies que se incorporan en los terrenos (INEGI, 2017).

De acuerdo a lo anterior, las unidades de cobertura con mayor valor de fragilidad son aquellas correspondientes a vegetación primaria que proveen servicios ambientales y las de menor fragilidad, serán aquellas que ya han sido alteradas y cuentan con un uso económico, en este sentido, en la siguiente tabla se incorporan las categorías de fragilidad para la vegetación y usos de suelo:

Tabla IV.127. Categorías de fragilidad para vegetación y usos de suelo

Fragilidad	Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo
V y US	Manglar	Tular / Popal	Vegetación hidrófila	Agricultura	Pastizal

Fuente: Elaboración IMP

Todos los componentes para la determinación de la fragilidad dentro del SAR han sido descritos y definidos hasta el momento de manera independiente dentro de un marco geográfico, identificando como se muestra en la Tabla IV.128, las características que dotarán de su valor a las unidades de paisaje, las cuales representan una segmentación de áreas con características morfológicas similares, a las cuales se les asigna un valor por categoría de fragilidad y la suma algebraica de los valores de cada característica, representará el valor de fragilidad ecológica y su normalización y representación en un solo factor numérico que integre la condición morfoclimática, suelo y vegetación, indica la fragilidad ambiental de cada unidad.

Tabla IV.128. Resumen de factores ecológicos de fragilidad para la definición de Fragilidad Ambiental por unidad de paisaje

Fragilidad	Muy alta (5)	Alta (4)	Media (3)	Baja (2)	Muy Baja(1)
Pendiente*	NA	NA	Entre 7º a 15º	Entre 5º a 7º	<5º
Precipitación**	>1800 mm	NA	NA	NA	NA
Tipo de suelo	Arenosoles	Gleysoles	Vertisoles	Solonchak Phaeozem Fluvisol	NA
V y US	Manglar	Tular / Popal	Vegetación hidrófila	Agricultura	Pastizal

*No se presentan pendientes superiores a 15º
** Las precipitaciones medas anuales son superiores a 1800mm

Fuente: Elaboración IMP

A continuación, se muestra la Tabla IV.129, donde se indican los valores de fragilidad ambiental asignados las unidades de paisaje, en función a la fragilidad ecológica de los factores previamente descritos.

Tabla IV.129. Fragilidad ambiental por paisaje ecológico en el SAR

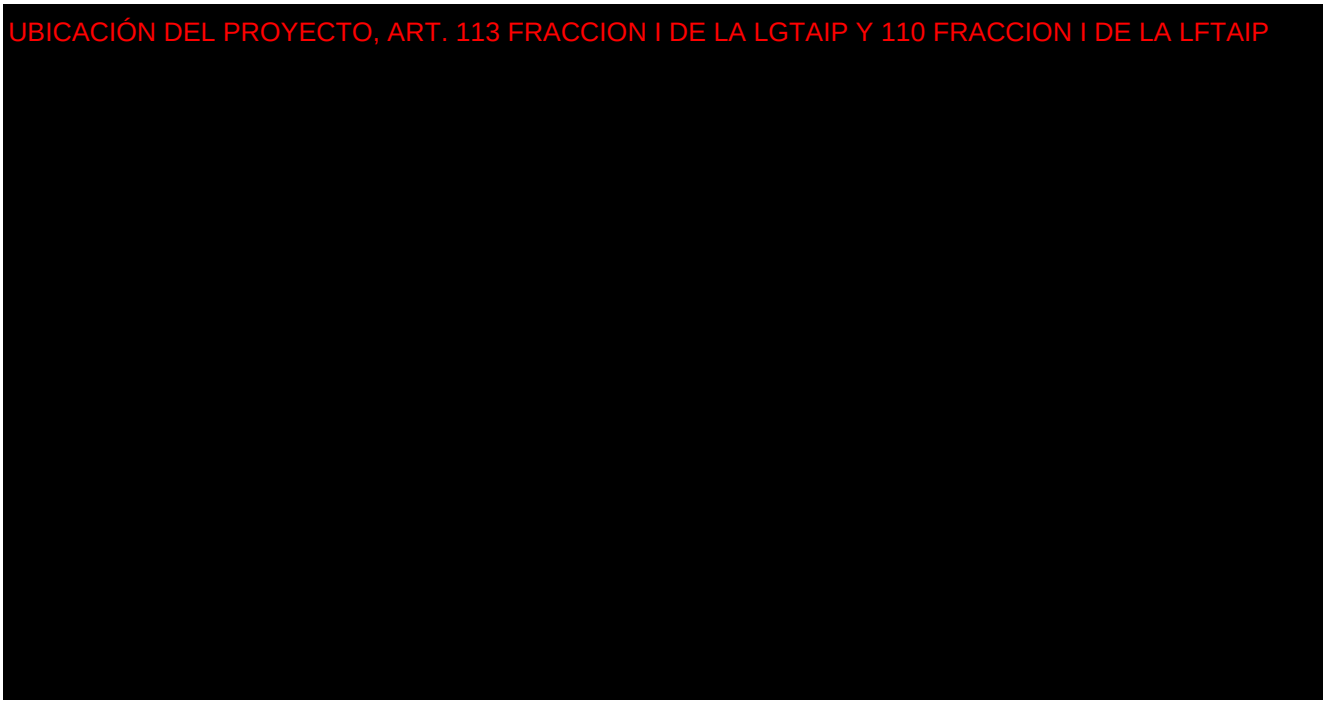
No	Unidad de Paisaje	Fragilidad Ecológica	Fragilidad ambiental	Categoría
1	Planicie alúvica acumulativa	60 a 9	3	Media
2	Planicie alúvica plegada	66 a 10	3	Media
3	Planicie aluvica subhorizontal	52 a 8	3	Media
4	Planicie estructural plegada ondulada	65 a 10	3	Media
5	Planicie estructural plegada ondulada	73 a 11	4	Alta
6	Planicie fluviodeltaica	71 a 11	4	Alta
7	Planicie fluviodeltaica acumulativa ondulada	58 a 9	3	Media
8	Planicie fluviodeltaica inactiva	58 a 9	3	Media
9	Planicie fluviodeltaica inactiva	72 a 11	4	Alta
10	Planicie fluviodeltaica inactiva	92 a 14	5	Muy Alta
11	Planicie lacustre acumulativa horizontal	72 a 11	4	Alta
12	Planicie lacustre acumulativa horizontal	72 a 11	4	Alta
13	Planicie marinoeólica acumulativa subhorizontal	72 a 11	4	Alta
14	Planicie palustre	52 a 8	3	Media
15	Planicie palustre	72 a 11	4	Alta
16	Planicie palustre acumulativa	52 a 8	3	Media
17	Planicie palustre acumulativa subhorizontal	72 a 11	4	Alta
18	Planicie palustre plegada	65 a 10	3	Media
19	Planicie palustre plegada	72 a 11	4	Alta
20	Planicie tectónico denudativa	60 a 9	3	Media
21	Planicie tectónico denudativa ondulada	52 a 8	3	Media
22	Planicie tectónico abrasiva carsificada	65 a 10	3	Media
23	Planicie tectónico abrasiva carsificada	78 a 12	4	Alta

Fuente: Elaboración IMP

De acuerdo a la información contenida en la tabla previa, se puede indicar que no se reporta ningún paisaje con fragilidad baja, la mayoría se califican con fragilidad media y corresponden principalmente a aquellos sitios donde se llevan a cabo actividades agrícolas y pecuarias y las calificadas como altas y muy alta, están ubicadas en las áreas donde existe presencia de vegetación primaria en la zona, principalmente manglar.

En la siguiente Figura IV.245 se muestras las unidades de paisaje calificadas por fragilidad ambiental de acuerdo a los criterios anteriormente expuestos.

Figura IV.245. Fragilidad ambiental del SAR por unidad de paisaje.



Fuente: Elaboración IMP

Como se muestra en la figura previa, aún y cuando en número de unidades es aproximadamente la mitad las reportadas con fragilidad media, el términos geográficos, más del 70% del SAR presenta esta condición; las fragilidades altas están más cercanas a la zona costera, que si bien como la mayor parte del SAR, tampoco tiene pendiente representativa, sí cuentan con suelos con fragilidades entre medias y altas, así como vegetación primaria en buen estado de conservación, que provee de servicios ambientales y sirve de hábitat para las especies locales y migratorias.

IV.4 Diagnóstico Ambiental

En el presente apartado, se incluye el diagnóstico ambiental de los componentes del sistema Ambiental Regional.

Calidad del aire

La concentración para los contaminantes atmosféricos normados: Ozono (O_3), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrógeno (NO_2), Dióxido de Azufre (SO_2) y Partículas Menores a 10 y 2.5 Micras (PM_{10} y $PM_{2.5}$), no superaron el valor límite de la norma de salud respectiva.

En cuanto a los contaminantes atmosféricos no normados: Ácido Sulfhídrico (H_2S) y las Partículas Suspendidas Totales (PST), no se obtuvieron valores de concentración significativos en los sitios de muestreo y monitoreo.

Las concentraciones promedio de Dióxido de Azufre medidas en los sitios de monitoreo son bajas, su rango oscila entre 0.000 a 0.011 ppm, cabe hacer mención que el límite permisible de este contaminantes es de 0.11 ppm, por lo anterior se puede decir que existe una baja presencia de este contaminante en el Sistema Ambiental Regional de la RDB. La zona donde se localizan los valores más altos esta al sur del municipio de Paraíso, Tabasco y el municipio de Cunduacán, Tabasco.

El análisis de las concentraciones promedio de Ozono, indica que los valores oscilan entre 0.004 a 0.035 ppm, estas magnitudes representan un impacto bajo de este contaminante en aire ambientes. El O_3 al ser un contaminante secundario, el cual se genera en la atmósfera, no se define en una zona específica. Las concentraciones promedio más altas se localizan en la cercanía de la costa, esto se puede deber al efecto de la terminal de Dos Bocas, cuyas emisiones evaporativas son precursores de formación de Ozono.

Las concentraciones promedio de Monóxido de Carbono son muy bajas, oscilando en el rango de 0.019 a 0.21 ppm en los sitios de monitoreo, la norma es de 11 ppm. Cabe hacer mención que el comportamiento de los valores más de CO indica un que la principal fuente que contribuye en la zona es la fuente vehicular y asociada a la actividad cotidiana de las poblaciones. En ocasiones también la práctica de la quema de pastizales aporta ese tipo de contaminante y su efecto se hace mayormente presente en los sitios S16, S21 y S23.

Las concentraciones de Óxido Nítrico (NO), Dióxido de Nitrógeno (NO_2) y Óxidos de Nitrógeno (NOx) son bajas (sus rangos oscilan en: 0.000 a 0.018 ppm, 0.000 a 0.012 ppm y 0.000 a 0.028 ppm, respectivamente), cabe hacer mención que el valor de

norma para el NO_2 es de 0.21 ppm, por lo anterior se puede decir que existe baja presencia de este contaminante en el aire ambiente en el SAR. Los valores más altos registrados de NO se localizaron en la cercanía de la autopista que comunica a la Ciudad de Villahermosa, por lo que la influencia del aforo vehicular es notable. Por otro lado el NO_2 tuvo mayor presencia en la zona cercana a la costa.

Las concentraciones de Ácido Sulfhídrico son muy bajas (0.000 a 0.023 ppm), en México este contaminante no está normado, la concentración de Ácido Sulfhídrico propuesta en el estándar de calidad del aire del Estado de california en EE.UU. es de 0.03 ppm en promedio de una hora (California Ambient Air Quality Standards (CAAQS)). La concentración mayor se localiza en la cercanía del municipio de Paraíso, Tabasco. El H_2S es un contaminante que se asocia a emisiones fugitivas de almacenamiento de crudo o al proceso de digestión anaerobia de materia orgánica.

Por lo que respecta a las partículas, no se aplicó un análisis estadístico ya que por la forma medición y el método de medición, solo se tiene una muestra por sitio. Las concentraciones para partículas son bajas y no rebasan sus respectivas normas de salud.

De acuerdo al análisis de las mediciones de la concentración de los contaminantes atmosféricos que son criterio, no existen valores que rebasen la normatividad de salud nacional, además de que muestra valores bastante bajos que no representan un problema de salud para la población.

La concentración promedio de las Partículas Menores a 10 y 2.5 Micras (PM_{10} y $PM_{2.5}$) oscila en el rango de 15 a 61 $\mu g/m^3$ y de 3 a 40 $\mu g/m^3$, respectivamente. En ambos casos no superaron el valor límite de la norma de salud respectiva. No se distingue alguna zona que muestre valores altos.

De acuerdo al comportamiento de las variables meteorológicas en el periodo del 18 de marzo al 4 de abril de 2019, se puede decir que prevalecieron condiciones bastante homogéneas durante el periodo de monitoreo de la calidad del aire en la zona del Sistema Ambiental Regional de la RDB.

Dispersión de Contaminantes Atmosféricos

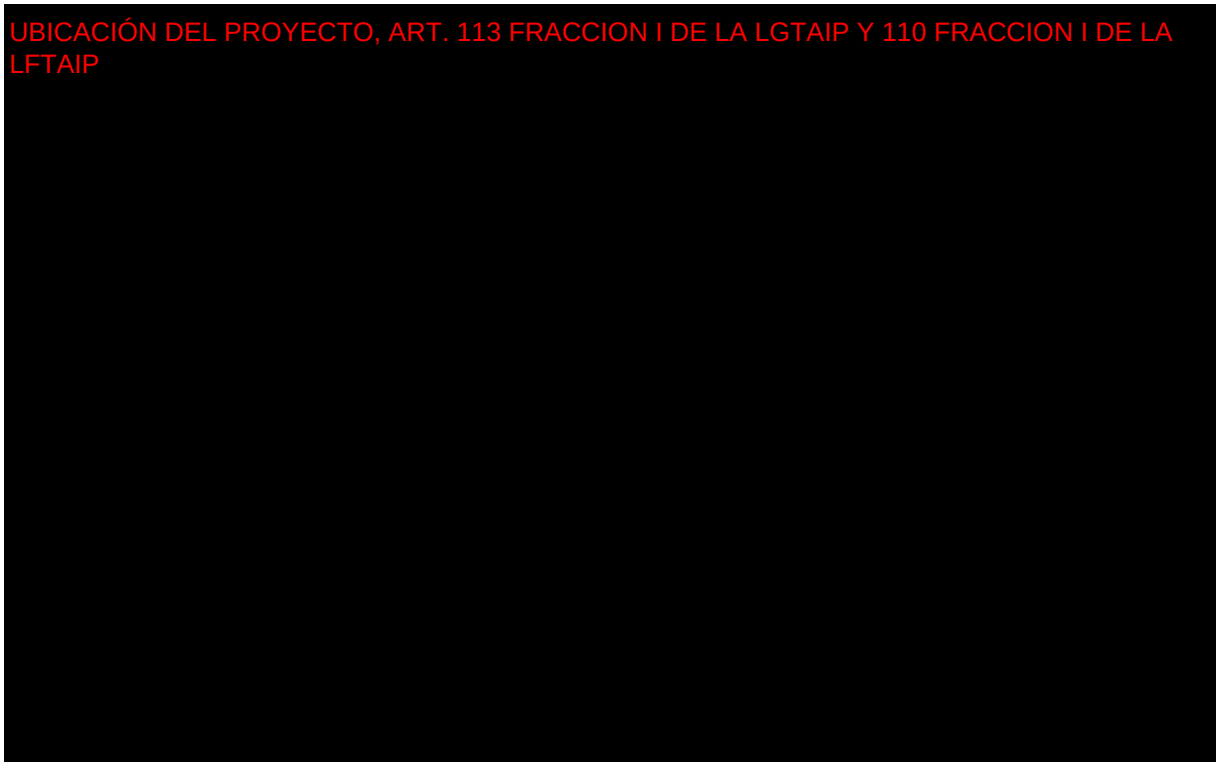
De acuerdo con al Proaire de Tabasco 2018 a 2027, la minería petrolera, conformada por la extracción de petróleo y gas, así como de la perforación de pozos petroleros y gas, es la fuente que en mayor medida aporta a las emisiones a la atmósfera en esta región (SEMARNAT, 2018). La mayor contribución a la emisión a la atmósfera por fuentes fijas son el dióxido de azufre (46,676 Mg) y los óxidos de nitrógeno (43,590

Mg), asociados principalmente a las actividades petroleras, seguidos por la emisión de COV y PM_{10}, asociados a las fuentes de área urbanas y naturales, respectivamente. En cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero el SERNAPAM/INE reporta que la emisión de CO_2 para el sector del petróleo y gas en 2009 fue de 209 Gg, mientras que la emisión de metano fue de 2,245 Gg (SERNAPAM/INE, 2011).

Por otro lado, la ubicación geográfica del predio en donde se construirá la Refinería de Dos Bocas (RDB) se localiza sobre la zona costera sur del Golfo de México, a 3 km al noreste de la ciudad de Paraíso, Tabasco (Figura IV.246). Este sitio colinda al este con la actual Terminal Marítima de Dos Bocas (TMDB), en donde se realizan diversas actividades de servicios portuarios e industriales, entre las que destacan la separación y acondicionamiento del crudo proveniente de los pozos de la Sonda de Campeche. El informe detallado de este apartado, para mayor referencia, se puede consultar en el Anexo “Modelación de la dispersión de contaminantes en la atmósfera emitidos por la RDB”.

Se integró la información de emisiones de los contaminantes normados de las distintas actividades petroleras de perforación, explotación, distribución y almacenamiento del petróleo crudo y gas, contenidas en la región delimitada por: las Regiones Marinas Noroeste (Cantarell y Ku-Maloob-Zab), Sureste (Abkatún-Pol-Chuc y Litoral de Tabasco) y la Región Sur (Cinco Presidentes, Bellota-Jujo, Samaria-Luna y Macuspana-Maspac), la terminal marítima de Cayo Arcas, el CPT de Atasta y los CPG en Cactus, Nuevo Pemex y Ciudad Pemex, así como la Terminal Marítima de Dos Bocas.

Figura IV.246. Localización de las fuentes de emisión cercanas a la región del proyecto de la RDB.



Fuente: Elaboración IMP, base CNH

Se analizó el impacto de las emisiones en la calidad del aire considerando las condiciones meteorológicas observadas en el transcurso del año y que son: la temporada de estiaje (febrero a mayo), la temporada de lluvia (junio a septiembre) y la temporada fría o Nortes (octubre a enero).

La identificación de estas temporadas se realizó construyendo las rosas de viento anuales con la información meteorología histórica disponible de 10 estaciones de la red de monitoreo de CONAGUA en los estados de Tabasco y Campeche (Tabla IV.130), así como de la variación de la temperatura y precipitación pluvial.

Para determinar las rosas de vientos se utilizó el software libre “WRPLOT View” el cual requiere registros horarios de la dirección y velocidad del viento en cada estación meteorológica. El periodo de datos meteorológicos disponibles para este cálculo es de febrero 2017 a enero 2019.

Tabla IV.130. Coordenadas geográficas de las estaciones meteorológicas de CONAGUA en Tabasco y Campeche.

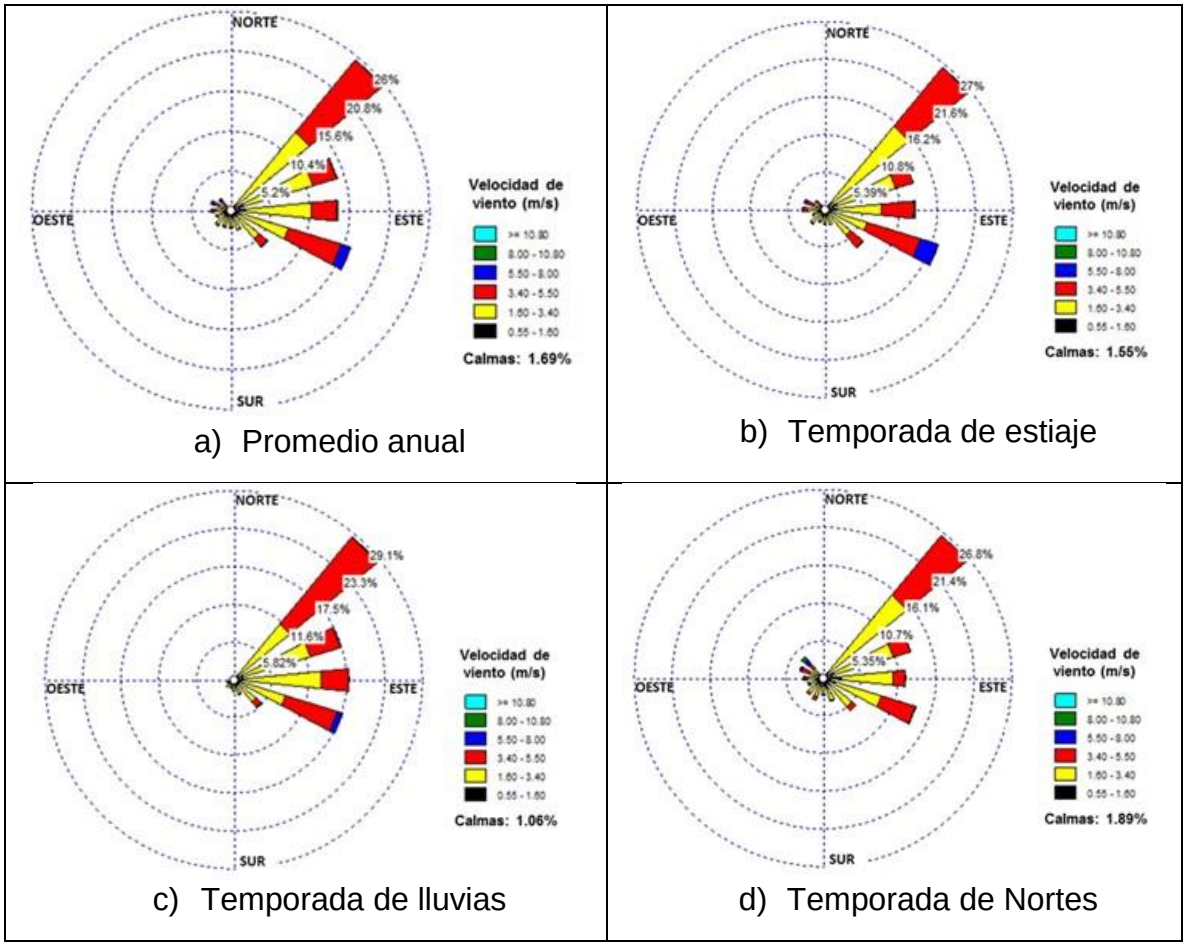
Estado	Nombre de la estación	Operado por	Latitud N	Longitud W
Tabasco	Paraíso	SMN EMAS	18°25'23"	93°09'20"
	Sánchez Magallanes	OCFS	18°17'44"	93°51'52"
	Huimanguillo	OCFS	17°51'04"	93°23'47"
	C. Usumacinta	SMN EMAS	17°17'23"	91°13'44"
	Pantanos de Centla	SMN EMAS	18°24'22"	92°38'47"
	Dos patrias	OCFS	17°36'42"	92°47'58"
	Tres brazos	OCFS	18°23'05"	92°36'26"
	Jonuta	OCFS	18°05'27"	92°08'16"
Campeche	Cayo Arcas	SEMAR	20°12'14"	91°57'46"
	Ciudad del Carmen	SMN EMAS	18°38'53"	91°49'21"

Fuente: Elaboración IMP con datos de CONAGUA

Nota: SMN: Servicio Meteorológico Nacional.
EMAS: Estaciones Meteorológicas Automáticas.
OCFS: organismo de Cuenca de la Frontera Sur.
SEMAR: Secretaría de Marina.

Con los datos de CONAGUA a través del SMN, se generaron las rosas de viento para Paraíso, para cada una de las temporadas identificadas (Figura IV.247). El viento proviene principalmente del Noreste (NE) y del este sureste (ESE), con una intensidad media entre 2 y 6 m/s. El viento dominante, es decir, el más intenso registrado, proviene del ESE, con una intensidad media entre 6 y 8 m/s. No obstante, durante la temporada de Nortes se presenta viento intenso superior a los 8 m/s, sin embargo su frecuencia es menor al 1% de los registros anuales. En las temporadas de estiaje y de lluvia el comportamiento del viento es similar al promedio anual.

Figura IV.247. Rosas de vientos a) Anual, b) Estiaje, c) Lluvias y d) Nortes para la estación Paraíso.



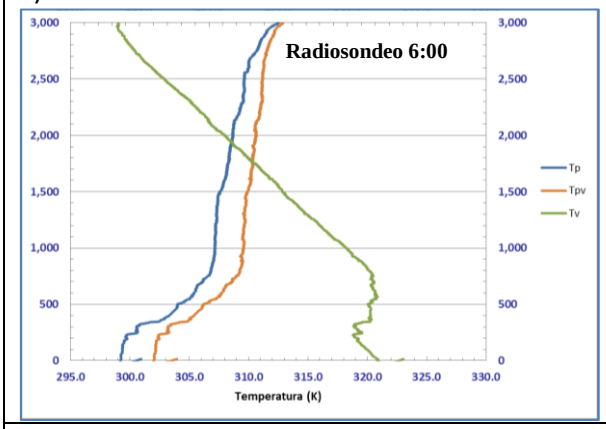
Fuente: Elaboración IMP con datos de CONAGUA-SMN

Adicionalmente, se integró información de los estudios previos realizados por el IMP en esta región, en los cuales se realizaron mediciones meteorológicas a nivel de superficie y en altura. Las mediciones en altura se realizaron mediante radiosondeo atmosférico, que consiste en el lanzamiento de globos sonda que mide las variables meteorológicas según va ascendiendo y al mismo tiempo transmite esta información telemétricamente a la estación de recepción en superficie.

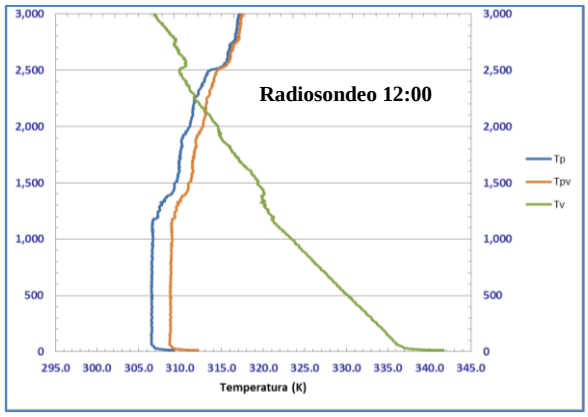
La campaña de radiosondeo atmosférico se llevó acabo del 2 al 9 de mayo de 2019, en las instalaciones del IMP en el municipio de Paraíso, Tabasco. Los lanzamientos se realizaron a las 6:00, 12:00 y 18:00 h. Los principales resultados se presentan en la Figura IV.248.

Figura IV.248. Análisis termodinámico en la vertical de la atmosfera del Municipio de Paraíso, Tabasco.

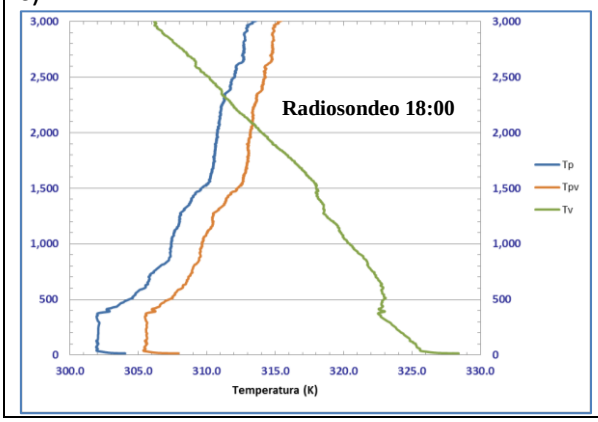
a)



b)



c)



El radiosondeo atmosférico, permite entre otras cosas, determinar la altura de capa de mezcla, la cual, es la región donde se lleva acabo principalmente el fenómeno de dispersión de emisiones y en el que la turbulencia atmosférica juega un papel importante en el transporte y difusión de los contaminantes.

El análisis termodinámico del lanzamiento de las 6:00 indica que la altura de capa de mezcla es de aproximadamente 350 metros, con cierto nivel de inversión térmica y una atmosfera clasificada como estable (Figura 3ª). Esta condición restringe la posibilidad de una buena difusión en la vertical y por ende una acumulación de contaminantes cercana a la superficie.

Con el efecto de calentamiento solar de la superficie, la altura de capa de mezcla evoluciona, por efecto de la convección natural, hecho que mejora las condiciones de dispersión, a las 12:00 la altura de capa de mezcla crece hasta unos 1,300 metros y predomina una atmosfera muy inestable. Esta condición genera un patrón de dispersión de contaminantes que ayuda a la difusión de la concentración en la columna vertical de la atmosfera (Figura 3b).

En la tarde, cesa el efecto solar y la capa de mezcla disminuye, llegando a una altura de 400 metros. Además, la atmósfera tiende a tener una condición neutra, nuevamente, disminuye la capacidad de difusión en la vertical de los contaminantes (Figura 3c).

Fuente: Elaboración IMP

Modelación

Para determinar la zona de influencia de las emisiones a la atmósfera originada por la construcción de la RDB, es necesario incluir las emisiones de las principales fuentes de emisión en la región. La inclusión de estas fuentes permitirá determinar el efecto neto acumulativo en la calidad del aire de la región. Para esto, el uso de modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos es una práctica común para estimar el impacto directo al ambiente generado por las emisiones a la atmósfera de fuentes puntuales o difusas.

En este caso se utilizó el modelo de dispersión HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model). Este modelo es un sistema completo de cálculo de los principales factores meteorológicos que afectan el transporte, dispersión, transformación química y depósito atmosférico, de gases y partículas suspendidas. Actualmente el HYSPLIT continua siendo uno de los modelos más utilizados por la comunidad del campo de las ciencias de la atmósfera para estudiar la dispersión y el transporte de contaminantes del aire (Stein, A.F. et al, 2015).

Configuración del modelo

El tiempo de simulación para cada corrida del modelo fue de 144 horas, equivalente a seis días completos de dispersión de contaminantes. En se realizaron cuatro corridas, una para cada contaminante (NOx, CO, SO_2 y PM_{10}). El número total de fuentes incluidas en cada corrida varía según el caso analizado y el contaminante específico. Asegurando que se incluyera al menos el 90% de la masa total emitida en la zona de estudio para cada contaminante.

Para reducir el tiempo de simulación el modelo se configuró con una altura máxima de 3000 metros sobre el nivel del piso. Esta restricción no representa un error significativo para el cálculo de la concentración de contaminantes en superficie, ya que se conoce que la altura de la capa de mezcla en zonas costeras se mantiene por debajo de los 1500 m. La concentración en superficie de cada contaminante se reporta en promedio de 24 horas y es la concentración promedio en los primeros 50 metros de la atmósfera, que es la porción del aire al que la población está mayormente expuesta.

La turbulencia atmosférica que se utilizó para recalcular la posición de las partículas en cada paso de tiempo, la estabilidad atmosférica y la altura de la capa de mezclado, fue el valor que por defecto del modelo asume, cuando no se tienen mediciones de campo y que básicamente se calcula con la información de los campos meteorológicos de entrada.

El depósito atmosférico solo se activó para el caso de las PM_{10}, mientras que los contaminantes gaseosos solo son dispersados.

Inventario de emisiones (de línea base)

Este inventario de emisiones integra la contribución de las distintas actividades petroleras de perforación, explotación, distribución y almacenamiento del petróleo crudo y gas a la emisión de contaminantes a la atmósfera, con cerca de 1600 fuentes puntuales. Incluye las Regiones Marinas Noroeste (Cantarell y Ku-Maloob-Zab), Sureste (Abkatún-Pol-Chuc y Litoral de Tabasco) y la Región Sur (Cinco Presidentes, Bellota-Jujo, Samaria- Luna y Macuspana-Maspac), la Terminal Marítima de Cayo Arcas, el CPTG de Atasta y los CPG en Cactus, Nuevo Pemex y Ciudad Pemex, así como la Terminal Marítima de Dos Bocas (Figura 1).

Las fuentes de PEMEX se integraron por tipo de equipo de combustión en tres grandes categorías: Oxidadores Térmicos, Quemadores y Equipos de Combustión (calderas, compresores, calentadores de proceso, etc.). Los contaminantes que se determinaron para este inventario son el dióxido de azufre (SO_2), óxidos de nitrógeno (NOx), monóxido de carbono (CO) y las partículas suspendidas menores a 10 micrómetros. En la Tabla IV.131 se presentan las emisiones totales por tipo de combustión para toda la región.

Tabla IV.131. Inventario de Emisiones de línea base 2018 por tipo de fuente.

Origen	Tipo de fuente	NO_x	CO	SO_2	PM_{10}	COV
		Mg/año	Mg/año	Mg/año	Mg/año	Mg/año
PEMEX	Oxidadores térmicos	1,586.23	24,289.15	221,879.45	2,280.21	95,173.80
	Quemadores de campo	3,387.46	51,359.00	232,695.35	4,881.89	186,255.90
	Combustión	35,302.99	12,787.93	2,026.46	663.35	403.08
	Subtotal PEMEX	**40,276.68**	**88,436.08**	**456,601.26**	**7,825.45**	**281,832.78**
Otras fuentes	Otras industrias	2,652.80	4,448.88	789.44	402.26	ND
	Fuentes de área	3,625.51	102,065.93	445.17	15,981.86	41,953.78
	Fuentes móviles	35,278.26	171,183.18	1,250.33	3,196.87	13,874.68
	Subtotal otras fuentes	**41,556.57**	**277,697.99**	**2,484.94**	**19,580.99**	**55,828.45**
Total		**81,833.25**	**366,134.07**	**459,086.20**	**27,406.43**	**337,661.23**

Fuente: Elaboración IMP con información de PEMEX, SEMARNAT y SENER.

El dióxido de azufre es el contaminante con las emisiones más abundantes en la región, con 36% de las emisiones totales y está asociado principalmente a la incineración y el flaring de gas amargo y gas ácido en plataformas y en los Centros Procesadores de Gas. El segundo contaminantes más abundante es el monóxido de carbono con el 29%, generado por la quema incompleta en todos los procesos de combustión, seguido por los compuestos orgánicos volátiles (26.5%).

Para fines del modelo HYSPLIT, se consideraron solo a las fuentes de PEMEX: los oxidadores térmicos, los quemadores, y equipos de combustión se integraron por instalación en una sola fuente puntual. Reduciendo las fuentes puntuales que se incluyeron en el modelo. No se incluyeron como fuentes las que PEMEX no reporta una ubicación específica y relacionadas a equipo móvil, sin embargo son contabilizadas sus emisiones en el inventario. La integración de esta manera permitió considerar el 90.6 % de las emisiones de NOx, el 98.8 de las de CO, el 94 % de las de SO_2 y el 99.1 % de las de PM_{10}. La Tabla IV.132 muestra la contribución considerada de cada una de las fuentes y su porcentaje en relación con el total emitido en instalaciones de PEMEX

Tabla IV.132. Inventario de Emisiones a la atmósfera: caso Línea Base.

Tipo de fuente	Número de fuentes	NO_X	CO	SO_2	PM_{10}
		kg/h			
Quemadores de campo	87	450.8	6385.7	37044.7	606.4
Equipo de combustión	182	3873.0	1612.4	296.90	92.60
Oxidadores térmicos	8	181.3	2772.7	25328.9	260.4
Total	**277**	**4,505.1**	**10,770.8**	**62,670.5**	**959.4**
% emisiones de PEMEX		**90.6**	**98.8**	**94.0**	**99.1**

Fuente: Elaboración IMP con información de PEMEX

Simulación

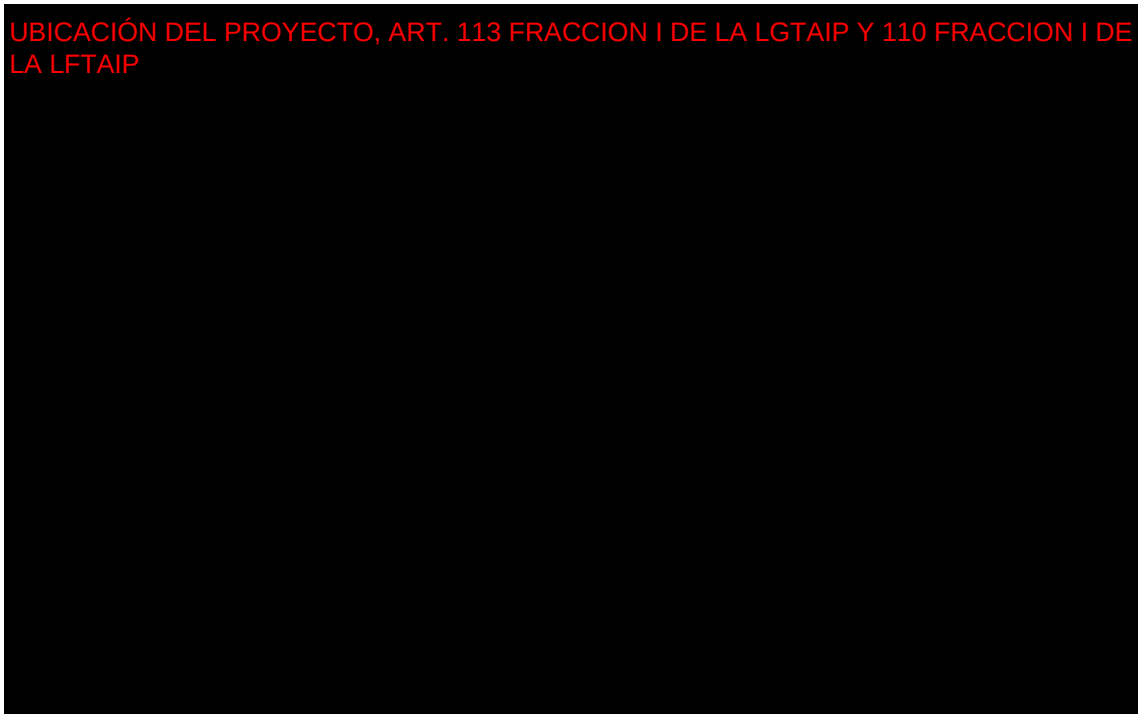
En la Figura IV.249 se muestran las isolíneas de concentración de NOx para el día 28 de marzo de 2018, considerando todas las fuentes de emisión listadas en la Tabla IV.132. Los tres recuadros rojos muestran las plumas contaminantes de las dos Regiones Marinas, el CPTG de Atasta y la TMDB. A pesar que las emisiones de Sonda de Campeche son altas, las distancia a Paraíso, Tabasco y la intensidad del viento hace que la concentración de este contaminante se diluya rápidamente, de tal manera que los valores máximos reportados por el modelo, de 50 µg/m^3, están por debajo del valor de la norma para este contaminante, que es de 395 g/m^3 en promedio horario. A partir de este resultado, las emisiones de Sonda de Campeche y la Terminad de Cayo Arcas no serán consideradas en las siguientes simulaciones y solo se consideraron 181 fuentes puntuales.

En la Figura IV.250 se muestra la superposición de la concentración promedio de 24 para los NOx para los seis días de simulación. En la figura se observa una amplia dispersión de los contaminantes, inducida por los cambios en la dirección e intensidad del viento hora por hora. Claramente se ven cuatro direcciones preferenciales de dispersión: las del Sureste y Noreste son las que dominan esta región, particularmente en las zonas costeras y marinas. En la zona continental se presenta una componente del viento del suroeste, específicamente en la zona de Cárdenas, Villahermosa y Nuevo Pemex.

La concentración de NOx en esta zona varía entre un 1 µg/m^{3}y 50 µg/m^3, valores muy por debajo del máximo permitido por la norma de calidad del aire para este contaminante (NOM-023-SSA1-1993), que es de 395 µg/m^3 (0.21 ppm) en promedio horario. El modelo predice un incremento generalizado de 1 µg/m^3 en la concentración del NOx que se extiende en gran parte de la región, denominada concentración de fondo.

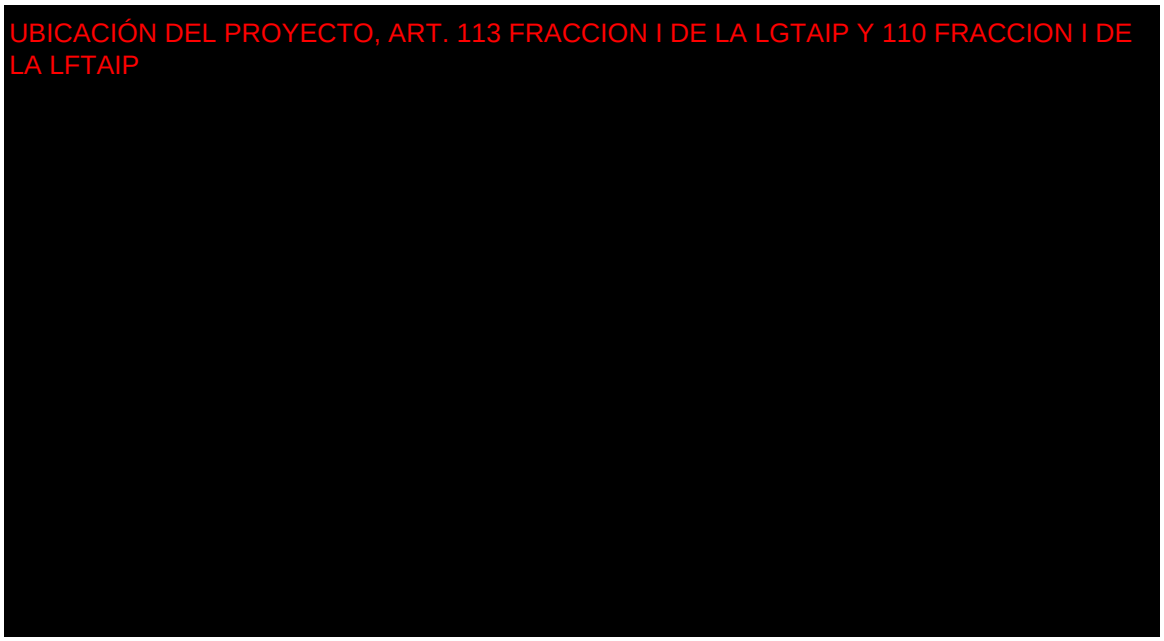
Por otro lado, la concentración de este contaminante se va incrementando entre más cerca se esté de la fuente, de tal forma que la concentración dentro de un radio de 10 km con centro en la fuente se incrementa por encima de los 20 µg/m^3.

Figura IV.249. Concentración promedio de 24 h de óxidos de nitrógeno para el día 28 de marzo de 2018.



Fuente: Elaboración IMP

Figura IV.250. Concentración de NOx para el periodo del 28 de marzo al 3 de abril de 2018.



Fuente: Elaboración IMP

Para el resto de los contaminantes se espera un comportamiento similar al que se observa para los NOx, ya que la distribución de las fuentes y las condiciones meteorológicas de dispersión son las mismas, lo único que varía es la intensidad de emisión.

En resumen, se indica que en la temporada de Nortes la entrada de frentes fríos provoca intensas lluvias y viento sostenido del nornoroeste, con velocidades de hasta 60 km/h. Estas condiciones meteorológicas afectan la región con diferente intensidad, siendo los sitios en la costa los que reciben el viento más intenso. Dependiendo de la intensidad y velocidad del frente frío, su duración es de 3 a 5 días, por lo que en las estadísticas anuales para determinar la rosa de viento, su contribución es muy baja. No obstante su corta duración, estos eventos son importantes por su impacto en las actividades socioeconómicas de la región.

Los niveles de concentración de los contaminantes normados predichos por el modelo, para la región, no rebasan los límites marcados por la norma de calidad del aire para los cuatro contaminantes normados: NO_2, CO, SO_2 y PM_{10}.

Diagnóstico Ambiental Suelos

Los suelos que caracterizan la mayor parte del área del Sistema Ambiental Regional son los Arenosoles, Fluvisoles, Gleysoles, Phaeozem, Solonchak y Vertisoles, en estos se cuenta con diferentes tipos de vegetación que han dado cubierta y protección a los suelos de la erosión hídrica, sin embargo existen lugares desprovistos de vegetación que cambian las condiciones de erosión hídrica aportando al SAR un promedio de aproximado de: 8.59 ton/Ha/año, cabe hacer notar que las áreas sin cubierta vegetal identificadas solo se encuentran en suelos tipo Arenosol y Vertisol y representan una gran parte de la erosión registrada en el SAR.

En cuanto a los análisis de posibles contaminantes provocados por la industria petrolero cabe señalar que de los 27 muestreos realizados a lo largo de la cuenca y área del SAR solo en cuatro puntos de muestreo se registraron concentraciones detectables de Hidrocarburos Fracción Pesada e Hidrocarburos Fracción Media sin que las concentraciones observadas sean significativas o fuera de normatividad; en el resto de los análisis de Hidrocarburos no se detectaron concentraciones o trazas que pudieran asociarse a la presencia de hidrocarburos en suelos.

Por lo que toca a los parámetros asociados a la NOM-021-SEMARNAT-2000, como pudo observarse en anteriormente todos los parámetros están dentro de lo señalado en la normatividad nacional vigente y corresponden a los tipos de suelos manejados en las descripciones edafológicas de INEGI.

Las condiciones de ubicación de la Refinería Dos Bocas favorecen la prevención y cuidado de los aspectos ambientales y ecológicos debido a que esta construcción se realiza en el final de la subcuenca hidráulica tanto del río Seco como de la subcuenca del río Cuxcuxapa, por lo que la probabilidad de contaminación a los suelos aledaños debido al transporte de contaminantes por fugas o derrames accidentales que pudiera darse hacia lugares topográficamente más bajos es mínima.

Impactos potenciales en aguas costeras (zona Marina)

Resumen de metales y compuestos orgánicos. En el entorno receptor inmediato a la salida descarga, se detectaron hidrocarburos totales del petróleo en la fase sedimentaria con distribución dirigida hacia el este. No se han detectado hidrocarburos del petróleo en la columna de agua. El contenido de hidrocarburos poliaromáticos en las descargas resultó similar en los años 2003 y 2013. Existe aporte al sistema de HAP de alto peso molecular, provenientes de la salida del Río González. Se observó impacto alto por HAP de bajo peso molecular y medio por HAP totales y en el sedimento inmediato a la salida del emisor.

Se registró bioacumulación de HAP totales en peces colectados en la zona de influencia del emisor submarino, dominando los de bajo peso molecular. Los biomarcadores del petróleo tuvieron un patrón de distribución, dominado por especies indicadoras de la presencia de petróleos crudos maduros y aditivos de productos refinados.

De acuerdo a los resultados de las pruebas biológicas realizadas en los tejidos, se presentan en la Tabla IV.133 e incluye una comparación de las concentraciones de tejido en el ostión *Crassostrea sp.,* que se puede encontrar en la Sonda, con datos de campo provenientes de los EUA, y con los límites de impactos negativos resumidos en la Base de Datos de Impactos Ambientales de los Residuos (ERED). En una siguiente Tabla IV.134 se presenta, la comparación los resultados de todos los datos de tejido disponibles, provenientes del Golfo de México, con los criterios de salud pública, con el fin de valorar cualitativamente si las concentraciones de contaminantes observadas representan un riesgo potencial para la salud de la población derivados de las actividades de captura recreativa o comercial.

Tabla IV.133. Comparación de las concentraciones en tejido de ostiones de la porción marina de la Sonda de Campeche con la información de la porción estadounidense del Golfo de México y de ERED.

Analito (mg/kg. peso seco)	Atasta	[a]Lagunas Costeras	US Golfo de México Percentil 90%	*Crassostrea* ERED	*Mytilus* ERED	[b]Sonda Campeche Lenguado	[b] Sonda Campeche Camarón
Cadmio	4.4	-	7.19	18.2 - 60	3.74 - 30		
Cromo	-	0.36 - 6.7	1.3	-	-		
Cobre	284	7.7 - 157.7	323	-	12 - 80	0.1 – 22	32.0 - 136
Plomo	7.7	0.14 - 5.8	1.12	2.28 – 2.6	-	0.12 – 2.63	0 – 3.7
Manganeso	-	29.85	27.2	-	-		-
Mercurio	-	0.03 - 0.044	0.25	-	-	0 – 0.264	-
Níquel	-	11.5 - 22.94	2.85	-	-	0 – 1.83	0 – 13.0
PAH (Totales)	-	0.219 - 91.4	-	-	-		-
Hierro						5.9 – 151.0	9.0 – 69.0
Bario						0.43 – 3.6	0 – 0.46
Zinc	383	86 - 1101	4910	-		2.4 – 4.7	1.8 – 4.5

(a)Marin M.L., Baeza, L., Zapata, P.O., y G. Gold. 1997. Trace metals in the American Oyster Crassostrea virginica, and sediments from the coastal lagoons Mecoacán, carmen and Machona, Tabasco, Méx. Chemosphere. 34(11): 2437 a 2453, and Botello, A.V., J.L. Rojas-Galaviz, J. Benítez y D. Zárate-Lomelí (Eds). 1996. Golfo de México, contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias. Univ. Auto. Campeche. EPOMEX Serie Científica 5. 666p.

(b) IMP. 2002.

Tabla IV.134. Comparación de las concentraciones de tejido provenientes de localidades seleccionadas en el Golfo de México, con los Criterios de Salud Pública

Región	Especie	Metal	Concentración Promedio Observada mg/kg. peso seco	Criterio de Salud Humana mg/kg. peso seco	Estándar para:
Atasta	*Crassostrea virginica*	Cadmio	**4.4**[a]	2	Almeja Azul[c]
Atasta	*Crassostrea virginica*	Cobre	284	350	Moluscos[c]
Atasta	*Crassostrea virginica*	Plomo	**7.7**[a]	5	Moluscos Bivalvos[d]
Atasta	*Crassostrea virginica*	Zinc	383	5000	Ostiones[c]
Campeche	*Busycon contrarium*	Cobalto	1.68	-	-
Campeche	*Busycon contrarium*	Cobre	11.68	350	Moluscos[c]
Campeche	*Busycon contrarium*	Manganeso	3.57	-	-
Campeche	*Busycon contrarium*	Plomo	**24.64**[b]	5	Moluscos Bivalvos[d]
Campeche	*Busycon contrarium*	Zinc	43.84	5000	Ostiones[c]
Campeche	*Crassostrea virginica*	Cobalto	3.04	-	-
Campeche	*Crassostrea virginica*	Cobalto	3.51	-	-
Campeche	*Crassostrea virginica*	Cobre	153.62	350	Moluscos[c]
Campeche	*Crassostrea virginica*	Cobre	26.37	350	Moluscos[c]
Campeche	*Crassostrea virginica*	Cobre	7.49	350	Moluscos[c]
Campeche	*Crassostrea virginica*	Cobre	157.7	350	Moluscos[c]
Campeche	*Crassostrea virginica*	Cromo	0.36	7.5 a 65	Crustáceos, Peces[c,e]
Campeche	*Crassostrea virginica*	Cromo	4.02	7.5 a 65	Crustáceos, Peces[c,e]
Campeche	*Crassostrea virginica*	Cromo	6.7	7.5 a 65	Crustáceos Peces[c,e]
Campeche	*Crassostrea virginica*	Hierro	504.01	-	-
Campeche	*Crassostrea virginica*	Manganeso	29.85	-	-
Campeche	*Crassostrea virginica*	Mercurio	0.03	11.5	Peces[f]
Campeche	*Crassostrea virginica*	Mercurio	0.044	11.5	Peces[f]
Campeche	*Crassostrea virginica*	Níquel	22.94	400	Crustáceos(e)
Campeche	*Crassostrea virginica*	Níquel	11.15	400	Crustáceos[e]
Campeche	*Crassostrea virginica*	Plomo	0.14	5	Moluscos Bivalvos[d]
Campeche	*Crassostrea virginica*	Plomo	2.19	5	Moluscos Bivalvos[d]
Campeche	*Crassostrea virginica*	Plomo	0.257	5	Moluscos Bivalvos[d]
Campeche	*Crassostrea virginica*	Plomo	5.8	5	Moluscos Bivalvos[d]
Campeche	*Crassostrea virginica*	Zinc	1101.24	5000	Ostiones[c]
Campeche	*Crassostrea virginica*	Zinc	85.86	5000	Ostiones[c]
Campeche	*Crassostrea virginica*	Zinc	101.13	5000	Ostiones[c]
Campeche	*Crassostrea virginica*	Zinc	679.4	5000	Ostiones[c]
Campeche	*Melongena melongena*	Cobalto	3.63	-	-
Campeche	*Melongena melongena*	Cobre	14.65	350	Moluscos[c]
Campeche	*Melongena melongena*	Manganeso	11.57	-	-
Campeche	*Melongena melongena*	Plomo	**21.86**[b]	5	Moluscos Bivalvos[d]
Campeche	*Melongena melongena*	Zinc	49.99	5000	Ostiones[c]
Campeche	*Penaeus setiferus*	Mercurio	0.01 a 0.16	11.5	Peces[f]
N. Golfo de México	*Crassostrea virginica*	Cadmio	**2.7**[a]	2	Almeja Azul[c]
N. Golfo de México	*Crassostrea virginica*	Cobre	150	350	Moluscos[c]
N. Golfo de México	*Crassostrea virginica*	Cromo	0.48	7.5 a 65	Crustáceos, Peces[c,e]
N. Golfo de México	*Crassostrea virginica*	Plomo	0.52	5	Moluscos Bivalvos[d]
N. Golfo de México	*Crassostrea virginica*	Zinc	2400	5000	Ostión[c]

(a) Marin M.L., Baeza, L., Zapata, P.O., y G. Gold. 1997. Trace metals in the American Oyster Crassostrea virginica, and sediments from the coastal lagoons Mecoacán, Carmen and Machona, Tabasco, Méx. Chemosphere. 34(11): 2437 a 2453

(b) Botello, A.V., J.L. Rojas-Galaviz, J. Benítez y D. Zárate-Lomelí (Eds). 1996. Golfo de México, contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias. Univ. Auto. Campeche. EPOMEX Serie Científica 5. 666p.

(c) NATIONAL WATER QUALITY MANAGEMENT STRATEGY Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality Volume 1 The Guidelines (Chapters 1–8) Draft

(d) FAO/WHO. 1999. Joint FAO/WHO Food Standards Programme Codex Committee on Food Additives and Contaminants. 32nd Session, Beijing, Peoples Republic of China, 20 a 24 March 2000. Draft Maximum Levels for Lead (Prepared by Denmark).

(e) Internet Standard. http://vm.cfsan.fda.gov/~frf/guid-cr.html

(f) US EPA 1995

Comparar los datos de la Sonda de Campeche con los de la porción estadounidense del Golfo de México o los de ERED representa una interpretación de alta incertidumbre, porque sólo se midieron unos cuantos analitos. (Cadmio, cromo, cobre, plomo, manganeso, mercurio, níquel y PAH totales). Las concentraciones de zinc en tejido corporal en las muestras tomadas en la Sonda de Campeche rebasaron los criterios de ERED, así como también en las muestras provenientes del norte del Golfo de México.

En la mayoría de los casos, las cargas corporales asociadas con tejidos provenientes de la Sonda de Campeche, estuvieron por debajo de los criterios de salud pública. Las excepciones fueron las excedencias de *Crassostrea gigas* (cadmio y plomo), *Busycon contrarium* (plomo), y *Melongena melongena* (plomo). La magnitud de las excedencias varió de 1.4x a 4.9x. En el caso del plomo y el cadmio en C. virginica, las muestras se recolectaron en las lagunas costeras de Mecoacán, Carmen y Machona.

Para el caso del área marina de la Sonda de Campeche, los principales metales bioacumulados en peces lenguados y camarón fueron Ni, Fe y Cu, aun cuando los niveles en tejidos no representaron un riesgo de ingesta. Considerando el contenido total de metales se identifican dos áreas principales de bioacumulación, una al oeste de las instalaciones petroleras y otra frente a la desembocadura del sistema Grijalva-Usumacinta.

Los datos de tejidos presentan grandes carencias, especialmente con relación a los compuestos de PAH, ya que los compuestos orgánicos fueron reportados solamente como el contenido de compuestos saturados, aromáticos y PAH totales en las publicaciones de datos fuente. Finalmente debido a que esta evaluación se sustenta en la intercomparación de datos publicados procedentes de diferentes fuentes, los procedimientos analíticos y los sistemas de control de calidad no son comparables.

Cuerpos de Agua Continentales

La tabla a continuación resume el estado de la calidad del agua superficial de los sistemas acuáticos epicontinentales estudiados, a partir de la comparación de los

valores promedio e intervalos de cada variable en primera instancia con criterios nacionales y en su ausencia con estándares de calidad ambiental publicados por agencias ambientales como la EPA o NOAA, y en ausencia de estos últimos con valores de la literatura científica, de este análisis se observa lo siguiente, en rojo y con negritas se marcan aquellas variables que presentan una problemática aplicando un criterio conservativo, dado que la caracterización fue puntual y no permite establecer tendencias de los sistemas, de tal forma se definió que valores superiores o inferiores al estándar de comparación utilizado, en por lo menos una ocasión debían ser considerados como críticos.

Con relación al comportamiento temporal comparando los análisis realizados en marzo de 2018 con los de abril de 2019, para los sistemas El Zorro, Tupilco y Laguna Mecoacán, el oxígeno disuelto, la clorofila a, el carbón orgánico disuelto, presentan valores que indican una mala calidad del sistema en el año 2019.

Con relación a las variables que indican una problemática ambiental, se presenta la siguiente situación:

Las sustancias activas al azul de metileno presentan problemática en todos los cuerpos estudiados, estos compuestos están relacionados con descargas urbanas no tratadas, asociadas a detergentes y sustancias en general de ese tipo.

La otra variable que presenta una situación similar son las coliformes totales con una distribución a nivel regional, y cuyo origen se asocia nuevamente con descargas domésticas no tratadas.

En segundo orden de atención se presentan los cianuros y la alcalinidad, indicando aguas básicas carbonatadas asociadas también a las descargas domésticas y los cianuros a procesos industriales.

En tercer término, la clorofila indica en diferentes grados procesos de eutrofización que van desde condiciones mesotróficas y hipereutróficas, lo que está vinculado a cargas orgánicas.

La DQO indica el consumo de oxígeno para degradar cargas químicas de aguas residuales de procesos industriales.

Es importante destacar los bajos valores de oxígeno que se presentan de manera simultánea con presencia de sulfuros, lo que habla de procesos de degradación anaerobia en los sistemas.

Los sistemas lagunares costeros debido a las escorrentías vana arrastrando material en suspensión que se refleja como valores altos de sólidos suspendidos totales.

El carbón orgánico total, indica cargas orgánicas tanto biogénicas, como industriales.

La presencia de xilenos y toluenos, en las partes altas de los cuerpos acuáticos reflejan contaminación de productos como solventes o combustibles como las gasolinas, que están asociados a las actividades urbanas y posiblemente industriales en las poblaciones alejadas de la costa.

Las bacterias coliformes fecales se asocian a las mismas poblaciones asentadas en las partes altas en las márgenes de los ríos y alejadas de la costa.

El aluminio en agua en las partes bajas de los cuerpos continentales puede ser reflejo de procesos de erosión y aguas residuales industriales.

Los sulfuros y la presencia de fracciones medias y pesadas de hidrocarburos indican actividades de la industria petrolera.

El bario y el plomo son reflejo de los productos que se manejan y actividades asociadas a la TMBD.

La turbiedad y el nitrógeno en sus diferentes formas, indican problemáticas posibles relacionadas con excesos de nutrientes en los sistemas.

El aumento en cargas orgánicas, los procesos de eutroficación, (Clorofila y nutrientes altos) y sólidos, son propios de ecosistemas costeros, por lo que los valores altos de estos en las lagunas el Zorro, Tupilco y Mecoacán pueden ser característicos de los mismos y no representar un problema diagnóstico de contaminación.

De acuerdo al análisis por sitio, la mayor problemática ambiental se presenta en la porción urbana del río Seco conjuntándose problemas de descargas urbanas, con actividades industriales en general y de la industria petrolera y de contaminación reciente con presencia de compuestos indicadores de solventes o gasolinas, de fuentes también de origen urbano.

En segundo término se encuentran las condiciones de las estaciones al norte del emplazamiento de la nueva refinería, con una problemática muy similar a la de la porción urbana del río Seco, pero sin contaminación reciente de compuestos ligeros, del tipo de las gasolinas.

El río Seco en su porción norte presenta una problemática similar a la de la porción urbana pero sin la presencia de compuestos de hidrocarburos, pero si de contaminación reciente con presencia de compuestos indicadores de solventes o gasolinas, de fuentes también de origen urbano.

Las condiciones de la Laguna del Zorro y Tupilco son típicas de lagunas costeras con alta carga orgánica y de condiciones de mesotróficas a eutróficas.

En el río Cuxcuchapa, se presentan descargas urbanas y compuestos del tipo de las gasolinas, las mejores condiciones se presentan en las estaciones de la TMBD que colindan con la Laguna de Mecoacán, es de esperarse que este sistema tenga una alta resilencia por su volumen y extensión y sea capaz de absorber los impactos de las actividades que se realizan en su entorno cercano.

Tabla IV.135 Condiciones de calidad del agua en cuarpos de agua continentales

AGUA			Sitios (2018)			Sitios (2019)						
Variable	Criterio	Referencia	Tupilco	El Zorro	Mecoacán	Proyecto Refiner	Río Seco TMDB Mecoacán	Río Seco Zorro Tupilco	Río Seco Urbano	Río Seco arriba	Río Cuxcuchapa	Frecuencia variable
Oxigeno Disuelto	5.0 mg/L	CE-CCA, 1989	6.98 (6.93-7.05)	7.97 (7.62-8.32)	7.60 (6.98-8.64)	5.90 (ausente-6.61)	7.68 (6.45-9.43)	3.76 (1.57-5.32)	9.54 (ausente-18.75)	7.25 (ausente-12.15)	5.24 (ausente-5.73)	3
pH	6.5 - 8.5	DOF, 2018	7.20 (6.7-7.7)	8.15 (8.1-8.2)	7.42 (6.60-8.10)	7.73 (7.40-8.00)	8.23 (8.20-8.30)	7.70 (7.40-8.00)	7.85 (7.20-8.40)	7.39 (7.10-8.10)	7.42 (7.00-7.90)	0
Salinidad					21.31 (9.92-30.90)	28.17 (27.20-29.60)	26.53 (25.10-28.10)	13.72 (11.67-15.21)	9.91 (8.17-11.94)	1.26 (0.28-5.91)	0.84 (0.39-2.40)	0
Temperatura	1	CE-CCA, 1989	29.5 (28.0-31.0)	27.0 (27.0-27.0)	26.6 (25.0-28.0)	29.67 (28.0-31.0)	28.75 (28.0-30.0)	30.3 (30.0-31.0)	31.25 (29.0-32.0)	27.86 (25.0-31.0)	26.83 (25.0-30.0)	0
Turbiedad	2	Environment Canada, 2002	21.0 (13.0-29.0)	17.0 (16.0-18.0)	7.6 (4.0-12.0)	26.0 (2.1-75.0)	3.78 (2.5-6.5)	10.2 (4.5-21.0)	22.75 (13.0-34.0)	10.8 (1.4-26.0)	4.95 (1.0-17.0)	1
Sólidos Suspendidos Totales	28 mg/L	DOF, 2018	22.5 (15.0-30.0)	25.0 (22.0-28.0)	45.8 (25.0-69.0)							3
Nitrógeno amoniacal	35 mg/L *	DOF, 2018	0.22 (0.21-0.23)	0.22 (0.19-0.24)	0.04 (0.1-0.07)	0.8 (0.11-2.16)	0.05 (0.04-0.06)	0.27 (0.14-0.45)	16.56 (11.88-25.79)	0.99 (0.11-5.36)	0.5 (0.08-2.06)	1
Fósforo total	21 mg/L **	DOF, 2018	2.06 (2.07-2.10)	2.20 (2.15-2.18)	0.30 (0.19-0.38)	1.86 (0.23-4.94)	0.26 (0.21-0.36)	2.17 (1.28-2.70)	14.52 (9.28-18.35)	2.60 (0.49-6.36)	1.45 (0.31-2.53)	0
Clorofila *a*	Índice trófico	Contreras-espinosa, 1994	α mesotrófico (4.883-6.724 mg/m³)		Y oligotrófica; α, β mesotrófico (2.453-7.868 mg/m³)	β mesotrófico, hipereutrófico (8.085-1028 mg/m³)	Y oligotrófico; α, β mesotrófico (1.422-14.792 mg/m³)	α, mesotrófico; α, β eutrófico (4.74-85.579 mg/m³)	β mesotrófico, Yeutrófico (12.5304-220.2788 mg/m³)	β mesotrófico, Yeutrófico (7.458-361.372 mg/m³)	Y oligotrófico, α mesotrófico, α eutrófico (1.2276-22.978 mg/m³)	4
DBO	150 mg/L	DOF, 2018				<2.0	<2.0	11.76	68.01 (14.94-177.0)	9.55 (6.36-11.70)	6.90 (3.90-12.60)	0
DQO	120 mg/L	DOF, 2018				737 (621 - 894)	1054 (981-1146)	542 (386-897)	269 (180-369)	84 (20.70-215)	30.23 (12.42-48.69)	4
Sulfuros	0.002 mg/L	CE-CCA, 1989				<0.05 - 18.38	<0.05	<0.05	0.72 (<0.05-0.9)	<0.05	<0.05	2
Cianuros	0.001 mg/L	Buchman, 2008				0.01 (<0.003-0.008)	<0.001	0.002 (0.001-0.002)	0.01 (0.002-0.01)	0.0033 (0.0005-0.0021)	0.001 (0.0005-0.005)	5
SAAM	0.1 mg/L	CE-CCA, 1989				0.39 (0.09-0.94)	1.5 (0.04-5.75)	0.288 (0.185-0.363)	3.29 (0.89-5.44)	0.11 (0.04-0.15)	0.09 (0.06-0.17)	6
Fenoles	0.06 mg/L	CE-CCA, 1989				0.03 (0.02-0.05)	0.01 (0.005-0.01)	0.026 (0.024-0.027)	0.02 (0.01-0.02)	0.03 (0.01-0.03)	0.03 (<0.001-0.0505)	0
Grasas y aceites	21.0 mg/L	DOF, 2018				10.6 (5.2-16.0)	<5.0	6.3 (<5.0 - 6.3)	13.5 (<5-2)	7.9 (5.3-11.3)	6.2 (<5.0 - 6.2)	0
COT	30.0 mg/L	DOF, 2018	12.45 (12.1-12.8)	11.2	2.73 (1.4-3.8)	8.36 (4.02-16.47)	3.44 (2.32-5.75)	26.67 (15.58-38.78)	35.83 (18.89-43.32)	12.75 (6.05-35.57)	7.61 (1.59-22.83)	3
HC Frac. Lig.	> Límite de Cuantificación 0.03 mg/L		<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	0
HC Frac. Med.	> Límite de Cuantificación 0.0896		<0.0896	<0.0896	<0.0896	2.15 (<0.396-2.55)	<0.0896	<0.0896	4.63 (<0.0.396-6.66)	<0.0896	<0.0896	2
HC Frac. Pesada	> Límite de Cuantificación 5 mg/L		< 5	< 5	< 5	6.1 (<5 - 6.1)	< 5	<5	11 (<5-11)	<5	< 5	2
Benceno	> Límite de Cuantificación 0.12 µg/L		< 0.12	< 0.12	< 0.12	< 0.12	< 0.12	< 0.12	< 0.12	< 0.12	< 0.12	0
Etilbenceno	> Límite de Cuantificación 0.14 µg/L		< 0.14	< 0.14	< 0.14	< 0.14	< 0.14	< 0.14	< 0.14	< 0.14	< 0.14	0
m+p Xileno	> Límite de Cuantificación 0.22 µg/L		< 0.22	< 0.22	< 0.22	< 0.22	< 0.22	< 0.22	9.22 (<0.22-9.22)	1.97 (<0.22-1.97)	17.64 (<0.22-17.64)	3
O-Xileno	> Límite de Cuantificación 0.21 µg/L		< 0.21	< 0.21	< 0.21	< 0.21	< 0.21	< 0.21	< 0.21	1.52 (<0.21-1.52)	< 0.21	1
Tolueno	> Límite de Cuantificación 0.12 µg/L		< 0.12	< 0.12	< 0.12	< 0.12	< 0.12	< 0.12	< 0.12	0.59 (<0.12-0.59)	< 0.12	1
Alcalinidad	5-200 mg/L	CE-CCA, 1989				234 (159-378)	156 (153-159)	295 (201-378)	547 (513-637)	328 (174-383)	325 (130-384)	5
Sólidos sedimentables	0.2 ml/L	NOM-001-Semarnat-1996				0.2 (<0.1-0.2)	0.23 (0.1-0.5)	0.8 (0.2-1.4)	0.1 (0.1-0.1)	2.08 (0.2-9.0)	0.15 (<0.1-.2)	2
Coliformes fecales	1400 NMP/100 ml	DOF, 2018				881 (4-2400)	102 (9-240)	806 (9-2400)	≥ 24000	3668 (95-11000)	183 (188 ≥ 24000)	3
Coliformes totales	1400 NMP/100 ml	DOF, 2018				1694 (23-4600)	1217 (23-4600)	3673 (9-11000)	≥ 24000	4165 (95-11000)	1295 (43-4600)	6
Aluminio	0.087 mg/L EC	Buchman, 2008	0.23	0.278	0.15 (0.095-0.185)							3
Arsénico	0.15 mg/L EC	Buchman, 2008	0.003	0.0043	0.0035 (0.0029-0.0042)							0
Bario	0.0039 mg/L EC	Buchman, 2008	0.026	0.028	0.026 (0.013-0.042)							1
Cobalto	0.003 mg/L EC	Buchman, 2008	0.0005	0.0003	0.0007 (0.0002-0.0015)							0
Cobre	0.009 mg/L EC	Buchman, 2008	0.0042	0.0026	0.0013							0
Cromo	1.5 mg/L VI	DOF, 2018	0.0013	0.002	0.0009 (0.0004-0.0014)							0
Hierro	1 mg/L EC	Buchman, 2008	0.738	0.749	0.342 (0.257-0.413)							0
Mercurio	0.00077 mg/L EC	Buchman, 2008	<0.000027	<0.000027	<0.000027							0
Níquel	0.052 mg/L EC	Buchman, 2008	0.004	0.005	0.002 (0.008-0.004)							0
Plomo	0.0025 mg/L EC	Buchman, 2008	0.006	0.006	0.005 (0.005-0.005)							1
Vanadio	0.019 mg/L EC	Buchman, 2008	0.005	0.004	0.002 (0.002-0.002)							0
Zinc	0.12 mg/L EC	Buchman, 2008	0.0348	0.005	0.0052 (0.0004-0.0111)							0
1. Condiciones naturales + 1.5°C		/ Frecuencia Sitio	2	2	4	12	3	8	14	11	6	

2. Incremento máximo de 8 NTUs de los valores de fondo cuando éstos se encuentran entre 8 - 80 NTUs. No deberá incrementar más del 10% si los valores de fondo son >80 NTUs.
*Nitrógeno total, Valor instantáneo (VI), suma de las concentraciones de nitrógeno Kjeldahl, nitritos y nitratos
** Fósforo total, Valor instantáneo (VI), Suma de las concentraciones de fosfatos, ortofosfatos, polifosfatos, fósforo inorgánico y fosfatos orgánicos

Fuente Elaboración IMP

La siguiente tabla sintetiza la calidad de los sedimentos de los sistemas acuáticos considerados en el estudio antecedente llevado a cabo por Hokchi-IMP (2018) para las lagunas Zorro, Tupilco y Mecoacán. Al igual que para evaluar al agua, los resultados obtenidos del análisis de sedimento, se comparan con valores criterio de calidad publicados por la NOAA, EPA y Environment Canadá así como información de estudios antecedente.

A continuación se resumen las observaciones de la calidad de los sedimentos determinadas. Cabe destacar que el sedimento es una matriz conservativa en la que por tener una naturaleza menos dinámica que las corrientes de agua, junto con la capacidad de adsorción de contaminantes por la materia particulada, registra de manera más clara, las condiciones de los sistemas acuáticos, razón por la cual es un medio indispensable a dar seguimiento en los programas de monitoreo.

El sedimento mostró cierta carga por aportes de hidrocarburos en las lagunas Tupilco y Mecoacán, se detectaron concentraciones de hidrocarburos saturados de fracción media C10-C18 principalmente en Tupilco y a pesar de no haberse detectado las otras fracciones de hidrocarburos del petróleo, hidrocarburos mono y poliaromáticos, sí de detectaron en Mecoacán hidrocarburos biomarcadores del petróleo. Esto demuestra influencia de las actividades petroleras principalmente por la presencia de la Terminal Marítima de Dos Bocas, lo cual coincide con estudios previos en la laguna de Mecoacán la cual se ha declarado impactado por compuestos orgánicos del sector.

Los niveles de metales en general no evidenciaron impactos en el lecho sedimentario, excepto la presencia de Mn en la laguna del Zorro, este metal se emplea en aleaciones con aluminio para disminuir la corrosión además de ser un elemento de amplia distribución en la corteza terrestre, así como el caso del Aluminio, que tuvo concentraciones superiores a los valores de fondo terrestres siendo alto en las tres lagunas, por lo cual es recomendable darle seguimiento a los metales a fin de distinguir su origen del nivel natural geológico de la zona.

Tabla IV.136 Condiciones de sedimentos en cuerpos de agua continentales.

SEDIMENTOS			Sitios (2018)		
Variable	Criterio	Referencia	Tupilco	El Zorro	Mecoacán
HC Frac. Lig.	Superior al límite de Cuantificación 3.834 mg/Kg		<3.834	<3.834	<3.834
HC Frac. Med.	Superior al límite de Cuantificación 12.34 mg/Kg		63.06	< 12.34	38.48 - 46.21
HC Frac. Pesada	Superior al límite de Cuantificación 300 mg/Kg		< 300	< 300	< 300
HAP-BPM	TEL 312 ng/g	Buchman, 2008	2.62 - 9.59	6.58 - 8.11	3.04 - 62.2
HAP-APM	TEL 655 ng/g	Buchman, 2008	3.98 - 18.65	4.27 - 4.63	10.85 - 12.74
HAP-Totales	TEL 1684 ng/g	Buchman, 2008	6.6 - 28.24	10.85 - 12.74	6.73 - 167.1
Biomarcador C26,C27-TAS	Presencia ng/g	Wang et al., 2007			3.25
Biomarcador C28-TAS(20S)	Presencia ng/g	Wang et al., 2007			2.53
Biomarcador C27-TAS(20R)	Presencia ng/g	Wang et al., 2007			2.69
Biomarcador C28-TAS(20R)	Presencia ng/g	Wang et al., 2007			2.63
Biomarcador C21-MAS	Presencia ng/g	Wang et al., 2007			0.63
Biomarcador C22-MAS	Presencia ng/g	Wang et al., 2007			0.43
Biomarcador C28-20S-MAS	Presencia ng/g	Wang et al., 2007			2.46
Biomarcador C27-C2920S/R-MAS	Presencia ng/g	Wang et al., 2007			2.48
Aluminio	Valor fondo 2600 mg/kg	Buchman, 2008	3247 - 5523	5784 - 6024	2318 - 8124
Arsénico	ERL 8.2 mg/kg	Buchman, 2008			5.934
Bario	TEL 130 mg/kg	Buchman, 2008	8.487 - 10.99	31.12 -33.14	4.22 (8.61-10.77)
Cobalto	Valor fondo 10 mg/Kg	Buchman, 2008	4.608 - 5.054	6.052 - 6.076	2.83 (4.78-6.29)
Cobre	ERL 34 mg/kg	Buchman, 2008	2.353 - 6.527	3.644 - 3.808	2.06 (5.43-7.38)
Cromo	ERL 81 mg/kg	DOF, 2018	21.59 - 23.56	23.41 - 25.54	7.7 (19.80-31.17)
Hierro	Valor fondo 9900 - 18000 mg/kg	Buchman, 2008	10200 - 11730	13020 - 13570	5519 (10669-14930)
Mn	Valor fondo 400 mg/kg	Buchman, 2008	90.43 - 124.4	889.3 - 1150	79.59 (215.72-281.5)
Níquel	ERL 20.9 mg/kg	Buchman, 2008	12.73 - 21.76	28.13 -29.49	8.52 (21.43-32.29)
Plomo	ERL 46.7 mg/kg	Buchman, 2008	2.389 - 4.695	4.099 - 5.078	2.59 (3.97-4.82)
Vanadio	Valor fondo 50 mg/kg	Buchman, 2008	11.24 - 13.51	9.668 - 10.24	5.8 (9.45-12.46)
Zinc	ERL 150 mg/kg	Buchman, 2008	16.59 - 23.28	23.93 - 24.8	8.82 (19.32-28.87)

Fuente: Elaboración IMP

Tasas de cambio de Manglar

La CONABIO dentro de sus actividades, lleva a cabo el monitoreo de los manglares dentro del Territorio Nacional, para ello ha desarrollado un Sistema de Monitoreo de los Manglares de México (SMMM), el cual se basa principalmente en el uso y procesamiento de información espacial y el apoyo de trabajo de campo.

El desarrollo del SMMM, se ha generado con el apoyo de diversas instituciones y centros de investigación, entre los que se pueden citar, Instituto de Ecología A.C. (inecol), el Instituto de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México (epomex), el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (cinvestav), El Colegio de la Frontera Sur (ecosur), la Universidad Autónoma de Sinaloa y el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la unam, además de organizaciones no gubernamentales como Pronatura Veracruz, Pronatura Sur y la fundación Pedro y Elena (Valderrama-Landeros L. H., et. al 2017).

La información correspondiente al periodo 1970 – 1980, se trabajó con fotografía aérea y a partir del 2005 y hasta el 2015 con imágenes SPOT. La comparación de los datos de coberturas y usos de suelo estimados en 2010 y en esta actualización en 2015, permitieron observar los cambios en la cobertura de manglares.

Para fines del presente documento, el análisis consistió en llevar a cabo la descarga y posterior extracción de las diferentes temporadas de coberturas de la información contenida en la CONABIO, para los años reportados 1981 a 2005, 2005 a 2010 y 2010 a 2015, en el área del SAR.

Utilizando ArcGis – ArcInfo se generó una malla de 6 cuadrantes, que abarcara la totalidad de la cobertura de manglar dentro del SAR, a través de la herramienta “Create fishnet” y su conversión a Polígono, con la finalidad de espacialmente, tener un entendimiento de la dinámica de la cobertura a lo largo del Sistema y hacer los estadísticos de cambio en cada cuadrante, ya que no todo el manglar del área ha tenido la misma dinámica en los últimos 35 años.

A continuación se muestran los resultados obtenidos para cada uno de los periodos evaluados:

Figura IV.251. Tasas de cambio de manglar del periodo 1981 – 2005



Fuente: Elaboración IMP, base CONABIO 2017

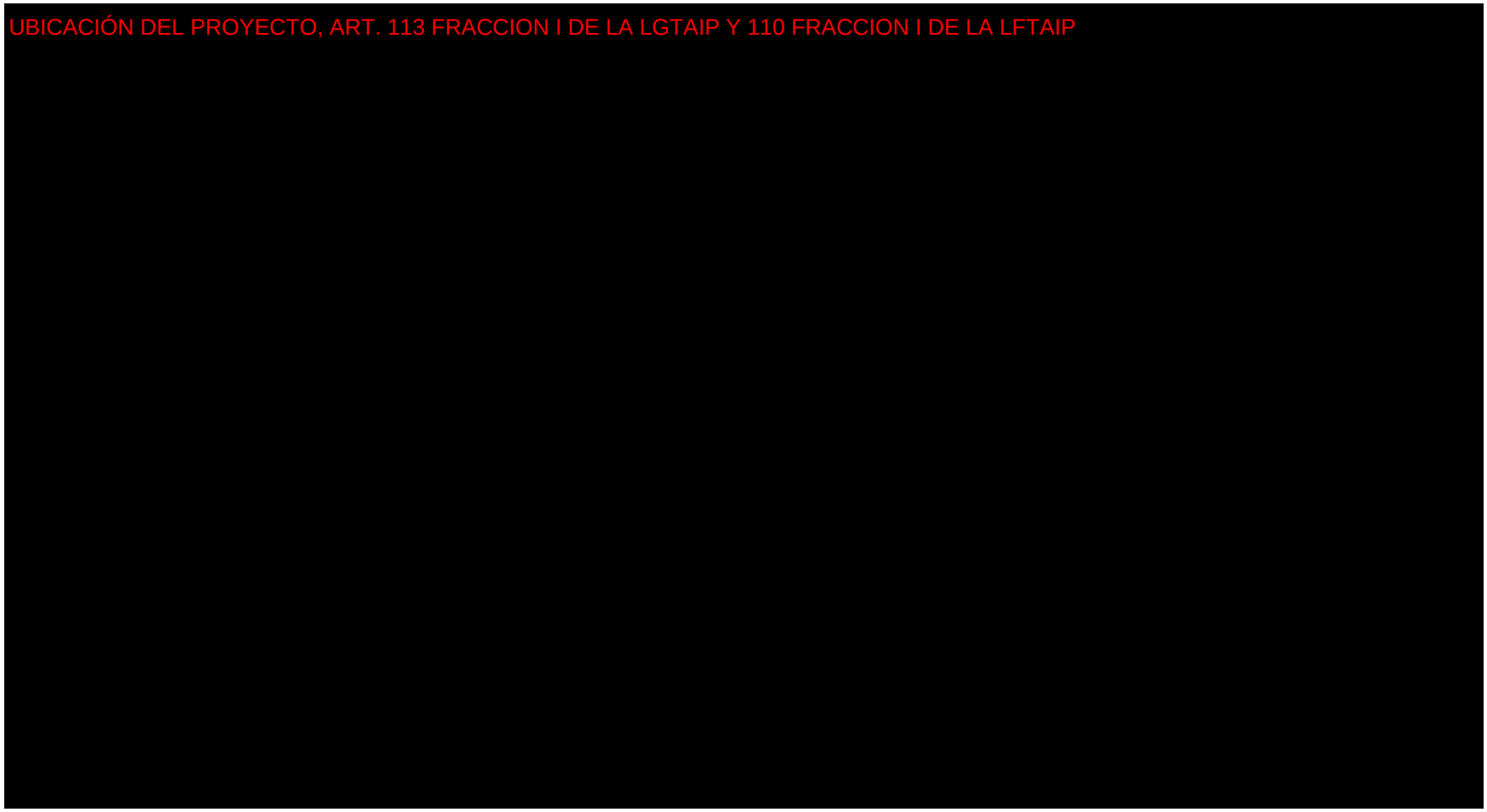
Como se muestra en la Figura IV.251, los cuadrantes 3 y 6, que es donde se albergaban los manglares asociados al sistema lagunar Santa Anita, durante el periodo comprendido 1980 a 2005 (24 años) sufrieron una gran pérdida de poco más de 6 mil ha.

Por su parte, los cuadrantes 1, 2 y 5, son los que mantienen en mejor estado el manglar casi sin cambio y donde se llegan a presentar los mayores cambios dentro de estos cuadrantes, es en la periferia de los manchones más espesos, lugares también coincidentes a las cercanías de centros de población y vías de comunicación.

Se hace notar que, es en el cuadrante 1 y 4, cerca de la laguna redonda y dando inicio al sistema de las grandes lagunas (Carmen-Pajonal- Machona) se muestra una importante área de recuperación de manglar.

Es importante resaltar, que este es el periodo más largo evaluado, no se cuenta con información de tiempo intermedio para la zona, por lo cual, también es evidente encontrar los mayores cambios registrados en este corte de tiempo; las siguientes evaluaciones son para temporalidades de 5 años, es decir una quinta parte de este primer periodo reportado, el cual es un referente.

Figura IV.252. Tasas de cambio de manglar del periodo 2005 – 2010



Fuente: Elaboración IMP, base CONABIO 2017

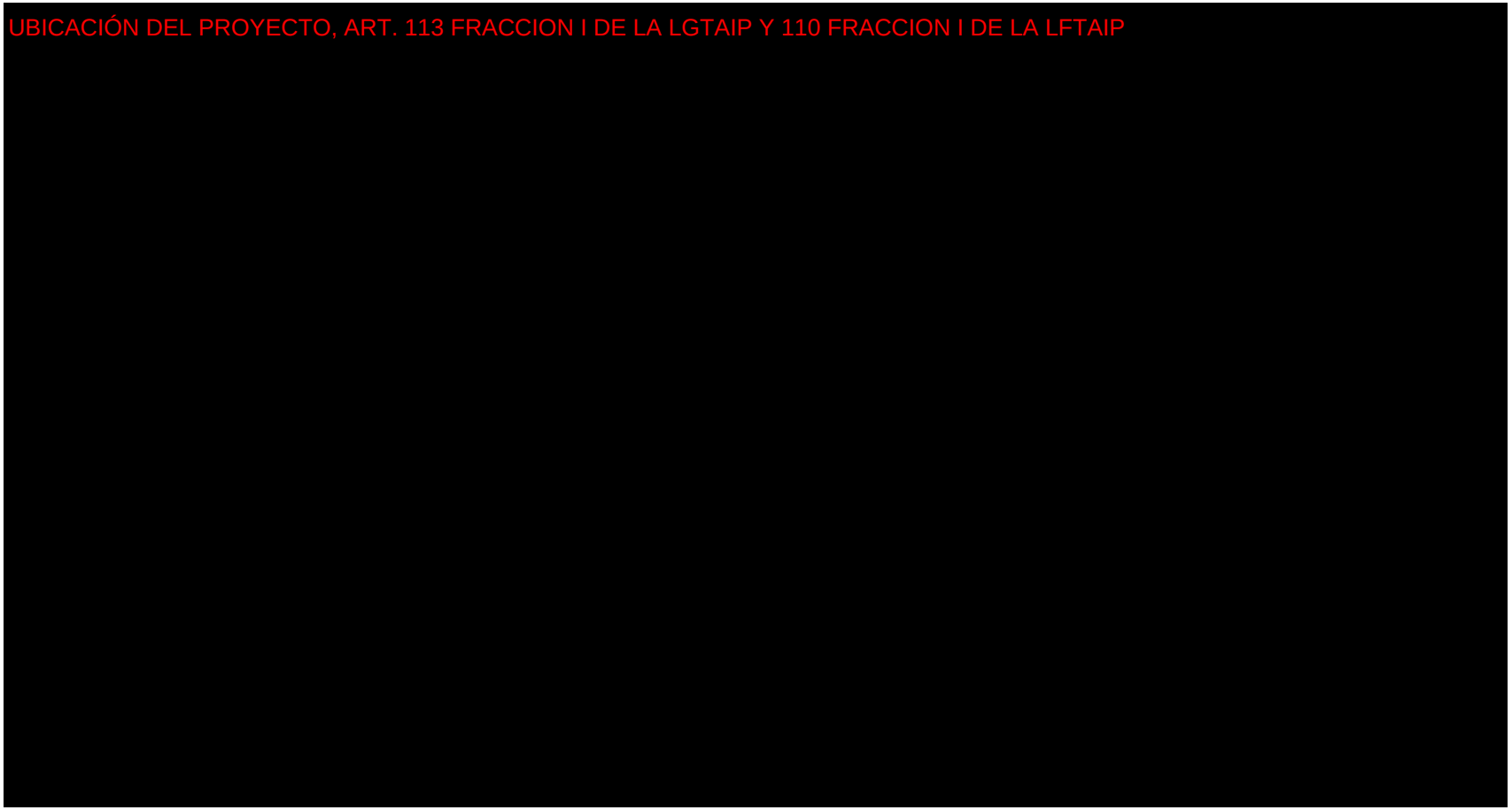
En la Figura IV.252, se muestran las modificaciones en la cobertura de manglar en el periodo comprendido entre el año 2000 y 2005, como se puede observar, en términos generales, la mayor parte del área se mantiene sin cambios importantes de cobertura y son ahora específicamente los cuadrantes 3 y 6, los que tienen la mejor recuperación de manglar.

Por su parte, los cuadrantes 1 y 2, son lo que presentan la mayor pérdida, aun cuando los valores no son significativos, con referencia al total de cobertura que permaneció sin cambio para esos mismos cuadrantes.

En términos generales, como se indica en el cuadro resumen, existe una tendencia positiva a la recuperación de los manglares durante el periodo en cuestión.

El cuadrante 2, el cual es de importancia para los fines del presente documento, ya que es donde se ubicará la Refinería de Dos Bocas, para este periodo, muestra una tendencia de recuperación de manglar similar que el total del SAR, aunque menos agresivo que los cuadrantes 3 y 6 que fueron los que presentaron las mejores tendencias durante este periodo.

Figura IV.253. Tasas de cambio de manglar del periodo 2010 – 2015



Fuente: Elaboración IMP, base CONABIO 2017

En la Figura IV.253, se muestra el último periodo evaluado para los 6 cuadrantes, correspondiente a 2005 – 2015, nuevamente son los cuadrantes 3 y 6 los que muestran la menor pérdida de manglar y al mismo tiempo los que tienen la menos recuperación.

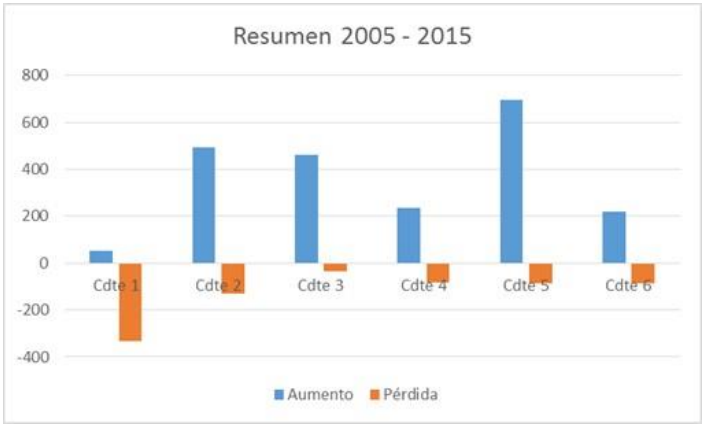
En términos generales, el total de la zona presenta una estabilización de su cobertura de manglar, presentando pocas modificaciones como se indica en el cuadro resumen, con una leve tendencia a la recuperación.

El cuadrante 1, es el que en números totales presenta la mayor pérdida, aunque no es significativa para el balance total del mismo. El cuadrante 4, es el que mantiene la mejor relación con tendencia a la recuperación del manglar, con el mismo efecto que mantenía en el primer periodo evaluado.

Los cuadrantes 1, 2 y 5, son los que mantienen la mejor masa de manglar de manera constante en todos los periodos evaluados.

En la Figura IV.254, se muestra un resumen del comportamiento de la cobertura de manglar en un periodo de 10 años en los 6 cuadrantes que fue dividido el SAR, como se puede observar, en términos generales, se tiene una tendencia general a la recuperación de las comunidades de manglar, a excepción del cuadrante 1 en términos absolutos de pérdidas y ganancias.

Figura IV.254. Resumen del periodo 2005 a 2015.

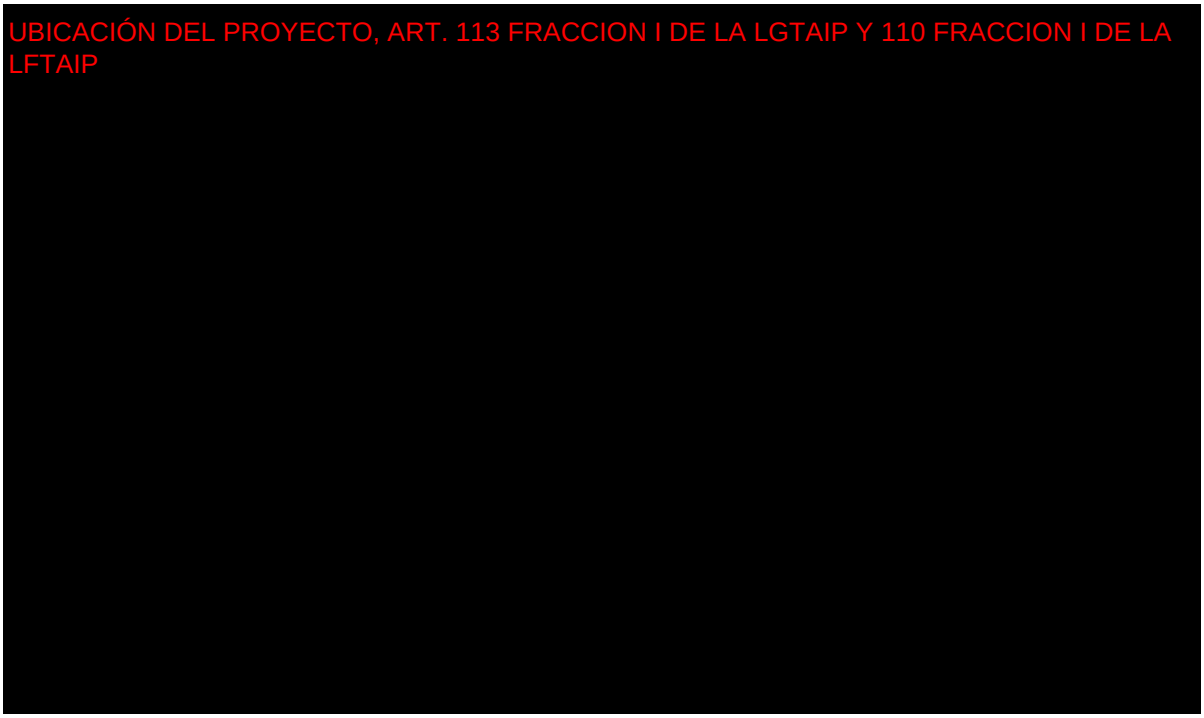


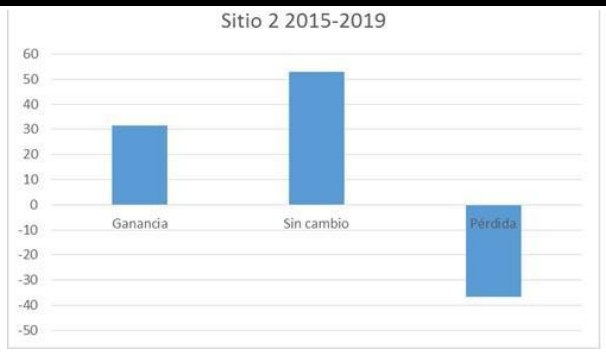
Fuente: Elaboración IMP

En la siguiente Figura IV.255, se muestra un acercamiento a la zona de manglar que prevalece en el área donde se ubican los sitios de la Refinería Dos Bocas, con información actualizada al 2019 con un recorrido a campo que se llevó a cabo en el mes de abril.

El mismo ejercicio de cambios en la cobertura de manglar se generó para el Sitio 2, como se puede ver cerca del 44% de la cobertura se mantuvo sin cambio, el 26% aumentó y un 30% se perdió. La parte que no tuvo cambio, principalmente se ubica al margen del río Seco

Figura IV.255. Tasa de cambio de manglar Sitio 2 2015 – 2019.





Sitio 2 2015 - 2019		
	Ha	%
Ganancia	31.55	25.98
Sin cambio	53.03	43.68
Pérdida	-36.82	30.33

Fuente: Elaboración IMP, datos CONABIO información de campo IMP 2019

Modelación del Cambio Climático.

Con base en los datos aportados por las estaciones climatológicas del estado Tabasco, se han elaborado escenarios de temperatura y precipitación; considerado diversos elementos para definir la vulnerabilidad basándose en el aumento de la temperatura, las variaciones en la precipitación local por eventos extremos y la ocurrencia simultánea de ambos eventos.

Un instrumento científico que se ha empleado para anticipar los posibles efectos del Cambio Climático es la construcción de modelos de escenarios climáticos. Estos modelos se han realizado en función de dos variables principales: precipitación y temperatura, además de considerar algunas variables geográficas, como el relieve.

Esos escenarios coinciden en proyectar para el año 2099 un incremento de 4°C en algunas zonas del estado. Los modelos de afectaciones en el sistema hidrológico predicen que las precipitaciones podrían reducirse en la región hasta en un 5% y los escurrimientos hasta un 10%.

Los escenarios futuros muestran una tendencia hacia un aumento en la probabilidad de eventos extremos de lluvias pero sólo en algunas regiones, donde la precipitación podría ser más intensa y frecuente, incrementando el riesgo de inundaciones de la población del estado que actualmente se encuentran en situación de moderada a alta vulnerabilidad, ante inundaciones, y quienes residen en localidades menores a 5,000 habitantes, ubicadas principalmente en la parte baja de las cuencas, sumado al riesgo de deslizamientos de laderas por las lluvias.

En estos escenarios, se vislumbra que la combinación de cambios en la temperatura (1 a 4°C) y precipitación junto con otros aspectos locales y las características fisiográficas de Tabasco ocasionarán algunos posibles impactos tales como:

1) aumento en el nivel del mar,
2) eventos climáticos extremos, como tormentas,
3) modificaciones en los cauces de los ríos y desbordamientos,
4) salinización de los suelos costeros y la disminución de su potencial alimentario.

El aumento de la temperatura y sequías continuas, así como una mala planificación del desarrollo rural, podría resultar en una paulatina pérdida de la productividad primaria en los sectores agropecuario y pesquero, afectando a las familias que viven del autoconsumo.

En cuanto al aumento en el nivel del mar, como ya se ha comentado, se prevé una pérdida del 6 al 8% del territorio litoral de Tabasco, el cual tendría un costo estimado en 1,500 millones de pesos al año por pérdida de servicios ambientales, recursos naturales y ecosistemas productivos en la zona costera.

El delta de los ríos Grijalva y Usumacinta es considerado como uno de las zonas más vulnerables ante el posible aumento del nivel del mar.

Se han utilizado Modelos ensamblados de Circulación General de la Atmósfera y Océano Acoplados (AOGCM's) a nivel regional y para diferentes escenarios, los resultados indican que para finales del presente siglo para Tabasco la temperatura puede incrementarse desde 1 a 3.8 °C y la precipitación total anual puede reducirse hasta 14.4%. Con el AOGCM's, que toman en consideración los factores forzantes globales y locales, se determinan los posibles escenarios futuros económicos y medio-ambientales. Los factores forzantes locales son: población, economía, tecnología, energía, uso del suelo y agricultura.

Estudios sobre la dinámica de las zonas costeras del estado y reportadas en el PEACC del estado, muestran que en diversas regiones de la costa el nivel medio del mar se está incrementando en promedio en 7 mm año-1.

En el periodo de 1961 a 2010, en el estado, la temperatura máxima anual se incrementó en promedio 0.0222 °C por año, que equivale a un incremento promedio de 1.1 °C en el periodo de 50 años. De seguir esa tendencia, para el año 2050 y para el 2100, se esperarían incrementos en la temperatura máxima de 2 °C y 3.1 °C respectivamente. Asimismo, en las cinco regiones ocurrieron tendencias positivas durante el periodo 1961 a 2010 que van de 0.2 °C para Chontalpa, hasta 3.3 °C, para la de los Ríos.

Las regiones que menos incrementaron sus temperaturas máximas fueron Chontalpa y Centro con 0.2 °C y 0.3 °C respectivamente; mientras que los mayores incrementos ocurrieron en la región de los Pantanos con 1.3 °C y en de los Ríos con 3.3 °C.

Hay que remarcar que los incrementos en estas dos últimas regiones son muy elevados y significativos, ya que equivalen a los incrementos que los modelos ensamblados han propuesto para la temperatura media para los horizontes de 2050 y 2100. Es decir, que a nivel local se ha acelerado el proceso de calentamiento en esas dos regiones respecto a la temperatura máxima promedio.

Los resultados de estos modelos globales, indican que para el año 2050 para el estado de Tabasco, se esperaría un incremento entre 0.8 a 2.4 °C para el mejor y el peor escenario; y un incremento entre 1.0 y 3.8 °C para el año 2100 respectivamente. Además, en las cinco regiones muestran una tendencia de cambio positiva en la temperatura media, con incrementos que fluctuaron entre 0.3 °C para la región Sierra y 2.1 °C para la de los Ríos.

De cumplirse dicha estimación, algunas especies vegetales y animales podrán adaptarse a las nuevas condiciones, incluso algunas de distribución restringida podrán ampliar su hábitat, y se esperaría que para el año 2050 y 2100 un incremento en promedio de la precipitación total anual de 19.2 y 29.9 mm, respectivamente.

A nivel regional en Tabasco existen diferencias en las tendencias de cambio, ya que mientras que la región Sierra se tiene una tendencia negativa, en el resto de las regiones es positiva. Se observa que la disminución en la precipitación total anual en la región Sierra fue de 416.4 mm, mientras que los incrementos en el resto de las regiones fluctúa entre 17.9 mm para Pantanos a 201.8 mm para Centro.

En la región Chontalpa (donde se ubica Paraíso), y Centro las noches son más calientes, con decrementos en la oscilación térmica de 0.6 y 1.1 °C respectivamente. En cambio, en la región Sierra, Pantanos y de los Ríos, los días son más calientes, con incrementos en la oscilación térmica de 0.8, 1.3 y 3.3 °C, respectivamente.

El análisis de vulnerabilidad del cambio climático sobre el litoral tabasqueño toma en cuenta seis variables base, que son: geomorfología costera, pendiente costera, cambio en la línea costera, aumento en el nivel del mar, oleaje y rango mareas, incluyendo la sedimentación y subsidencia.

Existe incertidumbre en los resultados del modelo de índice de vulnerabilidad costera debido a la poca disponibilidad y calidad de la información, por lo que se tendrían que complementar con monitoreos continuos, principalmente en sitios donde hay serias amenazas de erosión como Sánchez Magallanes y el delta de Grijalva-Usumacinta, lo anterior servirá para evaluar el potencial de impactos futuros.

Los estudios realizados determinan que la población del Estado de Tabasco tiene una vulnerabilidad media al cambio climático, existe alta exposición a los fenómenos extremos en el estado; por un lado se ve elevada la cantidad de lluvias extremas por año, lo que provoca que se incrementen las inundaciones, así mismo, se encuentra una amplia degradación de los recursos naturales y en las unidades de producción.

Vulnerabilidad (Cambio Climático)

El IPCC define la vulnerabilidad como la medida en que los sistemas (terrestres y marinos) pueden verse impactados adversamente por el cambio climático, dependiendo si éstos son capaces o no de afrontar los impactos negativos del cambio climático, incluyendo en esta definición a la variabilidad climática y los episodios extremos.

De acuerdo a esta definición, la vulnerabilidad no sólo depende de las condiciones climáticas adversas de las regiones, sino también de la capacidad de la sociedad de anticipar, enfrentar, resistir y recuperarse de un evento. De esta manera la vulnerabilidad de la población tabasqueña está determinada por su exposición a los eventos climáticos, por su capacidad de respuesta, así como por sus capacidades institucionales y sociales.

La vulnerabilidad, se asocia con la alta dependencia de sectores primarios sensibles al Cambio Climático, tales como el agrícola, ganadero y el pesquero. También, se asocia a las condiciones socio-económicas de rezago y marginación, aunados a los procesos actuales de industrialización y urbanización, así como el uso indiscriminado y consecuente deterioro de los recursos naturales. En la Figura IV.256, se presenta el grado de vulnerabilidad de los municipios se considerando los de vulnerabilidad del sector hídrico, biodiversidad, agricultura, ganadería y bosques.

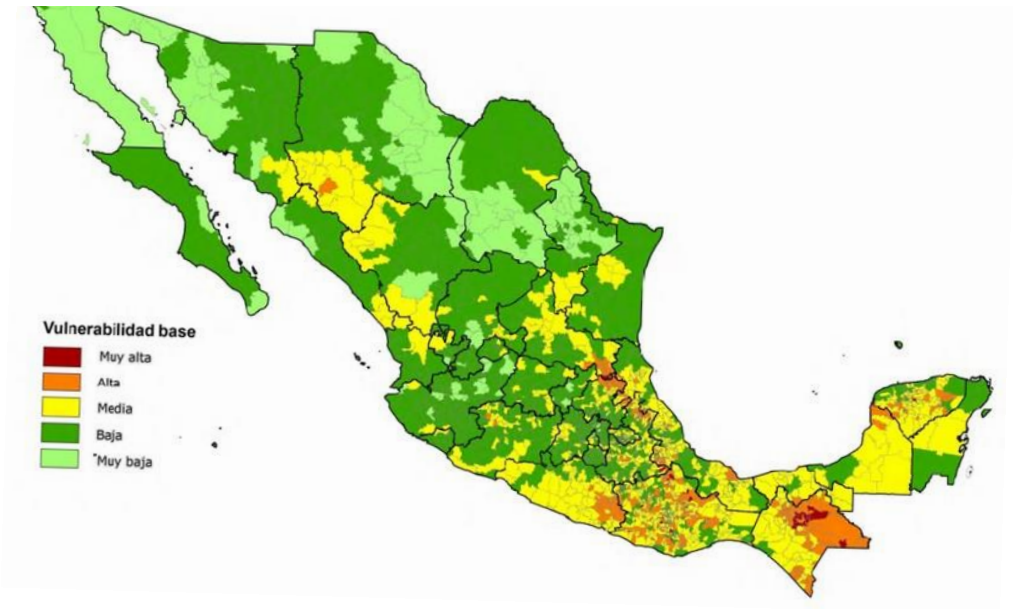
La vulnerabilidad al cambio climático en el corto plazo, como el incremento de la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos o periodos de sequía más prolongados, afecta directa e inmediatamente a sectores como la agricultura, la pesca, el turismo y, en particular, a la industria petrolera. Todos ellos de importancia en la zona del Golfo de México. Por otra parte, hay efectos del cambio climático que corresponden al aumento de temperatura y también al incremento permanente de lluvias que son de mediano plazo.

La vulnerabilidad del Estado de Tabasco ante los efectos del cambio climático y la presión sobre los ecosistemas por la expansión de las actividades productivas primarias e industriales, obligan a intensificar las acciones orientadas a la conservación, protección y restauración de recursos naturales para contribuir al mejoramiento del entorno.

De acuerdo a los estudios sobre vulnerabilidad y a las proyecciones hechas por los científicos, en relación con el deshielo de los glaciares, por el cambio en la temperatura promedio del planeta, algunas de las regiones ubicadas en las costas

con Tabasco, son susceptibles a ser inundadas por una elevación del nivel del mar o afectadas por lluvias torrenciales.

Figura IV.256. Grado de vulnerabilidad al cambio climático por municipio,



Fuente Programa de Investigación en Cambio Climático 2014.

Se estima que de no tomarse medidas oportunas, los costos sociales, económicos y ambientales serán sumamente altos sobre todo para estados como Tabasco, por la recurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos que amenazan la vida y afectan severamente el trabajo y patrimonio de familias, productores y empresas.

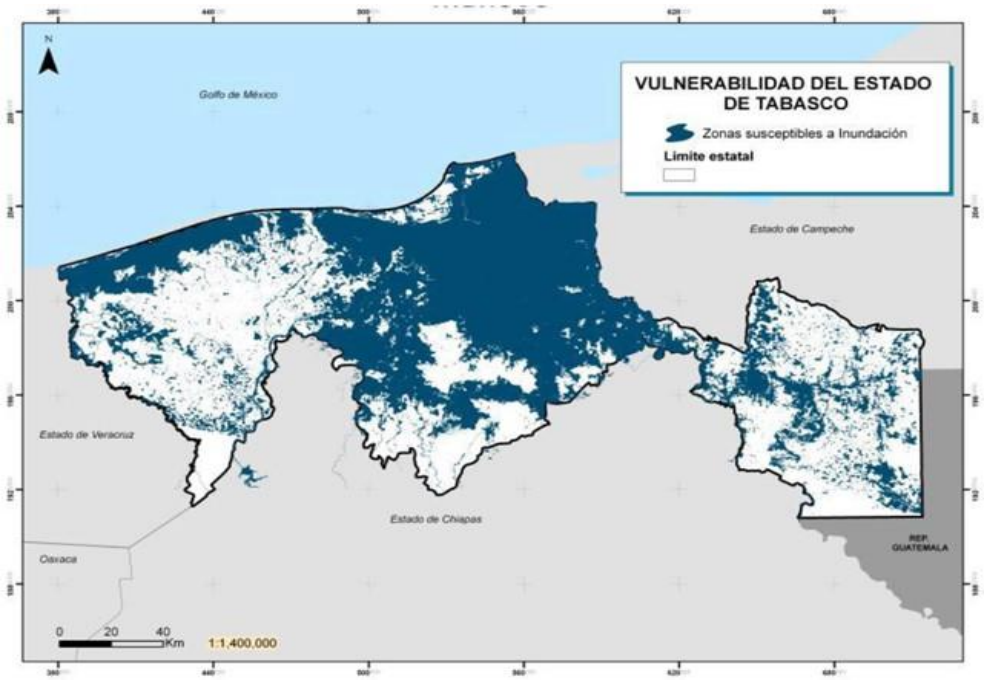
Por ejemplo, la vulnerabilidad de la subregión Pantanos de Centla se relaciona con el contexto socioeconómico. Esta región muestra el menor desarrollo industrial de Tabasco. Tiene grandes extensiones dedicadas a la ganadería extensiva, a la agricultura y a la actividad pesquera. La región tiene el número mayor de localidades con más altos índices de marginación. El gobierno estatal ha implementado programas de desarrollo rural, mecanización agrícola y programas de fomento a la ganadería. La pesca es la actividad primaria más desarrollada, ya que se localiza el puerto Frontera, principal puerto pesquero del estado.

Aunque la población padece vulnerabilidad media al cambio climático, existe alta exposición a los fenómenos extremos en el estado; por un lado se ve elevada la cantidad de lluvias extremas por año, lo que provoca que se incrementen las

inundaciones, así mismo, se encuentra amplia degradación de los recursos naturales y las unidades de producción están siendo poco aprovechadas.

En la Figura IV.257, se presenta la estimación de vulnerabilidad por inundaciones del estado de Tabasco, la cual se desarrolló tomado como base el polígono máximo de inundación de los eventos de 2007 y 2008, en las cuencas Grijalva y Usumacinta, para el caso particular del municipio de Paraíso, este tiene un índice de vulnerabilidad medio, la información se tomó del PEACC 2011.

Figura IV.257. Índice de vulnerabilidad de inundaciones en el Estado de Tabasco.



Fuente: Programa Estatal de Acción ante El Cambio Climático 2011

La sensibilidad de la población por problemas del cambio climático se observa en la vulnerabilidad del sector productivo primario y por la falta de acceso a los sistemas de salud, los cuales resultan escasos. La sociedad tabasqueña se encuentra con poca capacidad adaptativa dado que existe poca inversión en la zona así como poco aprovechamiento de los ecosistemas y sus funciones.

Por lo anterior es necesario de promover el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales mediante estrategias que aseguren beneficios económicos, sociales y ambientales, involucrando la participación social, y un cambio tecnológico que favorezca una producción más limpia y fomente el uso de fuentes de energía alternas.

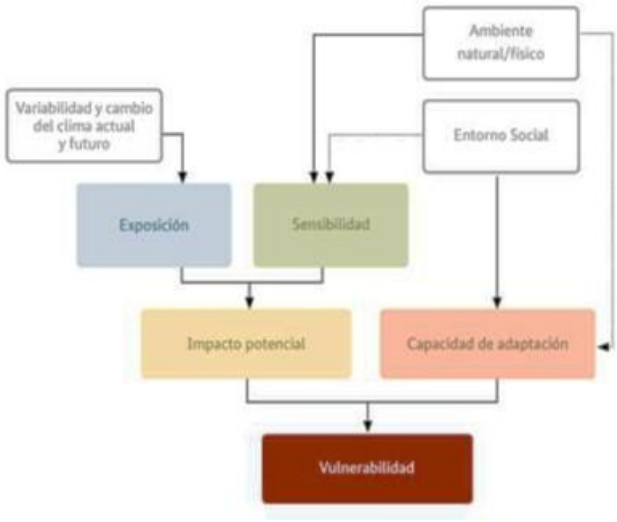
La Estrategia Estatal de Cambio Climático diseñada por la Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental (SERNAPAM) del estado de Tabasco, ha desarrollado los objetivos del PEACC, con la colaboración del COLPOS, ECOSUR y la UJAT.

El PEACC para Tabasco, está desarrollado con el objeto de integrar las acciones para:

i. Identificar, las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), y las opciones de mitigación de emisiones de GEI;
ii. Identificar, los impactos físicos, socioeconómicos y ambientales, el riesgo y la vulnerabilidad actual y proyectada en el estado de Tabasco ante la variabilidad y el cambio climático, y
iii. Desarrollar, las opciones de adaptación al cambio climático a nivel estatal.

Estos documentos se basan en el ciclo de análisis de la vulnerabilidad climática, loc cuales se muestran en la Figura IV.258.

Figura IV.258. El ciclo de análisis de la vulnerabilidad climática.



Fuente INECC 2017.

Exposición: Es el carácter, magnitud y velocidad de cambio y variación del clima que afecta a un sistema.

- Temperatura
- Precipitación
- Eventos extremos (fuertes lluvias, sequía meteorológica)
- Variabilidad climática natural

Sensibilidad: Es el grado de sensibilidad en que un sistema resulta afectado por la variabilidad o el cambio climático debido a las características que lo definen.

- Topografía
- Tipo de suelo
- Cobertura vegetal
- Actividades humanas y presión sobre recursos naturales
- Densidad de población

Capacidad adaptativa: Se refiere a los recursos, instrumentos, capital humano e institucional que permiten detonar procesos de adaptación para la reducción de la vulnerabilidad.

- Conocimiento
- Instituciones
- Recursos económicos

La sensibilidad de la población por problemas del cambio climático se observa en la vulnerabilidad del sector productivo primario y por la falta de acceso a los sistemas de salud los cuales resultan escasos. La sociedad tabasqueña se encuentra con poca capacidad adaptativa dado que existe poca inversión en la zona así como poco aprovechamiento de los ecosistemas y sus funciones.

En la vulnerabilidad por sectores, destaca el hídrico el cual presenta niveles altos y medios, lo cual a su vez impacta en la vulnerabilidad de la biodiversidad, el sector forestal, el sector ganadero y el sector agrícola. De los 17 municipios del Estado, entre los más vulnerables podemos mencionar a:

- Tacotalpa
- Tenosique
- Nacajuca
- Comalcalco
- Balancán

Tabasco cuenta también con cinco Programas municipales de Acción Climática. La información analizada se encuentra en el PACCT. Los diferentes proyectos de investigación están indicados a detalle en el Anexo “Análisi de Cambio Climático Tabasco” del presente estudio.

Erosión del suelo

Otro aspecto de la vulnerabilidad del Estado ante el efecto del Cambio Climático es la pérdida y degradación de selvas que han modificado la cobertura vegetal creando paisajes deforestados.

Las tasas anuales de erosión en la costa de Tabasco varían de 0.8 a 6 m anuales, con importantes impactos en los ecosistemas, las actividades productivas y la infraestructura. La tasa anual estimada de elevación del nivel del mar en la región como se ha indicado anteriormente, es de 3 mm. En la Figura IV.259 se presenta la distribución espacial de la tasa de erosión en la zona costera de Tabasco.

Figura IV.259. Tasa de erosión y de perdida de tierra firme en la zona costera de tabasco (2016).



Fuente: Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Tabasco 2011.

Los litorales en Tabasco, presentan un importante proceso de erosión e incremento en el nivel medio del mar, relacionado con el calentamiento global, generando procesos de retroceso costera que influyen directamente en la composición y estructura de los ecosistemas, de tal forma que la biodiversidad que los habita selecciona diferentes refugios (servicios ambientales), para poder sobrevivir a pesar de estos impactos. La diversidad de la fauna es severamente afectada por el cambio de los servicios ambientales que brindan el uso y tipo de suelo.

En las regiones con retroceso la vegetación dominante son plantaciones de coco (*Cocos nucifera*) y manglar (*Rhizophora mangle*), (*Laguncularia racemosa*), (*Avicennia germinans*) y (*Conocarpus erectus*). La mayor diversidad fue en el manglar de retroceso para anfibios. Cerca de la costa, se presenta menor riqueza y diversidad mostrando un impacto ocasionado por el retroceso en las especies que usan como refugio la vegetación adyacente.

Tabasco, tiene 183.6 km de litorales que presentan un importante proceso de erosión y regresión costera, y la franja litoral es una zona con actividades agrícolas, acuícolas, extracción petrolera y turismo.

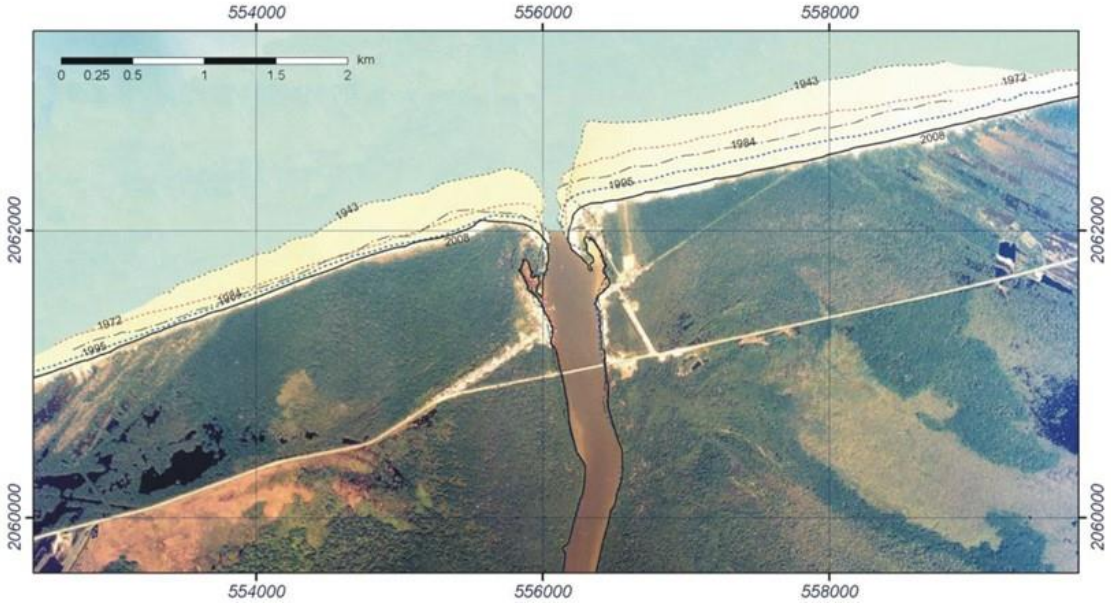
La suma de factores antropogénicos y naturales, hacen que la línea de costa tenga diferentes variaciones, ocasionando mayores impactos al combinarse el incremento en el nivel medio del mar, relacionado con el calentamiento global, el incremento de infraestructura de interés socioeconómico y asentamientos humanos, que en conjunto, desarrollan presiones que ponen en riesgo la viabilidad de la biodiversidad endémica.

Se ha identificado procesos de retroceso y erosión costera, en la parte aledaña a la desembocadura del Río San Pedro, con importantes tasas netas de cambio anual, que influyen directamente en la composición y estructura de los ecosistemas ahí presentes.

Los anfibios y reptiles son un grupo asociado a los humedales, donde desarrollan gran parte de su vida, de tal forma que comprender cómo estos organismos están asociados a diferentes ecosistemas naturales y antrópicos, así como, identificar la influencia de los procesos de cambio de la zona costera, es vital para proponer medidas de conservación.

Se utilizaron fotografías aéreas desde 1943 a 1996 para determinar visualmente el cambio en el litoral de la costa de Tabasco durante ese periodo, mismo que se muestra en la Figura IV.260.

Figura IV.260. Comparación del nivel de perdida de tierra firme en la zona costera de tabasco (2011).



Fuente: Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Tabasco 2011.

Con el análisis geográfico se cuantifica la diferencia del tamaño, de una con respecto a la otra, para estimar la pérdida y ganancia de tierras de la línea de costa, espacial y temporalmente. Primero se seleccionó e identificó a la costa en función de su semejanza en fisonomía y geomorfología, para identificar y diferenciar las áreas con sectores relativamente homogéneos o análogos.

También hay tramos de costa que se separaron en función del dominio, ya sea de procesos sedimentarios acumulativos o los de destrucción erosiva. De acuerdo a esta agrupación, el área de interés se ubica en los siguientes sectores:

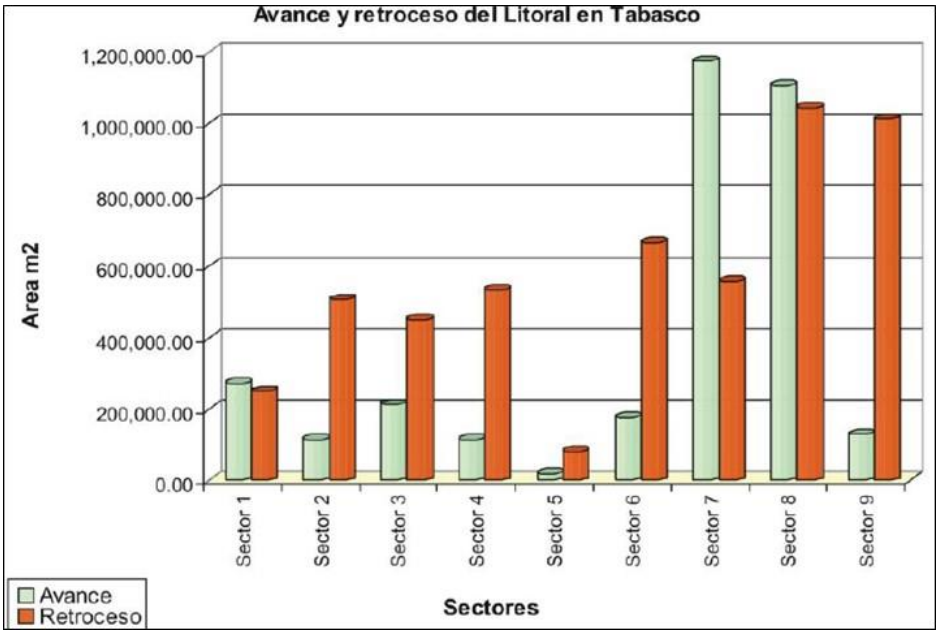
Sector 4. Barra Tupilco a Puerto Dos Bocas (al espigón occidental).

Sector 5. Trecho del Puerto Dos Bocas (comprende desde el espigón occidental hasta el último espigón oriental del puerto).

Sector 6. Desde el espigón oriental del puerto Dos Bocas - al estuario del río González (Barra Chiltepec).

De acuerdo a dicha agrupación se realiza el análisis para identificar el balance entre erosión y acumulación, y su expresión en la distribución de las superficies de tierras ganadas y pérdidas para cada uno de los sectores (Figura IV.261).

Figura IV.261. Nivel de erosión y la acumulación en sectores de la costa de Tabasco.



Fuente: Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Tabasco 2011.

De acuerdo a la Figura IV.261 y, considerando los registros extremos con los valores más contrastantes, se tiene al Sector 6, que cubre desde el Puerto de Dos Bocas hasta la barra de Chiltepec en la desembocadura del Río González.

La costa de barrera se extiende por 8 675 m de longitud, y es aquí donde los cambios en el periodo de 1995 a 2008, la configuración de la línea de costa, el proceso de remoción se traduce en una disminución de la superficie de barra en más de 667 324 m2, extensión que una vez que se dividió por el largo de la barrera de Chiltepec de 8 675 m, se obtuvo una franja de 77 m ancho a lo largo del sector, misma que representa la franja pérdida de terreno o de playa por la erosión.

El sector 4 constituye un delta muerto e inactivo que sin el aporte de sedimentos propio queda a merced de la energía marina, en una posición de déficit, no logrando por tanto mantenerse sin perder superficie de playa, y presentando un ritmo de retroceso de 1.72 m/año.

El sector 5 presenta valores de retroceso del orden de 1.28 m/año asociado tanto al aumento del nivel marino como al hecho de estar asentado sobre materiales de relleno y a la quizás no adecuada distribución de espigones.

En el punto donde se ubica la laguna Machona los niveles de inundación son del orden de entre 0 – 1 m de 6 km, para el rango de 1 a 2 m es de 8 km; en promedio se tienen diferentes niveles de inundación en diversos puntos del conjunto Grijalva-Usumacinta, siendo esto un reflejo o manifestación de la irregularidad del terreno de las diferentes entrantes del mar.

De la problemática anterior se deriva una más, como es la entrada de la cuña salina que tiene repercusiones a nivel de agua y suelos con la consecuente expansión del ambiente salobre-marino de la zona costera hacia el interior de la porción continental, efectuándose una salinización de suelos y agua y modificación de los ecosistemas.

Fenómeno que tiene como consecuencia factores limitantes en las relaciones de productividad biológica, en la simbiosis existente, la biodiversidad y obviamente una consecuencia más que sería el abatimiento y sustitución de los recursos naturales básicos.

Las comunidades asentadas en el litoral están expuestas al cambio climático con impactos de alteración en su agricultura y en la producción de alimentos, en la disponibilidad de agua dulce, en la salud y las consecuencias directas de la elevación del nivel del mar.

Hay cambio de la cobertura original con desforestación de la selva a un sistema agropecuario que repercute en el abatimiento y sustitución de los recursos originales, con la construcción de infraestructura y su operación de represas, canales de derivación, drenes rectificación de río, esteros, se alteran los sistemas naturales de drenaje que en términos generales se traducen en un déficit de sedimentos que llegan al mar.

Esta situación conlleva implicaciones sociales serias porque las áreas costeras contienen grandes y crecientes poblaciones, además de ser zonas valiosas en términos de recursos naturales y actividades económicas relacionadas.

En Figura IV.262 se muestra el efecto del retroceso en el litoral tabasqueño y que muestra la necesidad de implementación de acciones para su conservación y recuperación de biodiversidad amenazada por esta problemática.

Figura IV.262. Terrenos de playa perdidos en Barra de Chiltepec, Tabasco.



Fuente: Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Tabasco 2011.

Como respuesta a esta necesidad de protección de especies amenazadas, se creó el sistema de áreas naturales protegidas del estado de Tabasco (SANPET) cuyos objetivos son la conservación de los ecosistemas naturales y el mantenimiento de los bienes y servicios que estos ofrecen. Mediante este instrumento de conservación se han decretado 11 áreas naturales protegidas de jurisdicción estatal y dos federales las cuales protegen alrededor del 15 % del territorio tabasqueño, buscando con ello garantizar la conservación de ecosistemas con alto valor ecológico, biológico, genético y paisajístico.

La vegetación se encuentra fragmentada como consecuencia de las actividades productivas como la ganadería, agricultura y la explotación petrolera. Con respecto a las ANPs, el estado cuenta con 13 reservas que protegen 376,000 hectáreas del estado. El SANPET incluye las categorías de Reserva de la Biosfera (1), Zona de Protección de Flora y Fauna (1) Parque Estatal (2), Reserva Ecológica (6), Parques Ecológicos (1), Monumentos Naturales (1) y Centros de Interpretación y Convivencia con la Naturaleza (1).

Adaptabilidad (Cambio Climático)

De acuerdo con el IPCC, la adaptación se refiere a los procesos de ajuste en los sistemas humanos o naturales como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos. De esta manera, las medidas de adaptación pueden ser un enfoque, un proceso o un plan para atender los efectos anticipados de estrés climático.

La adaptación puede incluir iniciativas o actividades que se realizan para reducir la vulnerabilidad de riesgos existentes o potenciales, y acciones para construir y fortalecer las capacidades adaptativas de individuos o grupos.

El conjunto de adaptaciones, en algunas iniciativas gubernamentales, está relacionado con la construcción de infraestructura para enfrentar desastres ante fenómenos naturales, como por ejemplo, la construcción de escolleras o bordos en los ríos.

Para una población, la adaptación implica aprender de las experiencias pasadas que han funcionado o no para enfrentar riesgos en circunstancias parecidas. Se considera que las medidas de adaptación que usa la sociedad parten del impacto del medio, de manera inversamente proporcional a la complejidad tecnológica que usa la sociedad para modificar el medio.

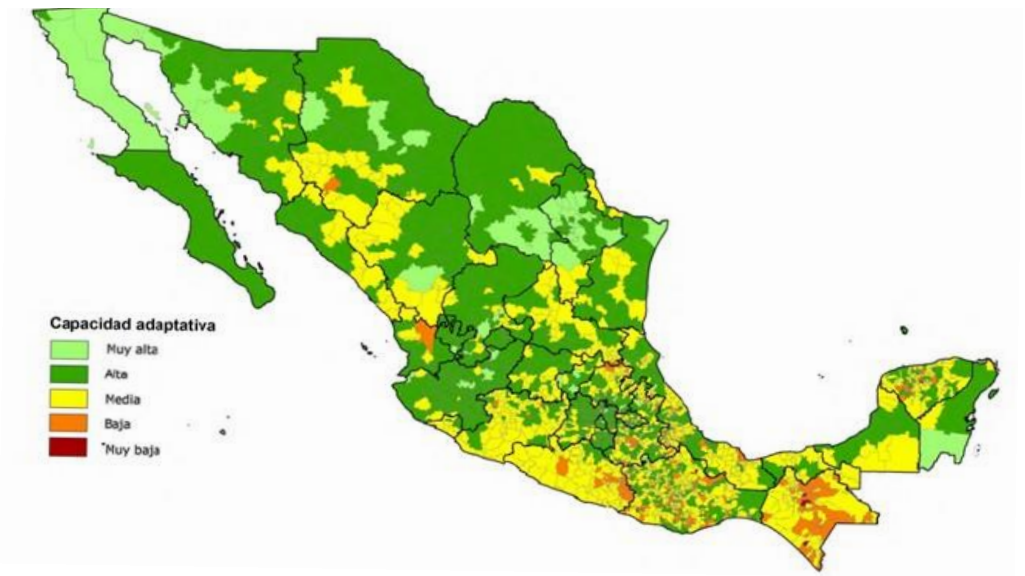
Existe un conocimiento tradicional y experiencias muy valiosas sobre cómo afrontar los desastres naturales, en el contexto de las inundaciones periódicas pasadas en Tabasco. Hace falta reforzar estos procesos de diálogo sobre cómo enfrentar o revertir estos eventos, no sólo en lo individual, sino también en lo colectivo.

En un contexto local o regional, las medidas de adaptación tienden a disminuir el impacto del medio sobre el comportamiento social a través de respuestas de complejidad tecnológica creciente. Por ello, se considera que las capacidades de adaptación pueden ser construidas cuando son casi inexistentes, o bien fortalecidas, cuando existen conocimientos, experiencias y capacidades en función de crear o preparar una respuesta tecnológica a un fenómeno climático determinado (Figura IV.263).

Así, la adaptación es un fenómeno social con implicaciones en todos los ámbitos de la vida cotidiana actual y futura del ser humano, y forma parte de los procesos culturales, políticos y socioeconómicos.

En la adaptación, la tecnología modifica el ambiente, pero es en el ámbito social donde se gestan las herramientas y la identificación de asuntos ambientales que tienden a modificarse.

Figura IV.263. Grado de capacidad adaptativa por municipio,



Fuente Programa de Investigación en Cambio Climático 2014.

En esta respuesta, los grupos sociales pueden anticipar escenarios futuros y plantear acciones coherentes y necesarias para adaptarse de la mejor manera. Esos cambios son graduales y pueden llevar décadas. Sin embargo, ante fenómenos catastróficos recurrentes, como las inundaciones en Tabasco, también se requieren ajustes más inmediatos.

Considerando que la construcción de medidas de adaptación es fundamental para fortalecer las capacidades de gestión, se definen dos tipos de medidas de adaptación: preventivas y correctivas.

Las medidas preventivas son aquellas que permiten a las personas anticiparse, prepararse y se establecen en el imaginario de las personas, desde la experiencia presente, para responder a escenarios futuros.

Por otro lado, las medidas correctivas son respuestas de las personas ante la experiencia presente; son ajustes ante problemas conocidos.

Medidas de Adaptación Estatal

El PACCT ha identificado potenciales líneas de acción para la adaptación a los eventos climáticos futuros, los cuales están alineados con el PECC en cada eje y se presentan enseguida:

- Gestión integral de Riesgos
- Recursos Hídricos
- Agricultura y ganadería, silvicultura y pesca
- Ecosistemas
- Energía Industria y servicios
- Infraestructura de transporte y comunicaciones
- Ordenamiento territorial y desarrollo urbano
- Salud pública

Las líneas de adaptación con las que se podría iniciar en los municipios más vulnerables serian: la construcción o modernizar de los sistemas de monitoreo, alerta y protección civil ante eventos naturales extremos y la identificación de impactos adversos sobre los núcleos de población, consolidar un atlas de riesgos para sistemas humanos y naturales sujetos a impactos del cambio climático; revisión de las políticas, programas y regulaciones del manejo del agua y otros recursos naturales y proponer, en el contexto del Cambio Climático, cuáles aspectos decrecen/aumentan la vulnerabilidad de los sectores claves en las regiones tabasqueñas.

En la Tabla IV.137 se presentan los problemas de la subregión de la Chontalpa, junto con su capacidad de respuesta y las medidas de adaptación.

Tabla IV.137. Análisis para la adaptación al cambio climático de la subregión Chontalpa.

Problemática	Capacidad de presencia	Medidas de adaptación	
		Preventivas	Correctivas
Inundación	Evacuación. Albergues. Refugios temporales. Regulación en la construcción en los vasos reguladores.	Construcción, infraestructura y desazolve, Evitar rellenos, Vasos reguladores, Brindar apoyo a Protección civil en cuanto a inundaciones (buscar refugio en zona alta)	
Derrame de petróleo/ Contaminación por la industria petrolera/Fugas	Aplicar mayor vigilancia. Aplicar normas de seguridad. Regulación de auditorías a las empresas en la emisión de gases de efecto invernadero.	Mantenimiento y verificación de ductos. Manejar estrategias (talleres) a la ciudadanía o empresas que llevan a cabo trabajos que se encuentran en peligro para que no causen daños a terceras personas. Utilizar materiales que no causen daños con el paso de los años próximos. Aplicar leyes en cuanto se manejen peligros materiales para hacerlos responsables.	

Problemática	Capacidad de presencia	Medidas de adaptación	
		Preventivas	Correctivas
Tala de árboles/ Deforestación/ Cambio de uso del suelo	Manejar estrategias para la participación y colaboración para la plantación de árboles y el cuidado de especies en peligro de extinción. Aplicación de las leyes municipales. Ley de protección ambiental.	Campaña de reforestación. Creación de viveros. Dar a conocer el motivo de la deforestación y la causa.	
Agua potable	Planta potabilizadora. Mantenimiento de equipo. Clorar pozos. Utilización de filtros. Construcción de pozos. Aprovechamiento del agua de lluvia.		Distribución de agua
Quemas clandestinas y Eliminación de flora y fauna	Vigilancia y sanciones. Concientizar. Denuncias. Concientización, campañas. Educar a estudiantes para motivar el cuidado del medio ambiente.		Que no se lleve a cabo la quema de basura.
Lluvia ácida	Eliminar los *flares* y, aprovechamiento del gas		

Fuente: La cuenca del río Usumacinta desde la perspectiva del cambio climático, 2017.

Se debe tener presente que no existe un enfoque sistémico de adaptación al cambio climático sino una serie de estrategias y procesos según el contexto y la escala espacio temporal de la decisión.

Una medida de adaptación al cambio climático es el desarrollo de humedales, la cual es una iniciativa de cooperación internacional financiada por el Banco Mundial con el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés). Son socios de este proyecto: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y Comisión Nacional de Agua (CONAGUA).

El objetivo de esta iniciativa es reducir la vulnerabilidad de las comunidades asentadas en los humedales e incrementar una mayor resiliencia del ecosistema. Cuya estrategia implica involucrar activamente a diversas instituciones como: Protección Civil, Secretarías de Medio Ambiente Estatales, Centros de Investigación; Delegaciones Federales de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Así como coordinar las medidas de adaptación con políticas públicas estatales y sectoriales: plan de Vivienda de Tabasco (palafitos), captación de agua de lluvia y programas de protección civil. Generar nuevas habilidades y capacidades para la adaptación (aprendizaje de nuevas técnicas de reforestación, salud ambiental, captación de agua de lluvia, desazolve manual de canales, construcción de viviendas con técnicas tradicionales, etc.)

Las acciones de adaptación implementadas son:

- Reforestación con manglar y vegetación riparia (Tabasco y Veracruz).
- Desazolve de canales de humedales (Tabasco y Veracruz).
- Restauración del flujo hídrico (Humedal de Punta Allen, Quintana Roo).
- Repoblamiento de coral (Sian Ka´an).
- Establecimiento de UMA's (Tabasco y Veracruz).
- Conformación de una red de mangleros (Tabasco).
- Instalación estaciones de mareográficos y meteorológicas (Tabasco, Veracruz y Quintana Roo) operadas por el Instituto de Geofísica de la UNAM para fortalecer los sistemas de alerta temprana.
- Sistema de captación de agua de lluvia e involucramiento social.
- Desarrollo de un conjunto de palafitos para resguardo de bienes, en municipios de Tabasco.
- Instalación de equipos de radio comunicación en sitios seleccionados en Tabasco operadas por el Instituto de Protección Civil del Estado para fortalecer los sistemas de alerta temprana.
- Concientización a la sociedad sobre el ciclo del agua y servicios ambientales que brindan los manglares.
- Capacitación verde en escuelas primarias de municipios de Tabasco.
- Desarrollo de mapas de riesgo en microrregiones.
- Plan de contingencia para comunidades aisladas.

Los humedales costeros del Golfo de México son zonas donde interactúan diversas cuestiones, desde distintos niveles de desarrollo municipal hasta diversos procesos bioquímicos que regulan el clima. Se puede decir que el grado de presión que ejercen las actividades humanas en estos ecosistemas es la principal amenaza para su funcionamiento y conservación, a la que debe agregar el cambio futuro en la condición climática.

La contaminación generada por aguas residuales urbanas e industriales sin tratamiento, escurrimientos agrícolas con fertilizantes y pesticidas, y derrames en la extracción, transporte y refinación del petróleo son causa de severos daños que trastornan el equilibrio ecológico. Uno de los efectos de la contaminación por exceso de nutrientes (aguas residuales y escurrimientos) es la eutrofización: las aguas claras se enturbian, el oxígeno disminuye, los peces mueren, el ecosistema se deteriora.

La gestión del riesgo ante el cambio climático es un elemento fundamental del reto del desarrollo sustentable del país. El diagnóstico de vulnerabilidad del estado define

acciones para apoyar el proceso de adaptación ante lluvias extremas, entre las que se encuentran:

- Evaluación de la infraestructura hidráulica construida en el estado (bordos e infraestructura de control, entre otros) con la geología del territorio y la dinámica de su hidrología superficial.
- Evaluación de la dinámica de la hidrología superficial en relación a los recodos muy pronunciados que reducen la velocidad del flujo pluvial, que causan inundaciones.
- Revisión y evaluación de la infraestructura construida (carreteras, caminos y ductos, entre otros) en relación a eventos de lluvia extrema y la interrupción de flujos.
- Reforestación de la cuenca (alta y baja) con especies locales para reducir erosión, azolvamientos, sedimentación, y fomentar la captación y la infiltración de lluvia.
- Revisión del desarrollo urbano en zonas vulnerables y reubicación.
- Recuperación de vasos reguladores y zonas verdes en las manchas urbanas que sirvan de captación de agua.
- Protección de ecosistemas naturales e implementación estricta de la normatividad en las zonas protegidas.
- Incorporación de infraestructura de adaptación al cambio climático en las construcciones futuras.

A nivel Estatal se han definido las líneas de acción para la adaptación ante el cambio climático, dichas acciones no son alteradas por la ejecución del proyecto, ya que las emisiones estimadas de GEI´s, por su bajo orden de magnitud, no modifican de forma sustancial el inventario de GEI´s desarrollado por el Estado de Tabasco, en particular en el sector de energía.

Aunado a lo anterior el proyecto considera la aplicación de medidas amigables al medio ambiente, así como buenas prácticas para reducir la posibilidad de generación de emisiones que puedan impactar al medio ambiente.

Indicadores ambientales (atmósfera)

El marco conceptual utilizado fue el de Presión – Estado – Respuesta (PER) propuesto por Environment Canada y la OCDE (OCDE, 1993).

Este está basado en una lógica de causalidad; las actividades humanas ejercen presiones sobre el ambiente y cambian la calidad y cantidad de los recursos naturales. Adicionalmente, la sociedad responde a estos cambios a través de políticas ambientales, económicas y sectoriales. Este modelo parte de cuestionamientos simples:

- ¿Qué está afectando al ambiente?
- ¿Qué está pasando con el estado del ambiente?
- ¿Qué estamos haciendo acerca de estos temas?

Cabe señalar que, el esquema PER no tiene necesariamente una relación lineal con la interacción de las actividades humanas y el ambiente; sino que resulta más compleja. En este esquema de organización, los indicadores se clasifican en tres grupos: presión, estado y respuesta.

Por lo antes mencionado, se proponen los siguientes indicadores ambientales (atmósfera) para el proyecto:

(a) Cumplimiento de los indicadores de calidad del aire nacional en los alrededores de las instalaciones terrestres; los contaminantes atmosféricos a medir por norma de calidad del aire son:

- Dióxido de azufre (SO_2)
- Monóxido de carbono (CO)
- Dióxido de nitrógeno (NO_2)
- Ozono (O_3)
- Partículas menores a 10 micras (PM_{10})
- Partículas menores a 2.5 micras ($PM_{2.5}$)

La evaluación de la calidad del aire se efectúa mediante la comparación de las concentraciones obtenidas para los contaminantes normados monitoreados, contra los límites permisibles establecidos en las Normas de Salud Ambiental que se mencionan en la siuiene tabla.

Tabla IV.138. Periodos y Normas Oficiales Mexicanas para evaluar cada contaminante atmosférico.

CONTAMINANTE CRITERIO	PERIODO	LÍMITE PERMISIBLE	NORMA OFICIAL MEXICANA
Ozono (O_3)	Promedio máximo de 1 hora	0.095 ppm	NOM-020-SSA1-2014
	Promedio de 8 horas móviles	0.07 ppm	
Monóxido de carbono (CO)	Promedio de 8 horas móviles	11.0 ppm	NOM-021-SSA1-1993
Dióxido de azufre (SO_2)	Promedio de 24 horas	0.11 ppm	NOM-022-SSA1-2010
	Promedio de 8 horas móviles	0.20 ppm	
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	Promedio máximo de 1 hora	0.21 ppm	NOM-023-SSA1-1993
Partículas menores a 10 micras (PM_{10})	Promedio de 24 horas	75 µg/m^3	NOM-025-SSA1-2014
Partículas menores a 2.5 micras ($PM_{2.5}$)		45 µg/m^3	

Fuente: Elaboración IMP 2018

(b) Cumplimiento de la normativa NOM-085-SEMARNAT-2011, que regula el límite máximo permitido de las emisiones de fuentes fijas (calderas, hornos y calentadores) de Óxidos de Nitrógeno (NOx), Oxígeno (O2), Monóxido de Carbono (CO), Bióxido de

Carbono (CO2) y Bióxido de Azufre (SO2); así como las Partículas Suspendidas Totales (PST); resultados que se citan en la siguiente tabla:

Tabla IV.139. Niveles máximos permisibles de emisión de equipos nuevos.

CAPACIDAD TÉRMICA NOMINAL DEL EQUIPO GJ/h	TIPO DE COMBUS - TIBLE	HUMO # de mancha	Partículas, mg/m3			Bióxido de azufre, ppmv			Óxidos de nitrógeno, ppmv			Monóxido de carbono, ppmv		
			ZVM	ZC	RP	ZVM	ZC	RP	ZVM	(²)ZC	RP	ZVM	ZC	RP
Mayor de 0.53 a 5.3 (Mayor de 15 a 150 CC)	Líquido	2	NA	NA	NA	275	1 100	2 200	NA	NA	NA	400	450	500
	Gaseoso	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	400	450	500
Mayor de 5.3 a 42.4 (Mayor de 150 a 1 200 CC)	Líquido	NA	60	350	450	275	1 100	2 200	190	190	375	400	450	500
	Gaseoso	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	190	190	375	400	450	500
Mayor de 42.4 a 106 (Mayor de 1 200 a 3 000 CC)	Líquido	NA	60	300	400	275	1 100	2 200	110	110	375	400	450	500
	Gaseoso	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	110	110	375	400	450	500
Mayor de 106 a 530 (Mayor de 3 000 a 15 000 CC)	Sólidos	NA	25	60	150	30	70	700	25	110	375	250	300	350
	Líquidos	NA	30	60	280	30	220	1 100	25	110	375	250	350	350
	Gaseoso	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	25	110	375	250	300	350
Mayor de 530 GJ/h (más de 15 000 CC)	Sólidos	opacidad máxima 20%	25	50	50	30	110	220	25	110	220	250	350	350
	Líquidos		30	50	50	30	110	220	25	110	220	250	300	350
	Gaseoso	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	25	110	220	250	350	350

Fuente: Elaboración IMP 2018

(b) Cumplimiento de la normativa NOM-085-SEMARNAT-2011, que regula el límite máximo permitido de las emisiones de fuentes fijas (calderas, hornos y calentadores) de Óxidos de Nitrógeno (NOx), Oxígeno (O2), Monóxido de Carbono (CO), Bióxido de Carbono (CO_2) y Bióxido de Azufre (SO_2); así como las Partículas Suspendidas totales (PST), para mayor detalle, ver la siguiente tabla.

Tabla IV.140. Niveles máximos permisibles de emisión de equipos nuevos.

CAPACIDAD TÉRMICA NOMINAL DEL EQUIPO GJ/h	TIPO DE COMBUS - TIBLE	HUMO # de mancha	Partículas, mg/m3			Bióxido de azufre, ppmv			Óxidos de nitrógeno, ppmv			Monóxido de carbono, ppmv		
			ZVM	ZC	RP	ZVM	ZC	RP	ZVM	(²)ZC	RP	ZVM	ZC	RP
Mayor de 0.53 a 5.3 (Mayor de 15 a 150 CC)	Líquido	2	NA	NA	NA	275	1 100	2 200	NA	NA	NA	400	450	500
	Gaseoso	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	400	450	500
Mayor de 5.3 a 42.4 (Mayor de 150 a 1 200 CC)	Líquido	NA	60	350	450	275	1 100	2 200	190	190	375	400	450	500
	Gaseoso	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	190	190	375	400	450	500
Mayor de 42.4 a 106 (Mayor de 1 200 a 3 000 CC)	Líquido	NA	60	300	400	275	1 100	2 200	110	110	375	400	450	500
	Gaseoso	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	110	110	375	400	450	500

Mayor de 106 a 530 (Mayor de 3 000 a 15 000 CC)	Sólidos	NA	25	60	150	30	70	700	25	110	375	250	300	350
	Líquidos	NA	30	60	280	30	220	1 100	25	110	375	250	350	350
	Gaseoso	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	25	110	375	250	300	350
Mayor de 530 GJ/h (más de 15 000 CC)	Sólidos	opacidad máxima 20%	25	50	50	30	110	220	25	110	220	250	350	350
	Líquidos		30	50	50	30	110	220	25	110	220	250	300	350
	Gaseoso	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	25	110	220	250	350	350

Fuente: Elaboración IMP 2018

(c) Cumplimiento de norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición. Los límites máximos permisibles del nivel sonoro en ponderación "A" emitido por fuentes fijas, son los establecidos en la siguiente tabla.

Tabla IV.141. Niveles máximos permisibles de nivel sonoro.

HORARIO	LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
de 6:00 a 22:00	68 dB(A)
de 22:00 a 6:00	65 dB(A)

Fuente: Elaboración IMP 2018

(d) Indicador de eficiencia térmica de caldera no debe ser menor a 95%.

(e) Indicador de producción de aceite por unidad de volumen de combustible promedio mensual (bpd/m^3).

(f) Indicador de producción de gas seco por unidad de volumen de combustible promedio mensual (Mscfd/m^3).

(g) Intensidad de las emisiones de CO_2 por unidad de producción: Relación entre las emisiones totales de CO_2 equivalente ponderado al mes y el volumen de producción de aceite o gas seco, ponderando por mes. Las emisiones totales incluyen las correspondientes a CO_2, CH_4 y N_2O ponderadas en función del consumo de combustible.

(h) Utilización de energías limpias. Porcentaje del consumo de energía limpias procedente de fuentes renovables respecto al consumo total de energía fósil. Las fuentes de energía renovable consideradas son: hidráulica, minihidráulica, eólica, biomasa, biogás, biocarburantes, residuos urbanos, solar térmica, solar fotovoltaica, solar termoeléctrica y geotermia.

(i) Utilización del Flare (quemador elevado): Volumen de enviado al quemador elevado (Flare) en relación a la producción de aceite o gas seco ponderado de forma mensual.

(j) Acidez en la precipitación: Registro y seguimiento del nivel de acidez en el agua de lluvia (medición del pH) medido en un promedio semanal.

Referencias

Actualización de los escenarios de cambio climático para estudios de impactos, vulnerabilidad y adaptación en México y Centroamérica, Fernández, A., UNAM-INECC, 2015.

Actualización de los escenarios de cambio climático para estudios de impactos, vulnerabilidad y adaptación en México y Centroamérica, Fernández, A., UNAM-INECC, 2015.

Adaptación a los impactos del cambio climático en los humedales costeros del Golfo de México Volumen 1, Buenfil J., Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Adaptación a los impactos del cambio climático en los humedales costeros del Golfo de México Volumen 1, Buenfil J., Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Adaptación del modelo de vulnerabilidad costera en el litoral tabasqueño ante el cambio climático, Ramos R., Gama L., Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp. Núm. 13, p. 2551-2563, 2016.

Adaptación del modelo de vulnerabilidad costera en el litoral tabasqueño ante el cambio climático, Ramos R., Gama L., Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp. Núm. 13, p. 2551-2563, 2016.

APHA, AWWA, WEF. 1995. Standard Methods for the examination of water and wastewater. Washington, D.C. 19 th Ed.

Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático, Efectos del cambio climático en el recurso hídrico de México, IMTA, ISBN: 978-607-9368-09-8, 2015.

Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático, Efectos del cambio climático en el recurso hídrico de México, IMTA, ISBN: 978-607-9368-09-8, 2015.

Becerra Tapia Nery del Carmen. 1984. Determinación de los niveles de hidrocarburos en el ostión Crassostrea virginica de la laguna de Términos Campeche, México. Tesis UNAM.

Begon, M, Colin R. Townsend & John L. Harper, 2006. Ecology: from individuals to ecosystems. Ed. Wiley-Blackwell. 738 pp.

Betanzos Vega A. Capetillo Pinar, N. y Lopeztegui Castillo, A., 2011. Variaciones de la turbidez en aguas marinas costeras de la región norcentral de Cuba, UNACAR-Tecnociencia 5(2) 14 -26.

Bloundi M.K., Duplay J, Quaranta G. 2009. Heavy metal contamination of coastal lagoon sediments by anthropogenic activities: the case of Nador (East Morocco). Environ Geol (2009) 56:833–843. DOI 10.1007/s00254-007-1184-x

Botello A.V., Rojas Galaviz J.L., Benítez J.A., Zárate Lomelí D. (Editores). 1996. Golfo de México, contaminación e impacto ambiental: Diagnóstico y Tendencias. Universidad Autónoma de Campeche, EPOMEX Serie Científica 5. 666 p.

Buchman M.F. 2008. NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA OR&R Report 08-1, Seattle WA, Office of Response and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 34 pages.

Buchman M.F. 2008. NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA OR&R Report 08-1, Seattle WA, Office of Response and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 34 pages.

Calculation sheet-combustible emissions, Construction Emission Factors, EPA 2006.

Calculation sheet-combustible emissions, Construction Emission Factors, EPA 2006.

Carrera, E., y G. de la Fuente. 2003. Inventario y clasificación de humedales de México, Parte I. Ducks Unlimited de México, A.C., México. 237pp.

Caso E. 1979. Los Equinodermos (Asteroidea, Ophiuroidea y Echinoidea) Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, Publ. Esp. 3: 1-186.

Caso M., Pisanty I y Escurra E. (Editores). 2004. Diagnóstico Ambiental del Golfo de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. ISBN: 968-817-705-9, 1008 páginas.

Caso, M. E., 1990. Un nuevo asteroideo del caribe mexicano Astropecten Caribe mexicanensis sp. nov. y comparación con la especie afín Astropecten nitidus Verrill. An. Inst. Cienc. Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México 17(1): 107-130.

CE-CCA 1989. CE-CCA-001/89. Acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de Calidad del Aguas. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.

CECODES, 1981. Las Lagunas Costeras de Tabasco. Un ecosistema en peligro. Centro de Ecodesarrollo (ahora Centro de Ecotecnología y Desarrollo Sustentable), SEPESCAD. F. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México 109 pp.

Chapman, D. (Ed.). 1992. Water Quality Assessments. UNESCO, WHO, UNEP. Chapman & Hall. London. p. 585

Chapman, D. Kimstach, V. 1992. Chapter 3. The selection of water quality variables. pp 51-119. En: Chapman, D. 1992. Water Quality Assessments. UNESCO, WHO, UNEP. Chapman & Hall. London. p. 585.

Chen A., Jiao JJ. 2010. Spatio-temporal trends of heavy metals and source apportionment in Tolo Harbour, Hong Kong. Environ Earth Sci (2010) 60:1439–1445. DOI 10.1007/s12665-009-0279-y

Contreras Espinosa, F. & L. M. Zavalegui, 1988. Aprovechamiento del litoral mexicano. CECODES-SEPESCA, México, 128 p.

Contreras Espinosa, F., 1991. Hidrología y nutrientes en lagunas costeras, En: M.G. Figueroa Torres, C. Álvarez Silva, A. Esquivel Herrera &M.E. Ponce Márquez (Ed.). Fisicoquímica y biología de las lagunas costeras mexicanas, Series Grandes Temas de la Hidrobiología. UAM. México, 16-24 pp.

Contreras, E. F. 1985. Ecosistemas costeros mexicanos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México, 415 p.

Contreras, E. F., Castañeda, O., Torres-Alvarado, R. y Gutiérrez, F. 1996. Nutrientes en 39 lagunas costeras mexicanas. Rev. BioL Trop., 44(2): 417-425, México.

Contreras, E.F, O. L. Castañeda, R. Torres-Alvarado & F. Gutiérrez. 1996. Nutrientes en 39 lagunas costeras mexicanas. Revista de Biología Tropical 44(2):417-425.

Contreras-Espinosa, F., Castañeda- López, O., García-Nagaya, A. 1994. La clorofila a como base para un índice trófico en lagunas costeras mexicanas. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. pp 17.

Cultura ambiental biocultural y vulnerabilidad ante el cambio climático, SEMARNAT, ISBN: 978-607-606-093-3, 2012.

Cultura ambiental biocultural y vulnerabilidad ante el cambio climático, SEMARNAT, ISBN: 978-607-606-093-3, 2012.

De la Lanza Espino G. & C. Cáceres Martínez. 1994. Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México. 221-245

De La Lanza, G., 1991. Oceanografía de los mares mexicanos. AGT Editor, S.A., 1ra Ed. México, 569 pp.

De la Lanza-Espino G. y Gómez-Rojas J. C. 2004. Características Físicas y Químicas del Golfo de México. Caso, M., Pisanty, I., y Ezcurra, E. Compiladores. Diagnóstico Ambiental del Golfo de México Vol 2. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Instituto de Ecología, A.C. y Harte Reserach Institute for Gulf of Mexico Studies. 2004.

Documentation for the Final 2002 Nonpoint Sector (Feb 06 version) National Emission Inventory for Criteria and Hazardous Air Pollutants. Prepared for: Emissions Inventory and Analysis Group (C339-02) Air Quality Assessment Division Office of Air Quality Planning and Standards, United States Environmental Protection Agency. July 2006. EPA 2006.

Documentation for the Final 2002 Nonpoint Sector (Feb 06 version) National Emission Inventory for Criteria and Hazardous Air Pollutants. Prepared for: Emissions Inventory and Analysis Group (C339-02) Air Quality Assessment Division Office of Air Quality Planning and Standards, United States Environmental Protection Agency. July 2006. EPA 2006.

El Proceso de Adaptación al Cambio Climático propuesto por el INECC, López, J. INECC, Coordinación General de Adaptación al Cambio Climático, 2016.

El Proceso de Adaptación al Cambio Climático propuesto por el INECC, López, J. INECC, Coordinación General de Adaptación al Cambio Climático, 2016.

EPA (2011). Emission Estimation Protocol for Petroleum Refineries. Office of Air Quality Planning and Standards U.S.

Espinoza,C.I., 2008, Indicadores someros de hidratos de metano en la provincia de domos salinos de Campeche, Golfo de México. 70 págs., Tesis de Licenciatura. Instituto Politécnico Nacional, ESIA, (inedito).

Evidencias del cambio climático en el estado de

Evidencias del cambio climático en el estado de

Experiencia sobre Cambio Climático en Tabasco, Piña O., Secretaria de Salud – COFEPRIS, 2015.

Experiencia sobre Cambio Climático en Tabasco, Piña O., Secretaria de Salud – COFEPRIS, 2015.

Finlayson-Pitts, B. Pitts jr., Atmospheric Chemistry: Fundamental and experimental techniques. Edit. John Wiley & Sons, New York, 1986.

Galaviz Solís, J. A. 1980. Morfología y sedimentos recientes del sistema lagunar El Carmen-La Machona, Tabasco, México. Tesis de Licenciatura para obtener el grado de Ing. Geólogo, UNAM, México, D.F.

Galaviz, A.S.A., Lorea, Ch. B.J., Herrera, L.O., 2016, Investigación sobre peligro y riesgo sísmico, CENAPRED, Dirección de Investigación-Subdirección de Riesgos Sísmicos, 113 págs. México

Galloway, W.E., Ganey-Curry P.E., Li, X, Buffler, R.T., 2000, Cenozoic Depositional History of the Gulf of Mexico Basin, AAPG Bulletin, V. 84, No. 11, pp. 1743–1774.

Gamboa–Rodríguez M.T., Gamboa–Aldeco R., Abreu–Sherrer J.S., Bravo–Alvarez H. and Sosa–Echeverria R. (2004). Polynuclear Aromatic Hydrocarbons in the Air of an Oil Extraction Region in the South of México. In: Proceedings of the 97th Annual Conference of the Air & Waste Management Association, Indianapolis, IN, Paper No. 470.

García-Cubas et al 1990. Moluscos de la Laguna Mecoacán, Tabasco, México; No. 671 en Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM- CU, México

García-Cubas A., 1981. Moluscos de un Sistema Lagunar Tropical en el Sur del Golfo de México (Laguna de Términos, Campeche) Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, Publ. Esp. 5: 1-182.

González Pérez B. et al, 2017 Estimación de escurrimientos mediante simulación numérica de la salinidad en lagunas costeras, trabajo presentado en el XXII Congreso Nacional de Hidráulica, Acapulco, Guerrero, México, Marzo 2017.

Guía práctica para elaborar un programa estatal de acción ante el cambio climático, Latin America Regional Climate Initiative (LARCI), Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CEMDA) y Acción Social Climática A.C. (ASC), 2016.

Guía práctica para elaborar un programa estatal de acción ante el cambio climático, Latin America Regional Climate Initiative (LARCI), Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CEMDA) y Acción Social Climática A.C. (ASC), 2016.

Gutiérrez-Vivanco, J. 2010. Variación espacio-temporal de los parámetros físico-químicos, clorofila-a y nutrientes en la Laguna de Tampamachoco-Veracruz (Golfo de México Occidental). Tesis maestría en manejo de ecosistemas marinos y costeros. Universidad Veracruzana. p. 97.

Henry, JG y Heinke GW , 1999. Ingeniería ambiental. 2 Ed.. Prentice. p. 166.

Herrera-Silveira, J. A., N. Aranda-Cirerol, l. Troccoli-Ghinaglia, F.A. Comín Sebastián y C. Madden. 2004. Eutrofización Costera en la Península de Yucatán. pp. 823-850, in M. Casso, I. Pisanty & E. Escurra (Cmps.): Diagnóstico Ambiental del Golfo de México. Vol.2, SEMARNAT, INE, Inst de Ecología, A.C., Harte Research Inst. for Gulf of Mexico Studies. HERRERA-SILVEIRA, J. A.

IMP (2004). Evaluación de los efectos de las actividades petroleras costa afuera e instalaciones costeras asociadas en el ambiente marino de la Sonda de Campeche - Fase II. Instituto Mexicano del Petróleo, Proyecto F.50409.

IMP, Battelle, UNAM, UAM, 2002. Evaluación de Riesgo Ecológico e Impacto de las Operaciones Industriales (Análisis General). Marzo del 2002. 256 p.

IMP-PEMEX-IMTA, 1997. Estudio de clasificación del Río Coatzacoalcos, Ver. GESIPA-PEMEX-PETROQUÍMICA & CNA. p. 238 México.

Improvement of Specific Emission Factors (BACM Project No. 1). Midwest Research Institute (MRI). Prepared for the California South Coast Air Quality Management District, 1996.

Improvement of Specific Emission Factors (BACM Project No. 1). Midwest Research Institute (MRI). Prepared for the California South Coast Air Quality Management District, 1996.

Índice de vulnerabilidad costera del litoral tabasqueño, México, Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, Núñez, J., Ramos, R., UNAM ISSN 2448-7279, núm. 91, pp. 70-85, 2016.

Índice de vulnerabilidad costera del litoral tabasqueño, México, Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, Núñez, J., Ramos, R., UNAM ISSN 2448-7279, núm. 91, pp. 70-85, 2016.

Informe del Programa de Fortalecimiento y Capacitación en los Municipios en relación a Capacidades y Acciones de Adaptación ante el Cambio Climático y Vulnerabilidad en Tabasco, ECOSUR, 2015.

Informe del Programa de Fortalecimiento y Capacitación en los Municipios en relación a Capacidades y Acciones de Adaptación ante el Cambio Climático y Vulnerabilidad en Tabasco, ECOSUR, 2015.

Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), 2001. Proyecto “Evaluación de los efectos de las actividades petroleras Costa Afuera e Instalaciones Costeras Asociadas en el ambiente marino de la Sonda de Campeche, México”, Sección C-8 " Análisis Espacial y Temporal de las poblaciones más Relevantes de Plancton, Necton y Bentos, incluyendo Listados de especies e Índices Ecológicos". Sin publicar, Contrato Específico RMNE-GSIPA-IMP 001/2001.

Instituto Nacional de Ecología, ISBN 978-968-817-928-4, 2009.

Instituto Nacional de Ecología, ISBN 978-968-817-928-4, 2009.

IPCC (1996) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual.

J. R. Holton (2004). An Introduction to Dynamic Meteorology. Elsevier Academic Press, FOURTH EDITION.

J. Seinfeld and S. Pandis (2006). ATMOSPHERIC CHEMISTRY AND PHYSICS: From Air Pollution to Climate Change. John Wiley & Sons. 2a edition.

Jardel, E.J., Saldaña A. A., Barreiro G. M. 1987. Contribución al Conocimiento de la Ecología de los Manglares de la Laguna de Términos, Campeche, México. Revista Ciencias Marinas No. 3.

La cuenca del río Usumacinta desde la perspectiva del cambio climático, Denise Soares y Antonino García, IMTA, ISBN 978-607-9368-81-4, 2017.

La cuenca del río Usumacinta desde la perspectiva del cambio climático, Denise Soares y Antonino García, IMTA, ISBN 978-607-9368-81-4, 2017.

Las áreas naturales protegidas y su papel en la conservación de los murciélagos del estado de Tabasco, México, García, R., Gordillo, E., THERYA, Vol.5 (3): pp. 725-736, DOI: 10.12933/therya-14-217, 2014.

Las áreas naturales protegidas y su papel en la conservación de los murciélagos del estado de Tabasco, México, García, R., Gordillo, E., THERYA, Vol.5 (3): pp. 725-736, DOI: 10.12933/therya-14-217, 2014.

Licea S., R. Luna, P. Torres & C. Trejo, 1982, Eval. de los posibles efectos del derrame del Pozo Ixtoc I, sobre las comunidades del fitoplancton y la Prod. Primaria. Cuarto Informe Parcial. Com. y Prod. de fitoplancton en la reg. Occidental de la Sonda de Camp., durante la campaña Ocean. FBC-80-08., Programa coordinado de estudios ecológicos en la Sonda de Campeche, ICMyL, UNAM, Méx. D.F., México, 4, 16 p.

MacDonald, D.; Scout, R.; Calder F.; Long, E.; & Ingersoll, C. 1996. Development and evaluation of sediment quality guidelines for Florida coastal waters. Ecotoxicology. 5: 253-278.

Magaña, A. 2010. Vegetación y Flora del Municipio de Paraíso. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Colección José N. Rovirosa, Biodiversidad, Desarrollo Sustentable y Trópico Húmedo. Villahermosa, Tabasco. México. 163 pp

Méndez-Ortiz, B.A., 2007. "Geoquímica E Isotopía De Aguas De Formación (Salmueras Petroleras) De Campos Mesozoicos De La Cuenca Del Sureste De México: Implicación en su Origen, Evolución e Interacción Agua Roca en Yacimientos Petroleros". Tesis Maestria Centro de Geociencias Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM.

Mendoza, C.,M., Ortiz, P.M.A., 2000, Caracterización geomorfológica del talud y la plataforma continentales de Campeche-Yucatán, México, Revista de Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, Núm. 43, pp. 7-31

Mendoza, C.M. 2006. Análisis de la concentración de aromáticos y alifáticos en sedimentos superficiales en la laguna de Mecoacán, Tabasco México. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Química. Facultad de Química. UNAM. México.

Millán-Núñez, R. y S. Alvarez Borrego. 1978. Series de tiempo de clorofilas a, b y c y sus feofitinas en las bocas de dos lagunas costeras. Ciencias Marinas (Mex), Vol. 5 (2): 41-52.

NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. DOF, 2010, México.

Oviedo- Pérez, A. E., 1996. Evolución neógena de las cuencas Terciarias del Sureste. Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, p. 91.

Páez-Osuna F., M. Fong-Lee, H. Fernández, R. Lozano y G. Villaseñor 1986. Heavy metals and mineralogy in sediments cores from a tropical coastal lagoons, México, Indian, J. Mar. Sci. 13: 153-158.

Palma-López D. J., J. Cisneros D., E. Moreno C. y J.A. Rincón-Ramirez. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-Fundación Produce Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. 199 pp.

Pemex Exploración – Producción, 2010, Provincia Petrolera Golfo de Mexico Profundo, ed. Subdirección Técnica de Exploración ver 1.0, 26 págs. (inédito).

Pindell, J.R.,and Kennan, L., 2009, Tectonic evolution of the Gulf of Mexico, Caribbean and northern South America in the mantle reference frame: an update, Special Publications, The Geological Society of London, Vol 328, pp.1–55.

Políticas Públicas y Cambio Climático en el Estado de Tabasco, Lilly Gama, Laboratorio de Ecología del Paisaje y Cambio Global Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Subsecretaría de Fomento a la Política Ambiental Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental, 2017.

Políticas Públicas y Cambio Climático en el Estado de Tabasco, Lilly Gama, Laboratorio de Ecología del Paisaje y Cambio Global Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Subsecretaría de Fomento a la Política Ambiental Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental, 2017.

Priego A., Bocco G., Mendoza M., Garrido A. Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades del paisaje – Fundamentos y Métodos. Dentro de Serie de Planeación Territorial. Semarnat Instituto de Ecología. CIGA UNAM. México DF 2010.

Procedures Document for National Emissions Inventory, Criteria Air Pollutants, 1985-1999. EPA-454/R-01-006. Office of Air Quality Planning and Standards, United States Environmental Protection Agency. March 2001.

Procedures Document for National Emissions Inventory, Criteria Air Pollutants, 1985-1999. EPA-454/R-01-006. Office of Air Quality Planning and Standards, United States Environmental Protection Agency. March 2001.

Proceso de adaptación al cambio climático, Rodriguez A., Coordinación General de Adaptación al Cambio Climático, INECC, 2017.

Proceso de adaptación al cambio climático, Rodriguez A., Coordinación General de Adaptación al Cambio Climático, INECC, 2017.

Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Tabasco, Secretaria de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco, Octubre de 2011.

Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Tabasco, Secretaria de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco, Octubre de 2011.

Programa estatal de ordenamiento ecológico 2013-2018, Gobierno del Estado de Tabasco, Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental, Programa Sectorial de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental 2013-2018, 2015.

Programa estatal de ordenamiento ecológico 2013-2018, Gobierno del Estado de Tabasco, Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental, Programa Sectorial de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental 2013-2018, 2015.

Propuesta de líneas de acción de Tabasco ante el Cambio Climático, Carbajal, J., Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Básicas, 2016.

Propuesta de líneas de acción de Tabasco ante el Cambio Climático, Carbajal, J., Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Básicas, 2016.

Proyecto humedales: un caso de éxito para replicar como medida de adaptación, INECC- Banco Mundial, 2016.

Proyecto humedales: un caso de éxito para replicar como medida de adaptación, INECC- Banco Mundial, 2016.

Psuty, N. P., The geomorphology of beach ridges in Tabasco, México. Louisiana State Univ. Coastal Studies Inst. Tech.,1966.1-21.30Aguayo, C.J.E., 2005 Neotectónica y facies sedimentarias cuaternarias en el suroeste del Golfo de México, dentro del marco tectono-estratigráfico regional evolutivo del Sur de México, Rev. de Ingeniería Investigación y Tecnología, Vol. VI, No. 1, pp. 19-45.

Quantification of ship emissions, Final Report, ENTEC, 2002.

Quantification of ship emissions, Final Report, ENTEC, 2002.

Ramos-Ortega, L. M.; Vida, L., Vilardy, Q. S., L. Saavedra-Díaz. 2008. Análisis de la contaminación microbiológica (Coliformes Totales y Fecales) en la Bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano. Acta Biol. Colom, 13(3):87-98.

Rosales D.M.C; 1999, La Cuenca Salina del Istmo, Comalcalco. Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros. Publicación especial N°2, p. 177-259.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México. 502pp

Salas, P. G., López, R. E., (1951). Boletín de la AMGP, Volumen III, Números 1 y 2, pp. 3-56. Geología y tectónica de la Región de Macuspana, Tabasco y parte Norte de Chiapas.

Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), 1990. Gaceta Ecológica Vol. II, No. 6, enero 1990, 63 pp.

SEMARNAT. 1996. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT- 1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. p. 35.

Seoanez, C. M. 1995. Ecología Industrial. 1 ed. Mundi Prensa Edit. Madrid España. 522 pp.

Servicio Geológico Mexicano, 2004, Carta Geológico Minera, Frontera E15-5, 1:250 000, edit. Aguilera, M.M.A., Zárate, L.J., Barrios, R.F., Jiménez H.A.

Sistemas agrícolas como refugio de herpetofauna en zonas de acreción-retroceso y erosión costera, en Tabasco, México, Pacheco, C., Valdez, J., AP, Agro-Productividad, pp. 74-79, 2015.

Sistemas agrícolas como refugio de herpetofauna en zonas de acreción-retroceso y erosión costera, en Tabasco, México, Pacheco, C., Valdez, J., AP, Agro-Productividad, pp. 74-79, 2015.

Stein, A.F., Draxler, R.R, Rolph, G.D., Stunder, B.J.B., Cohen, M.D., and Ngan, F., (2015). NOAA's HYSPLIT atmospheric transport and dispersion modeling system. Bull. Amer. Meteor. Soc., (96), 2059-2077.

Tabasco durante el periodo 1961-2010, Rivera B., Armando I., Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, ISSN: 2007-0934, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias México, 2016.

Tabasco durante el periodo 1961-2010, Rivera B., Armando l., Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, ISSN: 2007-0934, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias México, 2016.

UNAM, 1997a. Reporte del proyecto de Diagnóstico actual de la calidad ambiental de la zona costera del Golfo de México (Sonda de Campeche, zona costera de Atasta, Dos Bocas y sistema lagunar de Tabasco), donde se localizan las plataformas petroleras y chapopoteras. (Campañas SGM1, SGM2 y SGM3), ICMyL, Universidad Nacional Autónoma de México.

Valderrama-Landeros L. H., Rodríguez-Zúñiga M.T., Troche-Souza C., Velázquez-Salazar, S., Villeda-Chávez, E., Alcántara-Maya, J.A., Vázquez-Balderas B., Cruz-López M. I., Ressl R., 2017. Manglares de México: actualización y exploración de los datos del sistema de monitoreo 1970/1980–2015. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, 128 pp.

Vives, I. & Grimalt, O. J. 2002. Method for integrated analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons and organochlorine compounds in fish liver. Journal of Chromatography. B. 768: 247-254.

Vulnerabilidad y adaptación s los efectos del cambio climático en México, ISBN: 978-607-02-5568-7, UNAM, 2014.

Vulnerabilidad y adaptación s los efectos del cambio climático en México, ISBN: 978-607-02-5568-7, UNAM, 2014.

Wang, Z., Yang, Ch., Fingas, M., Hollebone, B & J. Ryoung. 2002. Petroleum Biomarker fingerprinting for oil spill characterization and source identification. En: Wang, Z & S. Stout Eds. Oil Spill Environmental Forensics. Fingerprinting and source identification. Elsevier. Academic Press. UK. 554 p.

Zannetti P., Air Pollution Modeling. Theories computational methods and available software, Edit. Computational Mechanics Publications, 1986.

PAGINAS E INFORMACIÓN VIA WEB

Aguamarket.com, 2019; Diccionario de Términos de Tratamiento de Aguas Residuales; url: https://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=3769&termino=Alcalinidad+de+aguas+residuales.

http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/363/cap20.html#top

http://www.medioambiente.cu/legislacion/leyes/L-81.htm

http://www.sedespa.gob.mx/monitoreo/index.htm

http://www.cleanairnet.org/lac/1471/propertyvalue-13639.html

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_issuetoc&pid=0253-175120030002&lng=es&nrm=iso

http://www.cepis.ops-oms.org/index.html

Servicio Geologico Mexicano
https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Riesgos.../Sismologia-de-Mexico.html

National Geophysical Data Center, 2018
https://maps.ngdc.noaa.gov/viewers/bathymetry/

Servicio Sismologico Nacional
http://www.ssn.unam.mx/

SEMARNAT (2018). Programa de gestión para mejorar la calidad del aire del Estado de Tabasco: 2018-2027. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/300701/22_ProAire_Tabasco.pdf. Fecha de consulta abril3, 2019.

SERNAPAM/INE (2011). Programa de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Tabasco. 2010. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/316926/2011_tabs_peacc.pdf.

Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad.
http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/

EMEP (2013). Air pollutant emission inventory guidebook 2013. http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013/

EPA (2015). AP-42: Compilation of air emissions factors: Chapter 5 Petroleum Industry. https://www3.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch05/index.html.

https://smn.cna.gob.mx/es/observando-el-tiempo/estaciones-meteorologicas-automaticas-ema-s

https://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=tab

https://ready.arl.noaa.gov/archives.php

http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/index.php/component/content/article/248-sitio/articulos/cuarta-epoca/6701/1201-6701-3-carranza.

http://www.diputados.gob.mx/sedia/biblio/usieg/mapas/tab_map.pdf

http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjE3LjY1NjU1LGxvbjotOTMuNDE1NjEsejo2LGw6Y2VjbzIwMTR8YzQ2Nw==&theme=ce2014

NOM-001-ECOL-1996. Norma Oficial Mexicana que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, DOF: 06/01/1997. México. p. 35. https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3290/1/nom-001-semarnat-1996.pdf

SERNAPAM. 2017. Red estatal de monitoreo de la calidad del agua. Estaciones de monitoreo. Calidad del agua (ríos). https://tabasco.gob.mx/estaciones-de-monitoreo-de-la-calidad-del-agua-rios

DOF. 2018. Proyecto de Modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales para quedar como proyecto de modificación de la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-001-SEMARNAT-2017, Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. p. 18 http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5510140&fecha=05/01/2018

Monitoreo ambiental de la actividad petrolera en el sur del golfo de México, Arturo Mendoza Quintero-Mármol, Miguel Herrera Rodríguez y Gabriel Olguín Pascualli, http://etzna.uacam.mx/epomex/pdf/mancos/cap43.pdf.

Hokchi – Energy, IMP. 2018. MIA-R-F.62109. Manifiesto de Impacto Ambiental M Modalidad Regional para la etapa de Desarrollo del Área Contractual 2 (Hokchi). México. p 474. http://104.209.210.233/gobmx/2018/4to_T/A73/d/E-09-DLA0030-07-18-DGGEERNCM.pdf

GAPA INGRÍA. Y CALIDAD TOTAL, 2005. Reporte del estudio “Dragado y Desazolve del Cauce del Río Seco, en un tramo de 13 Km, de la zona urbana de la Ciudad de Paraíso, Tabasco.”, Para H. Ayuntamiento de Paraíso, Tabasco; México. p. 133. http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/tab/estudios/2005/27TA2005HD003.pdf

CONTENIDO

V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL 2
V.1 Identificación de impactos ambientales. 2
V.1.1. Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales. 3
V.2 Caracterización de los impactos ambientales. 7
V.2.1 Indicadores de impacto y de cambio climático 17
V.3 Valoración de los impactos. 20
V.4 Impactos residuales 28
V.5 Impactos acumulativos 29
V.6 Conclusiones 30

Índice de Figuras

Figura V. 1 Indicadores Presión-Estado-Respuesta 18
Figura V. 2 Representación gráfica de los impactos identificados en las diferentes etapas del proyecto. 24

Índice de Tablas

Tabla V.1. Matriz de identificación de impactos. 12
Tabla V.2. Compatibilidad de los impactos con el medio ambiente. 13
Tabla V.3. Identificación de los impactos que afectan los factores ambientales durante la etapa de preparación del sitio. 14
Tabla V.4. Identificación de los impactos en la etapa de construcción. 15
Tabla V.5. Identificación de los impactos en la etapa de Operación y mantenimiento. 16
Tabla V.6. Indicadores de Presión y de Estado. 19
Tabla V.7. Determinación de significancia de los impactos ambientales con base en el supuesto del Art. 3 fracción IX 22
Tabla V.8. Número de impactos adversos y benéficos por cada etapa del proyecto. 24
Tabla V.9. Significancia de los impactos ambientales negativos por etapa del proyecto. 24
Tabla V.10. Impactos residuales. 28
Tabla V.11 Impactos acumulativos. 29

V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

V.1 Identificación de impactos ambientales.

En el desarrollo de presente apartado se diseñó un proceso metodológico que comprende, la consideración de la caracterización ambiental del SAR para identificar cada uno de los factores que pueden resultar afectados de manera significativa por alguno o algunos de los componentes del proyecto (obra o actividad), de manera que, se haga un análisis de las interacciones que se producen entre ambos, y se alcance gradualmente una interpretación del comportamiento del SAR.

Este capítulo se realizó considerando que la fracción XX del artículo 3° de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), define que la Manifestación del Impacto Ambiental (MIA) es el documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental, significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo.

Con base en lo anterior, el objetivo fundamental de una MIA es identificar los impactos ambientales significativos que puede generar un proyecto. Al respecto es conveniente abordar este aspecto asumiendo en toda su dimensión la definición que ofrece el marco reglamentario de la LGEEPA en la cual se menciona que el impacto ambiental significativo es aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.

Sobre la base de lo expuesto, en esta MIA y de acuerdo a lo que dispone la fracción V del artículo 12 del REIA, en el presente capítulo se presenta la identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales que potencialmente pueden ser generados o inducidos por el proyecto sobre los factores ambientales susceptibles de recibirlos, derivados del desarrollo del proyecto, centrando el objetivo del análisis en la identificación de aquellos impactos que, por sus características, pudieran ajustarse a la definición dispuesta en la fracción IX del Artículo 3° del REIA antes transcrita.

V.1.1. Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales.

La integración de este capítulo se basó en el análisis e interpretación de:

- Las características generales de las etapas del proyecto y la identificación de las acciones (Capitulo II) que potencialmente puedan propiciar impactos a los factores ambientales susceptibles de recibirlos (Capítulo IV).
- La vinculación del proyecto con las disposiciones, reglas y recomendaciones de los diversos instrumentos jurídicos aplicables al mismo (Capítulo III).
- El diagnóstico ambiental del Sistema Ambiental Regional dentro del cual se pretende insertar el proyecto, descrito en el capítulo IV de este estudio.
- La información generada en trabajos de campo (Capítulo IV).
- Metodologías usualmente utilizadas de Evaluación de Impacto Ambiental.

La información vertida en este capítulo se ajusta a las recomendaciones que establece la guía emitida por la SEMARNAT, pero sobre todo, al objetivo que dispone la LGEEPA para una MIA, esto es, dar a conocer, a la autoridad competente, el impacto ambiental significativo y potencial que pudiera generarse por la construcción y operación del proyecto.

En este sentido, con base en el análisis para la selección del Sistema Ambiental Regional (SAR), su caracterización y análisis realizado en el Capítulo IV, se evaluaron los impactos ambientales adversos y benéficos que generará la interacción entre el desarrollo del proyecto y el SAR y el efecto del proyecto en éste.

Existe un gran número de metodologías para la evaluación de impactos ambientales tales como listas de verificación causa-efecto ambientales, cuestionarios, matrices causa-efecto, matrices cruzadas, diagramas de flujo, entre otras. En muchos casos se utilizan también modelos de previsión complementarios con la finalidad de predecir las alteraciones en magnitud, así como modelos de evaluación.

Canter (1998), establece que, aunque se han desarrollado diversas metodologías, no hay una metodología universal que pueda aplicarse a todo tipo de proyectos en cualquier medio en el que éste pretenda establecerse, en este sentido cada

metodología que se utilice debe ser específica para el proyecto que se evalúe y el medio ambiente en el cual éste pretende insertarse, sobre la base de los conceptos básicos de las metodologías existentes.

En el caso que nos ocupa, se determinó utilizar la metodología basada en la Matriz de Leopold con el fin de identificar y definir aquellas medidas preventivas o de mitigación que garanticen la reducción de los efectos adversos. Esta metodología permite predecir la naturaleza y significancia de los efectos ambientales en función de su caracterización en el SAR, interpretar los resultados y prevenir los efectos negativos en los mismos, por lo tanto esta metodología reduce la subjetividad en la detección y valoración de los impactos ambientales generados por el proyecto, por lo que este análisis permitió determinar las afectaciones y modificaciones que se presentarán sobre los factores ambientales del SAR, así como su relevancia en términos del impacto ambiental conforme a la definición que al respecto establece la fracción IX del Artículo 3 del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (REIA).

Asimismo, el proceso metodológico que se siguió para desarrollar la identificación, evaluación y descripción de los impactos ambientales del proyecto se concreta en el contenido de esta MIA y su esquema sintetizado se concentra en la disposición del artículo 12 del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, considerando dentro de este proceso metodológico tres funciones analíticas principales:

a) Identificación de los impactos,

b) Valoración de los impactos ambientales, y

c) Descripción.

En la aplicación de esta metodología se consideraron las actividades descritas en el Capítulo II de este estudio, así como el Sistema Ambiental Regional (SAR) descrito en el Capítulo IV, para el área del proyecto estimada en 704.34 hectáreas.

La identificación de los impactos ambientales se elaboró a partir de una tabla jerarquizada que incluye las actividades que se llevarán a cabo en las etapas del proyecto, donde las columnas de la matriz contienen las etapas de Preparación del Sitio, Construcción, Operación y Mantenimiento. En las filas o renglones se colocaron los factores ambientales que podrían tener interacción con dichas actividades. Para el análisis y evaluación de los impactos ambientales, no se consideró la etapa de abandono, ya que Petróleos Mexicanos no considera etapa, sin embargo, aunque no ha sido considerada para la evaluación, cuando el

promovente defina el abandono del sitio, tendrá que ajustarse a las leyes, reglamentos y normas vigentes aplicables.

Dentro de este análisis se consideraron y evaluaron también los impactos acumulativos, teniendo en cuenta que son los efectos resultantes de la suma de aquellos impactos ocurridos en el pasado o que están ocurriendo en el presente relacionándolos con el proyecto y sus condiciones existentes en términos del papel que mantienen a la fecha. Así también, se consideraron aquellos impactos residuales, en el entendido que estos persisten después de la aplicación de las medidas de mitigación implementadas.

Implementación de la metodología.

A partir del análisis del capítulo II de este estudio, se retomó la información para identificar las actividades del proyecto que pudieron ocasionar impactos significativos al ambiente (acumulativos, residuales y sinérgicos).

Como parte de la definición del proyecto y del conocimiento del área que ocuparán las instalaciones, se tomaron en cuenta las condiciones del SAR. Los elementos del ambiente que estarán relacionados con las actividades que tendrán lugar en diferentes tiempos y espacios.

La descripción de las actividades a realizar, se refieren principalmente a la etapa de Preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento de la Refinería Dos Bocas. Con el propósito de lograr un manejo práctico y una evaluación objetiva. Las actividades se agrupan de acuerdo a la similitud de sus efectos.

Para incluir la descripción de las actividades a realizar en el Proyecto, se agruparon de manera general como se indica a continuación:

a) Preparación del sitio.

- Desmonte
- Demoliciones
- Despalme
- Disposición de residuos
- Mejoramiento de suelos
- Construcción de barda perimetral

- Terracerías
- Conformación de plataformas
- Instalación de obras provisionales y temporales

b) Construcción.

- Pavimentación de vialidades internas
- Construcción de plantas de proceso, de servicios e infraestructura asociada
- Instalación de conexiones y tuberías
- Instalación de servicios diversos
- Disposición de residuos

c) Operación y mantenimiento

- Operación de las instalaciones
- Mantenimiento a las instalaciones
- Disposición de residuos

Para este particular se propone la utilización de una lista de chequeo con los factores que pueden ser impactados por la ejecución de las actividades del proyecto, agrupados en categorías denominadas *factores ambientales* y en los cuales se evaluará la afectación de las distintas etapas del proyecto.

- Agua
- Aire
- Suelo
- Geomorfología
- Vegetación
- Fauna
- Socioeconómico

Como parte de la participación interdisciplinaria de los expertos participantes en el proyecto se determina que para cada etapa se ha definido un listado de los impactos, el cual servirá para evaluar el efecto, bajo el consenso de especialistas, a fin de determinar el nivel de impacto y las medidas de prevención, mitigación y compensación aplicables, para cada etapa del proyecto.

V.2 Caracterización de los impactos ambientales.

La estimación de los cambios generados responde a tres criterios aplicables:

- La valoración cuantitativa se realiza mediante un análisis numérico basado en indicadores de impacto que permiten evaluar cómo las actividades del proyecto inciden en un determinado factor ambiental. Esta valoración permite comparar y jerarquizar impactos de diferente naturaleza.
- La valoración cualitativa permite valorar rápidamente impactos de baja intensidad. Esta evaluación la llevó a cabo un experto o un conjunto de especialistas en materia ambiental.
- El enjuiciamiento de un impacto ambiental es una decisión con base en la descripción de la actividad y el posible efecto en el ambiente. Esta decisión se reserva para impactos menores o de naturaleza no medible.

Para evaluar los impactos ambientales se requiere contar con datos comparativos de las condiciones históricas y la situación actual del ambiente, en algunos casos de ausencia de información cuantitativa se hicieron apreciaciones cualitativas, que permiten evaluar el posible cambio que pudiera generar una obra o edificación de cualquier infraestructura en el medio.

La caracterización de los impactos se realizó con base en los criterios establecidos por Gómez Orea así como Conesa Fernández-Vitora, quienes señalan los siguientes:

1. Naturaleza: hace alusión al carácter benéfico (+) o adverso (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.

2. Intensidad: Se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa. Expresa el grado de destrucción del factor considerado en el caso de que se produzca un efecto negativo, independientemente de la extensión afectada.

   Baja (1): Afectación mínima o poco significativa.

   Media (2): Grado de destrucción medio del factor.

Alta (4): Grado de destrucción alto del factor.

Muy alta (8): Expresa una destrucción casi total del factor considerado en el caso en que se produzca el impacto.

Total (12): Destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto.

3. Extensión: Es el área de influencia teórica del impacto con relación al entorno del proyecto. Este atributo recibe también la denominación de escala espacial o dimensión. Porciento del área afectada por la acción.

   Puntual (1): Si la acción produce un efecto muy localizado.

   Parcial (2): El efecto tiene una incidencia apreciable en el medio.

   Extenso (4): El efecto se detecta en una gran parte del medio analizado.

   Total (8): El efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno del proyecto. Tiene una influencia generalizada en todo el proyecto.

   Crítica (+4): Acción dentro del proyecto y fuera de él.

4. Momento: Es el plazo de manifestación del impacto. Se refiere al tiempo (t_m), que transcurre entre la aparición de la acción (t_0) y el comienzo del efecto (t_j) sobre el factor del medio considerado. $T_m = t_j - t_0$.

   Largo plazo (1): Es el que se manifiesta en un ciclo anual, antes de cinco años o en un periodo mayor.

   Mediano plazo (2): Cuando el tiempo transcurrido entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sea inferior a un año.

   Inmediato (4): Manifestación inmediata cuando el tiempo transcurrido entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sea nulo.

   Crítico (+4): El efecto cuyo momento de aparición es crítico, independientemente del plazo de manifestación.

5. Persistencia: Se refiere al tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales por medios naturales o mediante la introducción de medidas

correctoras. El que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.

Fugaz (1): Aquel cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad y no precisa prácticas correctoras o protectoras. Es decir, cuando cesa la actividad, cesa el impacto.

Temporal (2): La alteración que ocasiona no permanece en el tiempo.

Permanente (4): La alteración es indefinida en el tiempo. A efectos prácticos se considera permanente cuando tiene una duración mayor de 10 años.

6. Reversibilidad: Se refiere a la posibilidad de regresar a las condiciones originales. Tiempo de permanencia del efecto desde la finalización de la acción, hasta el retorno a las condiciones iniciales por medios naturales.

$$t_{rev} = t_r - t_f$$

Donde:

t_r= momento de retorno, desaparición del efecto y retorno a las condiciones iniciales, previas a la acción, por medios naturales;

t_f =momento en que se inicia la manifestación del efecto producida por la acción).

Corto plazo (1): aquel cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad y no precisa practicas correctoras o protectoras. Es decir, cuando cesa la actividad, cesa el impacto.

Mediano Plazo (2): La alteración que ocasiona no permanece en el tiempo.

Irreversible (4): cuando el factor ambiental alterado no puede retornar sin la intervención humana, a sus condiciones originales en un periodo inferior a 15 años. $t_{rev} = t_r - t_f > 10$ años.

7. Sinergia: Se produce cuando el efecto conjunto de impactos supone una incidencia mayor que la suma de los impactos individuales.

Sin sinergismo (1): No se logra conjuntar las acciones de un impacto.

Sinérgico (2): Acción de dos o más causas cuyo efecto es superior a la suma de los dos efectos individuales.

Muy sinérgico (4): La acción de dos o más causas están bien conjuntados.

8. Acumulación: Es el efecto que resulta de la suma de impactos ocurridos en el pasado o que están ocurriendo en el presente.

   Simple (1): El efecto se manifiesta sobre un solo componente ambiental o cuyo modo de acción es individualizada.

   Acumulativo (4): El efecto, al prologarse en el tiempo la acción del agente inductor, incrementa progresivamente su gravedad.

9. Efecto (directo o indirecto): Si es causado por alguna acción del proyecto o es resultado del efecto producido por la acción (relación causa-efecto).

   Indirecto (secundario) (1): El efecto supone una incidencia inmediata respecto a la interdependencia de un factor ambiental con otro. Es el que deriva de un efecto primario.

   Directo (4): Es el que tiene repercusión inmediata en algún factor ambiental.

10. Periodicidad: Se refiere a la regularidad de manifestación de un efecto.

    Irregular (1): Es el que se manifiesta de forma impredecible en el tiempo.

    Periódico (2): Es el que se manifiesta de forma cíclica o recurrente.

    Continuo (4): Es el que produce una alteración constante en el tiempo.

11. Recuperabilidad: Es la posibilidad de reconstrucción total o parcial del factor alterado por el proyecto a través de la intervención humana.

    Recuperable de manera inmediata (1): Es el que puede eliminarse o reemplazarse por la acción natural o humana.

    Recuperable a medio plazo (2): El efecto es totalmente recuperable o neutralizable a mediano plazo.

    Mitigable (4): En el caso de que la alteración se recupere parcialmente, al cesar o no, la presión provocada por la acción, y previa incorporación de medidas correctoras.

    Irrecuperable (8): Alteración imposible de reparar en su totalidad, por la acción humana. Tiempo de reconstrucción o de corrección t_R > 15 años.

12. Importancia: Está representada por un número que se deduce mediante el modelo propuesto, en función del valor asignado a los símbolos considerados.

Como se puede apreciar, en la matriz realizada para el proyecto se encontró que las actividades del mismo interactúan sobre los factores ambientales, que después de ser evaluados presentan categorías que los definen como irrelevantes, moderados, severos o críticos según su puntuación. Ver la matriz a continuación:

Tabla V.1. Matriz de identificación de impactos.

				Preparación del sitio									Construcción					Operación y mantenimiento		
				Desmonte	Demoliciones	Despalme	Disposición de residuos	Mejoramiento de suelo	Construcción de barda Perimetral	Terracerías	Conformación de plataformas	Instalación de obras provisionales y temporales	Pavimentación de vialidades internas	Construcción de plantas de proceso, de servicios e infraestructura asociados	Instalación de conexiones y tuberías	Instalación de servicios diversos	Disposición de residuos	Operación de Instalación	Mantenimiento	Disposición de residuos
FACTORES AMBIENTALES				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
MEDIO FÍSICO	AGUA	Hidrología superficial	1	27	16	63	0	40	48	0	63	0	20	0	0	0	0	0	0	0
		Calidad del agua	2	27	16	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	0	0
	AIRE	Calidad del aire (emisiones contaminantes)	3	25	16	25	16	29	19	25	25	25	27	34	34	34	19	54	0	18
		Generación de ruido	4	22	16	19	0	29	19	25	25	0	20	33	33	33	0	29	0	0
	SUELO	Remoción de suelo	5	0	16	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Contaminación	6	28	16	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	23	0	26
		Cambio de uso	7	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	GEOMORFOLOGÍA	Modificación del relieve	8	41	16	0	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Cambio del paisaje	9	41	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MEDIO BIÓTICO	VEGETACIÓN	Cobertura	10	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010	11	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	FAUNA	Abundancia, distribución	12	31	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010	13	31	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SOCIOECONÓMICO	Empleo	14	+45	+45	+45	+45	+45	+45	+45	+45	+45	+45	+45	+45	+45	+45	+45	+45	+45
		Poder adquisitivo	15	+45	+45	+45	+45	+45	+45	+45	+45	+45	+45	+45	+45	+45	+45	+45	+45	+45

IMPACTOS				
		MENOR A 25		IRRELEVANTES (COMPATIBLES)
		26 A 50		MODERADOS
		51 A 75		SEVEROS
		MAYOR A 75		CRITICOS

Fuente: Elaboración IMP

Después de indicar las puntuaciones para la magnitud, se definió la Importancia del impacto en cada una de las interacciones, de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla V.2. Compatibilidad de los impactos con el medio ambiente.

Intensidad del impacto		Naturaleza	
Menor a 25	Irrelevantes	-	+
25 a 50	Moderados	-	+
51 a 75	Severos	-	+
Mayor a 75	Críticos	-	+

Fuente: Elaboración IMP

En la matriz de evaluación de impactos ambientales, los impactos se individualizaron por las características evaluadas, obteniendo la valoración del impacto de las actividades del proyecto sobre cada factor ambiental, aplicando la siguiente ecuación:

$$I = \pm [3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

Donde:

I = Intensidad
EX = Extensión
MO = Momento
PE = Persistencia
RV = Reversibilidad
SI = Sinergia
AC = Acumulación
EF = Efecto
PR = Periodicidad
MC = Recuperabilidad

Es importante mencionar que la intensidad (I) del efecto de una acción sobre un factor ambiental no debe confundirse con la importancia del factor ambiental afectado.

A continuación se describen los principales impactos identificados por las actividades de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.

Etapa de preparación del sitio.

Tabla V.3. Identificación de los impactos que afectan los factores ambientales durante la etapa de preparación del sitio.

Factores ambientales	Descripción del impacto
Agua	El sitio se encuentra cercano a cuerpos de agua que por su naturaleza, en la región, existen aportes de gran caudal asociadas a un sin número de corrientes o acumulaciones de agua de pequeñas dimensiones, que pudieran resultar afectadas por la modificación ocasionada por el desmonte y despalme, derivadas de las actividades de la etapa de preparación del sitio, ya que podría modificar las características fisicoquímicas del agua, dirección, flujo y disponibilidad. Dentro de los impactos se identificaron: Alteración de la calidad del agua pluvial. Modificación de las escorrentías que conducen aguas pluviales. Alteración de la calidad del agua pluvial que se infiltra al subsuelo Consumo de agua.
Aire	Las actividades que se realizarán durante preparación del sitio, generarán un impacto temporal a la calidad del aire por la emisión de partículas suspendidas, debido a la generación de polvos de las demoliciones, así mismo, se generarán emisión de gases contaminantes por la operación de maquinaria y vehículos. Por otro lado, el nivel de ruido aumentará durante las actividades de desmonte, despalme y por el transporte de material producto de la remoción asociada a estas actividades, así como por la utilización de equipo y maquinaria utilizada. Dentro de los impactos se identificaron: Generación de emisiones contaminantes y partículas suspendidas en el aire Generación de ruido
Suelo	Durante la realización de las actividades de preparación del sitio, se provocará que el suelo quede descubierto, afectando sus propiedades fisicoquímicas (permeabilidad y grado de compactación), así mismo, disminuirá el aporte de agua superficial en deterioro de los cuerpos acuosos locales, considerando que la afectación será de forma permanente. Dentro de los impactos se identificaron: Alteración de la calidad del suelo Compactación de suelo Modificación de los niveles de erosión del suelo Infiltración de suelo
Geomorfología	Durante el desarrollo de la preparación del sitio, esta condición será modificada en el área desde el inicio de las actividades y sus condiciones originales no serán recuperadas, ya que el relieve se modificará. Por otro lado el paisaje original también dejará de ser el mismo. Dentro de los impactos se identificaron: Modificación del relieve original para conformar sitios planos Alteración visual del escenario propio del paisaje
Vegetación	La vegetación del sitio será afectada con las actividades de desmonte ya que será

Factores ambientales	Descripción del impacto
	removida. Dentro de los impactos se identificaron: Disminución de los patrones de cobertura de la vegetación Disminución del número de individuos de especies vegetales inducidas que habitan en el área
Fauna	Como un efecto colateral a las actividades y maniobras de preparación del sitio, habrá desplazamiento de la fauna a las colindancias del área del proyecto, principalmente aves, mamíferos y algunos reptiles pequeños. Dentro de los impactos se identificaron: Posible disminución de individuos de especies animales adaptadas a las condiciones actuales Alteración puntual a los patrones de movilidad de la fauna terrestre. Modificación de las pautas de comportamiento de la fauna.
Socioeconómico	La preparación del sitio requerirá la contratación de mano de obra que podría beneficiar a las localidades cercanas, lo que representaría una mejora del poder adquisitivo y por la generación de empleos. Dentro de los impactos se identificaron: Generación de empleos Mejora del poder adquisitivo

Fuente: Elaboración IMP

Etapa de construcción.

Tabla V.4. Identificación de los impactos en la etapa de construcción.

Elementos ambientales	Descripción del impacto
Agua	Ya que el predio se encuentra cercana a un cuerpo de agua intermitente, la construcción de cimentaciones, edificios y la colocación de concreto hidráulico, serán una barrera permanente en la infiltración debido al cambio en las condiciones edafológicas, así como en la dirección y velocidad del flujo hidrológico superficial. La modificación de las escorrentías que conducen las aguas pluviales será permanente una vez que se construyan las plataformas sobre las que se desplantarán las plantas de proceso y de servicios. Dentro de los impactos se identificaron: Modificación de las escorrentías que conducen aguas pluviales. Alteración de la calidad del agua pluvial que se infiltra al subsuelo Consumo de agua.
Aire	Las actividades de construcción del proyecto generarán emisiones de partículas suspendidas y emisiones a la atmósfera producto de la operación de los equipos de combustión interna, vehículos y maquinaria. Se generará ruido durante esta etapa por la realización de las actividades propias de las obras constructivas y obras complementarias, del traslado de materiales, equipos y maquinaria utilizada. Dentro de los impactos se identificaron: Generación de emisiones contaminantes y partículas suspendidas en el aire

Elementos ambientales	Descripción del impacto
	Generación de ruido
Socioeconómico	La construcción requerirá la contratación de mano de obra, principalmente calificada, que podría beneficiar a las localidades cercanas, lo que representaría una mejora del poder adquisitivo y por la generación de empleos Dentro de los impactos se identificaron: Generación de empleos Mejora del poder adquisitivo

Fuente: Elaboración IMP

Etapa de operación y mantenimiento.

Tabla V.5. Identificación de los impactos en la etapa de Operación y mantenimiento.

Elementos ambientales	Descripción del impacto
Agua	Durante la etapa de operación, las emisiones de óxidos de nitrógeno provenientes de las fuentes fijas se transforman en la atmósfera y podrían formar aerosoles ácidos que pudieran no neutralizarse en la atmósfera y precipitarse como lluvia ácida, cambiando el pH (acidificando) del agua, al largo plazo. Se considera también que la descarga de las aguas residuales a través del emisor submarino, podrían aportar contaminantes. Se considera también el consumo de agua para los procesos de la refinería. Dentro de los impactos se identificaron: Alteración de la calidad del agua pluvial. Alteración de la calidad del agua pluvial que se infiltra al subsuelo Consumo de agua.
Aire	Durante esta etapa se generarán emisiones contaminantes a la atmósfera, principalmente por los equipos de combustión (calderas, calentadores y compresores, entre otros). Con respecto al ruido, durante la etapa de operación, las principales fuentes generadoras de ruido serán los equipos dinámicos, tales como compresores y turbinas, bombas, motores eléctricos, los enfriadores de aire, y los calentadores a fuego directo. Durante la despresurización de emergencia, se puede generar los altos niveles de ruido debido a los desfogues de quemadores de alta presión a la atmósfera, solo se presentará en breves periodos durante condiciones de operación anormal. Dentro de los impactos se identificaron: Generación de emisiones contaminantes y partículas suspendidas en el aire Generación de ruido
Suelo	Se prevé que durante esta etapa los impactos y afectaciones que pudieran ser un riesgo a las propiedades del suelo se podrán presentar durante el mantenimiento de maquinarias y equipos generen derrames accidentales. Dentro de los impactos se identificaron: Alteración de la calidad del suelo Disposición de residuos generados
Socioeconómico	La operación de la refinería requerirá la contratación de mano de obra, especializada, que podría beneficiar a las localidades cercanas, lo que representaría una mejora del poder adquisitivo y por la generación de empleos asociados a proveedores de servicios y materiales.

Elementos ambientales	Descripción del impacto
	Dentro de los impactos se identificaron: Generación de empleos Mejora del poder adquisitivo

Fuente: Elaboración IMP

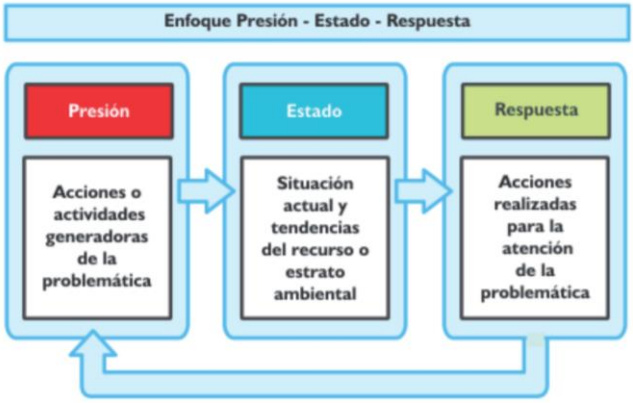
V.2.1 Indicadores de impacto y de cambio climático

En el campo ambiental se han desarrollado indicadores para entender, describir y analizar distintos fenómenos como el clima, la pérdida de suelos y el riesgo de especies, entre muchos otros. Si bien el uso de indicadores ambientales se ha extendido, no existe una definición única del concepto y éste varía de acuerdo a la institución y a los objetivos específicos que se persiguen. Una de las definiciones más conocida y aceptada proviene de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), que desde hace varios años utiliza un conjunto de indicadores como información base para realizar evaluaciones periódicas del desempeño ambiental de los diferentes países que integran esta organización. Según la OCDE, un indicador ambiental es un parámetro o valor derivado de parámetros que proporciona información para describir el estado de un fenómeno, ambiente o área, con un significado que va más allá del directamente asociado con el valor del parámetro en sí mismo.

Para el Florida Center for Public Management, institución que desarrolló un sistema de indicadores con el fin de asesorar a las dependencias ambientales de la Unión Americana, un indicador ambiental es un elemento que describe, analiza y presenta información científicamente sustentada sobre las condiciones y tendencias ambientales y su significado (Florida Center for Public Management, 1998). Por su parte, el Ministerio del Ambiente de Canadá lo define como una estadística o parámetro que, monitoreado a través del tiempo, proporciona información de la tendencia o las condiciones de un fenómeno más allá de la que se asocia a la estadística en sí misma. En particular, precisa que los indicadores ambientales son estadísticas clave seleccionadas que representan o resumen un aspecto significativo del estado del ambiente, la sustentabilidad de los recursos naturales y su relación con las actividades humanas (Environment Canada, 1995). Algunos de los índices más conocidos que tratan de evaluar la sustentabilidad ambiental son el Índice del Planeta Viviente (Living Planet Index), la Huella Ecológica (Ecological Footprint) y el Índice de Sustentabilidad Ambiental (Environmental Sustainability Index).

Debido a que la información utilizada para construir indicadores ambientales es amplia y diversa, se requiere un marco conceptual que permita estructurar la información y facilitar su acceso e interpretación. Existen varios modelos para organizar los conjuntos de indicadores. Uno de los más conocidos –y quizá el más utilizado en nuestro país– es el denominado Presión-Estado-Respuesta (PER), propuesto por Environment Canada y la OCDE (OCDE, 1993). Ver siguiente figura:

Figura V. 1 Indicadores Presión-Estado-Respuesta



Fuente: Indicadores Básicos Ambientales, SEMARNAT, 2005.

El esquema PER está basado en una lógica de causalidad: las actividades humanas ejercen presiones sobre el ambiente y cambian la calidad y cantidad de los recursos naturales (estado); asimismo, la sociedad responde a estos cambios a través de políticas ambientales, económicas y sectoriales (respuestas) (OCDE, 1993). Este modelo parte de cuestionamientos simples:

¿Qué está afectando al ambiente?

¿Qué está pasando con el estado del ambiente?

¿Qué estamos haciendo acerca de estos temas?

Los indicadores de presión describen las presiones que ejercen las diferentes actividades humanas sobre el ambiente y los recursos naturales. Un ejemplo de indicador de presión sobre la calidad del aire son las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera.

Los indicadores de estado se refieren a la calidad del ambiente y la cantidad y estado de los recursos naturales. Por ejemplo, la calidad del aire o agua, evaluada por las concentraciones de contaminantes, y la cantidad de recursos naturales (por ejemplo, la superficie cubierta por bosques). Los indicadores de estado deben estar

diseñados para dar información sobre la situación del ambiente y sus cambios a través del tiempo.

Los indicadores de respuesta presentan los esfuerzos que realizan la sociedad, instituciones o gobiernos, orientados a la reducción o mitigación de la degradación del ambiente. En general, las acciones de respuesta están dirigidas hacia dos objetivos: i) los agentes de presión y ii) las variables de estado.

Por otra parte, La SEMARNAT, por medio de la Dirección General de Estadística e Información Ambiental, tiene bajo su responsabilidad el desarrollo y actualización del Sistema Nacional de Indicadores Ambientales (SNIA), que forma parte del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN). Dicho sistema está compuesto por indicadores orientados a la evaluación del desempeño ambiental nacional. En la actualidad contiene información generada principalmente por instituciones del gobierno federal.

Para la identificación y evaluación de los impactos ambientales que generará la construcción de la Refinería Dos Bocas, se han seleccionado algunos indicadores del SNIARN, los cuales se describen en la siguiente tabla.

Tabla V.6. Indicadores de Presión y de Estado.

Factor ambiental	Indicador presión	Indicador de estado
Medio físico	Calidad del agua	Propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas conforme a normatividad aplicable
	Calidad del aire	Emisiones contaminantes conforme a normatividad aplicable
		Emisiones de ruido conforme a normatividad aplicable para fuentes fijas
Medio biótico	Conservación de la vegetación	Superficie reforestada
		Supervivencia de especies
	Protección de la fauna	Reubicación
Socioeconómico	Generación de empleo	Contratación de mano de obra local y regional

Fuente: Elaboración IMP

V.3 Valoración de los impactos.

Como se ha mencionado en el apartado V.1 la valoración de los impactos se ajustó a los lineamientos de la normatividad, en particular a las disposiciones del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA) y, en tal sentido, toda vez que la Ley (LGEEPA) dispone en la fracción XX de su artículo 3º que la manifestación de impacto ambiental es el documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo y, sobre la base de la definición que establece la fracción IX del artículo 3º del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, el cual define que un impacto ambiental significativo es aquel que resulta de la acción del hombre o la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.

En este sentido, asumiendo los alcances de la hermenéutica de esta definición, como aquella que implica el que para que un impacto sea significativo éste debe satisfacer todos los supuestos que relaciona esa definición, resultó importante para la técnica definir los conceptos:

- Alteraciones en los ecosistemas y recursos naturales
- Alteración de la salud
- Obstaculización de la existencia y desarrollo del hombre,
- Obstaculización de la existencia y desarrollo de los seres vivos,
- Continuidad de los procesos naturales.

En tal sentido, la aceptación con la que se asumen los conceptos anteriores en la determinación del impacto significativo se describen a continuación:

Alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales.- El concepto de alteración en los ecosistemas y sus recursos naturales se asume como aquel efecto que provoca un cambio en la esencia o forma de los ecosistemas en su organización para que funcionen como la unidad básica de interacción de los organismos vivos entre si y de estos con el ambiente, en un espacio y tiempos determinados (Fracción XIII, Artículo 3º, LGEEPA), por lo tanto un impacto alcanzará significancia cuando cambie la esencia de la función de los ecosistemas y estos dejen de

conformar la unidad básica de interacción de los organismos vivos entre si y de estos con su ambiente, lo que equivaldrá a la alteración radical de su integridad funcional y de su capacidad de carga.

Alteración de la salud.- El Diccionario de la Lengua Española de la Real Academia Española (DLERAE) define el verbo alterar como "cambiar la esencia o la forma de algo". Por lo que se refiere al sujeto receptor de la alteración, este no se encuentra explícitamente identificado en el concepto que define el REIA, pero es de inferirse que ese atributo está dirigido hacia las personas, toda vez que la fracción I del artículo 1 de la LGEEPA dispone que este instrumento establece las bases para "Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar".

Consecuentemente, un impacto significativo será aquel que modifique en sentido negativo el estado de salud de las personas, esto es que la afecte y que consecuentemente vaya en detrimento de su estado físico.

Obstaculización de la existencia y desarrollo del hombre.- El significado del verbo obstaculizar lo detalla el DLERAE como "Impedir o dificultar la consecuencia de un propósito" consecuentemente, un impacto será significativo cuando impida la existencia del hombre y cuando impida su desarrollo, entendiendo por lo primero la afectación negativa de la vida del hombre y de la continuidad de sus procesos vitales (desarrollo). Esto equivale a considerar, que la significancia del impacto, sustentada en este concepto implicaría poner en riesgo la vida de las personas y su desarrollo en el más amplio sentido.

Obstaculización de la existencia y desarrollo de los seres vivos.- Al igual que el concepto anterior, en este rubro el impacto será significativo cuando impida la existencia de los seres vivos (en general de todos aquellos que conforman la biota, flora y fauna) y cuando impida su desarrollo, entendiendo por lo primero la afectación negativa de la vida de los seres vivos y de la continuidad de sus procesos vitales.

Continuidad de sus procesos naturales.- Todo lo que ocurre en la naturaleza, son procesos o transformaciones naturales, y una característica de todos ellos es que se desarrollan durante un lapso de tiempo (ninguno es instantáneo); algunos ejemplos de procesos naturales son el envejecimiento, erosión, la fotosíntesis, el ciclo del agua, la productividad primaria, el ciclo de la energía, la respiración, la reproducción, la evaporación es un proceso o transformación natural; en consecuencia el número de "procesos naturales es prácticamente de difícil cuantificación; por lo tanto el texto que se analiza, el cual forma parte de la definición contenida en la fracción IX del artículo 3° del REIA, al no acotar el

concepto “procesos naturales”, alude a todos aquellos procesos que se dan en la naturaleza y que se aseguran la funcionalidad de sus diversas estructuras.

Por otra parte, la palabra continuidad alude a la unión natural que tienen entre si las partes de un continuum, lo que equivale a considerar que su utilización en la frase continuidad de los procesos naturales, implica que estos, los procesos naturales, están unidos y se desarrollan en el tiempo de manera secuencial, uniforme e ininterrumpida.

Consecuentemente para que un impacto sea significativo deberá incidir en alterar alguna o algunas de las partes de esos continuum integrados por los procesos de transformación que ocurren en la naturaleza.

Con base en las definiciones antes desarrolladas y para determinar si alguno de los impactos negativos identificados hasta esta etapa, potencialmente generados durante el ciclo de vida del proyecto, alcanzan el nivel de impacto ambiental significativo se aplicó el alcance conjunto de cada uno de los conceptos que integran la definición que establece la fracción IX del artículo 3° del REIA en un ejercicio simple de ajuste a cada supuesto definido por el concepto; el resultado alcanzado se presenta en la siguiente tabla y se anticipa que ninguno de los impactos satisfizo la totalidad de los alcances que, respecto a la significancia del efecto, establece el precepto antes citado.

Tabla V.7. Determinación de significancia de los impactos ambientales con base en el supuesto del Art. 3 fracción IX

No.	Posible efecto o Impacto Ambiental	Supuestos establecidos en la fracción IX del Art. 3 del REIA								
		Origen		Altera		Obstaculiza				Significativo en términos del art 3º fracción IX
		Hombre	Naturaleza	Ecosistemas y recursos naturales	Salud	Existencia del hombre	Desarrollo del hombre	Existencia de los demás seres vivos	Continuidad de los procesos naturales	
1	Alteración de la calidad del agua pluvial.	√	√	X	X	X	X	X	X	NO
2	Modificación de las escorrentías que conducen aguas pluviales.	√	√	√	X	X	X	X	X	NO
3	Alteración de la calidad del agua pluvial que se infiltra al subsuelo	√	X	X	X	X	X	X	X	NO
4	Consumo de agua.	√	√	√	X	X	X	X	X	NO

No.	Posible efecto o Impacto Ambiental	Supuestos establecidos en la fracción IX del Art. 3 del REIA								
		Origen		Altera		Obstaculiza				Significativo en términos del art 3º fracción IX
		Hombre	Naturaleza	Ecosistemas y recursos naturales	Salud	Existencia del hombre	Desarrollo del hombre	Existencia de los demás seres vivos	Continuidad de los procesos naturales	
5	Generación de emisiones contaminantes y partículas suspendidas en el aire	√	X	√	X	X	X	X	X	NO
6	Generación de ruido	√	X	X	X	X	X	X	X	NO
7	Alteración de la calidad del suelo	√	X	√	X	X	X	X	X	NO
8	Compactación de suelo	√	X	√	X	X	X	√	X	NO
9	Modificación de los niveles de erosión del suelo	√	X	√	X	X	X	X	X	NO
10	Modificación del relieve original para conformar sitios planos	√	X	√	X	X	X	√	X	NO
11	Alteración visual del escenario propio del paisaje	√	X	√	X	X	X	X	X	NO
12	Disminución de los patrones de cobertura de la vegetación	√	X	√	X	X	X	√	X	NO
13	Disminución del número de individuos de especies vegetales inducidas que habitan en el área	√	X	√	X	X	X	√	X	NO
14	Posible disminución de individuos de especies animales adaptadas a las condiciones actuales	√	X	√	X	X	X	√	X	NO
15	Alteración puntual a los patrones de movilidad de la fauna terrestre.	√	X	√	X	X	X	√	X	NO
16	Modificación de las pautas de comportamiento de la fauna.	√	X	X	X	X	X	X	X	NO

Fuente: Elaboración IMP

En una aplicación estricta de la norma jurídica, con el resultado alcanzado con el ejercicio resumido en la tabla anterior, debería de haberse concluido la integración de la MIA, informándole a la autoridad ambiental que no había impacto ambiental significativo que reportar, toda vez que la definición de MIA refiere a que es el documento a través del cual se da a conocer el impacto ambiental significativo de un proyecto, sin embargo el promovente del proyecto tiene como objetivo impulsar un proyecto sustentable y, ante tal enfoque se avocó a identificar la

valoración de los impactos que decide atender por su incidencia y que les hace destacar por encima del resto de tales efectos, para lo cual llevó adelante el desarrollo de la metodología de Leopold, con la cual es factible alcanzar este objetivo.

La valoración de los impactos analizados con la matriz de Leopold, se muestran a continuación:

Tabla V.8. Número de impactos adversos y benéficos por cada etapa del proyecto.

Impactos	Preparación del sitio	Construcción	Operación y mantenimiento	Totales
Adversos en Área de Estudio	40	10	6	56
Benéficos en Área de Estudio	18	10	6	34
No calificado	77	55	33	165
Totales	**135**	**75**	**45**	**255**

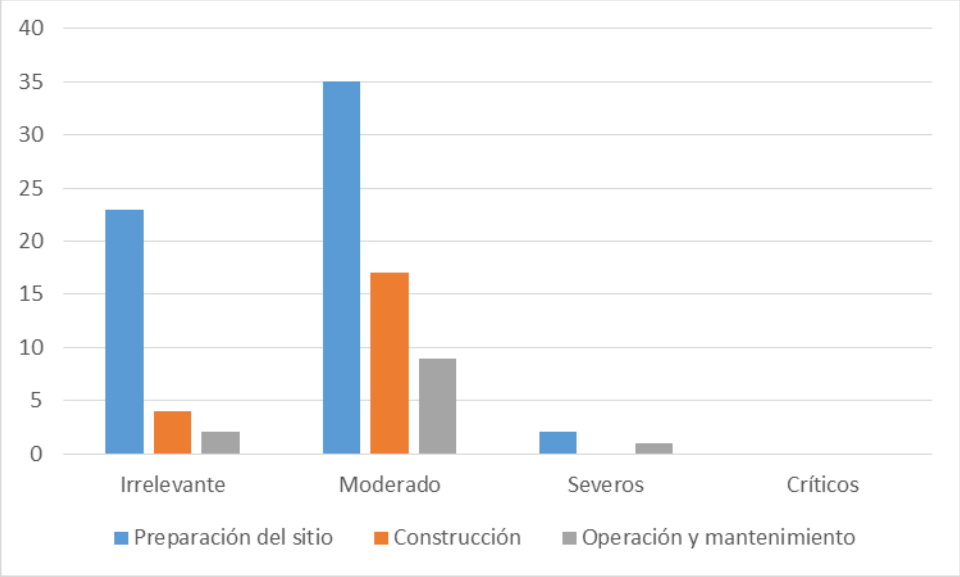
Fuente: Elaboración IMP

Tabla V.9. Significancia de los impactos ambientales negativos por etapa del proyecto.

Etapas	Irrelevante	Moderado	Severos	Críticos
Preparación del sitio	23	35	2	0
Construcción	4	17	0	0
Operación y mantenimiento	2	9	1	0
Totales	**29**	**61**	**3**	**0**

Fuente: Elaboración IMP

Figura V. 2 Representación gráfica de los impactos identificados en las diferentes etapas del proyecto.



Fuente: Elaboración IMP

Etapa de preparación del sitio.

El resultado de la evaluación de los impactos producidos durante la etapa de preparación del sitio, es consecuencia de la ponderación entre las correlaciones de los elementos ambientales y las actividades consideradas en esta etapa. Con base en el resumen de los resultados de la matriz (Tabla V.1), para esta etapa se obtuvo un total de ciento treinta y cinco (135) correlaciones, en donde se consideraron veintitrés (23) de ellas como irrelevantes, que para el caso particular, representan un 17.03% de las correlaciones totales, en las que se requerirá de atención mínima para su control y manejo (Capítulo VI). De igual forma durante las actividades de preparación del sitio, el análisis reveló treinta y cinco (35) de los impactos evaluados son de carácter moderado, los que para esta etapa representan un 25.92 % del total de los impactos, estos impactos requieren de la aplicación de medidas de prevención y mitigación medidas que se describirán en el Capítulo VI de este estudio Se identificaron dos (2) impactos severos los que ocupan un 1.48% los que se deben consideran para medidas de prevención y mitigación. Por otra parte, durante esta etapa, no se consideraron impactos críticos. También cabe mencionar que setenta y cinco (75) impactos no fueron considerados para ser evaluados y representan un 55.55%.

Etapa de construcción.

El resultado de la evaluación de los impactos producidos durante la etapa de construcción y en donde el resumen de los resultados de la matriz indican que (Tabla V.1), para esta etapa del proyecto se obtuvo un total de setenta y cinco (75) correlaciones evaluadas, considerando que cuatro (4) de ellas son de tipo irrelevante, para esta etapa y representan un 5.33 % del total de las correlaciones evaluadas y en las que se requerirá de atención mínima para su control y manejo. De igual forma durante las actividades de construcción, el análisis reveló que diez y siete (17) de los impactos evaluados son de carácter moderado, los que representan 22.66 % del total de los impactos evaluados en esta etapa y no se obtuvieron impactos severos ni críticos. Se resalta que cincuenta y cinco (55) que representan el 73.33 % no se consideraron para calificarlo porque los factores que pudieran ser impactados no tienen relación alguna durante esta etapa.

Etapa de operación y mantenimiento.

El resultado de la evaluación de los impactos producidos durante la etapa de operación y mantenimiento, es consecuencia de la ponderación entre las correlaciones de los elementos ambientales y las actividades consideradas en esta etapa. Con base en el resumen de los resultados de la matriz (Tabla V.1), para esta etapa del proyecto se obtuvo un total de cuarenta y cinco (45) correlaciones evaluadas, en donde se consideraron dos (2) de ellas como irrelevantes para el caso particular de esta etapa, que representan un 4.44 % de las correlaciones evaluadas y en las que se requerirá de atención mínima para su control y manejo (Capítulo VI). De igual forma durante las actividades, el análisis reveló nueve (9) que presenta impactos evaluados y son de carácter moderado, los que para esta etapa representan un 20% del total de los impactos, estos requieren de la aplicación de medidas de prevención y mitigación. Se identificaron impactos severos uno (1)que representa 2.22% los cuales ya deberán aplicarse medidas de prevención y mitigación. Después del análisis realizado no se categorizados ninguno de los impactos como críticos. Así también se resalta que treinta y tres (33) que representan el 73.33 % no se consideraron para calificarlos porque los factores que pudieran ser impactados no tienen relación alguna durante esta etapa.

Finalmente la evaluación de la etapa que presentó la mayor afectación, es la etapa de preparación del sitio, sin embargo, las actividades involucradas son de corta duración y están en función de la duración de la etapa, es decir, en la mayoría de los casos, los efectos adversos de las actividades cesarán una vez que esta etapa quede concluida. Las actividades que causan los efectos más importantes son; el desmonte, despalme y las actividades de mejoramiento de suelo afectando

directamente los factores ambientales Agua, Aire, Suelo, Geomorfología, Vegetación y Fauna.

Por otro lado, la etapa de construcción presentó afectaciones en los factores ambientales Aire y Suelo resultado de las actividades de conformación de plataformas, construcción de plantas de proceso y de servicios e infraestructura asociada, instalación de conexiones y tuberías así como instalaciones de servicios diversas principalmente.

Con base en la evaluación realizada durante la etapa de operación y mantenimiento, los factores ambiental Aire, Agua y Suelo se clasificaron en la categoría de impactos moderados y severos en relación a las actividades de operación de las instalaciones, mantenimiento y generación de residuos. Tal situación demandará el planteamiento de medidas de mitigación y supervisión que asegure el cumplimiento de las normas vigentes aplicables en la materia.

V.4 Impactos residuales

Una vez realizado el análisis de la matriz de identificación de impactos generados por el desarrollo de las obras, se identificaron impactos residuales, que son aquellos que persisten en el ambiente después de la aplicación de medidas de mitigación, ya que no vuelven a su condición original en el mismo lugar e indican el impacto final del proyecto; siendo generador de impactos residuales el desmonte, el despalme, el mejoramiento de suelos, la construcción de las obras y la operación y mantenimiento de las instalaciones y la disposición de residuos. A continuación se describen los impactos generados.

Tabla V.10. Impactos residuales.

Actividad	Impacto residual
Desmonte.	Eliminación de la cobertura vegetal, afectando la abundancia y la cobertura de la misma. El efecto a la fauna es adverso, ya que incide en el desplazamiento así como en la abundancia y distribución, dado que se desplazarán hacia otros ambientes.
Despalme	Se refiere a la extracción y el retiro de la capa superficial del terreno natural de forma permanente, que por sus características sea inadecuada para la construcción de terracerías y el material será depositado en sitios autorizados para tales efectos. Estas actividades provocarán cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo de manera permanente y de efectos directos.
Mejoramiento de suelos	Estas actividades contemplan el desarrollo de una plataforma de trabajo conformado con material de relleno compactado mediante un procedimiento de relleno que incide directamente con el relieve característico así como el paisaje que actualmente predomina.
Construcción de plantas de proceso, de servicios e infraestructura asociados Operación de la instalación Mantenimiento	Generación de aguas residuales que se enviarán a una planta de tratamiento y finalmente se descargarán a través de un difusor en el mar, que podrían incidir en las condiciones naturales que presentan actualmente. Afectación de la ictiofauna y en general de la fauna acuática que actualmente se encuentra aclimatada a las condiciones de la calidad del agua que actualmente existen en la zona. La calidad del aire será afectada por las emisiones de gases y partículas contaminantes, propias de las actividades de la refinación. Emisiones de gases de efecto invernadero, que incrementarán las concentraciones existentes actualmente.
Disposición de residuos durante la etapa de operación de la planta.	Se pueden ocasionar impactos adversos como consecuencia de un vertimiento accidental durante el transporte a los sitios de disposición final.

Fuente: Elaboración IMP

V.5 Impactos acumulativos

Tabla V.11 Impactos acumulativos.

Actividad	Impactos acumulativos
Desmonte y despalme	La remoción de la vegetación en la etapa de preparación del sitio modificará el uso de suelo y el relieve, disminuyendo los patrones de cobertura de la vegetación y el número de individuos de especies vegetales inducidas que habitan en el área, por lo cual su impacto podría prolongase con el tiempo.
Operación	Durante la operación de la refinería se generarán emisiones contaminantes a la atmosfera gases y partículas suspendidas en el aire que afectarán la calidad del aire. Considerándose este impacto de carácter acumulativo dado que en la región donde se ubica el proyecto se tienen estimaciones de concentración de emisiones de gases y partículas proveniente de fuentes fijas y móviles (Proaire de tabasco 2018-2027). Así mismo, también se considera que se incrementará la generación del ruido por la operación de las instalaciones.

Fuente: Elaboración IMP

V.6 Conclusiones

Debido que la región comprende un amplio historial relacionado con la actividad antropogénica e industrial y que estas han generado impactos a través de agentes y elementos contaminantes al medio ambiente. La región presenta hoy en día efectos que se ven reflejados en la vegetación, el suelo, el aire y quizás los efectos más visibles en los cuerpos de agua, es decir, los efectos de los impactos de tipo residual y acumulativo que han dejado evidencia.

Para efectos comparativos en el marco histórico y al mismo tiempo hacer patente en el estado actual de las condiciones ambientales, este documento está respaldado por estudios realizados en aire, suelo y cuerpos de agua, los detalles, resultados interpretaciones y proyecciones a futuro están descritos con base en la información analizada del Capítulo II, los datos generados recientemente, considerados para la caracterización del Sistema Ambiental Regional descrita en el Capítulo IV, la opinión vertida de expertos en la matriz de Leopold, y las diversas técnicas complementarias de evaluación de impacto ambiental utilizadas en el presente capítulo, se estima que el proyecto pudiera generar en lo general una serie de impactos ambientales adversos e impactos benéficos, sin embargo, considerando los resultados de los análisis, se identificaron los impactos ambientales determinando cuales son significativos sin medidas. En adición a lo anteriormente expuesto, en el siguiente capítulo (VI) de presentarán las medidas mediante las cuales se podrá prevenir y mitigar la relevancia de dichos impactos, con lo cual el proyecto, en términos ambientales, es viable en todas sus secciones.

Es factible aseverar que el proyecto se ajusta a lo establecido en el artículo 35 de la LGEEPA respecto a que la presente MIA y en particular la identificación y evaluación de impactos presentada, evidenció que los posibles efectos de las actividades del proyecto no pondrán en riesgo la estructura y función de los ecosistemas descritos en el SAR.

En este orden de ideas, se analizó y concluyó que:

1. Con base en los elementos biológicos que caracterizan el área del proyecto, se puede afirmar que la ejecución de las obras y actividades que contempla el proyecto, no representan un factor de cambio relevante debido a que las características del ecosistema ya han sido modificadas radicalmente con anterioridad.

2. Se considera que no se modificarán los procesos naturales de propagación, reproducción, ni distribución de las especies de flora y fauna silvestre.

3. De igual manera los elementos físicos que caracterizan el área no podrán ser afectados de manera significativa por las actividades que se realizan como parte del desarrollo del proyecto, sí se aplican los planes de prevención y mitigación que se describen en el Capítulo VI de este estudio.

4. Por último se menciona que el aspecto socioeconómico será considerado como un impacto positivo ya que generará un aumento en la oferta de empleos, durante todo el ciclo de vida del proyecto (preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento). Además traerá en consecuencia un incremento en el poder adquisitivo en la región.

Con base en la identificación de impactos analizados en la matriz de Leopold, las conclusiones se derivan en la demostración de significancia para los criterios descritos en este capítulo y en donde la evaluación de impactos cumplió con el doble enfoque solicitado en la LGEEPA y su Reglamento en la materia, respecto a:

- Calificar el efecto de los impactos sobre los ecosistemas, en cuanto a la relevancia de las posibles afectaciones a la integridad funcional de los mismos (Artículo 44, fracción II del REIA).

- Desarrollar la calificación en el contexto de un SAR (Artículo 12, fracción IV del REIA), de forma tal que la evaluación se refiere al SAR y no solo al predio objeto del aprovechamiento.

- El enfoque del proyecto concibe mantener la integridad de los ecosistemas presentes en el SAR, es decir la composición de hábitats que existen, la diversidad de especies y consecuentemente su capacidad de funcionar como un sistema integrado, reduciendo y evitando impactos que eliminen hábitats y/o especies o que desarticulen su estructura, preservando las condiciones que permitan la movilidad y la viabilidad de las especies.

- Entendiendo la capacidad de carga de un ecosistema, como la capacidad que tiene para ser utilizado o manejado, sin que esto comprometa su estructura y funcionamiento básicos, se puede afirmar que el diseño del proyecto asegura estas dos condiciones.

Como conclusión global del presente capítulo se señala que el proyecto respeta la integridad funcional de los ecosistemas, ya que los factores ambientales que por sí mismos son relevantes, no serán afectados de forma significativa.

Como resultado de las anteriores conclusiones es factible aseverar que el proyecto no generará:

1. Desequilibrios ecológicos.

2. Daños a la salud pública.

3. Afectaciones a los ecosistemas

Consecuentemente, se aportan elementos que hacen evidente la conservación de la biodiversidad, se manejan los argumentos para considerar que el proyecto no puede ocasionar condiciones en las que una o más especies sean declaradas como amenazadas o en peligro de extinción, quedando fuera del supuesto establecido en el artículo 35, numeral III, inciso b) de la LGEEPA.

Contenido

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS. 2

VII.1 Descripción y análisis del escenario sin proyecto. 2
VII.2 Descripción y análisis del escenario con proyecto. 12
VII.3 Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de mitigación. 19
VII.4 Pronóstico ambiental. 21
VII.5 Evaluación de alternativas. 27
CONCLUSIONES. 29

Índice de Figuras

Figura VII. 1 Concentración de NOx para el escenario de línea base (sin proyecto) para el periodo del 28 de marzo al 3 de abril de 2018. 6
Figura VII. 2 a) condiciones actuales sin precipitación, b) Inundación con lluvia de 365 mm y marea media en condiciones actuales y c) Inundación con lluvia de 365 mm y marea de tormenta 1.85m en condiciones actuales. 8
Figura VII. 3 Cambios en la superficie de manglar y manglar perturbado en Tabasco. 10
Figura VII. 4 Comparación de la dispersión de NO_x para a) caso línea base y b) caso con proyecto: 28 de marzo de 2018. 15
Figura VII. 5 Simulación de escenarios de inundación en la zona de estudio con proyecto: a) condición sin precipitación, b) con lluvia de 365 mm y marea media y c) con lluvia de 365 mm y marea de tormenta 1.85m. 16

Índice de Tablas

Tabla VII. 1 Inventario de Emisiones a la atmósfera: caso Línea Base. 4
Tabla VII. 2 Emisión de contaminantes para la Línea Base y la RDB y su porcentaje de contribución. 14
Tabla VII. 3 Área de impacto por contaminante para concentraciones superiores a 20 □g/m³. 15
Tabla VII. 4 Resumen del estado ambiental dentro del SAR para los tres escenarios analizados. 23
Tabla VII. 5 Resumen del pronóstico de impactos ambientales para los tres escenarios. 26
Tabla VII. 6 Factores de evaluación del predio. 27

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.

Este capítulo analiza los escenarios futuros de las alteraciones a los componentes ambientales que resulten por el desarrollo del proyecto, dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR). Los escenarios considerados de impacto al ambiente son: a) Línea base, b) desarrollo con proyecto y c) desarrollo con proyecto y sus medidas de mitigación.

Para esta proyección en el tiempo de los escenarios, se realizó un análisis de los posibles efectos generados por las obras y actividades del proyecto en el Sistema Ambiental Regional, considerando tanto la implantación de medidas de compensación de los impactos ambientales identificados, como la ausencia de éstas. Lo anterior, a efecto de evaluar la importancia de las medidas propuestas que conllevan a disminuir las afectaciones previstas al sistema y dar viabilidad ambiental al proyecto.

Para el análisis referido se tomaron como insumos la información del Capítulo II (obras y actividades a desarrollarse), que determina el agente alterante; la contenida en el Capítulo IV (descripción de los medios físico, biótico y socioeconómico) como el sistema que se altera o que exhibe los cambios; el Capítulo V, que muestra las alteraciones al sistema y sus dimensiones; y la relativa al Capítulo VI, en donde se proponen las medidas y acciones encaminadas a reducir las alteraciones en el SAR.

VII.1 Descripción y análisis del escenario sin proyecto.

El crecimiento económico y poblacional en el Estado de Tabasco ha generado impactos negativos en el ambiente a través del tiempo, los cuales a la fecha son más palpables en el estado de conservación en que se aprecia el ambiente. La falta de planeación y seguimiento de las políticas públicas en materia ambiental y los efectos de los procesos hidroclimáticos, han contribuido a la modificación drástica de las características del territorio, como son la reducción de la cobertura vegetal, que conduce a la pérdida de suelos y a la cada vez menor capacidad de infiltración, ocasionando mayores volúmenes de escurrimiento superficial e inundaciones, azolvamiento o erosión de las cuencas y cauces de ríos.

Tabasco se encuentra entre las dos cuencas hidrológicas más importantes del país, el río Mezcalapa-Grijalva y el río Usumacinta. Su orografía se caracteriza por

pendientes bajas y amplias, típicas de las llanuras aluviales. Aproximadamente, el 97% del territorio está a un nivel inferior, a 20 msnm y 11 de las 17 cabeceras municipales, incluyendo Villahermosa, están por debajo de esa cota, razones por las que Tabasco es el estado con el mayor escurrimiento hídrico.

La vulnerabilidad de la población ante el nivel crítico de los ríos, se ha incrementado durante los últimos años, debido al fenómeno de la erosión por la deforestación y la presencia de huracanes en los litorales de los océanos Pacífico y Atlántico, que provocan fuertes precipitaciones en la Sierra Madre de Chiapas y acarrean, por escurrimiento, gran cantidad de azolves que se depositan en la planicie tabasqueña, disminuyendo con esto la capacidad de conducción de los ríos y por ende provocando inundaciones cada vez más intensas.

La tala histórica desmedida de la selva y otros tipos de vegetación, aunada al desarrollo de infraestructura hidráulica y la construcción de vías de comunicación terrestre, son los principales factores que han desencadenado los cambios en la hidrología de la planicie costera de Tabasco, con un efecto de azolvamiento de las lagunas costeras, que en parte ha provocado la disminución de la fauna estuarina. Esta práctica ha sido generalizada en toda la región y que junto con los cambios hidrológicos, modificaron el cauce de los ríos y conllevaron a disminuir la capacidad de retención de los escurrimientos de las tres cuencas regionales.

La ubicación en donde se propone realizar la Refinería Dos Bocas (RDB) se ubica en la planicie costera de Tabasco, en el municipio de Paraíso, por lo que es importante considerar que el comportamiento hidrológico de la zona tiene un impacto potencial en la seguridad de las instalaciones de la RDB y de la población, en relación a los riesgos por inundación.

La hidrología de esta zona es compleja y se encuentra en una zona baja inundable. Tiene la influencia del río Seco, del sistema Lagunar de Mecoacán, del sistema Lagunar de Tupilco y del mar, los flujos de los cauces han sido modificados así como el uso del suelo. El fenómeno físico que genera mayor riesgo de inundación es la marea de tormenta. Esta variable presenta además un reto en cuanto a la estimación de su valor. Por un lado no existen datos históricos suficientes para hacer predicciones estadísticas confiables y, por otro lado, los métodos alternativos de cálculo presentan gran incertidumbre. Adicionalmente, la zona presenta retos relacionados con el abasto y calidad del agua para los pobladores y para mantener de manera sustentable el sistema ambiental que aporta valor a otras actividades económicas de la región.

El manejo del agua es hoy tema de seguridad nacional y elemento imprescindible en todas las áreas del quehacer humano, factor fundamental para alcanzar la sostenibilidad de la sociedad. Las condiciones físicas actuales de los sistemas de agua entubada, drenaje y alcantarillado en el Estado de Tabasco impiden mantenerlos en funcionamiento continuo. La cobertura estatal en el servicio de agua potable es del 87.79% y en alcantarillado del 55.63%. En relación a la calidad del agua, anualmente son vertidos 491 millones de metros cúbicos de agua residual a ríos, lagunas y arroyos y sólo 52 millones son tratados (10.59%), lo que genera una alta contaminación de estos cuerpos de agua.

Respecto a la calidad del aire actual en Paraíso, Tabasco, de marzo 19 al 4 de abril de 2019 se realizó una campaña intensiva de monitoreo de los contaminantes del aire normados en 24 sitios dentro de la región del SAR (Tabla IV.16 a la IV.23, Capítulo IV). Se encontró que la concentración de los contaminantes normados: ozono (máxima 0.035 ppm), monóxido de carbono (máxima 0.21 ppm), dióxido de nitrógeno (máxima 0.012 ppm), dióxido de azufre (máxima 0.011 ppm) y de partículas menores a 10 y 2.5 micrómetros (máximas 61 $\mu g/m^3$ y 40 $\mu g/m^3$, respectivamente), no rebasaron los niveles marcados por las Normas Oficiales Mexicanas durante este periodo. Para el ácido sulfhídrico, cuyo máximo valor fue de 0.023 ppm, los valores medios no representan un problema a la salud de la población ni de otros seres vivos.

Para evaluar el impacto de las emisiones actuales en la calidad del aire en la zona de estudio, se utilizó el modelo numérico de dispersión HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model), el cual considera los principales factores meteorológicos que afectan el transporte, dispersión, transformación química y depósito atmosférico, de gases y partículas suspendidas en el aire.

En la Tabla VII.1 se presenta las emisiones regionales por contaminante utilizadas para la simulación para el caso de línea base. En los inventarios de emisiones se reporta la emisión total de óxidos de nitrógeno (NO_x), que incluye al NO, NO_2 y el resto de los óxidos superiores. La composición de los NO_x emitidos por los equipos de combustión es 80% de óxido nitroso (NO) y cerca del 20% es NO_2.

Tabla VII. 1 Inventario de Emisiones a la atmósfera: caso Línea Base.

Tipo de fuente	Número de fuentes	NO_x	CO	SO_2	PM_{10}
		kg/h			
Quemadores de campo	87	450.8	6385.7	37,044.7	606.4
Equipo de combustión	182	3,873.0	1,612.4	296.90	92.60

Oxidadores térmicos	8	181.3	2,772.7	25,328.9	260.4
Total	277	4,505.1	10,770.8	62,670.5	959.4
% emisiones de PEMEX		90.6	98.8	94.0	99.1

Fuente: Elaboración IMP con información de PEMEX.

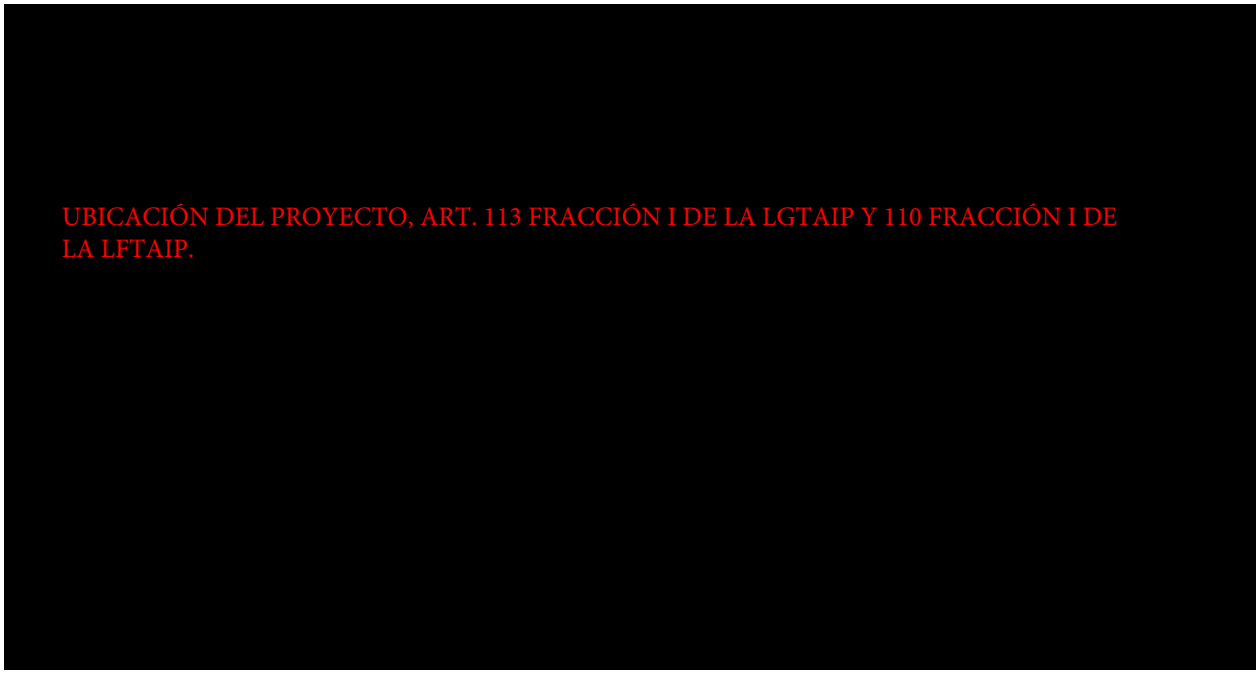
Los principales resultados encontrados con el modelo muestran que las direcciones predominantes del viento en la región son del Noreste y Sureste, independientemente de la temporada del año. Esta situación provoca que con mayor frecuencia los contaminantes sean transportados hacia el Suroeste y en dirección hacia el mar, reduciendo el impacto en las zonas urbanas.

En la temporada de Nortes, la entrada de frentes fríos provoca intensas lluvias y viento sostenido del Nornoroeste con velocidades de hasta 60 km/h. Dependiendo de la intensidad y velocidad del frente frío, su duración es de 3 a 5 días, por lo que en las estadísticas anuales para determinar la rosa de viento, su contribución es muy baja. No obstante su corta duración, estos eventos son importantes por su impacto en las actividades socioeconómicas de la región.

Para el escenario sin proyecto, los niveles de concentración predichos por el modelo no rebasan los límites marcados por la norma de calidad del aire para los cuatro contaminantes normados: NO_2, CO, SO_2 y PM_{10}. En la Figura VII.1 se muestra la concentración de NO_x en la zona de estudio para seis días, del 28 de marzo al 3 de abril de 2018.

Se hace la aclaración que en este análisis se considera que la emisión de NO_x está compuesta exclusivamente por NO_2, y se prefirió no hacer el ajuste teórico del 20%, debido a que esta proporción depende del equipo de combustión y tipo de combustible utilizado.

Figura VII. 1 Concentración de NOx para el escenario de línea base (sin proyecto) para el periodo del 28



Por otro lado, Tabasco se encuentra en una zona altamente amenazada a impactos derivados de fenómenos climáticos globales que impactarían en diferente forma y magnitud, afectando tanto a la población y sus actividades socio-económicas, como a los paisajes naturales que en él se ubican. Los fenómenos hidrometeorológicos extremos son recurrentes, en la década del 2000 a 2010, estos fenómenos causaron pérdidas por más de $6500 millones de pesos al año en el sector agropecuario y en la infraestructura civil.

Recientemente se ha incrementado la intensidad de las sequías y los periodos de lluvia, lo que acentúa el fenómeno de erosión, pues la permeabilidad de la tierra se ve afectada durante el estiaje, por lo que al iniciar el periodo de lluvias el escurrimiento es mayor, la recarga de los mantos acuíferos es menor y la violencia de las corrientes se incrementa, causando serios daños en la infraestructura y en las zonas urbanas marginadas principalmente.

Los principales efectos del cambio climático reportados actualmente son la salinización de la laguna Mecoacán y la erosión costera, aunque potencialmente se pueden detonar otros aspectos.

Los estudios de pronóstico de escenarios climáticos para el Estado de Tabasco predicen en el corto plazo (2015 a 2039) una disminución en la precipitación entre

1.2% y 1.9%. En el largo plazo (2075 a 2099) la disminución en la precipitación se predice sea entre 2.1% y 3.1%. Las tasas anuales de erosión en la costa de Tabasco varían de 0.8 a 1.6 m anuales, con importantes impactos en los ecosistemas, las actividades productivas y la infraestructura.

La tasa anual estimada de elevación del nivel del mar en la región es de 3 mm. Debido a este fenómeno, se prevé una pérdida del territorio de Tabasco entre el 5 y el 8%, el cual tendría un costo anual estimado en 1500 millones de pesos por la pérdida de servicios ambientales, recursos naturales y ecosistemas, y actividades productivas en la zona costera. Los promedios anuales de incremento del nivel del mar en la región Golfo de México oscilan entre 3.1 ± 0.8mm por año con un incremento al 2090 de 60 cm.

No obstante, modelos recientes indican que el aumento al final de este siglo será mayor a un metro. Bajo este escenario se prevén inundaciones del 12% del territorio tabasqueño. Las implicaciones ambientales de esta condición modificarían la ecología de recursos de alto valor (humedales, sistemas lagunares, entre otros) y socioeconómicos (recursos pesqueros, activos de producción petrolera, puertos, entre otros), que son especialmente importantes para la economía estatal y nacional. Asociado a ello, habitan en una franja de 5 km poco más de 90 000 personas en 147 localidades.

Para evaluar el potencial impacto del cambio climático en esta región para el escenario de línea base, se utilizó un modelo hidrológico configurado para la zona de estudio, y que se utilizó para determinar el nivel de inundación para dos escenarios meteorológicos, uno de impacto intenso, con precipitación pluvial de 365 mm y marea media, y otro escenario extremo, con una precipitación de 365 mm y marea de tormenta de 1.85m, en condiciones actuales. La Figura VII.2 muestra el nivel del agua antes y después del evento para ambos escenarios.

El cálculo de las cotas de inundación se realizó con un modelo hidrodinámico, basado en el código numérico de elementos finitos Telemac, que considera los aspectos más relevantes de las fuerzas hidrodinámicas en la zona de estudio. Las condiciones de cálculo se determinaron de la siguiente forma:

- Lluvia–Escurrimiento: Evento con un periodo de retorno de 500 años correspondiente a 0.365 m de precipitación sobre toda la cuenca hidrológica.

- Marea astronómica: Marea semi-diurna con una diferencia media entre pleamar y bajamar de 0.60 m.
- Marea de Tormenta: Marea de tormenta con un periodo de retorno de 200 años correspondiente a una sobreelevación de 1.85 m.
- Sobre-elevación del nivel del mar por cambio climático: nivel del mar con un incremento proyectado a 100 años correspondiente a un valor de 0.83 m.
- Aporte del caudal derivado del río González: caudal derivado del río González por la laguna Señora para un evento con un periodo de retorno de 500 años correspondiente a 194 m^3/s.

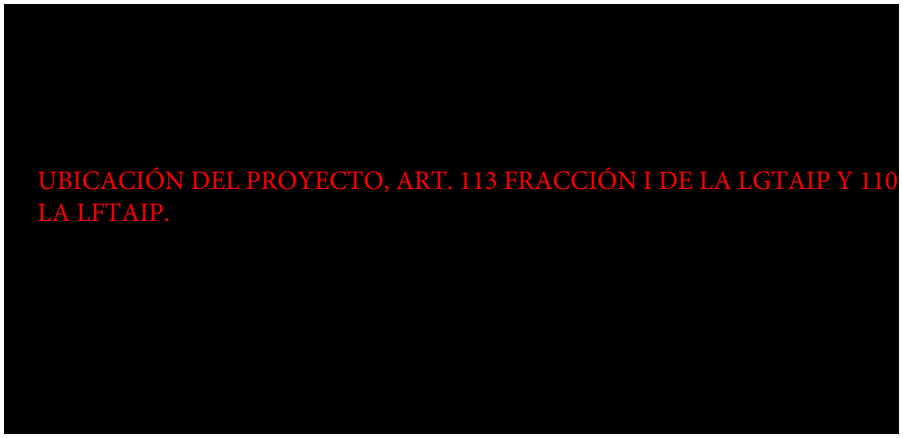
El modelo fue validado comparando el evento meteorológico presentado entre el 12 y 15 de noviembre del 2018, cuando se presentaron lluvias extraordinarias correspondientes a un periodo de retorno de 200 años y mareas diurnas.

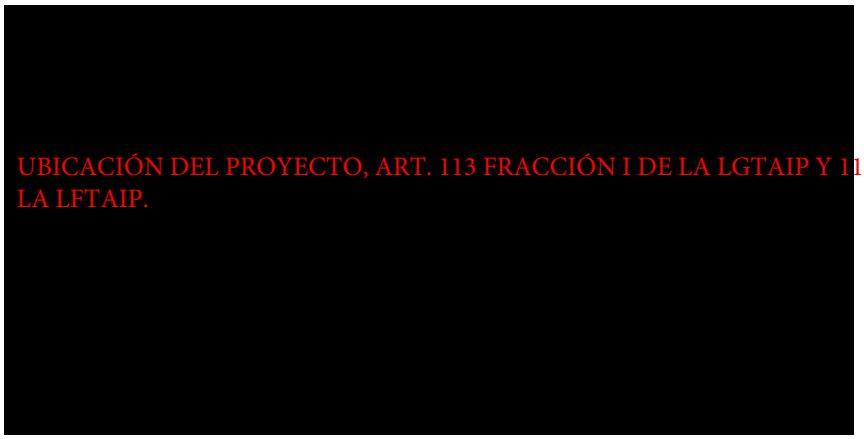
Bajo estas condiciones hidrometeorológicas, los efectos de la inundación son evidentes para ambos escenarios. En el primer caso de lluvia intensa, la zona Norte y Este de Paraíso son las que en mayor medida son afectadas, así como parcialmente a la población Puerto Ceiba. En la zona donde se construirá la RDB presenta un área considerablemente inundada, por lo que para evitar esta situación se deberá determinar con precisión la cota de desplante de la construcción para evitar posibles inundaciones futuras.

Figura VII. 2 a) condiciones actuales sin precipitación, b) Inundación con lluvia de 365 mm y marea media en condiciones actuales y c) Inundación con lluvia de 365 mm y marea de tormenta 1.85m en condiciones actuales.

a)

b)





c)



El pronóstico de inundación para el escenario extremo, prácticamente cubre toda la zona urbana y donde se construirá la RDB, que si no se modifica su nivel será inundada, excepto la Terminal Marítima de Dos Bocas, la cual está construida a 4 m sobre el nivel del mar.

En cuanto a la vulnerabilidad al cambio climático en Tabasco, ésta no solo depende de las condiciones climáticas adversas de la región, sino también de la capacidad de la sociedad de anticipar, enfrentar, resistir y recuperarse ante un evento. Ésta se asocia a la alta dependencia de los sectores primarios sensibles al cambio climático; como el agrícola, ganadero y el pesquero, así como también de las condiciones socio-económicas de rezago y marginación que, aunados a los procesos de industrialización, urbanización y el uso indiscriminado de los recursos naturales y su consecuente deterioro.

En relación al estado del manglar dentro del área del SAR, es importante establecer su tendencia en el tiempo, ya que son ecosistemas que juegan un rol ecológico importante en las costeras, particularmente en zonas tropicales en donde

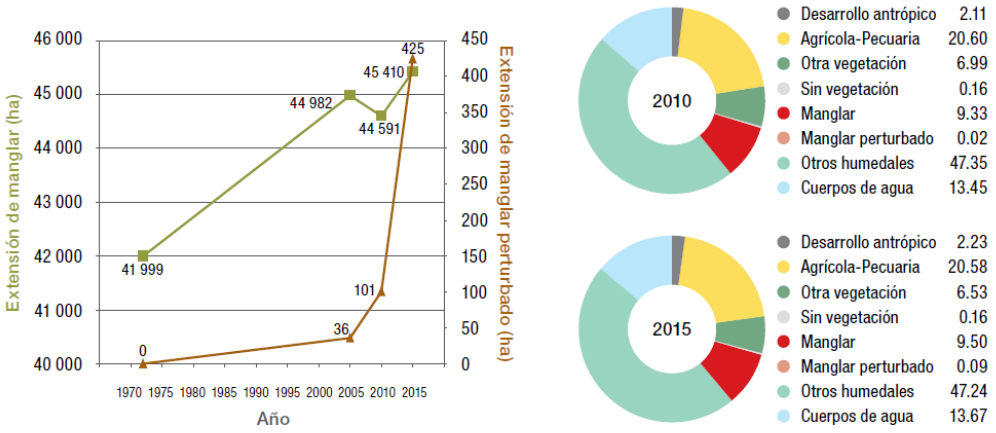
encuentran condiciones óptimas para su desarrollo. La CONABIO reporta cada 5 años la actualización del estado de estos ecosistemas.

De acuerdo con los resultados más recientes, de 2010 a 2015 el 96.6% del área de manglar se mantuvo invariable, un incremento del 2.4% y una pérdida de manglar del 1.0%. El mayor incremento se observó en la región colindante con la Laguna Machona, debido a la realización de obra hidráulica que favoreció la colonización del manglar.

La extensión del manglar en Tabasco en 2015 fue de 45,410 ha, de las cuales solo 9,862 ha están bajo protección. La tendencia en el área cubierta por manglar es creciente de 1970 al 2015. Para el periodo de 2010 a 2015, el incremento neto de área de manglar fue de 819 ha.

En la Figura VII.3 se muestra la actualización del área de mangle en el Estado de Tabasco, actualizado en 2017.

Figura VII. 3 Cambios en la superficie de manglar y manglar perturbado en Tabasco.



Cambios en la superficie de *manglar* y *manglar perturbado* en las cuatro fechas de estudio en Tabasco.

Porcentaje de cobertura de clases presentes en **Tabasco** en el área de estudio del SMMM.

Fuente: CONABIO (2017): Manglares de México.

A partir de 2005 las tendencias de recuperación del manglar mejoran, lo cual resulta de la creación y puesta en marcha de algunos instrumentos para la protección del manglar a diferentes niveles de gobierno, como la incorporación del Artículo 60 Ter a la Ley General de Vida Silvestre.

Dentro del SAR, el ecosistema de manglares se encuentra asociado a los cuerpos de agua continentales que se presentan en la franja costera, como se indicó en el capítulo IV del presente estudio, en el cual también se incluyen las modificaciones que han tenido las coberturas de este ecosistema, a lo largo de los últimos 34 años, tomando un corte de tiempo de 1981 al 2015.

En resumen para esta sección, a lo largo de la historia de esta región, las políticas de desarrollo económico impulsadas por el Estado de Tabasco han tenido un impacto negativo en la dinámica del medio biofísico, cuyos impactos en los últimos 60 años han sido más dañinos e irreversibles, que el deterioro acumulado de los cinco siglos anteriores. Este deterioro se manifiesta claramente en la reducción del potencial productivo regional y el deterioro en el bienestar de la población local, así como su biodiversidad amenazada.

VII.2 Descripción y análisis del escenario con proyecto.

En el Capítulo V se analizaron los impactos producidos a lo largo del ciclo de vida del proyecto y se encontró que la mayor afectación durante el desarrollo del proyecto es la etapa de preparación del sitio, básicamente por hidrología superficial, calidad del agua, contaminación, cambio de uso, modificación del relieve, cambio del paisaje, cobertura, especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 de la vegetación y fauna, abundancia y distribución de la fauna dentro del SAR. No obstante son de corta duración y la mayoría de sus efectos son de impacto moderado incluyendo también un impacto severo. Durante la construcción los impactos moderados son considerados en agua, suelo y aire. En la etapa de operación y mantenimiento el factor ambiental aire se clasificó en la categoría de impactos severos, básicamente porque es una acción permanente y acumulativo definiéndose como un efecto negativo y continuo el factor agua y aire se consideraron como moderados ya que su efecto es acumulativo.

Desde el punto de vista de los factores ambientales a lo largo del ciclo de vida del proyecto, el medio físico, algunos de sus factores, resultaron con impacto moderado y críticos, mientras que los factores del medio biótico resultaron impactos moderados y por último el factor socioeconómico resultó con impactos moderados o compatibles con naturaleza benéfica. En este sentido, para realizar el pronóstico del impacto al ambiente en el SAR por la construcción y operación de la RDB, se seleccionaron los subfactores “Hidrología Superficial”, “Calidad del Aire” y “Generación de Gases de Efecto Invernadero”, como los principales indicadores de impacto por tener una duración permanente y acumulativa con los pre-existentes en la región de estudio.

Por otro lado, en el Capítulo II se describió a detalle el alcance del proyecto que básicamente es la construcción de una refinería con capacidad de procesamiento de 340 MBD de aceite crudo pesado, para producir gasolina y diésel, así como diversos productos como gas LP, turbosina y propileno. El proyecto se desarrollará en una superficie efectiva de 704.34 ha (7.04 km^2).

En las diversas etapas del proyecto se generarán emisiones a la atmósfera, debido a la circulación de vehículos automotores de combustión interna con base a diésel y gasolina, los cuales deberán cumplir con su respectivo programa de mantenimiento preventivo a fin de reducir los niveles de generación y las correspondientes verificaciones vehiculares.

La maquinaria y los vehículos de transporte deberán cumplir estrictamente con el programa de mantenimiento preventivo en acuerdo a la normatividad aplicable vigente, principalmente en cuanto a su verificación de emisiones y los motores se mantendrán afinados con el objeto de disminuir al mínimo las emisiones a la atmósfera. Las emisiones de GEI durante la construcción del proyecto se muestran en la Tabla II.13 del Capítulo II.

Las obras para su puesta en marcha consideran acciones dentro y fuera del predio de construcción del proyecto. La construcción de infraestructura externa a la RDB se realizará por entidades ajenas a PEMEX, por lo que no son consideradas en este análisis.

La configuración de la RDB se definió con equipos, plantas y sistemas de seguridad que cumplen con las normas de emisión, eficiencia energética y de seguridad en la operación, básicas para reducir las emisiones de gases y partículas tóxicas a la atmósfera, emisión de gases de efecto invernadero, uso eficiente y reducción del consumo de agua dulce y segregación de los drenajes pluvial, sanitario e industrial.

Cabe hacer mención que los equipos de combustión considerados en el proyecto consumirán combustibles con bajo contenido de carbono, como el gas de proceso y natural. Por cuestiones de logística y seguridad operativa de la refinería, se consideró un consumo mínimo de 15% de combustóleo.

Con la realización del proyecto de la RDB en Paraíso, Tabasco, las emisiones contaminantes en la región se verán incrementadas, no solo por las actividades de construcción y operación de la refinería, sino por las actividades que resulten de la provisión de servicios y productos adicionales para cubrir las necesidades de una mayor población a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

El incremento de las emisiones durante la etapa de construcción del proyecto será temporal y se circunscriben principalmente dentro del polígono de construcción. Estas emisiones están asociadas principalmente al transporte de materiales y de personal, siendo las partículas suspendidas, los óxidos de nitrógeno los contaminantes que en mayor medida incrementarán su concentración, no obstante su tiempo de residencia en la atmósfera es muy corto (horas). Los gases de efecto invernadero también se verán incrementados por los vehículos y maquinaria pesada durante las actividades de preparación y acondicionamiento del sitio.

El mayor impacto de la RDB en la calidad del aire local y regional es la emisión de contaminantes normados provenientes de sus procesos y equipos de combustión durante la etapa de operación. La vida útil de la RDB se estima será de al menos 20 años, por lo que las emisiones tendrán una duración permanente, además que su emisión será continua. Sin embargo, el combustible que utilizará la RDB para su operación es básicamente gas natural o de proceso, por lo que sus emisiones a la atmósfera serán menores, en comparación a otras refinerías de capacidad similar que utilizan combustóleo como combustible para alimentar a sus procesos.

Para analizar el efecto de la RDB en la calidad del aire local y regional, se analizó la dispersión de contaminantes emitidos por la suma de fuentes de la RDB y las que actualmente aportan contaminantes a la región, utilizando el modelo HYSPLIT.

Comparando el aporte de las fuentes actuales con la emisión esperada de la RDB a la emisión total de contaminantes, se encontró que la emisión de SO_2, CO y PM_{10} de la RDB es menor al 1% de las emisión total en la región y de 9.2% para los NO_x (Tabla VII.2).

Tabla VII. 2 Emisión de contaminantes para la Línea Base y la RDB y su porcentaje de contribución.

Caso	NO_x	CO	SO_2	PM_{10}
	kg/h			
Línea Base	4505.14	10770.78	62670.52	959.44
RDB	456.72	101.57	192.93	1.27
Total	4961.86	10872.35	62863.45	960.71
	Porcentaje de contribución			
Línea Base	90.80	99.10	99.70	99.90
RDB	9.20	0.90	0.30	0.10
Total	100	100	100	100

Fuente: Elaboración IMP

Los resultados arrojados por el modelo indican que la concentración de los contaminantes normados predichos por el modelo, no rebasan los límites marcados por la norma de calidad del aire para NO_2, CO, SO_2 y PM_{10}.

La Figura VII.4 muestra la participación de la RDB en la afectación de la calidad del aire por óxidos de nitrógeno en la región de Paraíso, respecto a la situación de línea base. Es claro que el área de impacto es más amplia que para el caso sin proyecto. Para cuantificar la contribución de la RDB a la contaminación del aire en la región, se utiliza el criterio del área con concentraciones superiores a los 20 $\mu g/m^3$. Para el

caso con proyecto el área resulta de 23 km^2, cerca de 5 veces superior al caso sin proyecto, que resultó de 5 km^2.

Figura VII. 4 Comparación de la dispersión de NO_x para a) caso línea base y b) caso con proyecto: 28 de marzo de 2018.



Esta misma situación se repite para los otros contaminantes, pero con menor impacto. En la columna 3 de la Tabla VII.3 se muestra el factor de crecimiento en el área de impacto. Para los óxidos de nitrógeno el factor es de 4.6, mientras que para el CO, SO_2 y PM_{10} este factor es cercano a uno (1.05, 1.17 y 0.9, respectivamente), es decir que no se observa un incremento significativo en la calidad del aire con el desarrollo del proyecto de la RDB.

No obstante que los límites de la norma no se rebasan durante la operación del proyecto, el modelo muestra que el área de exposición de la población a los óxidos de nitrógeno se incrementa en un factor de 4.6, con la operación del proyecto, mientras que para el resto de los contaminantes, el proyecto no tiene un efecto significativo en el área de exposición de la población a los contaminantes del aire.

Tabla VII. 3 Área de impacto por contaminante para concentraciones superiores a 20 μg/m^3.

Contaminante	Área de impacto (km^2)		
	Línea Base	Con proyecto	Factor de incremento
NO_X	5	23	4.60
CO	36	38	1.05
SO_2	95	112	1.17
PM_{10}	0.68	0.68	1.00

Fuente: Elaboración IMP.

Al igual que para los contaminantes del aire normados, la emisión de los gases de efecto invernadero (GEI) se incrementarán en la región durante la operación de la RDB. En el Capítulo IV se presenta el inventario de emisiones de GEI detallado para la RDB y su comparación con las emisiones de GEI regionales.

Por otro lado, para disminuir la vulnerabilidad del proyecto ante los efectos del cambio climático, específicamente por inundaciones que ponga en peligro la operación y seguridad física de las instalaciones, se calcularon las cotas de inundación para diferentes escenarios de precipitación y marea de tormenta utilizando el modelo hidrodinámico *Telemac*.

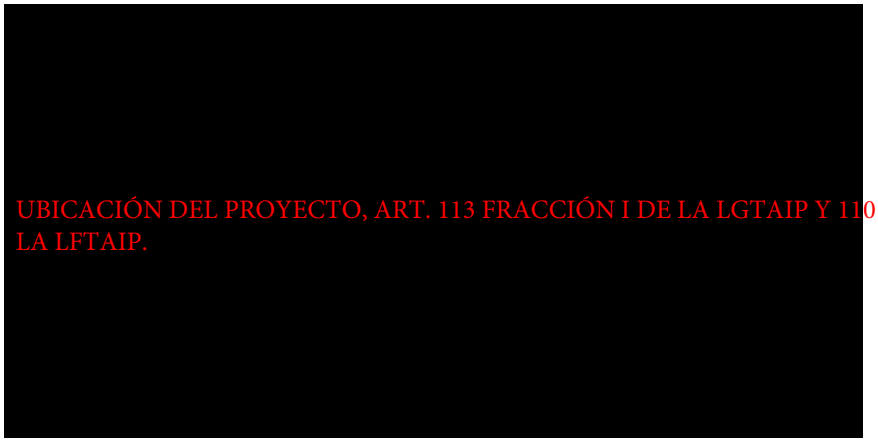
De igual forma a como se procedió en el escenario sin proyecto, se analizó el grado de inundación en la zona de estudio para los mismos dos escenarios. Resultado de este análisis se determinó construir la plataforma para la construcción de la RDB con un desplante de 3 m sobre el nivel medio del mar. Se hace notar que para reducir el riesgo al máximo, los dos escenarios seleccionados consideran eventos hidrometeorológicos con periodo de retorno de 500 años.

La determinación precisa de este parámetro es muy importante por sus implicaciones en la seguridad física de largo plazo del proyecto, en las afectaciones ambientales por la modificación de la hidrología regional y en el costo neto requerido para la habilitación del sitio.

En la Figura VII.5 se muestran el nivel de inundación para el caso de referencia con proyecto y los dos escenarios meteorológicos.

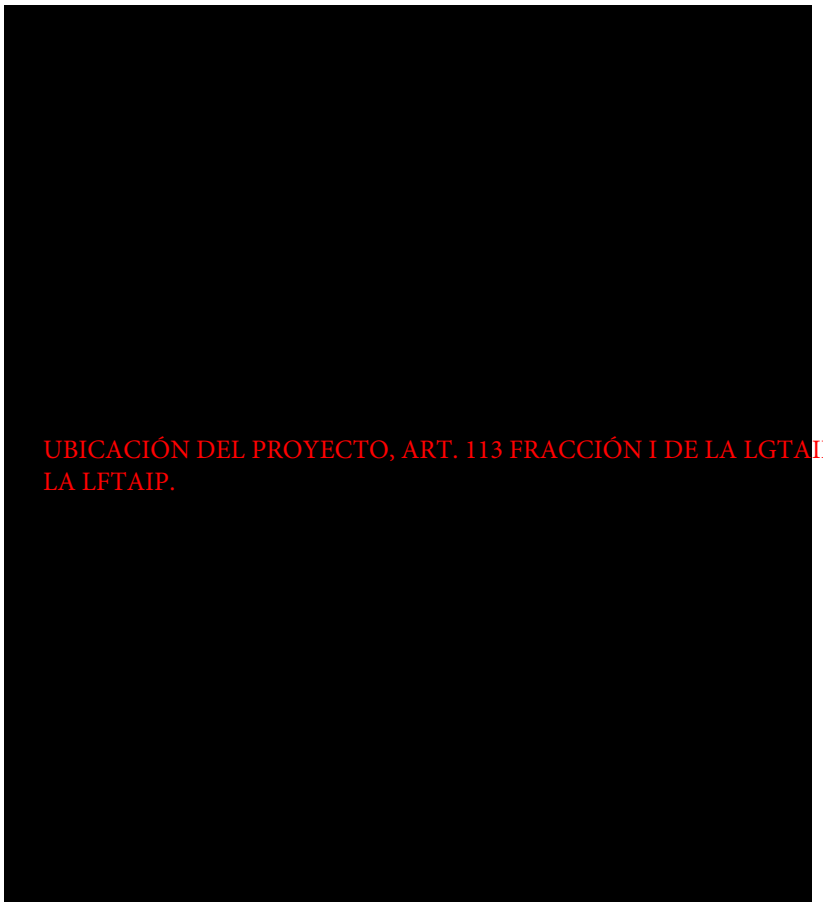
Figura VII. 5 Simulación de escenarios de inundación en la zona de estudio con proyecto: a) condición sin precipitación, b) con lluvia de 365 mm y marea media y c) con lluvia de 365 mm y marea de tormenta 1.85m.

a)



b)

c)



Como se observa en la figura, la realización del proyecto con un desplante de 3 m sobre el nivel medio del mar evita la inundación del polígono en donde se construirá el proyecto, para ambos escenarios meteorológicos.

Esta situación contrasta a la descrita en el escenario sin proyecto, en donde se predice inundaciones dentro del predio de construcción y en las zonas aledañas a la RDB.

Es importante resaltar que incluso para el segundo escenario, en donde la precipitación pluvial y la marea de tormenta tienen periodos de retorno de 500 años, el polígono del proyecto no se ve afectado por las inundaciones. Sin embargo, la presencia de la RDB modifica la hidrología local, de tal manera que la zona al sur de la refinería tenderá a acumular una mayor cantidad de agua.

En relación al impacto social y económico, en el sureste de México se concentra la mayor cantidad de yacimientos con la capacidad de cubrir las demandas de energéticos del país y ofrece grandes oportunidades de desarrollo. El presente

proyecto, detonará en primer lugar el crecimiento económico de esta región, además de mantenerlo, dentro de los principales aportes a la economía nacional en renglones tales como el PIB, la balanza comercial, las finanzas públicas, la producción de energía y la generación de empleos de forma directa e indirecta.

En los aspectos sociales y económicos del SAR, se espera mejoren sustancialmente por la creación de infraestructura, empleos y por la generación de combustibles limpios, lo que implica una mejora en las condiciones de vida de la población. Genera empleos directos e indirectos, mejorando el poder adquisitivo de las localidades cercanas y el crecimiento industrial y de cadenas productivas relacionadas.

El proyecto generará una nueva dinámica económica en la zona y en la región a través del fomento al desarrollo industrial en todos los sectores, propiciando finanzas públicas estables, al disminuir la importación de combustibles.

Se puede concluir que este proyecto, contribuirá a la recuperación de la autosuficiencia energética de México para maximizar el beneficio económico y social, garantizando el abasto de petrolíferos de calidad a nivel nacional.

VII.3 Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de mitigación.

En el Capítulo VI se presentan las acciones para mitigar los impactos ambientales identificados a lo largo del desarrollo del proyecto y que están descritos en el Capítulo V. Estas acciones no solo están asociadas con el desempeño y eficiencia de la tecnología con la que operará la RDB, sino que también se deben considerar soluciones de mitigación de los impactos generados durante la preparación y construcción del proyecto, que aunque son temporales, pueden alterar el ambiente significativamente si no se atienden. También hay otros impactos que son permanentes y que tienen que ver con la modificación del medio físico y biótico, para los cuales se deben aplican acciones de compensación o de adaptación para mitigar los efectos que generalmente son de largo plazo.

Con relación a las primeras acciones, una adecuada selección de tecnología y configuración de la refinería reducirá significativamente su huella ecológica, sin tener que recurrir a acciones adicionales para revertir lo que desde la fuente se puede eliminar. Los criterios para esta selección son los siguientes:

- Eficiencia Energética. Reduce el consumo de combustible y la emisión de contaminantes a la atmósfera.

- Integración de procesos: Aprovechamiento de la energía para reducir el índice de intensidad de la RDB, al utilizar calor de desecho para el precalentamiento de corrientes en los procesos.

- Manejo sustentable del agua: Para minimizar la huella hídrica de la RDB, se hará tratamiento del agua de proceso para su reutilización en los procesos, de tal manera que se minimice la adquisición de agua fresca. Minimizar la generación de residuos. Reducir la generación de residuos desde el proceso, valorización de los residuos generados como materia prima en otras cadenas de producción.

- Utilización de combustibles con bajo contenido de carbono, como el gas de proceso y natural, para los equipos combustión, para minimizar la emisión de gases y partículas tóxicas y de gases de efecto invernadero.

Estas acciones de mitigación por selección de tecnología ya fueron evaluadas en la sección anterior durante la evaluación de escenario con proyecto y que están relacionadas principalmente a la emisión de contaminantes a la atmósfera.

En relación a los impactos temporales durante la preparación y construcción del proyecto, las acciones a implementar están ampliamente descritas en el Capítulo VI.

El efecto en la hidrología superficial que se produciría en las actividades de acondicionamiento del sitio es el impacto ambiental identificado calificado como severo. De acuerdo con los estudios hidrológicos realizados para este propósito, se requiere un desplante de 3 m sobre el nivel medio del mar para toda el área de construcción de la refinería.

Esta adecuación evitará que la refinería quede vulnerable ante los embates hidrometeorológicos extremos que se prevén como consecuencia del cambio climático en esta zona. Sin embargo, como se mostró en la sección anterior, la hidrodinámica del sitio se modifica y traerá posibles afectaciones a la población local y posibles consecuencias no bien entendidas en los ecosistemas de la región.

Para evitar estas consecuencias, se requiere la realización de obra hidráulica adicional fuera del área del proyecto para mitigar sus efectos, entre los que podemos citar:

- Mejoramiento del cauce del río Seco con una sección hidráulica adecuada.

Medidas de mitigación adicionales a las descritas en este estudio se realizarán a través de la participación del Gobierno de Tabasco, para lo cual ya cuenta con planes para impulsar el desarrollo sostenible en el Estado de Tabasco. Entre otros, el Plan Estatal de Desarrollo, el Programa de gestión para mejorar la calidad del aire del Estado de Tabasco: 2018-2027 y el Programa estatal de acción ante el cambio climático.

En estos planes y programas se contemplan medidas para garantizar el desarrollo integral del Estado, mediante el crecimiento económico, el fomento al empleo y una justa distribución del ingreso y la riqueza, entre los individuos, grupos y clases sociales. Adicionalmente, en el programa de acción climática del Estado, se definen las medidas estratégicas para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y medidas de adaptación para garantizar la integridad de las comunidades y desarrollar capacidades para enfrentar los impactos adversos.

VII.4 Pronóstico ambiental.

El desarrollo económico para el Estado de Paraíso en los pasados cinco años ha sido negativo, durante el primer trimestre de 2018 Tabasco y Campeche fueron los dos estados con menor crecimiento económico en todo el país. En términos de aporte al Producto Interno Bruto del País (PIB) ocupa el lugar 14, equivalente al 2.3%. Su principal actividad económica es la petrolera, representando 54.1% de PIB estatal. Otras actividades como los servicios inmobiliarios (7.4%) y la construcción (5.3%) le siguen en importancia.

De acuerdo con el Plan de Desarrollo Nacional 2019-2024, una de las tareas centrales del actual gobierno federal es impulsar la reactivación económica y lograr que la economía vuelva a crecer a tasas aceptables. Particularmente en el sureste del país tendrá los proyectos más ambiciosos como el Tren Maya, el Programa de Desarrollo del Istmo de Tehuantepec, la rehabilitación de las actuales refinerías y la construcción de la Refinería Dos Bocas.

Con estos antecedentes, y en específico con la construcción de la Refinería Dos Bocas, se prevé un crecimiento importante en la economía del Estado. El desarrollo de infraestructura carretera y de telecomunicaciones, ampliación de los servicios en educación, salud vivienda, de agua potable y alcantarillado, permitirán un crecimiento de la población, así como del mejoramiento de sus condiciones de vida.

Aunado a este crecimiento socioeconómico, se espera que los impactos al ambiente dentro del área del SAR también se incrementen. No se tiene estimado con claridad el número de personas que se desplazarán hacia Tabasco, como parte de los recursos humanos que la construcción de la RDB generará en los próximos años. Se requerirá también mano de obra calificada adicional para la construcción de vivienda y vías de comunicación que, con los recursos actuales del estado, no podrá cubrir la demanda en tan corto plazo.

Con esta perspectiva de desarrollo, se espera que la tendencia actual en el deterioro de los factores ambientales se incremente durante la construcción y los primeros años de operación del proyecto. Sin embargo, una vez que el proyecto esté operando de manera rutinaria, los impactos se estabilizarán, sobreponiéndose a los que ya actualmente se tienen.

En la Tabla VII.4 se presenta el resumen del estado ambiental dentro del SAR para los tres escenarios analizados.

Al comparar los tres escenarios se observan como los grandes beneficios del proyecto, la disminución de la erosión del suelo, aumentan las actividades económicas, las finanzas públicas, la generación de empleos, así mismo se favorece el aumento de la cobertura vegetal con el establecimiento de las medidas de reforestación dentro del SAR. En la Tabla VII.5 se muestra el resumen del pronóstico de la evolución ambiental dentro del SAR para los tres escenarios.

Tabla VII. 4 Resumen del estado ambiental dentro del SAR para los tres escenarios analizados.

Elementos ambientales	Escenarios		
	E_0: Línea base sin Proyecto	E_1: E_0 + proyecto	E_2:E1 + Medidas de mitigación
Agua	• Alta disponibilidad de agua en la región para satisfacer necesidades de los usuarios. • Falta de infraestructura suficiente para servicio de agua potable y drenaje • El agua residual municipal se integra al sistema hidrológico de la región. • Contaminación del agua en ríos y arroyos con *coliformes fecales* y en menor proporción por DQO. • Salinización de sus cuerpos de agua por intrusión marina. • Posible incremento de acidificación de cuerpos de agua por presencia de lluvia ácida • Incremento en el volumen de escurrimiento • Azolvamiento de cuencas y cauces de ríos y canales. • Tasa anual de incremento del nivel del mar de 3 mm.	• Descargas de efluentes a cuerpos de agua dentro de NOM. • Diseminación temporal de contaminantes al sistema hídrico por desazolve del río seco durante la construcción del proyecto. • Incremento del depósito ácido en cuerpos de agua por la emisión de NOx .	• Construcción de PTAR para reuso de agua en procesos y minimizar la adquisición de agua fresca. • Tratamiento de las descargas de agua a fin de dar cumplimiento con la normatividad aplicable. • El uso de la mejor tecnología disponible, permitirá que los efluentes provenientes de los diferentes procesos sean recuperados, reutilizados y tratados adecuadamente para su descarga final.
Aire	• Calidad del aire con niveles de NO_2, CO, SO_2 y PM_{10} por debajo de los marcados por las NOM. • Emisiones de GEI generalizadas en la región por actividades de la industria petrolera. • Formación de aerosol sulfato y amonio por emisiones de SO_2 y NO_x de las actividades petroleras existentes Y que genera lluvia ácida. • Registro de eventos	• Incremento de la emisión de GEI • Incremento de la emisión de contaminantes del aire por la operación del proyecto • Posible generación aerosol ácido por emisiones de NOx.	• Uso de gas de proceso o natural para alimentación de equipos térmicos reduce la emisión de contaminantes y GEI. • Instalación de plantas con tecnología de eficiencia energética para reducir el consumo de combustibles y emisiones al aire. • Cumplimiento de la NOM de emisiones en fuentes fijas. • Conservar el manglar del rio seco con la finalidad de que continúe con su función de

	hidrometeorológicos extremos. • Incremento de sequías.		sumidero de carbono, así como implementar medidas de reforestación. • Aprovechar las corrientes térmicas de los diferentes procesos para ahorro de energía. • Reducción de las emisiones mediante el uso de tecnologías limpias. • Promover el uso de combustibles con menor contenido de carbono y uso de energías renovables.
Suelo	• Reducción de la cubierta vegetal Pérdida de suelos y costas por erosión • Reducción en la capacidad de infiltración	• Posible afectación por depósito atmosférico de aerosoles ácidos. • Posible afectación intermitente por mal manejo de residuos peligrosos y de manejo especial. • Posible afectación causada por algún derrame accidental.	• Compactación y sellamiento de suelo que evitarán los fenómenos erosivos. • El material que resulte del despalme se podrá usar como material de aporte para mejoramiento de suelo agrícola. • Manejo de residuos peligrosos y de manejo especial apegados a la normatividad vigente. • Manejo de residuos sólidos apegarse a lo establecido en la normatividad aplicable.
Geomorfología	• Cambio en el curso de ríos • Orografía generalizada de llanuras aluviales con cota menor a 20 msnm. • Vías de comunicación inducen cambios en la hidrología local.	• Afectación del paisaje. • Cambios en la estructura y distribución de los ecosistemas asociados. • Alteración en la vocación natural del suelo y afectación permanente del paisaje.	
Vegetación	• Sustitución generalizada de vegetación endémica para la agricultura y ganadería • Incremento del área de manglar en laguna Machona debido a la apertura de bocas y canales que indujeron la colonización.	• Remoción de la vegetación de forma permanente en el predio que en su mayoría es vegetación secundaria inducida (cultivada).	• Se mantendrá la vegetación del rio seco (manglar), tratando de minimizar los impactos que pueda generar la operación de la RDB, mediante un monitoreo de su estado de conservación y estado sanitario de las especies que ahí se distribuyen, así como garantizar la calidad del agua que pudiera verterse ahí mediante el establecimiento de plantas tratadoras. • La superficie de manglar que se encuentra dentro de la zona del proyecto que estará sujeta a impactos ambientales es de 53 ha, aunque se va a respetar y a conservar, se propone como medida de mitigación adicional, el establecimiento de una reforestación de manglar en la zona de influencia del proyecto.

Fauna	• Desplazamiento de especies por pérdida de vegetación y azolve del sistema hídrico	• Movilización de fauna silvestre por pérdida de vegetación en el predio. . • Eliminación de la vegetación que sirve de sustento para las especies de fauna silvestre que ahí se distribuyen. • Condiciones poco favorables por pérdida de vegetación en el predio que impactan negativamente en la distribución de las especies.	• Se realizará monitoreo de fauna durante todas las etapas del proyecto, con la finalidad de poder ahuyentar y/o rescatar ejemplares con la finalidad de garantizar su sobrevivencia en zonas mejores conservadas. • Promover que las zonas con alguna declaratoria de protección continúen como tal con la finalidad de garantizar que existen sitios adecuados para la conservación de la biodiversidad regional. • Promover una cultura y educación ambiental entre los habitantes con la finalidad de garantizar la conservación de las especies.
Social y económico	• Economía deprimida, pobreza en gran parte de la población, desempleo. • Vulnerabilidad al cambio climático alta.	• Desarrollo económico, mayor fuentes de empleo, construcción de infraestructura hidrológica y de servicios	• No requiere medidas de mitigación dado que el impacto es positivo en este factor.

Tabla VII. 5 Resumen del pronóstico de impactos ambientales para los tres escenarios.

Factores	E_0: Línea base sin Proyecto	E_1: E_0 + proyecto	E_2:E1 + Medidas de mitigación
Emisiones a la atmósfera	Aumenta	Aumenta	Estable
Gases de efecto invernadero	Aumenta	Aumenta	Estable
Humos, polvos y PM_{10}	Aumenta	Aumenta	Estable
Demanda de agua	Aumenta	Aumenta	Estable
Calidad de agua	Disminuye	Disminuye	Estable
Suelo (erosión)	Aumenta	Aumenta	Disminuye
Residuos de manejo especial	Estable	Aumenta	Estable
Residuos peligrosos	Disminuye	Aumenta	Estable
Cobertura vegetal	Estable	Disminuye	Aumenta*
Manglar (rio Seco)	Estable	Disminuye	Estable**
Fauna	Estable	Disminuye	Estable***
Actividades económicas	Estable	Aumenta	Aumenta
Finanzas del sector público	Aumenta	Aumenta	Aumenta
Empleo	Estable	Aumenta	Aumenta

***** aumentará en la zona de reforestación que se encontrará dentro de la zona de influencia del SAR

****** Se estabiliza por efectos de resiliencia, que ha tenido durante varias etapas de proyectos petroleros que han sido instalado en la región.

******* Se estabilizará en la zona de reforestación que se encontrará dentro de la zona de influencia del SAR, debido al desplazamiento y reubicación de ejemplares.

VII.5 Evaluación de alternativas.

Con base en el análisis de tendencias del SAR, se espera que como consecuencia de las obras y actividades del proyecto, se generen perturbaciones puntuales y temporales.

Previo a la selección del sitio para establecer el proyecto se realizó una recopilación de información considerando los factores ambientales, sociales, económicos y de ingeniería, así como la información de áreas naturales protegidas, sitios RAMSAR, regiones terrestres prioritarias y regiones hidrológicas prioritarias con la finalidad de analizar la calidad ambiental y determinar la mejor alternativa para establecer la RDB.

La idoneidad del sitio seleccionado se basa en los siguientes factores evaluados (Tabla VII.6):

Tabla VII. 6 Factores de evaluación del predio.

Factores de Evaluación			Calificación de factores
Factores físicos	Topografía	Relieve	Relieve plano
		Pendiente media	0-6%
	Hidrología Superficial	Escurrideros	1-5
		Sumideros	Sin zonas de sumideros
		% de área pantanosa	< 20%
	Hidrología Subterránea	Zonas de Recarga	0-50% de la superficie
	Zonas de Inestabilidad Geotécnica		Sin zonas de inestabilidad geotécnica
	Restricciones de acceso en la construcción		Restricciones por tres frentes
Factores humanos y ambientales	Densidad de población		250 a 500 Hab/km^2
	Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Tabasco		Existe
	Uso compatible con el proyecto		Sí, uso mixto
	Monumentos históricos o arqueológicos		En prospección y en su caso, salvamento
	Velocidad del viento reinante (*)		Máx. 129.96 Km/h
	Dirección de vientos reinantes (*)		NE-SW
	Temperatura media (*)		28.2 °C
	Humedad relativa (*)		Promedio anual 83%
Factores logísticos	Proximidad de suministros	Agua (**)	Sí hay disponibilidad
		Electricidad	Sí hay disponibilidad
		Materia prima	Existente
		Mano de obra	Existente
	Proximidad a centros de consumo		Sí
	Proximidad a centros de población		Sí, Colonia Lázaro Cárdenas (colindante)
	Proximidad a cuerpo receptor de efluentes		Sí, 2 km aproximadamente
	Infraestructura	Vapor	No se requiere
		Líneas calientes	Sí
	Adquisición de predios		El proyecto se realizaría

Factores de Evaluación		Calificación de factores
		en predios propiedad de Pemex, no requiere la adquisición de predios adicionales

Nota: (*) Condiciones de Diseño; (**) De acuerdo con la Actualización de la Disponibilidad Media Anual de Agua en el Acuífero La Chontalpa (2702), Estado de Tabasco, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de abril de 2015.

Es importante resaltar que desde la década de los 80´s Pemex ha realizado actividades en esta área, sin embargo, se dejó de utilizar y paulatinamente fue reduciendo los trabajos de mantenimiento, presentando regeneración en diferentes grados de desarrollo de la vegetación típica de la zona, sin llegar a la plenitud, toda vez que se tuvieron actividades agropecuarias por habitantes de la localidad (palmar inducido y ganadería extensiva).

Como se ha mencionado, el sitio seleccionado, se caracteriza por tener un grado de afectación antropogénica, debido a sus condiciones y ubicación entre zonas previamente impactadas. Además, el área del proyecto no incide en sitios que tengan algún estatus de conservación o importancia ecológica.

CONCLUSIONES.

Como resultado del análisis integral de los impactos y beneficios involucrados en la realización del proyecto de la Refinería Dos Bocas, a continuación se exponen las razones por las que se considera una alternativa viable para impulsar el desarrollo económico y social en la región.

La configuración de la RDB se definió con equipos, plantas y sistemas de seguridad que cumplan con las normas de emisión, eficiencia energética y de seguridad en la operación, básicas para reducir las emisiones de gases y partículas tóxicas a la atmósfera, emisión de gases de efecto invernadero, uso eficiente y reducción del consumo de agua dulce.

Los equipos de combustión que integrarán la RDB consumirán combustibles con bajo contenido de carbono, como el gas de proceso y natural.

Para evitar o contrarrestar los efectos adversos al medio ambiente, en su operación cumplirá cabalmente con la normatividad en materia ambiental vigente, así como con los más altos estándares internacionales de construcción, operatividad y de administración de la calidad y seguridad; de tal manera que su instalación sea factible en los aspectos sociales, económicos y ambientales.

El análisis global del impacto que sea generado por la realización del proyecto se resume de manera positiva en un balance costo-beneficio, en los aspectos económico, social y ambiental debido a lo siguiente:

En el aspecto económico resulta positivo debido a que la realización del proyecto evitará la importación de combustibles y fomentará la autosuficiencia energética de México. Así mismo detonará el crecimiento económico del sureste de México, que se había mantenido abandonado hasta la fecha.

En el aspecto social, resulta positivo debido a que contribuirá a mejorar el poder adquisitivo de los habitantes de la región, con la creación de infraestructura y empleo.

En el aspecto ambiental, cabe señalar que, aunque el desarrollo del proyecto provocará afectaciones moderadas al ambiente, estas serán controladas, mitigadas o compensadas mediante diferentes sistemas de control ambiental, programas de manejo y de rescate y reubicación de fauna, así como programas de reforestación.

Por lo que se espera que las afectaciones se reduzcan y que contribuyan a mejorar la calidad del sistema ambiental a través de la producción de combustibles limpios.

CONTENIDO

VIII. IDENTIFICACION DE LOS INSTRUMENTOS METODOLOGICOS Y ELEMENTOS TECNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL 2

VIII.1 Presentación de la información. 2

VIII.1.1. Cartografía y Planimetría. 2

VIII.1.2 Anexo Fotográfico 3

VIII.1.3 videos 3

VIII.2 Otros Anexos 3

VIII.3 Glosario de Términos 4

VIII.4 Referencias Bibliográficas 25

VIII. IDENTIFICACION DE LOS INSTRUMENTOS METODOLOGICOS Y ELEMENTOS TECNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL.

VIII.1 Presentación de la información.

VIII.1.1. Cartografía y Planimetría.

Se anexan los planos del proyecto de la RBD de acuerdo a la siguiente lista:

Plano de:

1.- Áreas Naturales Protegidas.

2.- Áreas de Importancia para la Conservación de Aves (AICA´s).

3.- Aguas Subterráneas.

4.- Aguas Superficiales.

5.- Polígonos del Proyecto.

6.- Delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR).

7.- Topografico.

8.- Regiones Marinas Prioritarias.

9.- Regiones Terrestres Prioritarias.

10.-Edafologia.

11.- Geología.

12.- Uso de Suelo y Vegetación Serie VI (INEGI).

13.- Cuencas.

14.- Subcuencas.

15.- Sistemas de Topoformas.

16.- Provincias fisiográficas.

17.- Unidades de Paisajes.

18.- Fragilidad Ambiental.

19.- Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA´s).

20.- Unidades de Gestión Ambiental (UGA´s).

21.- Climatología.

VIII.1.2 Anexo Fotográfico

Se anexa la memoria fotográfica correspondiente al proyecto RDB

VIII.1.3 videos

No se presentan registros videográficos

VIII.2 Otros Anexos

En este apartado se presentan diferentes anexos, entre ellos los anexos legales de la empresa:

- Anexo cálculo de erosión
- Anexo calidad del aire
- Anexo cambio climático
- Anexo cédulas profesionales de los coordinadores en la elaboración de la MIA-R
- Anexo listado de fauna
- Anexo listado de vegetación
- Anexo matriz de impactos
- Anexo datos meteorológicos
- Anexo Programa de Ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna
- Anexo Programa rescate, reubicación y reforestación de especies vegetales y flora.
- Anexo ruido
- Anexo registro CURR de la Promovente

- Anexo carta responsiva del responsable técnico del estudio.
- Anexo programa de vigilancia ambiental

VIII.3 Glosario de Términos

Acuífero:

Cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectados entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo (LAN).

Aguas del Subsuelo:

Aquellas aguas nacionales existentes debajo de la superficie terrestre (LAN).

Aguas Marinas:

Se refiere a las aguas en zonas marinas (LAN).

Aguas Residuales:

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general, de cualquier uso, así como la mezcla de ellas (LAN).

Ambiente:

El conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados. (LGEEPA).

Aprovechamiento:

Aplicación del agua en actividades que no impliquen consumo de la misma (LAN).

Aprovechamiento de los Residuos:

Conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar el valor económico de los residuos mediante su reutilización, manufactura, rediseño, reciclado y recuperación de materiales secundados o de energía (LGPGIR).

Aprovechamiento Forestal:

La extracción realizada en los términos de esta Ley, de los recursos forestales del medio en que se encuentren, incluyendo los maderables y los no maderables (LGDFS).

Aprovechamiento Sustentable:

La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos (LGEEPA).

Áreas de Protección Forestal:

Comprende los espacios forestales o boscosos colindantes a la zona federal y de influencia de nacimientos, corrientes, cursos y cuerpos de agua, o la

faja de terreno inmediata a los cuerpos de propiedad particular, en la extensión que en cada caso fije la autoridad, de acuerdo con el reglamento de esta Ley (LGDFS).

Áreas Forestales Permanentes:

Tierras de uso común que la asamblea ejidal o comunal dedica exclusivamente a la actividad forestal sustentable (LGDFS).

Áreas Naturales Protegidas:

Las zonas del territorio nacional y aquéllas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas y están sujetas al régimen previsto en la presente Ley (LGEEPA).

Asignación:

Título que otorga el Ejecutivo Federal, a través de "la Comisión" o del Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para realizar la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, a los municipios, a los estados o al Distrito Federal, destinadas a los servicios de agua con carácter público urbano o doméstico (LAN).

Satisfacción de las necesidades materiales y culturales de la población incluida.

Biodiesel:

Combustible que se obtiene por la transesterificación de aceites de origen animal o vegetal.

Biodiversidad:

La variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas (LGEEPA).

Bioenergéticos:

Combustibles obtenidos de la biomasa provenientes de materia orgánica de las actividades, agrícola, pecuaria, silvícola, acuacultura, algacultura, residuos de la pesca, domésticas, comerciales, industriales, de microorganismos, y de enzimas, así como sus derivados, producidos, por procesos tecnológicos sustentables que cumplan con las especificaciones y normas de calidad establecidas por la autoridad competente en los términos de esta Ley; atendiendo a lo dispuesto en el artículo 1 fracción I de este ordenamiento. LPDB).

Cambio de Uso de Suelo:

Modificación de la vocación natural o predominante de los terrenos, llevada a cabo por el hombre a través de la remoción total o parcial de la vegetación (RMEIA).

Cambio del uso de suelo en terreno forestal:

La remoción total o parcial de la vegetación de los terrenos forestales para destinarlos a actividades no forestales (LGDFS).

Capacidad de carga:

Estimación de la tolerancia de un ecosistema al uso de sus componentes, tal que no rebase su capacidad de recuperarse en el corto plazo sin la aplicación de medidas de restauración o recuperación para restablecer el equilibrio ecológico. (LGVS).

Captura:

La extracción de ejemplares vivos de fauna silvestre del hábitat en que se encuentran (LGVS).

Cauce de una Corriente:

El canal natural o artificial que tiene la capacidad necesaria para que las aguas de la creciente máxima ordinaria escurran sin derramarse Cuando las corrientes estén sujetas a desbordamiento, se considera como cauce el canal natural, mientras no se construyan obras de encauzamiento; en los orígenes de cualquier corriente, se considera como cauce propiamente definido, cuando el escurrimiento se concentre hacia una depresión topográfica y éste forme una cárcava o canal, como resultado de la acción del agua fluyendo sobre el terreno Para fines de aplicación de la presente Ley, la magnitud de dicha cárcava o cauce incipiente deberá ser de cuando menos de 20 metros de ancho por 075 metros de profundidad (LAN).

Caza:

La actividad que consiste en dar muerte a un ejemplar de fauna silvestre a través de medios permitidos (LGVS).

Centro de Almacenamiento:

Lugar donde se depositan temporalmente materias primas forestales para su conservación y posterior traslado (LGDFS).

Centro de Transformación:

Instalación industrial o artesanal, fija o móvil, donde por procesos físicos, mecánicos o químicos se elaboran productos derivados de materias primas forestales (LGDFS).

Colecta:

La extracción de ejemplares, partes o derivados de vida silvestre del hábitat en que se encuentran (LGVS).

Comisión Nacional del Agua:

Órgano Administrativo Desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con funciones de Derecho Público en materia de gestión de las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, con autonomía técnica, ejecutiva, administrativa, presupuestal y de gestión, para la consecución de su objeto, la realización de sus funciones y la emisión de los actos de autoridad que conforme a esta Ley corresponde tanto a ésta como a los órganos de autoridad a que la misma se refiere (LAN).

Concesión:

Título que otorga el Ejecutivo Federal, a través de "la Comisión" o del Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, y de sus bienes públicos inherentes, a las personas físicas o morales de carácter público y privado, excepto los títulos de asignación (LAN).

Condiciones Particulares de Descarga:

El conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos y de sus niveles máximos permitidos en las descargas de agua residual, determinados por "la Comisión" o por el Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para cada usuario, para un determinado uso o grupo de usuarios de un cuerpo receptor específico con el fin de conservar y controlar la calidad de las aguas conforme a la presente Ley y los reglamentos derivados de ella (LAN).

Consejo de Cuenca:

Órganos colegiados de integración mixta, que serán instancia de coordinación y concertación, apoyo, consulta y asesoría, entre "la Comisión", incluyendo el Organismo de Cuenca que corresponda, y las dependencias y entidades de las instancias federal, estatal o municipal, y los representantes de los usuarios de agua y de las organizaciones de la sociedad, de la respectiva cuenca hidrológica o región hidrológica (LAN).
le de la Vida Silvestre (LGVS).

Conservación:

La protección, cuidado, manejo y mantenimiento de los ecosistemas, los hábitats, las especies y las poblaciones de la vida silvestre, dentro o fuera de sus entornos naturales, de manera que se salvaguarden las condiciones naturales para su permanencia a largo plazo (LGVS).

Conservación Forestal:

El mantenimiento de las condiciones que propician la persistencia y evolución de un ecosistema forestal natural o inducido, sin degradación del mismo ni pérdida de sus funciones (LGDFS).

Constitución:

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (LDRS).

Contaminación:

La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico (LGEEPA).

Contaminante:

Toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural (LGEEPA).

Contingencia ambiental:

Situación de riesgo, derivada de actividades humanas o fenómenos naturales, que puede poner en peligro la integridad de uno o varios ecosistemas (LGEEPA).

Control:

Inspección, vigilancia y aplicación de las medidas necesarias para el cumplimiento de las disposiciones establecidas en este ordenamiento (LGEEPA).

Co-procesamiento:

Integración ambientalmente segura de los residuos generados por una industria o fuente conocida, como insumo a otro proceso productivo (LGPGIR).

Criterios ecológicos:

Los lineamientos obligatorios contenidos en la presente Ley, para orientar las acciones de preservación y restauración del equilibrio ecológico, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la protección al ambiente, que tendrán el carácter de instrumentos de la política ambiental (LGEEPA).

Cuenca Hidrológica:

Es la unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por un parte aguas o divisoria de las aguas -aquella línea poligonal formada por los puntos de mayor elevación en dicha unidad-, en donde ocurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aun sin que desemboquen en el mar En dicho espacio delimitado por una diversidad topográfica, coexisten los recursos agua, suelo, flora, fauna, otros recursos naturales relacionados con éstos y el medio ambiente La cuenca hidrológica conjuntamente con los acuíferos, constituye la unidad de gestión de los recursos hídricos La cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas y estas últimas están integradas por microcuencas (LAN).

Cuenca hidrológico-forestal:

La unidad de espacio físico de planeación y desarrollo, que comprende el territorio donde se encuentran los ecosistemas forestales y donde el agua fluye por diversos cauces y converge en un cauce común, constituyendo el componente básico de la región forestal, que a su vez se divide en subcuencas y microcuencas (LGDFS).

Cuerpo Receptor:

La corriente o depósito natural de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas, cuando puedan contaminar los suelos, subsuelo o los acuíferos (LAN).

Cuota de Autosuficiencia:

Cuota Natural de Renovación de las Aguas: El volumen de agua renovable anualmente en una cuenca hidrológica o en un cuerpo de aguas del subsuelo Cambio de uso de suelo: Modificación de la vocación natural o

predominante de los terrenos, llevada a cabo por el hombre a través de la remoción total o parcial de la vegetación (LAN).

Daño a los Ecosistemas:

Es el resultado de uno o más impactos ambientales sobre uno o varios elementos ambientales o procesos del ecosistema que desencadenan un desequilibrio ecológico (RMEIA).

Daño Ambiental:

Es el que ocurre sobre algún elemento ambiental a consecuencia de un impacto ambiental adverso (RMEIA).

Daño grave al ecosistema:

Es aquel que propicia la pérdida de uno o varios elementos ambientales, que afecta la estructura o función, o que modifica las tendencias evolutivas o sucesionales del ecosistema (RMEIA).

Delimitación de cauce y Zona Federal:

Trabajos y estudios topográficos, batimétricos, fotogramétricos, hidrológicos e hidráulicos, necesarios para la determinación de los límites del cauce y la zona federal (LAN).

Desarrollo Sustentable:

En materia de recursos hídricos, es el proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter hídrico, económico, social y ambiental, que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se fundamenta en las medidas necesarias para la preservación del equilibrio hidrológico, el aprovechamiento y protección de los recursos hídricos, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de agua de las generaciones futuras (LAN).

Descarga:

La acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor (LAN).

Desequilibrio Ecológico Grave:

Alteración significativa de las condiciones ambientales en las que se prevén impactos acumulativos, sinérgicos y residuales que ocasionarían la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas (RMEIA).

Disponibilidad media anual de aguas del subsuelo:

En una unidad hidrogeológica -entendida ésta como el conjunto de estratos geológicos hidráulicamente conectados entre sí, cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales subterráneas-, es el volumen medio anual de agua subterránea que puede ser extraído de esa unidad hidrogeológica para diversos usos, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro el equilibrio de los ecosistemas (LAN).

Disponiblidad media anual de aguas superficiales:

En una cuenca hidrológica, es el valor que resulta de la diferencia entre el volumen medio anual de escurrimiento de una cuenca hacia aguas abajo y el volumen medio anual actual comprometido aguas abajo (LAN).

Disposición Final:

Acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos (LGPGIR).

Distrito de Riego:

Es el establecido mediante Decreto Presidencial, el cual está conformado por una o varias superficies previamente delimitadas y dentro de cuyo perímetro se ubica la zona de riego, el cual cuenta con las obras de infraestructura hidráulica, aguas superficiales y del subsuelo, así como con sus vasos de almacenamiento, su zona federal, de protección y demás bienes y obras conexas, pudiendo establecerse también con una o varias unidades de riego (LAN).

Ecosistema:

La unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados (LGEEPA).

Ecosistema Forestal:

La unidad funcional básica de interacción de los recursos forestales entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados (LGDFS).

Ejemplares o poblaciones federales:

Aquellos pertenecientes a especies domésticas que al quedar fuera del control del hombre, se establecen en el hábitat natural de la vida silvestre (LGVS).

Elemento natural:

Los elementos físicos, químicos y biológicos que se presentan en un tiempo y espacio determinado sin la inducción del hombre (LGEEPA).

Empresa social forestal:

Organización productiva de comunidades o ejidos con áreas forestales permanentes y bajo programa de manejo forestal, para la producción, diversificación y transformación con capacidad agraria y empresarial (LGDFS).

Entidades Federativas:

Los estados de la federación y el Distrito Federal (LPDB).

Equilibrio ecológico:

La relación de interdependencia entre los elementos que conforman el ambiente que hace posible la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos (LGEEPA).

Especies de difícil regeneración:

Las especies vulnerables a la extinción biológica por la especificidad de sus requerimientos de hábitat y de las condiciones para su reproducción (RMEIA).

Especies y poblaciones en riesgo:

Aquellas identificadas por la Secretaría como probablemente extintas en el medio silvestre, en peligro de extinción, amenazadas o sujetas a protección especial, con arreglo a esta Ley (LGVS).

Especies y poblaciones migratorias:
Aquellas que se desplazan latitudinal, longitudinal o altitudinalmente de manera periódica como parte de su ciclo biológico (LGVS).

Especies y poblaciones prioritarias para la conservación:
Aquellas determinadas por la Secretaría de acuerdo con los criterios establecidos en la presente Ley, para canalizar y optimizar esfuerzos de conservación y recuperación (LGVS).

Estado:
Los Poderes de la Unión, de las entidades federativas y de los municipios (LPDB).

Estero:
Terreno bajo, pantanoso, que suele llenarse de agua por la lluvia o por desbordes de una corriente, o una laguna cercana o por el mar (LAN).

Estímulos Fiscales:
Los incentivos otorgados por el Estado a través de beneficios preferentes en el ejercicio de la tributación (LPDB).

Estudio de poblaciones:
Aquel que se realiza con el objeto de conocer sus parámetros demográficos, tales como el tamaño y densidad; la proporción de sexos y edades; y las tasas de natalidad, mortalidad y crecimiento durante un período determinado, así como la adición de cualquier otra información relevante (LGVS).

Evaluación del Riesgo Ambiental:
Proceso metodológico para determinar la probabilidad o posibilidad de que se produzcan efectos adversos, como consecuencia de la exposición de los seres vivos a las sustancias contenidas en los residuos peligrosos o agentes infecciosos que los forman (LGPGIR).

Explotación:
Aplicación del agua en actividades encaminadas a extraer elementos químicos u orgánicos disueltos en la misma, después de las cuales es retornada a su fuente original sin consumo significativo (LAN).

Forestación:
El establecimiento y desarrollo de vegetación forestal en terrenos preferentemente forestales o temporalmente forestales con propósitos de conservación, restauración o producción comercial (LGDFS).

Generación:
Acción de producir residuos a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo (LGPGIR).

Gestión del Agua:
Proceso sustentado en el conjunto de principios, políticas, actos, recursos, instrumentos, normas formales y no formales, bienes, recursos, derechos,

atribuciones y responsabilidades, mediante el cual coordinadamente el Estado, los usuarios del agua y las organizaciones de la sociedad, promueven e instrumentan para lograr el desarrollo sustentable en beneficio de los seres humanos y su medio social, económico y ambiental, (1) el control y manejo del agua y las cuencas hidrológicas, incluyendo los acuíferos, por ende su distribución y administración, (2) la regulación de la explotación, uso o aprovechamiento del agua, y (3). la preservación y sustentabilidad de los recursos hídricos en cantidad y calidad, considerando los riesgos ante la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extraordinarios y daños a ecosistemas vitales y al medio ambiente La gestión del agua comprende en su totalidad a la administración gubernamental del agua (LAN).

Gestión Integrada de los Recursos Hídricos:

Proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra, los recursos relacionados con éstos y el ambiente, con el fin de maximizar el bienestar social y económico equitativamente sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales Dicha gestión está íntimamente vinculada con el desarrollo sustentable Para la aplicación de esta Ley en relación con este concepto se consideran primordialmente agua y bosque (LAN).

Gran Generador:

Persona física o moral que genere una cantidad igual o superior a 10 toneladas en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida (LGPGIR).

Hábitat:

El sitio específico en un medio ambiente físico, ocupado por un organismo, por una población, por una especie o por comunidades de especies en un tiempo determinado (LGVS).

Humedales:

Las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mÁreas, como pantanos, ciénagas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional; las áreas en donde el suelo es predominantemente hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos por la descarga natural de acuíferos (LAN).

Impacto Ambiental Acumulativo:

El efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente (RMEIA).

Impacto Ambiental Residual:

El impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación (RMEIA).

Impacto Ambiental Significativo o Relevante:

Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales (RMEIA).

Impacto Ambiental Sinérgico:

Aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente (RMEIA).

Informe preventivo:

Documento mediante el cual se dan a conocer los datos generales de una obra o actividad para efectos de determinar si se encuentra en los supuestos señalados por el artículo 31 de la Ley o requiere ser evaluada a través de una manifestación de impacto ambiental (RMEIA).

Insumos:

Son las materias primas empleadas en la producción de Bioenergéticos, obtenidas a partir de las actividades agropecuarias y forestales (LPDB).

Introducción de especies:

Actividad que se refiere a aquellas especies que no se distribuyen naturalmente existentes en el cuerpo de agua en el que se pretenden introducir (LGPAS).

Inventario de Residuos:

Base de datos en la cual se asientan con orden y clasificación los volúmenes de generación de los diferentes residuos, que se integra a partir de la información proporcionada por los generadores en los formatos establecidos para tal fin, de conformidad con lo dispuesto en este ordenamiento (LGPGIR).

Lixiviado:

Líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua, provocando su deterioro y representar un riesgo potencial a la salud humana y de los demás organismos vivos (LGPGIR).

Manejo Forestal:

El proceso que comprende el conjunto de acciones y procedimientos que tienen por objeto la ordenación, el cultivo, la protección, la conservación, la restauración y el aprovechamiento de los recursos forestales de un ecosistema forestal, considerando los principios ecológicos respetando la integralidad funcional e interdependencia de recursos y sin que merme la capacidad productiva de los ecosistemas y recursos existentes en la misma (LGDFS).

Manejo Integral:

Las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social (LGPGIR).

Material:

Sustancia, compuesto o mezcla de ellos, que se usa como insumo y es un componente de productos de consumo, de envases, empaques, embalajes y de los residuos que éstos generan (LGPGIR).

Materiales Pétreos:

Materiales tales como arena, grava, piedra y/o cualquier otro tipo de material utilizado en la construcción, que sea extraído de un vaso, cauce o de cualesquiera otros bienes señalados en Artículo 113 de esta Ley (LAN).

Materias primas forestales:

Los productos del aprovechamiento de los recursos forestales que no han sufrido procesos de transformación hasta el segundo grado (LGDFS).

Medidas de Mitigación:

Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar los impactos y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causare con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas (RMEIA).

Medidas de Prevención:

Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente (RMEIA).

Microgenerador:

Establecimiento industrial, comercial o de servicios que genere una cantidad de hasta cuatrocientos kilogramos de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida (LGPGIR).

Organismo de Cuenca:

Unidad técnica, administrativa y jurídica especializada, con carácter autónomo, adscrita directamente al Titular de "la Comisión", cuyas atribuciones se establecen en la presente Ley y sus reglamentos, y cuyos recursos y presupuesto específicos son determinados por "la Comisión (LAN).

Parque Industrial:

Es la superficie geográficamente delimitada y diseñada especialmente para el asentamiento de la planta industrial en condiciones adecuadas de ubicación, infraestructura, equipamiento y de servicios, con una administración permanente para su operación Busca el ordenamiento de los asentamientos industriales y la desconcentración de las zonas urbanas y conurbadas, hacer un uso adecuado del suelo, proporcionar condiciones idóneas para que la industria opere eficientemente y se estimule la

creatividad y productividad dentro de un ambiente confortable Además, forma parte de las estrategias de desarrollo industrial de la región (RMEIA).

Pequeño generador:

Persona física o moral que genere una cantidad igual o mayor a cuatrocientos kilogramos y menor a diez toneladas en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida (LGPGIR).

Persona física o moral:

Los individuos, los ejidos, las comunidades, las asociaciones, las sociedades y las demás instituciones a las que la ley reconozca personalidad jurídica, con las modalidades y limitaciones que establezca la misma (LAN).

Plan de Manejo:

Instrumento cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos específicos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, con fundamento en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos, diseñado bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo integral, que considera el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables e involucra a productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, usuarios de subproductos y grandes generadores de residuos, según corresponda, así como a los tres niveles de gobierno (LGPGIR).

Plantación forestal comercial:

El establecimiento, cultivo y manejo de vegetación forestal en terrenos temporalmente forestales o preferentemente forestales, cuyo objetivo principal es la producción de materias primas forestales destinadas a su industrialización y/o comercialización (LGDFS).

Proceso Productivo:

Conjunto de actividades relacionadas con la extracción, beneficio, transformación, procesamiento y/o utilización de materiales para producir bienes y servicios (LGPGIR).

Producción Limpia:

Proceso productivo en el cual se adoptan métodos, técnicas y prácticas, o incorporan mejoras, tendientes a incrementar la eficiencia ambiental de los mismos en términos de aprovechamiento de la energía e insumos y de prevención o reducción de la generación de residuos (LGPGIR).

Producto forestal maderable:

El bien obtenido del resultado de un proceso de transformación de materias primas maderables, con otra denominación, nuevas características y un uso final distinto (LGDFS).

Producto:

Bien que generan los procesos productivos a partir de la utilización de materiales primarios o secundarios Para los fines de los planes de manejo, un producto envasado comprende sus ingredientes o componentes y su envase (LGPGIR).

Programa de manejo de plantación forestal comercial:

El instrumento técnico de planeación y seguimiento que describe las acciones y procedimientos de manejo forestal relativo a la plantación forestal comercial (LGDFS).

Programa de manejo forestal:

El instrumento técnico de planeación y seguimiento que describe las acciones y procedimientos de manejo forestal sustentable (LGDFS).

Programa Hídrico de Cuenca:

Documento en el cual se definen la disponibilidad, el uso y aprovechamiento del recurso, así como las estrategias, prioridades y políticas, para lograr el equilibrio del desarrollo regional sustentable en la cuenca correspondiente y avanzar en la gestión integrada de los recursos hídricos (LAN).

Programa Nacional Hídrico:

Documento rector que integra los planes hídricos de las cuencas a nivel nacional, en el cual se definen la disponibilidad, el uso y aprovechamiento del recurso, así como las estrategias, prioridades y políticas, para lograr el equilibrio del desarrollo regional sustentable y avanzar en la gestión integrada de los recursos hídricos (LAN).

Programas:

Serie ordenada de actividades y operaciones necesarias para alcanzar los objetivos de esta Ley (LGPGIR).

Reciclado:

Transformación de los residuos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando así su disposición final, siempre y cuando esta restitución favorezca un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio para la salud, los ecosistemas o sus elementos (LGPGIR).

Recursos asociados:

Las especies silvestres animales y vegetales, así como el agua, que coexisten en relación de interdependencia con los recursos forestales (LGDFS).

Recursos biológicos forestales:

Comprende las especies y variedades de plantas, animales y microorganismos de los ecosistemas forestales y su biodiversidad y en especial aquéllas de interés científico, biotecnológico o comercial (LGDFS).

Recursos forestales maderables:

Los constituidos por vegetación leñosa susceptibles de aprovechamiento o uso (LGDFS).

Recursos forestales no maderables:

La parte no leñosa de la vegetación de un ecosistema forestal, y son susceptibles de aprovechamiento o uso, incluyendo líquenes, musgos, hongos y resinas, así como los suelos de terrenos forestales y preferentemente forestales (LGDFS).

Recursos forestales:

La vegetación de los ecosistemas forestales, sus servicios, productos y residuos, así como los suelos de los terrenos forestales y preferentemente forestales (LGDFS).

Recursos genéticos forestales:

Semillas y órganos de la vegetación forestal que existen en los diferentes ecosistemas y de los cuales dependen los factores hereditarios y la reproducción y que reciben el nombre genérico de germoplasma forestal (LGDFS).

Reforestación:

Establecimiento inducido de vegetación forestal en terrenos forestales (LGDFS).

Región Hidrológica:

Área territorial conformada en función de sus características morfológicas, orográficas e hidrológicas, en la cual se considera a la cuenca hidrológica como la unidad básica para la gestión de los recursos hídricos, cuya finalidad es el agrupamiento y sistematización de la información, análisis, diagnósticos, programas y acciones en relación con la ocurrencia del agua en cantidad y calidad, así como su explotación, uso o aprovechamiento Normalmente una región hidrológica está integrada por una o varias cuencas hidrológicas Por tanto, los límites de la región hidrológica son en general distintos en relación con la división política por estados, Distrito Federal y municipios Una o varias regiones hidrológicas integran una región hidrológico - administrativa, y Región Hidrológico - Administrativa: Área territorial definida de acuerdo con criterios hidrológicos, integrada por una o varias regiones hidrológicas, en la cual se considera a la cuenca hidrológica como la unidad básica para la gestión de los recursos hídricos y el municipio representa, como en otros instrumentos jurídicos, la unidad mínima de gestión administrativa en el país (LAN).

Registro Público de Derechos de Agua:

(REPDA). Registro que proporciona información y seguridad jurídica a los usuarios de aguas nacionales y bienes inherentes a través de la inscripción de los títulos de concesión, asignación y permisos de descarga, así como las modificaciones que se efectúen en las características de los mismos (LAN).

Residuo:

Material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en esta Ley y demás ordenamientos que de ella deriven (LGPGIR).

Residuos compatibles:

Aquellos que al entrar en contacto o al ser mezclados con agua u otros materiales o residuos, reaccionan produciendo calor, presión, fuego, partículas, gases o vapores dañinos (LGPGIR).

Residuos de Manejo Especial:

Son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos (LGPGIR).

Residuos Peligrosos:

Son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio, de conformidad con lo que se establece en esta Ley (LGPGIR).

Residuos Sólidos Urbanos:

Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta Ley (LGPGIR).

Responsabilidad Compartida:

Principio mediante el cual se reconoce que los residuos sólidos urbanos y de manejo especial son generados a partir de la realización de actividades que satisfacen necesidades de la sociedad, mediante cadenas de valor tipo producción, proceso, envasado, distribución, consumo de productos, y que, en consecuencia, su manejo integral es una corresponsabilidad social y requiere la participación conjunta, coordinada y diferenciada de productores, distribuidores, consumidores, usuarios de subproductos, y de los tres órdenes de gobierno según corresponda, bajo un esquema de factibilidad de mercado y eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social (LGPGIR).

Restauración forestal:

El conjunto de actividades tendentes a la rehabilitación de un ecosistema forestal degradado, para recuperar parcial o totalmente las funciones originales del mismo y mantener las condiciones que propicien su persistencia y evolución (LGDFS).

Reúso:

La explotación, uso o aprovechamiento de aguas residuales con o sin tratamiento previo (LAN).

Reutilización:

El empleo de un material o residuo previamente usado, sin que medie un proceso de transformación (LGPGIR).

Ribera o Zona Federal:

Las fajas de diez metros de anchura contiguas al cauce de las corrientes o al vaso de los depósitos de propiedad nacional, medidas horizontalmente

a partir del nivel de aguas máximas ordinarias La amplitud de la ribera o zona federal será de cinco metros en los cauces con una anchura no mayor de cinco metros El nivel de aguas máximas ordinarias se calculará a partir de la creciente máxima ordinaria que será determinada por "la Comisión" o por el Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, de acuerdo con lo dispuesto en los reglamentos de esta Ley En los ríos, estas fajas se delimitarán a partir de cien metros río arriba, contados desde la desembocadura de éstos en el mar En los cauces con anchura no mayor de cinco metros, el nivel de aguas máximas ordinarias se calculará a partir de la media de los gastos máximos anuales producidos durante diez años consecutivos Estas fajas se delimitarán en los ríos a partir de cien metros río arriba, contados desde la desembocadura de éstos en el mar En los orígenes de cualquier corriente, se considera como cauce propiamente definido, el escurrimiento que se concentre hacia una depresión topográfica y forme una cárcava o canal, como resultado de la acción del agua fluyendo sobre el terreno La magnitud de la cárcava o cauce incipiente deberá ser de cuando menos de 20 metros de ancho por 075 metros de profundidad (LAN).

Riesgo:

Probabilidad o posibilidad de que el manejo, la liberación al ambiente y la exposición a un material o residuo, ocasionen efectos adversos en la salud humana, en los demás organismos vivos, en el agua, aire, suelo, en los ecosistemas, o en los bienes y propiedades pertenecientes a los particulares (LGPGIR).

Río:

Corriente de agua natural, perenne o intermitente, que desemboca a otras corrientes, o a un embalse natural o artificial, o al mar (LAN).

Saneamiento forestal:

Las acciones técnicas encaminadas a combatir y controlar plagas y enfermedades forestales (LGDFS).

Sanidad forestal:

Lineamientos, medidas y restricciones para la detección, control y combate de plagas y enfermedades forestales (LGDFS).

Separación Primaria:

Acción de segregar los residuos sólidos urbanos y de manejo especial en orgánicos e inorgánicos, en los términos de esta Ley (LGPGIR).

Separación Secundaria:

Acción de segregar entre sí los residuos sólidos urbanos y de manejo especial que sean inorgánicos y susceptibles de ser valorizados en los términos de esta Ley (LGPGIR).

Servicios Ambientales:

Los beneficios de interés social que se generan o se derivan de las cuencas hidrológicas y sus componentes, tales como regulación climática, conservación de los ciclos hidrológicos, control de la erosión, control de inundaciones, recarga de acuíferos, mantenimiento de escurrimientos en

calidad y cantidad, formación de suelo, captura de carbono, purificación de cuerpos de agua, así como conservación y protección de la biodiversidad; para la aplicación de este concepto en esta Ley se consideran primordialmente los recursos hídricos y su vínculo con los forestales (LAN).

Servicios Ambientales:

Los que brindan los ecosistemas forestales de manera natural o por medio del manejo sustentable de los recursos forestales, tales como: la provisión del agua en calidad y cantidad; la captura de carbono, de contaminantes y componentes naturales; la generación de oxígeno; el amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales; la modulación o regulación climática; la protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida; la protección y recuperación de suelos; el paisaje y la recreación, entre otros (LGDFS).

Servicios técnicos forestales:

Las actividades realizadas para la planificación y ejecución de la silvicultura, el manejo forestal y la asesoría y capacitación a los propietarios o poseedores de recursos forestales para su gestión (LGDFS).

Silvicultura:

La teoría y práctica de controlar el establecimiento, composición, constitución, crecimiento y desarrollo de los ecosistemas forestales para la continua producción de bienes y servicios (LGDFS).

Sistema de Agua Potable y Alcantarillado:

Conjunto de obras y acciones que permiten la prestación de servicios públicos de agua potable y alcantarillado, incluyendo el saneamiento, entendiendo como tal la conducción, tratamiento, alejamiento y descarga de las aguas residuales (LAN).

Sitio Contaminado:

Lugar, espacio, suelo, cuerpo de agua, instalación o cualquier combinación de éstos que ha sido contaminado con materiales o residuos que, por sus cantidades y características, pueden representar un riesgo para la salud humana, a los organismos vivos y el aprovechamiento de los bienes o propiedades de las personas (LGPGIR).

Terreno forestal:

El que está cubierto por vegetación forestal (LGDFS).

Terreno preferentemente forestal:

Aquel que habiendo estado, en la actualidad no se encuentra cubierto por vegetación forestal, pero por sus condiciones de clima, suelo y topografía resulte más apto para el uso forestal que para otros usos alternativos, excluyendo aquéllos ya urbanizados (LGDFS).

Terreno temporalmente forestal:

Las superficies agropecuarias que se dediquen temporalmente al cultivo forestal mediante plantaciones forestales comerciales La consideración de terreno forestal temporal se mantendrá durante un periodo de tiempo no inferior al turno de la plantación (LGDFS).

Tierras frágiles:

Son aquéllas tierras ubicadas en terrenos forestales o preferentemente forestales que son propensas a la degradación y pérdida de su capacidad productiva natural como consecuencia de la eliminación o reducción de su cobertura vegetal natural

Tratamiento:

Procedimientos físicos, químicos, biológicos o térmicos, mediante los cuales se cambian las características de los residuos y se reduce su volumen o peligrosidad (LGPGIR).

Tratamientos por Esterilización:

Procedimientos que permiten, mediante radiación térmica, la muerte o inactivación de los agentes infecciosos contenidos en los residuos peligrosos (LGPGIR).

Unidad de manejo acuícola:

Se integra con las áreas comprendidas en una zona delimitada, en la que se establece un conjunto de unidades de producción con una infraestructura básica y las instalaciones necesarias para su operación y funcionamiento compartido, operada de forma común (LGPAS).

Unidad de manejo forestal:

Territorio cuyas condiciones físicas, ambientales, sociales y económicas guardan cierta similitud para fines de ordenación, manejo forestal sustentable y conservación de los recursos (LGDFS).

Unidad de Riego:

Área agrícola que cuenta con infraestructura y sistemas de riego, distinta de un distrito de riego y comúnmente de menor superficie que aquél; puede integrarse por asociaciones de usuarios u otras figuras de productores organizados que se asocian entre sí libremente para prestar el servicio de riego con sistemas de gestión autónoma y operar las obras de infraestructura hidráulica para la captación, derivación, conducción, regulación, distribución y desalojo de las aguas nacionales destinadas al riego agrícola (LAN).

Uso Agrícola:

La aplicación de agua nacional para el riego destinado a la producción agrícola y la preparación de ésta para la primera enajenación, siempre que los productos no hayan sido objeto de transformación industrial (LAN).

Uso ambiental o uso para conservación ecológica:

El caudal o volumen mínimo necesario en cuerpos receptores, incluyendo corrientes de diversa índole o embalses, o el caudal mínimo de descarga natural de un acuífero, que debe conservarse para proteger las condiciones ambientales y el equilibrio ecológico del sistema (LAN).

Uso Consuntivo:

El volumen de agua de una calidad determinada que se consume al llevar a cabo una actividad específica, el cual se determina como la diferencia del volumen de una calidad determinada que se extrae, menos el volumen de una calidad también determinada que se descarga, y que se señalan en el título respectivo (LAN).

Uso doméstico:

El aprovechamiento, sin propósitos comerciales, de los recursos forestales extraídos del medio natural en el que se encuentran, para usos rituales o satisfacer las necesidades de energía calorífica, vivienda, aperos de labranza y otros usos en la satisfacción de sus necesidades (LGDFS).

Uso Doméstico:

La aplicación de agua nacional para el uso particular de las personas y del hogar, riego de sus jardines y de árboles de ornato, incluyendo el abrevadero de animales domésticos que no constituya una actividad lucrativa, en términos del Artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (LAN).

Uso en acuacultura:

La aplicación de aguas nacionales para el cultivo, reproducción y desarrollo de cualquier especie de la fauna y flora acuáticas (LAN).

Uso industrial:

La aplicación de aguas nacionales en fábricas o empresas que realicen la extracción, conservación o transformación de materias primas o minerales, el acabado de productos o la elaboración de satisfactores, así como el agua que se utiliza en parques industriales, calderas, dispositivos para enfriamiento, lavado, baños y otros servicios dentro de la empresa, las salmueras que se utilizan para la extracción de cualquier tipo de sustancias y el agua aun en estado de vapor, que sea usada para la generación de energía eléctrica o para cualquier otro uso o aprovechamiento de transformación (LAN).

Uso pecuario:

La aplicación de aguas nacionales para la cría y engorda de ganado, aves de corral y otros animales, y su preparación para la primera enajenación siempre que no comprendan la transformación industrial; no incluye el riego de pastizales (LAN).

Uso Público Urbano:

La aplicación de agua nacional para centros de población y asentamientos humanos, a través de la red municipal (LAN).

Uso:

Aplicación del agua a una actividad que implique el consumo, parcial o total de ese recurso (LAN).

Valorización:

Principio y conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los materiales que componen los residuos, mediante su reincorporación en procesos productivos, bajo criterios de responsabilidad compartida, manejo integral y eficiencia ambiental, tecnológica y económica (LGPGIR).

Vaso de lago, laguna o estero:

El depósito natural de aguas nacionales delimitado por la cota de la creciente máxima ordinaria (LAN).

Veda:

Es el acto administrativo por el que se prohíbe llevar a cabo la pesca en un periodo o zona específica establecido mediante acuerdos o normas oficiales, con el fin de resguardar los procesos de reproducción y reclutamiento de una especie (LGPAS).

Vegetación exótica:

Conjunto de plantas arbóreas, arbustivas o crasas ajenas a los ecosistemas naturales (LGDFS).

Vegetación forestal:

El conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas, dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales (LGDFS).

Visita de inspección:

La supervisión que realiza el personal autorizado para verificar que el aprovechamiento, manejo, transporte, almacenamiento y transformación de recursos forestales, se ajuste a la Ley y demás disposiciones legales aplicables (LGDFS).

Vivero forestal:

Sitio que cuenta con un conjunto de instalaciones, equipo, herramientas e insumos, en el cual se aplican técnicas apropiadas para la producción de plántulas forestales con talla y calidad apropiada según la especie, para su plantación en un lugar definitivo (LGDFS).

Vocación natural:

Condiciones que presenta un ecosistema para sostener una o varias actividades sin que se produzcan desequilibrios ecológicos

Vulnerabilidad:

Conjunto de condiciones que limitan la capacidad de defensa o de amortiguamiento ante una situación de amenaza y confieren a las poblaciones humanas, ecosistemas y bienes, un alto grado de susceptibilidad a los efectos adversos que puede ocasionar el manejo de los materiales o residuos, que por sus volúmenes y características intrínsecas, sean capaces de provocar daños al ambiente (LGPGIR).

Zona de escasa prevalencia:

Área geográfica determinada en donde se presenta una frecuencia mínima de casos recientes de una enfermedad o plaga de especies acuáticas vivas, en una especie y periodo específicos (LGPAS).

Zona de Protección:

La faja de terreno inmediata a las presas, estructuras hidráulicas y otra infraestructura hidráulica e instalaciones conexas, cuando dichas obras sean de propiedad nacional, en la extensión que en cada caso fije "la Comisión" o el Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para su protección y adecuada operación, conservación y vigilancia, de acuerdo con lo dispuesto en los reglamentos de esta Ley (LAN).

Zona de Refugio:

Las áreas delimitadas en las aguas de jurisdicción federal, con la finalidad primordial de conservar y contribuir, natural o artificialmente, al desarrollo de los recursos pesqueros con motivo de su reproducción, crecimiento o reclutamiento, así como preservar y proteger el ambiente que lo rodea (LGPAS).

Zona de Reserva:

Aquellas áreas específicas de los acuíferos, cuencas hidrológicas, o regiones hidrológicas, en las cuales se establecen limitaciones en la explotación, uso o aprovechamiento de una porción o la totalidad de las aguas disponibles, con la finalidad de prestar un servicio público, implantar un programa de restauración, conservación o preservación o cuando el Estado resuelva explotar dichas aguas por causa de utilidad pública (LAN).

Zona de veda:

Aquellas áreas específicas de las regiones hidrológicas, cuencas hidrológicas o acuíferos, en las cuales no se autorizan aprovechamientos de agua adicionales a los establecidos legalmente y éstos se controlan mediante reglamentos específicos, en virtud del deterioro del agua en cantidad o calidad, por la afectación a la sustentabilidad hidrológica, o por el daño a cuerpos de agua superficiales o subterráneos (LAN).

Zona reglamentada:

Aquellas áreas específicas de los acuíferos, cuencas hidrológicas, o regiones hidrológicas, que por sus características de deterioro, desequilibrio hidrológico, riesgos o daños a cuerpos de agua o al medio ambiente, fragilidad de los ecosistemas vitales, sobreexplotación, así como para su reordenamiento y restauración, requieren un manejo hídrico específico para garantizar la sustentabilidad hidrológica (LAN).

Zonas Marinas Mexicanas:

Las que clasifica como tales la Ley Federal del Mar (LAN).

Zonificación:

El instrumento técnico de planeación que puede ser utilizado en el establecimiento de las áreas naturales protegidas, que permite ordenar su territorio en función del grado de conservación y representatividad de sus ecosistemas, la vocación natural del terreno, de su uso actual y potencial, de conformidad con los objetivos dispuestos en la misma declaratoria. Asimismo, existirá una subzonificación, la cual consiste en el instrumento técnico y dinámico de planeación, que se establecerá en el programa de manejo respectivo, y que es utilizado en el manejo de las áreas naturales protegidas, con el fin de ordenar detalladamente las zonas núcleo y de amortiguamiento, previamente establecidas mediante la declaratoria correspondiente (LGEEPA).

VIII.4 Referencias Bibliográficas

Actualización de los escenarios de cambio climático para estudios de impactos, vulnerabilidad y adaptación en México y Centroamérica, Fernández, A., UNAM-INECC, 2015.

Adaptación a los impactos del cambio climático en los humedales costeros del Golfo de México Volumen 1, Buenfil J., Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Adaptación del modelo de vulnerabilidad costera en el litoral tabasqueño ante el cambio climático, Ramos R., Gama L., Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp. Núm. 13, p. 2551-2563, 2016.

Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M., Umaña, A.M., Villarreal, H. (2004). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. 2da ed. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 p.

Álvarez-Icaza, P. (2013). Corredor biológico mesoamericano en México. CONABIO. Biodiversitas, 110: 1-5.

Álvarez-Romero, J.G., Medellín, R.A., Oliveras de Ita, A., Gómez de Silva, H., Sánchez, O. (2008). Animales exóticos en México: una amenaza para la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Universidad Nacional Autónoma de México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, DF.

APHA, AWWA, WEF. 1995. Standard Methods for the examination of water and wastewater. Washington, D.C. 19 th Ed.

Aranda, M. (2000). Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. CONABIO. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, México.

Aranda, M. (2000). Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. Ed. INECOL, Impreso en México. 211 p.

Aranda, M. 2012. Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Arreguín-Cortés. (2014). Análisis de las inundaciones en la planicie tabasqueña en el periodo 1995-2001. (Scielo, Ed.) Tecnología y Ciencia del Agua -mayo-junio, V(3), 5-32. Recuperado el 5 de Abril de 2019, de http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v5n3/v5n3a1.pdf

Arriaga Weiss, S.L. (2000). Composición y estructura de la ornitofauna de la reserva de la biósfera Pantanos de Centla. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. L121. México, D.F.

Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático, Efectos del cambio climático en el recurso hídrico de México, IMTA, ISBN: 978-607-9368-09-8, 2015.

Barragán-Vázquez, M. R., M. A. Torrez-Pérez y L. Ríos-Rodas. 2015. Registros recientes de especies de anfibios y reptiles para Tabasco, México. Mesoamericana, edición especial. 19 (1):132.

Barragán-Vázquez, M.R. (2007). Análisis ecológico de la comunidad de anfibios y reptiles de boca del cerro, Tenosique, Tabasco. México. DACBiol-UJAT. 85 PP.

Bautista Godínez Eric Gustavo (2005), Marea de Tormenta inducida por ciclones tropicales, Tesis UNAM

Becerra Tapia Nery del Carmen. 1984. Determinación de los niveles de hidrocarburos en el ostión Crassostrea virginica de la laguna de Términos Campeche, México. Tesis UNAM.

Begon, M, Colin R. Townsend & John L. Harper, 2006. Ecology: from individuals to ecosystems. Ed. Wiley-Blackwell. 738 pp.

Benítez, G., Pulido-Salas, M. T. y M. Equihua. (2004). Árboles multiusos nativos de Veracruz para reforestación, restauración y plantaciones. Instituto de Ecología. Xalapa, Veracruz, México. 288 p.

Berlanga, H., H. Gómez de Silva, V. M. Vargas-Canales, V. Rodríguez-Contreras, L. A. Sánchez-González, R. Ortega-Álvarez y R. Calderón-Parra (2017). Aves de México: Lista actualizada de especies y nombres comunes. CONABIO, México D.F.

Berlanga, H., Rodríguez, V. (2010). Las aves migratorias: a prueba de muros. Especies 19(1): 16-24.

Betanzos Vega A. Capetillo Pinar, N. y Lopeztegui Castillo, A., 2011. Variaciones de la turbidez en aguas marinas costeras de la región norcentral de Cuba, UNACAR-Tecnociencia 5(2) 14 -26.

Bloundi M.K., Duplay J, Quaranta G. 2009. Heavy metal contamination of coastal lagoon sediments by anthropogenic activities: the case of Nador (East Morocco). Environ Geol (2009) 56:833–843. DOI 10.1007/s00254-007-1184-x

Botello A.V., Rojas Galaviz J.L., Benítez J.A., Zárate Lomelí D. (Editores). 1996. Golfo de México, contaminación e impacto ambiental: Diagnóstico y Tendencias. Universidad Autónoma de Campeche, EPOMEX Serie Científica 5. 666 p.

Brower, E. J. y H. J. Zar. 1979. Field and Laboratory Methods for General Ecology. Brown Company Publisher. Dubuque, lowa: 131-145.

Buchman M.F. 2008. NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA OR&R Report 08-1, Seattle WA, Office of Response and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 34 pages.

Bueno, J. S., Álvarez, N. F. y S. Santiago. (2005). Biodiversidad del Estado de Tabasco. UNAM, Instituto de Biología. México. 370 p.

Calculation sheet-combustible emissions, Construction Emission Factors, EPA 2006.

Calderón-Mandujano, R., Bahena-Basave, H., Calmé, S. (2005). Guía de anfibios y reptiles de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an y zonas aledañas. Grupo Editorial Keer. Quintana Roo, México.

Cappello, S., Rosique-Gil, E., Rivas, M.G., Guadarrama, A., Castillo, O., Arriaga, S., Trejo, L., Perez, M., Paramo, S., Gamboa, J., Rangel, L.J., Barragán, M.R., y Hidalgo, M.G (2010) La biodiversidad de Tabasco. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Kuxulkab. XVII (31) :43-48

Cárdenas, G; Harvey C. A; Ibrahim, M. y Finegan, B. (2003) Diversidad y riqueza de aves en diferentes hábitats en un paisaje fragmentado en cañas, Costa Rica. Agroforestería en las Américas (10):39- 40.

Carrera, E., y G. de la Fuente. 2003. Inventario y clasificación de humedales de México, Parte I. Ducks Unlimited de México, A.C., México. 237pp.

Caso E. 1979. Los Equinodermos (Asteroidea, Ophiuroidea y Echinoidea) Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, Publ. Esp. 3: 1-186.

Caso M., Pisanty I y Escurra E. (Editores). 2004. Diagnóstico Ambiental del Golfo de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. ISBN: 968-817-705-9, 1008 páginas.

Caso, M. E., 1990. Un nuevo asteroideo del caribe mexicano Astropecten Caribe mexicanensis sp. nov. y comparación con la especie afín Astropecten nitidus Verrill. An. Inst. Cienc. Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México 17(1): 107-130.

Ceballos, G. (2005). Los mamíferos silvestres de México. Ed. Fondo de Cultura Económica, Impreso en Hong Kong. 985 p.

Ceballos, G., Oliva, G. (2005). Los mamíferos silvestres de México. CONABIO, Fondo de Cultura Económica. México, DF. 904 p.

CE-CCA 1989. CE-CCA-001/89. Acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de Calidad del Aguas. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.

CECODES, 1981. Las Lagunas Costeras de Tabasco. Un ecosistema en peligro. Centro de Ecodesarrollo (ahora Centro de Ecotecnología y Desarrollo Sustentable), SEPESCAD. F. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México 109 pp.

Cedeño-Vázquez, J.R., Calderón-Mandujano, R.R. & Pozo, C. (2006). Anfibios de la región de Calakmul Campeche, México. CONABIO, ECOSUR, CONANP, PNUD-GEF, SHM A.C., Quintana Roo, México. 104 pp.

Chablé-Santos, J. B., Escalante-Pliego, P., & López-Santiago, G. (2005). Aves (p. 261-282). In J. Bueno, J. Álvarez, & S. Santiago (Eds.), Biodiversidad del Estado de Tabasco. Capítulo 12. México, DF., México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de Biodiversidad (CONABIO) e Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (IBUNAM).

Chapman, D. (Ed.). 1992. Water Quality Assessments. UNESCO, WHO, UNEP. Chapman & Hall. London. p. 585

Chapman, D. Kimstach, V. 1992. Chapter 3. The selection of water quality variables. pp 51-119. En: Chapman, D. 1992. Water Quality Assessments. UNESCO, WHO, UNEP. Chapman & Hall. London. p. 585.

Chen A., Jiao JJ. 2010. Spatio-temporal trends of heavy metals and source apportionment in Tolo Harbour, Hong Kong. Environ Earth Sci (2010) 60:1439–1445. DOI 10.1007/s12665-009-0279-y

Church, J.A., P.U. Clark, A. Cazenave, J.M. Gregory, S. Jevrejeva, A. Levermann, M.A. Merrifield, G.A. Milne, R.S. Nerem, P.D. Nunn, A.J. Payne, W.T. Pfeffer, D. Stammer and A.S. Unnikrishnan, 2013: Sea Level Change. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

CNA. (22 de Marzo de 2011). smn.cna.gob. Obtenido de Normales climatológicas por estación. Servicio Meteorológico. Normales climatológicas 1971-2000: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75

CONAFOR. (s.f.). Sistema Nacional de Información Forestal. (SEMARNAT, Editor) Recuperado el 13 de abril de 2019, de SEMARNAT-CONAFOR: https://www.cnf.gob.mx:8443/snif/portal/media/rokgallery/d/d1b6a60e-34a3-427a-98b2-224ff9dd820b/ZonificacionForestal.jpg

CONAGUA. (2015). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero "La Chontalpa" (2702), Estado de Tabasco. Comisión Nacional del Agua, Subgerencia de Evaluación y Ordenamiento de acuíferos. Ciudad de México: CONAGUA. Recuperado el 01 de 04 de 2019, de Https.//www.gob.mx/cms./upload/attachment/fail/103371/DR_2702.pdf

CONAGUA. (23 de Enero de 2011). smm.cna.gob.mx. Obtenido de Normales climatológicas por estación: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=articl

e&id=42:normales-climatologicas-por-estacion&catid=1:general&Itemid=28

Contreras Espinosa, F. & L. M. Zavalegui, 1988. Aprovechamiento del litoral mexicano. CECODES-SEPESCA, México, 128 p.

Contreras Espinosa, F., 1991. Hidrología y nutrientes en lagunas costeras, En: M.G. Figueroa Torres, C. Álvarez Silva, A. Esquivel Herrera &M.E. Ponce Márquez (Ed.). Fisicoquímica y biología de las lagunas costeras mexicanas, Series Grandes Temas de la Hidrobiología. UAM. México, 16-24 pp.

Contreras, E. F. 1985. Ecosistemas costeros mexicanos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México, 415 p.

Contreras, E.F, O. L. Castañeda, R. Torres-Alvarado & F. Gutiérrez. 1996. Nutrientes en 39 lagunas costeras mexicanas. Revista de Biología Tropical 44(2):417-425.

Contreras-Espinosa, F., Castañeda- López, O., García-Nagaya, A. 1994. La clorofila a como base para un índice trófico en lagunas costeras mexicanas. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. pp 17.

Crump, L. M. y N. J. Scott. 2001. Relevantamientos por encuentros visuales. En: Heyer, W. R., M. A. Donnelly, R. W. McDiarmid, L. C. Hayek, y M. S. Foster, Medición y monitoreo de la diversidad biológica: Métodos estandarizados para Anfibios. Universidad Nacional de la Patagonia. Smithsonia Institution Press. España: 79-87.

Cruz Gerón J.A, Pérez Campos J.A. 2009. Cap. 5 Temas Estratégicos - III.5.d Ordenamiento del Desarrollo Urbano. En: Plan Hídrico Integral de Tabasco, Segunda Fase para Integración. CONAGUA/ Coordinación de Hidráulica. México.

Cultura ambiental biocultural y vulnerabilidad ante el cambio climático, SEMARNAT, ISBN: 978-607-606-093-3, 2012.

Cultura ambiental biocultural y vulnerabilidad ante el cambio climático, SEMARNAT, ISBN: 978-607-606-093-3, 2012.

De la Lanza Espino G. & C. Cáceres Martínez. 1994. Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México. 221-245

De La Lanza, G., 1991. Oceanografía de los mares mexicanos. AGT Editor, S.A., 1ra Ed. México, 569 pp.

De la Lanza-Espino G. y Gómez-Rojas J. C. 2004. Características Físicas y Químicas del Golfo de México. Caso, M., Pisanty, I., y Ezcurra, E. Compiladores. Diagnóstico Ambiental del Golfo de México Vol 2. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Instituto de Ecología, A.C. y Harte Reserach Institute for Gulf of Mexico Studies. 2004.

Documentation for the Final 2002 Nonpoint Sector (Feb 06 version) National Emission Inventory for Criteria and Hazardous Air Pollutants. Prepared for: Emissions Inventory and Analysis Group (C339-02) Air Quality Assessment Division Office of Air Quality Planning and Standards, United States Environmental Protection Agency. July 2006. EPA 2006.

Domínguez-Domínguez, M., Zavala-Cruz, J., & Martínez-Zurimendi, P. (2011). Manejo forestal sustentable de los manglares de Tabasco. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental. Colegio de Postgraduados. Villahermosa, Tabasco, México.

Durán Valdez Gerardo (2010), Análisis del peligro por marea de tormenta en el Golfo deMéxico, Tesis UNAM

El Proceso de Adaptación al Cambio Climático propuesto por el INECC, López, J. INECC, Coordinación General de Adaptación al Cambio Climático, 2016.

Elías, D.J., Valencia, D. (1984). La agricultura latinoamericana y los vertebrados plaga. Interciencia, 9: 223-229.

Emanuel Kerry, Ravela Sai, Vivant Emmanuel, y Risi Camille (2005), A Statistical Deterministic Approach To Hurricane Risk Assessment, American Meteorological Society, DOI:10.1175/BAMS-87-3-299.

Emmons, L. H. (1997). Neotropical rain forest mammals: a field guide. Second edition. University of Chicago Press, Chicago.

ENI. 2016. Manifestación de Impacto Ambiental en la modalidad regional (MIA-R): Área Contractual 1.

Enríquez-Cisneros., V. E. (2004). Propuesta de un sistema de monitoreo de especies indicadoras: anfibios y reptiles en sector los andes del complejo los volcanes, Departamento de santa Ana, El salvador. Tesis de licenciatura. Facultad de ciencias naturales y matemática. Escuela de biología. Universidad de el Salvador, Centroamérica.

EPA (2011). Emission Estimation Protocol for Petroleum Refineries. Office of Air Quality Planning and Standards U.S.

Espinoza,C.I., 2008, Indicadores someros de hidratos de metano en la provincia de domos salinos de Campeche, Golfo de México. 70 págs., Tesis de Licenciatura. Instituto Politécnico Nacional, ESIA, (inedito).

Experiencia sobre Cambio Climático en Tabasco, Piña O., Secretaria de Salud – COFEPRIS, 2015.

Fagan, J., & Komar, O. (2016). Peterson field guide to birds of northern Central America. Houghton Mifflin Harcourt.

Faizalhakim, AS, Nurhidayu, S, Norizah, K. (2017). SCS-Curve Number in Tropics: A Review. Pertanika Journal of Scholarly Research Reviews http://www.pjsrr.upm.edu.my/. PJSRR (2017) 3(2): 73-96

Finlayson-Pitts, B. Pitts jr., Atmospheric Chemistry: Fundamental and experimental techniques. Edit. John Wiley & Sons, New York, 1986.

Flores-Verdugo, F., F. González-Farías y U. Zaragoza-Araujo. 1998. Ecological parameters of the mangroves of semi-arid regions of Mexico: Importance for ecosystem management, en H. Leith y A. Al-Masoom (eds.), Towards the rational use of high salinity tolerant plants. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 123-132.

Flores-Villela, O. y L. Canseco-Márquez. (2004). Nuevas Especies y Cambios Taxonómicos para la Herpetofauna de México. Act. Zoo. Mex. 20: 115-144.

Flores-Villela, O., Mendoza, F. y G. González. (1995). Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México. Ciencia. 285 p.

Foster, B.R., Hernández, N.C., Kakudidi, E.K., Burnham R.J. (1995). Un método de transectos variables para la evaluación rápida de comunidades de plantas en los trópicos. Manuscrito no publicado. Chicago: Environmental and Conservation Programs, Field Museum of Natural History; and Washington, D. C.: Conservation Biology, Conservation International.

Frost, D. R. (2009). Amphibian Species of the World: an Online Reference.

Galaviz Solís, J. A. 1980. Morfología y sedimentos recientes del sistema lagunar El Carmen-La Machona, Tabasco, México. Tesis de Licenciatura para obtener el grado de Ing. Geólogo, UNAM, México, D.F.

Galaviz, A.S.A., Lorea, Ch. B.J., Herrera, L.O., 2016, Investigación sobre peligro y riesgo sísmico, CENAPRED, Dirección de Investigación-Subdirección de Riesgos Sísmicos, 113 págs. México

Galloway, W.E., Ganey-Curry P.E., Li, X, Buffler, R.T., 2000, Cenozoic Depositional History of the Gulf of Mexico Basin, AAPG Bulletin, V. 84, No. 11, pp. 1743–1774.

Gamboa–Rodríguez M.T., Gamboa–Aldeco R., Abreu–Sherrer J.S., Bravo–Alvarez H. and Sosa–Echeverria R. (2004). Polynuclear Aromatic Hydrocarbons in the Air of an Oil Extraction Region in the South of México. In: Proceedings of the 97th Annual Conference of the Air & Waste Management Association, Indianapolis, IN, Paper No. 470.

García E. (1988). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México, México: Larios.

García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen. (5a. ed.). México: Instituto de Geografía - UNAM.

García-Cubas et al 1990. Moluscos de la Laguna Mecoacán, Tabasco, México; No. 671 en Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM- CU, México

García-Cubas A., 1981. Moluscos de un Sistema Lagunar Tropical en el Sur del Golfo de México (Laguna de Términos, Campeche) Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, Publ. Esp. 5: 1-182.

GET/ SERNAPAM. 2011. Programa de Acción Ante el Cambio Climático del Estado de Tabasco (PACCT). Segunda parte, Vulnerabilidad. Gobierno del Estado de Tabasco. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental, Instituto Nacional de Ecología, ECOSUR. México.

Gifford, CA (1962). Algunas observaciones sobre la biología general del cangrejo terrestre, Cardisoma guanhumi (Latreille), en el sur de Florida. El Boletín Biológico, 123 (1), 207-223.

Gobierno del Estado de Tabasco, 2015, Programa Estatal de Ordenamiento Ecológico 2013-2018. Tabasco, Mx. 88pp

Gobierno del Estado de Tabasco. (2018). Gobierno del Estado de Tabasco. Recuperado el 01 de 04 de 2019, de https://tabasco.gob.mx/regiones-de-tabasco

Gobierno Estado de Tabasco. (30 de abril de 2007). Plan Municipal de Desarrollo 2007-2009 Paraíso, Tabasco. (D. d. Tabasco, Ed.) "Periódico Oficial" Organo de Difusión Oficial del Gobierno Constitucional del Estado Libre y Soberano de Tabasco, 6(22487), págs. 9 -14. Recuperado el 10 de abril de 2019, de http://periodicos.tabasco.gob.mx/media/2007/278.pdf

González Pérez B. et al, 2017 Estimación de escurrimientos mediante simulación numérica de la salinidad en lagunas costeras, trabajo presentado en el XXII Congreso Nacional de Hidráulica, Acapulco, Guerrero, México, Marzo 2017.

González-Christen, A. (2010). Los mamíferos de Veracruz -Guía ilustrada-. Ed. La ciencia en Veracruz, México. 191 p.

González-Valdivia, N.A., Ochoa-Gaona., Arriaga-Weiss., S.L., Ferguson., B.G., Kampichler, C., Pozo, C. (2012). Ensambles de aves diurnas a través de un gradiente de perturbación en un paisaje cultural en el Sureste de México. Acta Zoológica Mexicana, 28: 237-269.

Guía práctica para elaborar un programa estatal de acción ante el cambio climático, Latin America Regional Climate Initiative (LARCI), Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CEMDA) y Acción Social Climática A.C. (ASC), 2016.

Guía práctica para elaborar un programa estatal de acción ante el cambio climático, Latin America Regional Climate Initiative (LARCI), Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CEMDA) y Acción Social Climática A.C. (ASC), 2016.

Gurrutxaga-San Vicente, M. y P. J. Lozano-Valencia. 2010. Causas de los procesos territoriales de fragmentación de hábitats. Lurraide: Invest. Espac. (3):147-158.

Gutierrez Quijada Sergio Valente (2018), Análisis De La Marea De Tormenta En Registros Mareográficos, Asociada A Huracanes En Las Costas Del Golfo De México, Periodo 1950-2010, Tesis UNAM

Gutiérrez-Vivanco, J. 2010. Variación espacio-temporal de los parámetros físico-químicos, clorofila-a y nutrientes en la Laguna de Tampamachoco-Veracruz (Golfo de México Occidental). Tesis maestría en manejo de ecosistemas marinos y costeros. Universidad Veracruzana. p. 97.

H. Ayuntamiento de Paraiso Tabasco. (2005). MIA Dragado y Desasolve del Cause del Río Seco en la Ciudad de Paraíso, Tabasco. Recuperado el 4 de Abril de 2019, de sinat.semarnat.gob.mx: http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/tab/estudios/2005/27TA2005HD003.pdf

Hammer, Harper, DA, y Ryan, PD (2001). PASADO: paquete de software de estadísticas paleontológicas para educación y análisis de datos. Palaeontologia electrónica, 4(1), 9.Howell, SN, y Webb, S. (1995). Una guía para las aves de México y norte de Centroamérica. Prensa de la Universidad de Oxford.

Henry, JG y Heinke GW , 1999. Ingeniería ambiental. 2 Ed.. Prentice. p. 166.

Hernandez-Guzmán, J. (2010). La comunidad herpetofaunística y las actividades antrópicas en dos biotopos de Nacajuca, SE México. Bol. Asoc. Herpetol. Esp. 115-121.

Hernández-Guzmán, Rafael, Ruiz-Luna, Arturo and Berlanga-Robles, César Alejandro (2008) Assessment of runoff response to landscape changes in the San Pedro subbasin (Nayarit, Mexico) using remote sensing data and GIS',Journal of Environmental Science and Health, Part A,43:12,1471 — 1482

Herrera-Silveira, J. A., N. Aranda-Cirerol, l. Troccoli-Ghinaglia, F.A. Comín Sebastián y C. Madden. 2004. Eutrofización Costera en la Península de Yucatán. pp. 823-850, in M. Casso, I. Pisanty & E. Escurra (Cmps.): Diagnóstico Ambiental del Golfo de México. Vol.2, SEMARNAT, INE, Inst de Ecología, A.C., Harte Research Inst. for Gulf of Mexico Studies. HERRERA-SILVEIRA, J. A.

Hervouet, JM, 2003 Hydrodynamique des écoulements à surface libre: Modélisation numérique avec la méthode des éléments finis. Press Ponts et Chaussees, France

Howard, W.E. (1983). Aspectos ecológicos del control de plagas vertebrados. Symposium: Zoología Económica y vertebrados como plagas de la agricultura. IX Congreso Latinoamericano de Zoología. Arequipa, Perú.

Howell, S. N. G. y S. Webb. (1995). A guide to the birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press. United Kingdom.

Ibanes de Novion H.P.(2008)Servicios Ambientales. Tierras Indígenas, Septiembre https://pib.socioambiental.org/es/Servicios_ambientales

IMP (2004). Evaluación de los efectos de las actividades petroleras costa afuera e instalaciones costeras asociadas en el ambiente marino de la Sonda de Campeche - Fase II. Instituto Mexicano del Petróleo, Proyecto F.50409.

IMP, Battelle, UNAM, UAM, 2002. Evaluación de Riesgo Ecológico e Impacto de las Operaciones Industriales (Análisis General). Marzo del 2002. 256 p.

IMP-PEMEX-IMTA, 1997. Estudio de clasificación del Río Coatzacoalcos, Ver. GESIPA-PEMEX-PETROQUÍMICA & CNA. p. 238 México.

Improvement of Specific Emission Factors (BACM Project No. 1). Midwest Research Institute (MRI). Prepared for the California South Coast Air Quality Management District, 1996.

Improvement of Specific Emission Factors (BACM Project No. 1). Midwest Research Institute (MRI). Prepared for the California South Coast Air Quality Management District, 1996.

Índice de vulnerabilidad costera del litoral tabasqueño, México, Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, Núñez, J., Ramos, R., UNAM ISSN 2448-7279, núm. 91, pp. 70-85, 2016.

Índice de vulnerabilidad costera del litoral tabasqueño, México, Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, Núñez, J., Ramos, R., UNAM ISSN 2448-7279, núm. 91, pp. 70-85, 2016.

INECC. (2002). La cuenca de los ríos Grijalva y Usumacinta. Recuperado el 10 de Abril de 2019, de inecc.gob.mx: http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/402/cuencas.html

INEGI, 2017c.Anuario estadístico y geográfico de Tabasco 2017, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.- México.

INEGI. (1983). Carta Hidrológica de Aguas Superficiales 1:250 000 Frontera E15-5. Recuperado el 10 de abril de 2019, de Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI): http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/geografia/tematicas/Hidro_super_hist/1_250_000/702825683207.pdf

INEGI. (2001). (INEGI, Ed.) Recuperado el 21 de Marzo de 2019, de Síntesis de Información geográfica del estado de Tabasco: Síntesis de Información geográfica del estado de Tabaschttp://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825223939/702825223939_6.pdf

INEGI. (2005). Guía para la Interpretación de Cartografía Climatológica. Recuperado el 29 de Marzo de 2019, de internet.contenidos.inegi.org.mx: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod

_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/geografia/publicaciones/guias-carto/clima/CLIMATIII.pdf

INEGI. (2005a). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Recuperado el 13 de abril de 2019, de Paraíso, Tabasco Clave geoestadística 27014: http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/27/27014.pdf

INEGI. (2010) Compendio de información geográfica municipal 2010 Paraíso.

INEGI. (2011). mapserver.inegi.org. Recuperado el 22 de Marzo de 2011, de Tabasco. Información geográfica. Mapa de climas.: http://mapserver.inegi.org.mx/geografia/espanol/estados/tab/clim.cfm?c=444&e=29

INEGI. 2015. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Paraíso, Tabasco. Clave geoestadística 27014. Uso del Suelo y Vegetación Serie III Escala 1:250 000 en 2005.

Informe del Programa de Fortalecimiento y Capacitación en los Municipios en relación a Capacidades y Acciones de Adaptación ante el Cambio Climático y Vulnerabilidad en Tabasco, ECOSUR, 2015.

Informe del Programa de Fortalecimiento y Capacitación en los Municipios en relación a Capacidades y Acciones de Adaptación ante el Cambio Climático y Vulnerabilidad en Tabasco, ECOSUR, 2015.

Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), 2001. Proyecto “Evaluación de los efectos de las actividades petroleras Costa Afuera e Instalaciones Costeras Asociadas en el ambiente marino de la Sonda de Campeche, México”, Sección C-8 " Análisis Espacial y Temporal de las poblaciones más Relevantes de Plancton, Necton y Bentos, incluyendo Listados de especies e Índices Ecológicos". Sin publicar, Contrato Específico RMNE-GSIPA-IMP 001/2001.

Instituto Mexicano del Petróleo, 2016. D.61047: LÍNEA BASE AMBIENTAL REGIONAL DE CAMPOS DE AGUAS SOMERAS DE LA RONDA 1. Proyecto de investigación IMP.

Instituto Nacional de Ecología, ISBN 978-968-817-928-4, 2009.

Instituto Nacional de Ecología, ISBN 978-968-817-928-4, 2009.

IPCC (1996) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual.

J. R. Holton (2004). An Introduction to Dynamic Meteorology. Elsevier Academic Press, FOURTH EDITION.

J. Seinfeld and S. Pandis (2006). ATMOSPHERIC CHEMISTRY AND PHYSICS: From Air Pollution to Climate Change. John Wiley & Sons. 2a edition.

Jardel, E.J., Saldaña A. A., Barreiro G. M. 1987. Contribución al Conocimiento de la Ecología de los Manglares de la Laguna de Términos, Campeche, México. Revista Ciencias Marinas No. 3.

Kaufman, K. (2005).Kaufman Field Guide to Birds of North America. Houghton Mifflin Harcourt.

Kaufman, K. (2007). Guía de campo a las aves de Norteamérica. Houghton Mifflin.

Köhler, G. (2003). Reptiles de Centroamérica. Editorial Herpeton Verlag. Offenbach, Alemania. 367 pp.

La cuenca del río Usumacinta desde la perspectiva del cambio climático, Denise Soares y Antonino García, IMTA, ISBN 978-607-9368-81-4, 2017.

La cuenca del río Usumacinta desde la perspectiva del cambio climático, Denise Soares y Antonino García, IMTA, ISBN 978-607-9368-81-4, 2017.

Labrada Montalvo Patricia (2016). Modelación lluvia-escurrimiento de parámetros distribuidos para la cuenca Chicoasén. Tesis de la facultad de Ingeniería UNAM.

Las áreas naturales protegidas y su papel en la conservación de los murciélagos del estado de Tabasco, México, García, R., Gordillo, E., THERYA, Vol.5 (3): pp. 725-736, DOI: 10.12933/therya-14-217, 2014.

Las áreas naturales protegidas y su papel en la conservación de los murciélagos del estado de Tabasco, México, García, R., Gordillo, E., THERYA, Vol.5 (3): pp. 725-736, DOI: 10.12933/therya-14-217, 2014.

Lee, J. C. (1996). The amphibians and reptiles of the Yucatán Peninsula. Comstock Publishing Associates. United State of America. 499 p.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).

Licea S., R. Luna, P. Torres & C. Trejo, 1982, Eval. de los posibles efectos del derrame del Pozo Ixtoc I, sobre las comunidades del fitoplancton y la Prod. Primaria. Cuarto Informe Parcial. Com. y Prod. de fitoplancton en la reg. Occidental de la Sonda de Camp., durante la campaña Ocean. FBC-80-08., Programa coordinado de estudios ecológicos en la Sonda de Campeche, ICMyL, UNAM, Méx. D.F., México, 4, 16 p.

Lopez-Mondragón, S. (2014). Riqueza y diversidad de la herpetofauna en manglares con diferente grado de perturbación en el estado de Tabasco, México. DACBiol-UJAT. 88 PP.

MacDonald, D.; Scout, R.; Calder F.; Long, E.; & Ingersoll, C. 1996. Development and evaluation of sediment quality guidelines for Florida coastal waters. Ecotoxicology. 5: 253-278.

Magaña Alejandro, M.A. 2010. Vegetación y Flora del Municipio de Paraíso. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 164p

Magaña, A. 2010. Vegetación y Flora del Municipio de Paraíso. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Colección José N. Rovirosa, Biodiversidad, Desarrollo Sustentable y Trópico Húmedo. Villahermosa, Tabasco. México. 163 pp

Magaña-Alejandro, M.A. (2010). Vegetación y flora del municipio de Paraíso. Colección Jose N. Rovirosa, Biodiversidad, Desarrollo Sustentable y Trópico Húmedo. Villahermosa, Tabasco. 164 p.

Magurran, AE (1989). La diversidad ecológica y su medida. Prensa de la universidad de Princeton.

Mandujano, F. (1998). Teoría del muestreo: particularidades del diseño muestral en estudios de la conducta social. REMA, 3(1), 1-15.

Maza. (1997). Maza A. (1997) Cuenca Grijalva-Usumacinta Estudio de Gran Visión para las Obras de Protección de la Planicie. Elaborado para la Subdirección General de Construcción, Gerencia Regional Sur, CONAGUA, y Subdirección Técnica, Gerencia de Estudios de Ingeniería. México: CONAGUA.

Méndez-Ortiz, B.A., 2007. "Geoquímica E Isotopía De Aguas De Formación (Salmueras Petroleras) De Campos Mesozoicos De La Cuenca Del Sureste De México: Implicación en su Origen, Evolución e Interacción Agua Roca en Yacimientos Petroleros". Tesis Maestria Centro de Geociencias Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM.

Mendoza, C.,M., Ortiz, P.M.A., 2000, Caracterización geomorfológica del talud y la plataforma continentales de Campeche-Yucatán, México, Revista de Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, Núm. 43, pp. 7-31

Mendoza, C.M. 2006. Análisis de la concentración de aromáticos y alifáticos en sedimentos superficiales en la laguna de Mecoacán, Tabasco México. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Química. Facultad de Química. UNAM. México.

Meza Padilla JR, 2015. Estimación de marea de Tormenta y Oleaje inducidos por ciclones tropicales en mares mexicanos. Tesis UNAM

Millán-Núñez, R. y S. Alvarez Borrego. 1978. Series de tiempo de clorofilas a, b y c y sus feofitinas en las bocas de dos lagunas costeras. Ciencias Marinas (Mex), Vol. 5 (2): 41-52.

Moreno, C.E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, Vol, 1. Zaragoza, 84 p.

NMX-AA-120-SCFI-2016. Que establece los requisitos y especificaciones de sustentabilidad de calidad de playas. Secretaría de Economía.

NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental a especies de flora y fauna silvestres de México, categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo.

NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. DOF, 2010, México.

NOM-117-SEMARNAT-2007. Que establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse durante la instalación, mantenimiento mayor y abandono, de sistemas de conducción de

hidrocarburos y petroquímicos en estado líquido y gaseoso por ducto, que se realicen en derechos de vía existentes, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales.

NRF-030-PEMEX-2009. Diseño, construcción, inspección y mantenimiento de ductos terrestres para transporte y recolección de hidrocarburos.

Ojasti, J. (2000). Manejo de fauna silvestre neotropical. Ed. Dallweier, Francisco, Smithsonian Instituition, UNESCO, U.S.A. 209 p.

Orians, G. H. 1969. On the Evolution of Mating Systems in Birds and Mammals. The American Naturalist. The University of Chicago Press for The American Society of Naturalists. 103 (934):589-603.

Ortiz-Pulido R., Gómez de Silva H., González-García F., Álvarez A. (1995). Avifauna del Centro de Investigaciones Costeras La Mancha, Veracruz, México. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie), (66), 87-118.

Oviedo- Pérez, A. E., 1996. Evolución neógena de las cuencas Terciarias del Sureste. Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, p. 91.

Páez-Osuna F., M. Fong-Lee, H. Fernández, R. Lozano y G. Villaseñor 1986. Heavy metals and mineralogy in sediments cores from a tropical coastal lagoons, México, Indian, J. Mar. Sci. 13: 153-158.

Palma López, D. J., Moreno Cáliz, E., Rincón Ramírez, J. A., & Shirma Torres, E. D. (2008). Degradación y Conservación de los suelos del Estado de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México: COLEGIO DE POSTGRADUADOS-CAMPUS TABASCO, CONACYT, CCYTET. doi: 978 968 839 611 7

Palma-López D. J., J. Cisneros D., E. Moreno C. y J.A. Rincón-Ramirez. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-Fundación Produce Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México.

Palma-López D. J., J. Cisneros D., E. Moreno C. y J.A. Rincón-Ramirez. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-Fundación Produce Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. 199 pp.

Palma-López D. J., R. Jiménez Ramírez, J. Zavala-Cruz, F. Bautista-Zúñiga, F. Gavi Reyes y D. Y. Palma-Cancino. 2017. Actualización de la clasificación

de suelos de Tabasco, México. Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 12. pp: 29-35.

Pemex Exploración – Producción, 2010, Provincia Petrolera Golfo de Mexico Profundo, ed. Subdirección Técnica de Exploración ver 1.0, 26 págs. (inédito).

PEMEX Exploración y Producción. (2018). Monitoreo de las Condiciones Ambientales y Seguimiento, Evaluación y Validación del Cumplimiento de Términos y Condicionantes del Proyecto Regional "Desarrollo de Actividades Petroleras del Proyecto Guadalupe - Puerto Ceiba". México.

PEMEX Exploración y Producción. (30 de Diciembre de 2015). Manifiesto de Impacto Ambiental Construcción de un Difusor Marino 32" de Ø X 4*864 km para Descarga de Aguas Residuales Tratadas, Provenientes del Sistema de Deshidratación y Acondicionamiento de los Hidrocarburos que Arriban a la Terminal Marítima Dos B. Recuperado el 28 de Marzo de 2019, de gobmex/repositorio: http://104.209.210.233/gobmx/repositorio/LFTAIP_A73/FI/d/A_09_MPA0147_04_16_DGGEERC.pdf

PEMEX Exploración y Producción. (5 de Diciembre de 2006). Manifestación de Impacto Ambiental - Regional Desarrollo de Actividades Petroleras del Proyecto Guadalupe-Puerto Ceiba. Recuperado el 27 de Marzo de 2019, de Sinat.semarnat.gob.mx: http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/tab/resolutivos/2006/27TA2006X0038.pdf

PEMEX. (7 de Diciembre de 2018b). Consejo de Administración de Petróleos Mexicanos: Sesión 934 Extraordinaria. Recuperado el 3 de Marzo de 2019, de pemex.com: http://www.pemex.com/acerca/gobierno-corporativo/consejo/Documents/acuerdos_2018/sesion_934_ext.pdf

PEMEX. (9 de Diciembre de 2018a). Con Plan Nacional de Refinación, México alcanzará soberanía energética: Romero Oropeza. Recuperado el 3 de Marzo de 2019, de pemex.com-boletines_nacionales: http://www.pemex.com/saladeprensa/boletines_nacionales/Paginas/2018-093-nacional.aspx

PEMEX-Exploración-Producción. (3 de Abril de 2011). Manifestación de impacto ambiental, particular proyecto adecuación y nivelación del predio CODEZPET, para el desarrollo de infraestructura del Hospital General Paraíso Tab. Obtenido de sinat-semarnat.gob.mx: http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/tab/estudios/2011/27TA2011F0011.pdf

Pennington, T.D. y J. Sarukhán. (2005). Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. Fondo de cultura económica. 523 p.

Peterson, R. T. y E. L. Chalif. 2008. Aves de México. Guía de campo. 1a. ed. Editorial Diana, México, D. F. 473 pp.

Peterson, R.T. y E. L. Chalif. (1989). Aves de México. Diana. México, D. F. 473 p.

Pindell, J.R.,and Kennan, L., 2009, Tectonic evolution of the Gulf of Mexico, Caribbean and northern South America in the mantle reference frame: an update, Special Publications, The Geological Society of London, Vol 328, pp.1–55.

Políticas Públicas y Cambio Climático en el Estado de Tabasco, Lilly Gama, Laboratorio de Ecología del Paisaje y Cambio Global Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Subsecretaría de Fomento a la Política Ambiental Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental, 2017.

Políticas Públicas y Cambio Climático en el Estado de Tabasco, Lilly Gama, Laboratorio de Ecología del Paisaje y Cambio Global Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Subsecretaría de Fomento a la Política Ambiental Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental, 2017.

Priego A., Bocco G., Mendoza M., Garrido A. Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades del paisaje – Fundamentos y Métodos. Dentro de Serie de Planeación Territorial. Semarnat Instituto de Ecología. CIGA UNAM. México DF 2010.

Priego A., Bocco G., Mendoza M., Garrido A. Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades del paisaje – Fundamentos y

Métodos. Dentro de Serie de Planeación Territorial. Semarnat Instituto de Ecología. CIGA UNAM. México DF 2010.

Procedures Document for National Emissions Inventory, Criteria Air Pollutants, 1985-1999. EPA-454/R-01-006. Office of Air Quality Planning and Standards, United States Environmental Protection Agency. March 2001.

Procedures Document for National Emissions Inventory, Criteria Air Pollutants, 1985-1999. EPA-454/R-01-006. Office of Air Quality Planning and Standards, United States Environmental Protection Agency. March 2001.

Proceso de adaptación al cambio climático, Rodriguez A., Coordinación General de Adaptación al Cambio Climático, INECC, 2017.

Proceso de adaptación al cambio climático, Rodriguez A., Coordinación General de Adaptación al Cambio Climático, INECC, 2017.

Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Tabasco, Secretaria de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco, Octubre de 2011.

Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Tabasco, Secretaria de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco, Octubre de 2011.

Programa estatal de ordenamiento ecológico 2013-2018, Gobierno del Estado de Tabasco, Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental, Programa Sectorial de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental 2013- 2018, 2015.

Programa estatal de ordenamiento ecológico 2013-2018, Gobierno del Estado de Tabasco, Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental, Programa Sectorial de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental 2013- 2018, 2015.

Propuesta de líneas de acción de Tabasco ante el Cambio Climático, Carbajal, J., Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Básicas, 2016.

Propuesta de líneas de acción de Tabasco ante el Cambio Climático, Carbajal, J., Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Básicas, 2016.

Proyecto humedales: un caso de éxito para replicar como medida de adaptación, INECC- Banco Mundial, 2016.

Proyecto humedales: un caso de éxito para replicar como medida de adaptación, INECC- Banco Mundial, 2016.

Psuty, N. P., The geomorphology of beach ridges in Tabasco, México. Louisiana State Univ. Coastal Studies Inst. Tech.,1966.1-21.30

Psuty, N. P., The geomorphology of beach ridges in Tabasco, México. Louisiana State Univ. Coastal Studies Inst. Tech.,1966.1-21.30Aguayo, C.J.E., 2005 Neotectónica y facies sedimentarias cuaternarias en el suroeste del Golfo de México, dentro del marco tectono-estratigráfico regional evolutivo del Sur de México, Rev. de Ingeniería Investigación y Tecnología, Vol. VI, No. 1, pp. 19-45.

QGIS Development Team (2018). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. http://qgis.osgeo.org.

Quantification of ship emissions, Final Report, ENTEC, 2002.

Quantification of ship emissions, Final Report, ENTEC, 2002.

Ralph, C. John; Geupel, Geoffrey R.; Pyle, Peter; Martin, Thomas E.; DeSante, David F; Milá, Borja (1996) Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-159. Albany,CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture,46 p.

Ramos-Ortega, L. M.; Vida, L., Vilardy, Q. S., L. Saavedra-Díaz. 2008. Análisis de la contaminación microbiológica (Coliformes Totales y Fecales) en la Bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano. Acta Biol. Colom, 13(3):87-98.

Reid, F. (1997). Una guía de campo para los mamíferos de América Central y el sureste de México. Prensa de la Universidad de Oxford.

Reid, F. (2009). Mammals of Central America & Southeast México. Ed. Oxford, Impreso en EU. 346 p.

Rodriguez Rincón JP, 2011. Evaluación de los procesos costeros hidrodinámicos en la Laguna de Mecoacán, Tabasco. Tesis UNAM

Rodríguez-Velázquez, J., Sinaca Colín, P. y G. Jamangapé-García. (2009). Frutos y semillas de árboles tropicales de México. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 119 p.

Rosales D.M.C; 1999, La Cuenca Salina del Istmo, Comalcalco. Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros. Publicación especial N°2, p. 177-259.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México. 502pp

Salas, P. G., López, R. E., (1951). Boletín de la AMGP, Volumen III, Números 1 y 2, pp. 3-56. Geología y tectónica de la Región de Macuspana, Tabasco y parte Norte de Chiapas.

Sánchez de la Cruz, J. (2013). Análisis comparativo de la herpetofauna de dos sitios perturbados en las llanuras costeras de Tabascos. DACBiol-UJAT. 52pp.

Sánchez, A.J., y E. Barba. 2005. Biodiversidad de Tabasco. Cap 1: 1-16 En: Biodiversidad del Estado de Tabasco (Bueno. J., F. Álvarez, y S. Santiago eds.). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México. [Links] UNAM_CONABIO ISBN 970-9000- 26-8.

Santos, T. y J. L. Tellería. (2006). Pérdida de fragmentación del hábitat: efectos sobre la conservación de las especies. Ecosistemas 15(2):3-12.

Schlumberger, E. (20 de Abril de 2010). Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular, para la Operación del Proyecto Almacén OFS y Área de Tanques en Dos Bocas, Paraíso Tabasco. Obtenido de Sinat.semarnat.gob.mx: http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/tab/estudios/2010/27TA2010HD017.pdf

Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), 1990. Gaceta Ecológica Vol. II, No. 6, enero 1990, 63 pp.

SEMARNAT y Colegio de Postgraduados. (2002). Evaluación de la degradación de la tierra causada por el hombre en la República Mexicana escala 1:250,000. Montecillo: SEMARNAT.

SEMARNAT. (14 de Septiembre de 2007). Resolutivo sobre la MIA-R Desarrollo de Actividades Petroleras del Proyecto Guadalupe-Puerto Ceiba. Recuperado el 27 de Marzo de 2010, de Sinat.semarnat.gob.mx Resolutivo S.G.P.A./DGIRA/DG/2129/07: http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/tab/resolutivos/2006/27TA2006X0038.pdf

SEMARNAT. (2016). Calendario de épocas hábiles 2015-2016, por entidad federativa.

SEMARNAT. 1996. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT- 1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. p. 35.

Seoanez, C. M. 1995. Ecología Industrial. 1 ed. Mundi Prensa Edit. Madrid España. 522 pp.

Servicio Geológico Mexicano, 2004, Carta Geológico Minera, Frontera E15-5, 1:250 000, edit. Aguilera, M.M.A., Zárate, L.J., Barrios, R.F., Jiménez H.A.

SHCP. (04 de Septiembre de 2018). Zonas Económicas Especiales Corredor Tabasco Campeche. Recuperado el 03 de Marzo de 2019, de gob.mx: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/367164/3.1_Estudio_de_impacto_social_Tabasco_acrb.pdf

Sibley, D. (2000). Guide to birds. Ed. Knopf, New York, E.U. 544 p.

Sistemas agrícolas como refugio de herpetofauna en zonas de acreción-retroceso y erosión costera, en Tabasco, México, Pacheco, C., Valdez, J., AP, Agro-Productividad, pp. 74-79, 2015.

Sistemas agrícolas como refugio de herpetofauna en zonas de acreción-retroceso y erosión costera, en Tabasco, México, Pacheco, C., Valdez, J., AP, Agro-Productividad, pp. 74-79, 2015.

Sistemas Empresariales del Golfo S.R.L de C.V. (2018). Estudio de Daños Ambientales por Cambio de Uso de suelo en Terrenos Forestales. Mexico.

Soil Conservation Service (SCS) (1956, 1964, 1965, 1971, 1972, 1985, 1993). Hydrology, National Engineering Handbook, Supplement A, Section 4, Chapter 10, Soil Conservation Services, USDA, Washington, D.C.

Stein, A.F., Draxler, R.R, Rolph, G.D., Stunder, B.J.B., Cohen, M.D., and Ngan, F., (2015). NOAA's HYSPLIT atmospheric transport and dispersion modeling system. Bull. Amer. Meteor. Soc., (96), 2059-2077.

Tabasco durante el periodo 1961-2010, Rivera B., Armando l., Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, ISSN: 2007-0934, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias México, 2016.

Tabasco durante el periodo 1961-2010, Rivera B., Armando l., Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, ISSN: 2007-0934, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias México, 2016.

Trejo-Pérez, J.L. (2007). Avifauna de un cacaotal en el municipio de Teapa, Tabasco, México. J. Carib. Ornithol. 20: 35-39.

Tudela, f. (1992). La modernización forzada del trópico: el caso de Tabasco, proyecto integrado del Golfo. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados Instituto Politecnico Nacional, Federación Nacional de Estudios Avanzados, Instituto de las Naciones Unidas para el Desarrollo Social, Colegio de México A.C. México: Instituto Politecnico Nacional.

UJAT (Ed.). (s.f.). 2(26). Recuperado el 13 de abril de 2019, de www.google.com.

UJAT. (2007). Manifestación de Impacto Ambiental–Regional. Ampliacion del puerto de Dos bocas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas Coordinación de Vinculación y Servicios. PEMEX-Exploración y Producción.

UJAT. (2007). Manifestación de Impacto Ambiental–Regional. Desarrollo de actividades petroleras del proyecto Guadalupe – Puerto Ceiba. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas Coordinación de Vinculación y Servicios. PEMEX-Exploración y Producción.

UNAM, 1997a. Reporte del proyecto de Diagnóstico actual de la calidad ambiental de la zona costera del Golfo de México (Sonda de Campeche, zona

costera de Atasta, Dos Bocas y sistema lagunar de Tabasco), donde se localizan las plataformas petroleras y chapopoteras. (Campañas SGM1, SGM2 y SGM3), ICMyL, Universidad Nacional Autónoma de México.

UNAM. (2009). Ordenamiento del Desarrollo Humano. Segunda Fase para la integración del Plan Hídrico Integral de Tabasco. Realizado para la CONAGUA por el Instituto de Geofísica de la UNAM. En R. p. UNAM., SEgunda Fase Plan Hídrico Integral de Tabasco (págs. 667-716). México: Instituto de Geofísica. Recuperado el 22 de Marzo de 2019, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/111725/III.5.D.-ORDENAMIENTO_DEL_DESARROLLO_URBANO.pdf.

Valderrama-Landeros L. H., Rodríguez-Zúñiga M.T., Troche-Souza C., Velázquez-Salazar, S., Villeda-Chávez, E., Alcántara-Maya, J.A., Vázquez-Balderas B., Cruz-López M. I., Ressl R., 2017. Manglares de México: actualización y exploración de los datos del sistema de monitoreo 1970/1980–2015. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, 128 pp.

Valdez-Leal, J.D.D., C.J. Pacheco-Figueroa, E. Méndez-López, L.J. Rangel-Ruíz, E.J. Moguel-Ordoñez, S.L. Arriga-Weiss, E.E. Mata-Zayas, L.M. Gama-Campillo, E.J. Gordillo-Chávez, R. García-Morales y R.D.C. Luna-Ruíz. (2015) La comunidad de las aves en tres hábitats de la planicie de Tabasco, México. Agro Productividad. Pp. 69-73.

Van Belle, S. y A. Estrada (2005) Cambios demográficos en poblaciones de mamíferos como consecuencia de la fragmentación del hábitat. Universidad y Ciencia. Número especial II: 1-9.

Vázquez-Torres, M. (2007). Los árboles cultivados de Veracruz. Universidad Veracruzana. 275 p.

Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M., Umaña, A.M. (2004). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Colombia.

Vives, I. & Grimalt, O. J. 2002. Method for integrated analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons and organochlorine compounds in fish liver. Journal of Chromatography. B. 768: 247-254.

Vulnerabilidad y adaptación s los efectos del cambio climático en México, ISBN: 978-607-02-5568-7, UNAM, 2014.

Vulnerabilidad y adaptación s los efectos del cambio climático en México, ISBN: 978-607-02-5568-7, UNAM, 2014.

Wallace, R.B. (1999). Transectas lineales: Recomendaciones sobre diseño, práctica y análisis. Técnicas de Investigación para el Manejo de Fauna Silvestre: Un Manual del Curso Dictado con motivo del III Congreso Internacional sobre Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonía. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. BOLFOR Documento Técnico 82/1999, Santa Cruz.

Wang, Z., Yang, Ch., Fingas, M., Hollebone, B & J. Ryoung. 2002. Petroleum Biomarker fingerprinting for oil spill characterization and source identification. En: Wang, Z & S. Stout Eds. Oil Spill Environmental Forensics. Fingerprinting and source identification. Elsevier. Academic Press. UK. 554 p.

Yáñez-Arancibia, A., J. W. Day, R. R. Twilley y R. H. Day. 2014. Manglares; ecosistema centinela frente al cambio climático, Golfo de México. Madera y Bosques 20(3):39-75

Zannetti P., Air Pollution Modeling. Theories computational methods and available software, Edit. Computational Mechanics Publications, 1986.

Zavala Cruz, J., Jiménez Ramírez, R., Palma López, D. J., Bautista Zúñiga, F., & Gavi Reyes, F. (2016). PAISAJES GEOMORFOLÓGICOS: BASE PARA EL LEVANTAMIENTO DE SUELOS. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 3(8), 161-171. Recuperado el 12 de abril de 2019, de http://www.ciga.unam.mx/images/articulos/fbzuniga/643-5339-1-PB.pdf

Zimmerman, L. B. (2001). Transectos de Bandas Auditivas. En: Medición y monitoreo de la Diversidad Biológica: Métodos estandarizados para Anfibios. Universidad Nacional de la Patagonia. Smithsonia Institution Press. España: 87-93.