

**ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL Y PROPUESTA
DE RESTAURACIÓN INTEGRAL DE SITIO
AFECTADO POR EL DERRAME DE COPE
EN MANZANILLO COLIMA.**

1 RESUMEN EJECUTIVO

El día 23 de julio del 2016, se suscitó un accidente en un ducto operativo en la línea de descarga de 12” pulgadas de diámetro nominal (dentro del derecho de vía ferroviario a la altura del PK I-612) que derramo combustible denominado COPE (combustible pesado) operado por la empresa Intermodal México S.A. de C.V. (IMEX); presentando el lugar del accidente las coordenadas geográficas 19°01’55.28” Latitud Norte y 104°18’56.70 ” Longitud Oeste; Este ducto descarga a la Termoeléctrica General Manuel Álvarez propiedad de la Comisión Federal de Electricidad, en el ejido Campos, municipio de Manzanillo, Colima.

IMEX reporto que se derramo aproximadamente 140,000 L de COPE. El producto derramado siguió la pendiente natural del cauce pluvial que conecta con la laguna.

IMEX implemento como primera medida de urgente aplicación, el contener y recuperar el COPE, realizando las siguientes actividades:

- Construcción de diques de contención.
- Colocación de cordones oleofilicos en las zonas con mayor contenido de COPE.

- Recuperación de suelo impregnado con hidrocarburos.
- Limpieza y recuperación de producto libre en la zona de los mangles

El volumen de recuperación de COPE líquido y suelo impregnado con este hidrocarburo ha sido de 619,819 Kg; Los cuales fueron transportados a las siguientes empresas: Bienes Sustentables S.A. de C.V. e INLUBSA.

En el acuerdo de Inspección No. ASEA/USIVI/DGSIVTA/AC/AMB/00173-2016, En la medida correctiva No. 2, se asienta que deberá llevar a cabo y presentar ante esta Dirección General los estudio de caracterización del sitio contaminado, para estimar la magnitud y tipo de riesgos que conlleva dicha contaminación, así como para poder determinar el grado de afectación y/o impacto al ambiente a consecuencia del referido derrame. Para dar cumplimiento con la media anterior, las actividades de campo para la caracterización de la contaminación y en cumplimiento con la normatividad vigente, se realizó el muestreo inicial confirmatorio el día 13 de octubre del 2016, en presencia del inspector de la ASEA.

En el muestro inicial confirmatorio (MIC) se perforo 10 sondeos exploratorios (8 en la zona de estudio y dos testigos) hasta una profundidad de 1M. La determinación de evaluar hasta 1 M, se basó en las siguientes consideraciones:

Se observo la presencia de agua subterránea a una profundidad de 0.3 M en la punta norte.

En perforaciones previas, se observó que el suelo se encontraba saturado de producto libre, mezclado con agua.

A una profundidad promedio de 1M se encuentra una capa de arcilla, la cual esta sirviendo de tapón para que la contaminación no migre a estratos acuosos inferiores, que se encuentran en promedio a 3M, lo cual puede provocar una dispersión del contaminante con los vasos de Agua que rodean el área afectada.

Las actividades realizadas para la caracterización del sitio, se describen a continuación:

- **Levantamiento Florístico de la Zona Afectada y sus Áreas Adyacentes**

Se realizo un levantamiento de la flora remanente en la zona afectada, así como también un levantamiento florístico en las zonas aledañas, con la finalidad de recrear las condiciones del sitio previo al derrame. En esta actividad se realizo un examen físico de la especie Laguncularia racemosa (mangle blanco), con la finalidad de evaluar las condiciones de los 21 mangles que se encuentran afectados por la presencia del hidrocarburo fracción pesada (COPE).

- **Análisis Físicoquímico de la Rivera de la Laguna**

Por encontrarse el sitio de estudio en la zona de influencia de la Laguna de Cuyutlán, la cual aporta las condiciones hidrológicas a los mangles, se realizó el monitoreo de agua de la laguna Vaso I y del Dique 3 (que contiene agua y los mangles) los parámetros fisicoquímicos que se analizaron en campo son: pH, Oxígeno disuelto, salinidad, temperatura, cloro residual; en el laboratorio

Centro de Investigación Regional de Servicios Integrales para la Agricultura Protegida se analizaron 2 muestras compuestas (colectadas por un periodo de 24 h)

para los siguientes parámetros: Alcalinidad, Turbiedad, Materia Orgánica, CIC, SAAM, Sulfatos, Nitrógeno Amónico, Nitritos, Nitratos, Dureza total, Cloruros,

Cianuros; Sólidos totales disueltos; conductividad eléctrica, donde se evidenció que las condiciones de la zona afectada (Agua del dique del manglar) varían drásticamente con las condiciones de la laguna, siendo uno de los factores la conductividad eléctrica, teniéndose en la laguna un coeficiente de 45.9 ds/cm, contra 14.80 ds/cm del agua del dique; La salinidad es de 31 g/kg de la laguna a 80 g/kg del dique; El oxígeno disuelto de la laguna se monitoreó en un promedio de 6.2 mg/L y comparado con 1.4 mg/L del dique, estos parámetros nos dan la pauta para asumir que en la zona donde se encuentran los mangles el flujo de agua no es suficiente para mantener en buen estado el manglar.

- **Estudios Mediante Métodos Indirectos**

Estudio Geofísico

Por las características particulares del sitio y las propiedades del contaminante, se realizará un estudio geofísico para evaluar de forma indirecta la estratigrafía del sitio, así como la ubicación de la tubería de PEMEX que pasa por el polígono del área de muestreo, así como la distribución de las raíces del manglar.

En el caso del Levantamiento de GPR, la información se proceso para obtener el respectivo RADARGRAMA, utilizando parámetros adecuados para resaltar la información, relacionada con la estratigrafía, suelos impactados por hidrocarburos, y ubicación de infraestructura subterránea como ductos en el subsuelo. Por este método se implementaron 3 líneas de estudio: de 165 M,

69M y 114 M. La profundidad de barrido fue de 20M, 10M y 20M respectivamente.

La imagen de la TOMOGRAFIA GEOELECTRICA se presentó en términos de conductividad eléctrica, la cual ayudó a conocer las litologías presentes en el subsuelo, así como también aquellas áreas que presenten alteraciones en la conductividad o “zonas anómalas” asociadas a la presencia de hidrocarburos y también la ubicación y profundidad de las raíces de los mangles., para esta actividad se realizaron 4 líneas: 8 M, 9.5 M, 6.5 M y 10 M . La profundidad de barrido fue de 6 M para frecuencia de 700 MHz y de 3 M para la frecuencia de 250 MHz.

- **Ubicación de los Puntos de Muestreo**

Se procedió conjuntamente con personal de IMEX y la ASEA a localizar las áreas impactadas y subsecuentemente se ubicaron los puntos de muestreo propuestos en el programa de caracterización, ya en campo se implemento la modificación de algunos barrenos exploratorios con la finalidad de abarcar la pluma de la contaminación. Este muestreo fue realizado bajo el criterio de un muestreo dirigido.

- **Perforación y colección de Muestras de Suelo**

El muestreo de suelo fue realizado del laboratorio del GRUPO MICROANALISIS, S.A. DE C.V. quien cuenta con acreditación ante: EMA, PROFEPA EN LA RAMA RESIDUOS, Y CONAGUA EN LA RAMA DE AGUA, se colectaron 2 muestras por sondeo exploratorio y dos muestras duplicado. Las muestras fueron analizadas

por el laboratorio para Hidrocarburos Fracción Pesada, Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares, pH, adicionalmete se le solicito al laboratorio el análisis de 2 muestras para el Conteo Total de Microorganismos Aerobios (CTMA) y conductividad.

Las concentraciones de Hidrocarburos Fracción Pesada (HFP) de las dieciséis muestras del área afectada (8 sondeos exploratorios) y que fueron analizadas por el laboratorio por método NMX-AA-134-SCFI-2006 base seca en suelo, variaron de <500 mg//kg a 19,430.07 (FXE-PKI-617-S2-0.15M), localizado en el centro de la zona de mangles afectados con COPE.

De los dos sondeos que fueron identificados como testigos FXE-PKI-617-S9 y FXE-PKI-617-S10, laboratorio colecto cuatro muestras para ser analizadas por Hidrocarburos Fracción Pesada (HFP), Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares y pH.

Las muestras testigo analizada pa HFP fueron reportadas con concentraciones <500 mg/kg (Limite de detección inferior).

En base a los resultados de laboratorio, la afectación por el derrame de COPE es puntual, manteniéndose dentro del polígono evaluado inicialmente.

En el mismo contexto, los resultados de laboratorio del suelo de la zona afectada se encuentra contaminado por arriba de los límites permisibles por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, donde se menciona que para un sitio industrial y contaminante Hidrocarburos Fracción Pesada, la concentración máxima permisible es de 6000 mg/kg.

De los 8 sondeos exploratorios que se ubicaron en la zona afectada, dieciséis muestras de suelo fueron colectadas y analizadas por el laboratorio para Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (HAP's), con los siguientes parámetros específicos: como Benzo (a) pireno, Dibenzo (a,h) antraceno, Benzo (a) antreaceno, Benzo (b) fluoranteno, Benzo (k) fluoranteno e Indeno (1,2,3-cd) pireno, variaron de <0.023 a 3.887 mg/kg. La concentración más alta se presento en la muestra identificada como FXE-PK1-617-S2-0.15M, en el parámetro Benzo (a) antraceno. Las concentraciones reportadas por el laboratorio se encuentran por debajo de los límites permisibles para un sitio industrial de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

Las cuatro muestras de suelo identificadas como testigo fueron analizadas por el laboratorio para HAP's, con los siguientes parámetros específicos: Benzo (a) pireno, Dibenzo (a,h) antraceno, Benzo (a) antreaceno, Benzo (b) fluoranteno, Benzo (k) fluoranteno e Indeno (1,2,3-cd) pireno, variaron de <0.023 a <0.039 mg/kg (Límites inferiores de detección). Las concentraciones reportadas por el laboratorio se encuentran por debajo de los límites permisibles para un sitio industrial de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 para HAP's fracción pesada, por lo que se puede evaluar que estos compuestos se encuentran puntuales en la zona afectada y por debajo de los límites permisibles.

El pH de todas las muestras analizadas, reportado por el laboratorio vario de 7.50 a 9.23 UpH.

El resultado de las dos muestras (suelo de la rivera de lalaguna y suelo del área afectada) para el parámetro CTMA fue de 1500000 a 120000 respectivamente.

Para el factor agua se realizo el muestreo y análisis de cuatro muestras de agua para los siguientes parámetros HFP, HAP's y pH, reportando el laboratorio las siguientes concentraciones:

Las concentraciones de Hidrocarburos Fracción Pesada (HFP) de las cuatro muestras analizadas (dos muestras testigo y dos del área afectada) fueron reportadas <4.0 mg/ L (Limite bajo de detección).

Las cuatro muestras de agua también fueron analizadas por el laboratorio para HAP's, con los siguientes parámetros específicos: Benzo (a) pireno, Dibenzo (a,h) antraceno, Benzo (a) antreaceno, Benzo (b) fluoranteno, Benzo (k) fluoranteno e Indeno (1,2,3-cd) pireno, todas las muestras fueron reportada con valores <0.001 mg/L.

Con la finalidad de evaluar las condiciones nutrimentales del manglar, se realizo el análisis foliar practicado a 3 mangles representativos (2 individuos de la zona de manglar afectado, un mangle adulto y mangle juvenil y comparado con un individuo testigo, tomado del manglar sano), el potasio de los mangles afectados está muy elevado en comparación con el mangle testigo, reportándose los siguientes valores: 18912 mg/kg y 9374mg/kg

respectivamente versus al mangle testigo que presento una concentración de 6873 mg/kg.

Aun que el agua subterránea del sitio afectado es muy somera en promedio 0.40 M, y que esta agua no es utilizada para beber debido a su alto contenido de sales (aguas subterráneas salobre), forma parte del agua lagunar y fue considerada dentro del programa integral de restauración.

En base a la información del presente estudio y derivado de las características particulares del producto derramada (COPE), se propone retirar el suelo impregnado con producto libre y enviarlo a coprocesamiento a la planta de ECOLTEC ubicada en Tecomán, Colima; y al agua superficial remanente, el tratamiento propuesto es retirar con felpa hidrofóbica el producto que se encuentra flotando, ya que el producto derramado es insoluble en agua, más sin embargo se verificara que cumpla con las condiciones fisicoquímicas de la zona.

2.0 INTRODUCCION

El día 23 de julio del 2016, la empresa Intermodal México S.A. de C.V. (IMEX) tuvo un accidente en un ducto operativo en la línea de descarga de 12" pulgadas de diámetro nominal, ubicada en las coordenadas geográficas 19°01'55.28" Latitud Norte y 104°18'56.70" Longitud Oeste; la cual descarga a la termoeléctrica General Manuel Álvarez Moreno, propiedad de la Comisión Federal de Electricidad, ubicada en el ejido Campos, municipio de Manzanillo, Colima, donde se derramo combustible denominado COPE (combustible pesado); en la figura 1 se muestra la tubería que se encuentra instalada en el derecho de vía ferroviario y que sufrió el accidente.



Figura 1: Vista General de la parte de la tubería donde inicio el accidente

IMEX reportó que se derramó aproximadamente 140,000 L de COPE. El producto derramado siguió la pendiente natural del cauce pluvial que conecta con la laguna, sin llegar a dicha laguna.

IMEX implementó como medida de urgente aplicación para contener y recuperar el COPE las siguientes medidas:

- Construcción de diques de contención
- Colocación de cordones oleofílicos en las zonas con mayor contenido de combustóleo
- Recuperación de suelo impregnado con hidrocarburos.

Las actividades de urgente aplicación aun continúan en el área donde se encuentran los mangles.



Figura 2: Retiro de material saturado de COPE de la zona afectada



Figura 3: Recuperación de COPE por medio de utilización de Material oleofílico e hidrofóbico, en la zona de los mangles afectados.

Durante el desarrollo de la atención a la emergencia se presentaron dos fenómenos meteorológicos los cuales complicaron la ejecución de la atención a la emergencia, como se muestra en la figura 4 y 5.



Figura 4: Vista de diseminación del producto libre por fenómeno meteorológico.



Figura 5: Vista general de la afectación pluvial

El 13 de octubre del 2016 se realizó la perforación y colección de muestras de suelo y así como también se realizó la instalación de pozos de monitoreo para la colección de muestras de agua, y así poder realizar la Evaluación y dimensionamiento de la contaminación. El propósito de la caracterización de sitio es proporcionar la información necesaria para evaluar la contaminación remanente en el sitio afectado por la fuga de la línea de conducción de COPE.

Las actividades principales que comprende el alcance de este proyecto son:

- Estimar la localización y extensión de la contaminación remanente en el sitio por hidrocarburos fracción pesada en suelo.
- Estimar la presencia de Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares en el suelo.
- Estimar las condiciones agrónomo Edafológicas del suelo del sitio.
- Evaluar la condición de los mangles que se encuentran en la zona y elaborar una propuesta de recuperación.
- Elaborar un programa de restauración ecológico global aplicable al sitio.

La Preparación del Reporte de Evaluación del Sitio

En base a los resultados reportados por el laboratorio, muestreos de campo y observaciones en el sitio; conjuntamente con las características geológicas y geohidrológicas, se tratará de establecer los siguientes lineamientos siempre y cuando apliquen:

- El tipo y características del contaminante
- Áreas afectadas por el contaminante
- Criterios de limpieza aplicables.

- Características físico-biológicas del sitio.
- Programa de Restauración Integral del Sitio (Suelo, Agua y Flora).
- El reporte de evaluación de sitio incluye lo siguiente:
- Identificación de las localizaciones de muestreo.
- Documentación de la metodología de muestreo y análisis.
- Resultados del análisis de laboratorio.
- Isoconcentraciones de la pluma de contaminación
- Conclusiones y recomendaciones.

3.0 ANTECEDENTES

3.1 Ubicación y Estimación de la Zona de Estudio

3.1.1 Ubicación de la zona en estudio

Entidad Federativa:	Colima
Municipio:	Manzanillo
Localidad:	Ejido Campos
Coordenadas Geográficas:	19°01'55.28" Latitud Norte y 104°18'56.70" Longitud Oeste

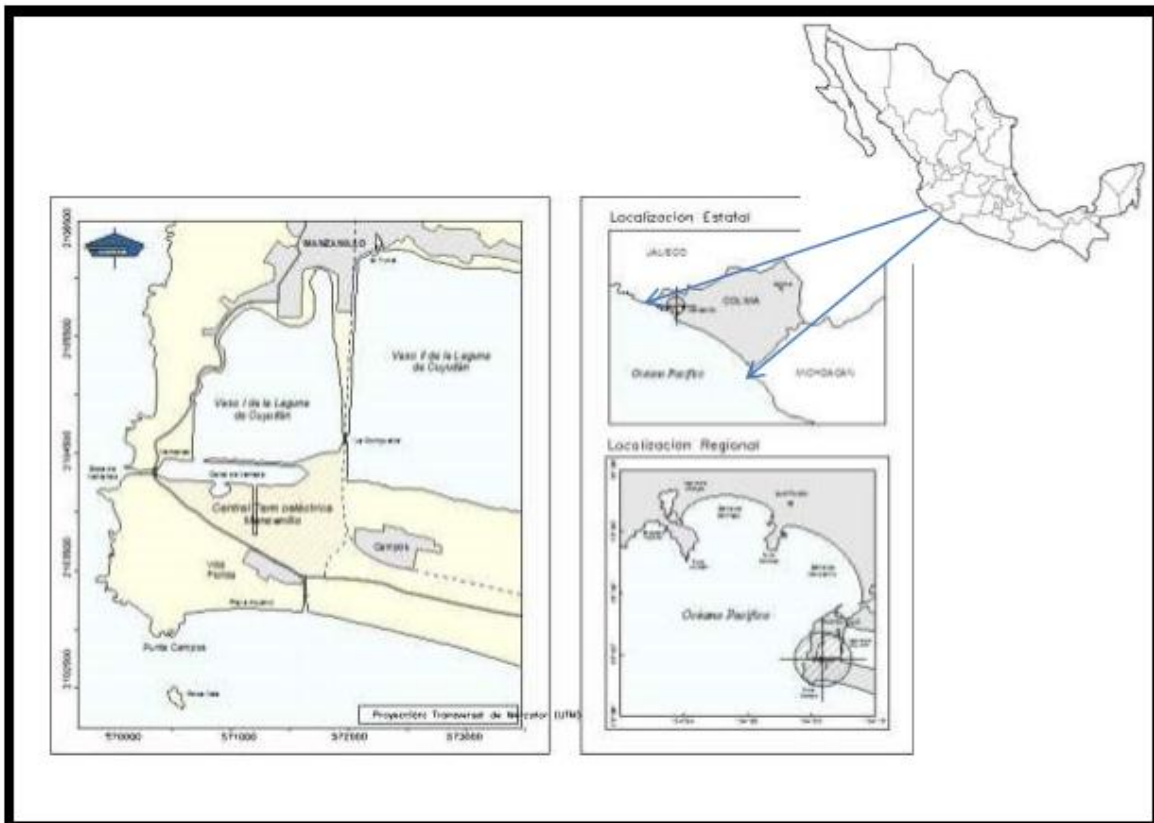


Figura 6: Ubicación geográfica de la zona en estudio

3.2 Uso de Suelo del Sitio

El uso del suelo del sitio donde ocurrió el accidente corresponde al derecho de vía ferroviario, el cual se encuentra catalogado como suelo de tipo Industrial donde se desarrollan actividades de carga, descarga y transporte. Esta zona se encuentra dentro del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio de la Laguna de Cuyutlán, en la unidad de Gestión Ambiental UGA 27, la cual está destinada a Infraestructura, Aprovechamiento y Espacio Industrial.

La línea de distribución corre a lo largo del derecho de vía ferroviaria desde la estación ferroviaria hasta llegara al ducto de PEMEX que se encuentra en la trampa de diablo, la cual conecta con los tanques de almacenamiento de la CFE. El sitio presenta grandes perturbaciones, debido a la presencia de las mismas actividades ferroviarias, la presencia de la CFE, ductos de PEMEX, etc.

En él área donde ocurrió el accidente, se presenta vegetación forestal de selva baja y un mancho atípico de vegetación de manglar compuesto por 21 individuos de la especie siendo *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), los cuales se encuentran ordenados bajo la NOM-022-SEMARNAT-2003.

3.3 Caracterización del Sitio

Estado Actual.- El terreno pertenece al derecho de vía, el cual se encuentra dentro del patio ferroviario de la Estación Campos, donde se encuentran construidas vías auxiliares de desfogue, zona de abastos, oficinas y patio de maniobras.

En este sitio en particular el derecho de vía otorgado por la SCT es de 35 M a cada lado de la vía principal industrial (ver carta de derecho de vía, en Anexo 3).

Las vías auxiliares y la vía principal se encuentran en operación y son parte integral de una vía de comunicación.

3.4 Condiciones del Sitio Previo al Accidente

El área del proyecto previo al accidente estaba conformada por 2 tipos de vegetación:

Vegetación de selva baja mezclada con vegetación ruderal. La cual se desarrollo a todo lo largo del derecho de vía, a consecuencia de que en esta superficie pasan las escorrentías pluviales.

Un área compuesta por relicto de manglar del bosque de mangle aledaño compuesto por 21 individuos, el cual al momento de esta evaluación presenta un estado de lacración antropogénico.

En las figura 7 y 8 se muestra las condiciones del sitio al momento del accidente, en la vegetación correspondiente y en la figura a selva baja como al relicto de manglar.



Figura 7: Vista de vegetación existente en la zona donde inicio el accidente



Figura 8: Vista de la zona del manglar al momento del accidente

3.5 Medidas de Urgente Aplicación Instauradas en el Sitio

Durante la implementación de las medidas de urgente aplicación se realizó:

Como primera medida se realizaron diques de contención para evitar que el flujo de hidrocarburo llegara a la laguna, como se observa en la figura 8.

Continuación de la construcción de diques de contención

Colocación de cordones oleofílicos en las zonas de mayor contenido de combustible.

Recuperación de COPE mediante unidades de presión y vacío.

Recuperación y disposición de suelo natural impregnado con COPE, colocado en góndolas de aproximadamente 30 M³.

Lavado de los mangles con desengrasante biodegradable marca Swipe.

Los residuos tanto suelo como producto libre se enviaron a dos empresas para su disposición: Bienes sustentables S.A. de C.V. e INBULSA¹

En la Tabla 1 y 1A se muestra el resumen de los folios y cantidades enviadas a tratamiento o disposición.

Tabla 1: Manifiestos de entrega, transporte y recepción de residuos peligrosos

FOLIO	CANTIDAD	FOLIO	CANTIDAD
GM-001/2016	32,310 Kg	GM-012/2016	27,610 Kg
GM-001/2016	23,045 Kg	GM-013/2016	30,750 Kg
GM-003/2016	29,745 Kg	GM-014/2016	30,845 Kg
GM-004/2016	25,105 Kg	GM-015/2016	25,800 Kg
GM-005/2016	32,389 Kg	GM-016/2016	24,825 Kg
GM-006/2016	20,470 Kg	GM-017/2016	29,305 Kg
GM-007/2016	29,225 Kg	GM-018/2016	25,875 Kg
GM-008/2016	24,500 Kg	GM-019/2016	24,110 Kg
GM-009/2016	33,725 Kg	GM-020/2016	34,145 Kg
GM-010/2016	29,215 Kg	GM-021/2016	35,520 Kg
GM-011/2016	32,140 Kg	GM-022/2016	28,865 Kg

Tabla 1A: Manifiestos de entrega, transporte y recepción de residuos peligrosos

FOLIO	CANTIDAD	FOLIO	CANTIDAD
INLS-3089	55,000 Kg	INLS-3092	55,000 Kg
INLS-3091	55,000 Kg		

El día 25 de agosto del 2016 se realizó la visita de Inspección por parte de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Ambiente del Sector Hidrocarburos, Unidad de Supervisión, Inspección y Vigilancia Industrial, con No. de Acuerdo ASEA/USIVI/DGSIVTA/AC/AMB/00173-2016.

¹ En el Anexo 2, se presentan los manifiestos correspondientes

3.6 Observaciones Campo

En el acta de inspección de fecha 25 de agosto del 2015, Hoja 5 se asientan lo siguiente:

Ejecutar medidas inmediatas para contener los materiales o residuos liberados, minimizar o limitar su dispersión o recogerlos y realizar la limpieza del sitio.

Esta actividad continúa al momento de la presente evaluación, debido a que durante las perforaciones previas al MIC se detecto la presencia de producto libre en la zona afectada, como se observa en la figura 9 y en la zona del manglar se sigue presentado producto libre en el dique que contiene agua.



Figura 9: Vista de presencia de Producto Libre a una profundidad de 0.25 M

4.0 CARACTERISTICAS FISICAS DEL SITIO

4.1 Topografía

La topografía del sitio donde ocurrió el accidente en general es plana, teniendo a los lados los taludes correspondientes a la línea de conducción y el de la vía del tren.

4.2 Infraestructura Existente y Vías de Acceso en el Área Afectada

La vía principal existente es la línea "I" la cual esta concesionada a Ferrocarril Mexicano SA de CV, división Guadalajara – Manzanillo.

Línea de transporte de COPE, que va de la estación ferroviaria a las instalaciones de CFE.

Línea de transporte de hidrocarburos propiedad de PEMEX.



Figura 10: Vista de ductos existentes en el área afectada.

4.3 Uso del suelo y/o cuerpos de agua en el sitio de estudio y en sus zonas colindantes

Usos del Suelo conforme los establece el Plan de Desarrollo Urbano

El área afectada se encuentra fuera del polígono del Plan de desarrollo Urbano del municipio de Manzanillo, mas sin embargo en el plan de desarrollo estatal, esta superficie se encuentra dentro del programa de ordenamiento ecológico territorial de la laguna de Cuyutlán (POETSLC), donde esta área se ubica en la unidad UGA 27, la cual establece que la zona está destinada para infraestructura, Equipamiento y Espacio Industrial.

El sitio colinda:

Al norte con la continuación de la vía y la laguna de Cuyutlán.

Al oeste con la CFE

Al este con vegetación y la continuación del vaso I

Al sur con la vía y vegetación natural.

4.4.- Descripción de los Elementos Físicos y Biológicos de la región donde se ubique el área en estudio.

4.4.1.-Clima

Dentro de sus características generales ambientales, podemos definir que el área de estudio se encuentra dentro de un clima tipo Aw0(w), que corresponde a cálido subhúmedo (Figura 11) con lluvias entre el solsticio de verano y el equinoccio de otoño, con un periodo de sequía

intraestival.

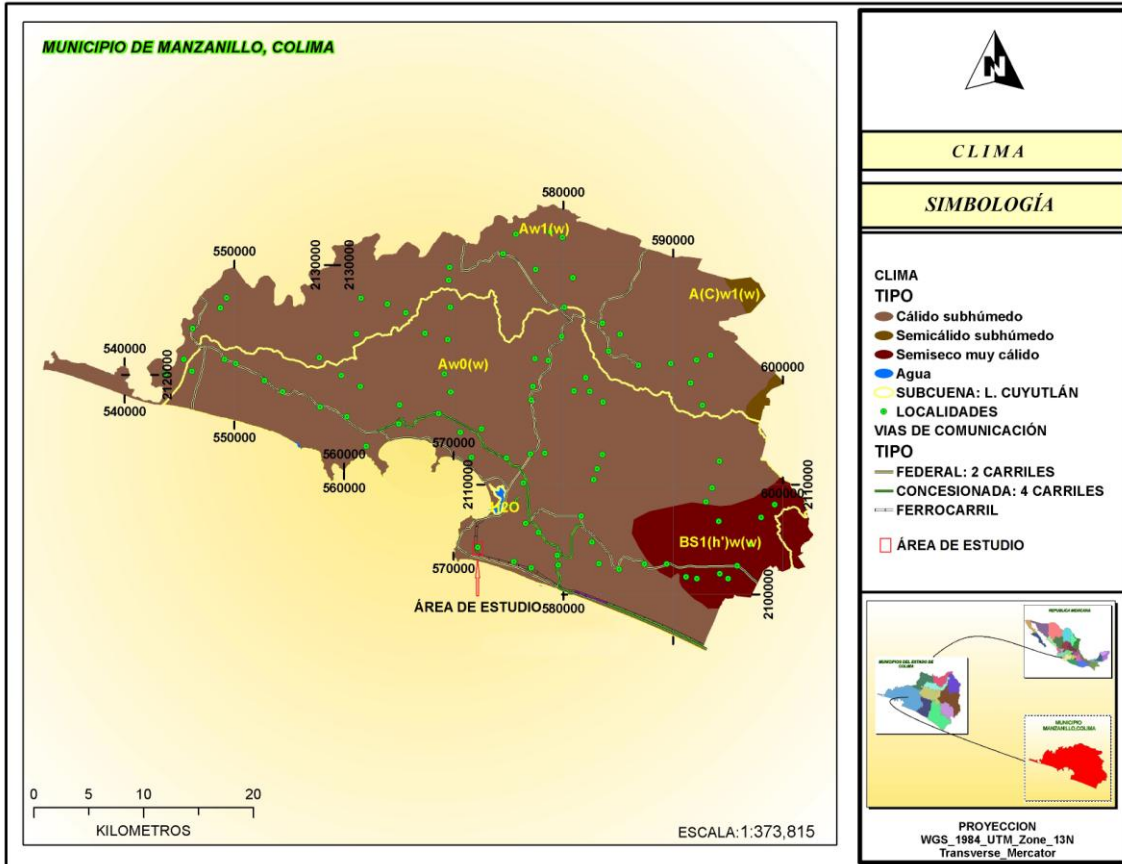
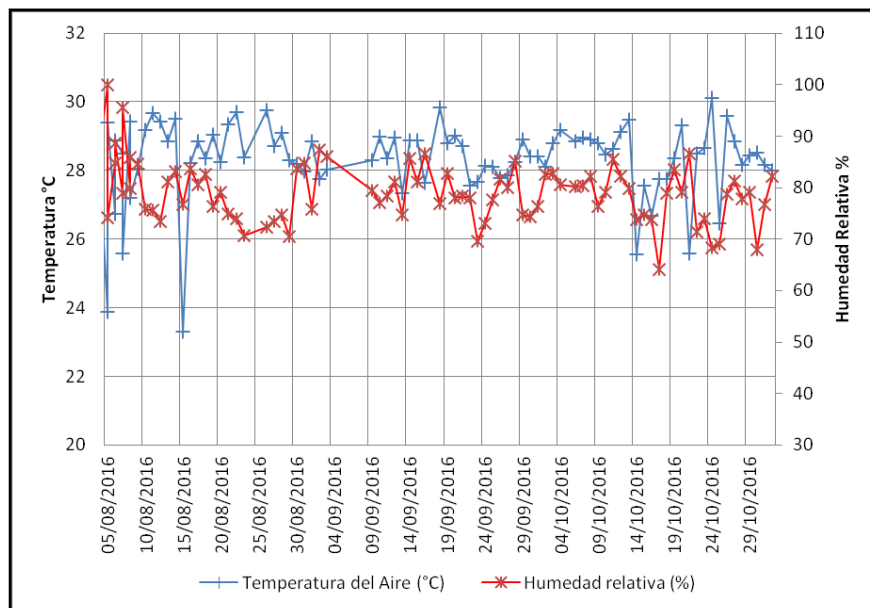


Figura 11: Clima del Municipio de Manzanillo, Fuente: Elaboración propia con base en cartografía del INEGI.

En la Gráfica 1 se presentan los datos de temperatura ambiental y Humedad relativa registradas durante el periodo del 05 de agosto al 01 de Noviembre del 2016 (ESIME), obtenidos de la Estación Meteorológica del Observatorio de Manzanillo¹ (ESIME), en el Anexo 8A se presentan los promedios diarios registrados durante este periodo.

La temperatura promedio de registro en Manzanillo fue de 27.98 °C, siendo el día más frío el 15 de agosto, con una temperatura promedio de 23.29°C y el día más caluroso el 24 de octubre con una temperatura promedio de 30.1 °C.

La Humedad relativa (HR) promedio registrada en el ESIME, fue de 78.13 %, siendo el día menos húmedo, el 24 de octubre, con una HR promedio de 68.22% y el día más húmedo el 7 de agosto, con una HR promedio de 95.56%, coincidiendo esta fecha con la entrada del huracán Javier).

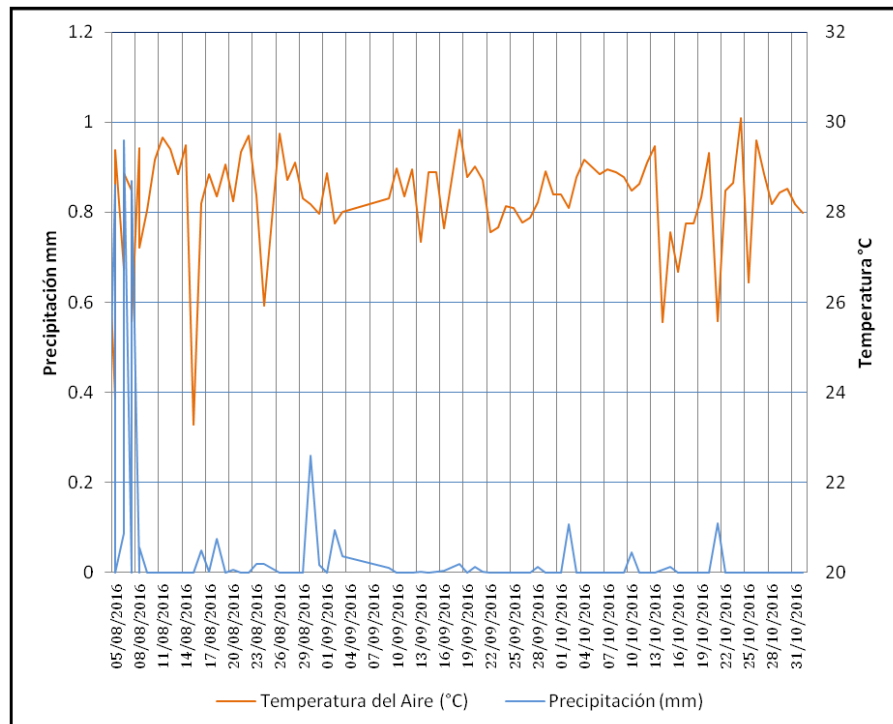


Gráfica 1: Temperaturas y Humedad Relativa ambiental correspondientes al periodo Agosto_2005 a Noviembre 01 del 2016

¹ Estación Meteorológica de Observatorio Manzanillo, con coordenadas 19.0666667 Latitud (N), -104.3333333 Longitud (O)

4.4.2.-Precipitación promedio (mm)

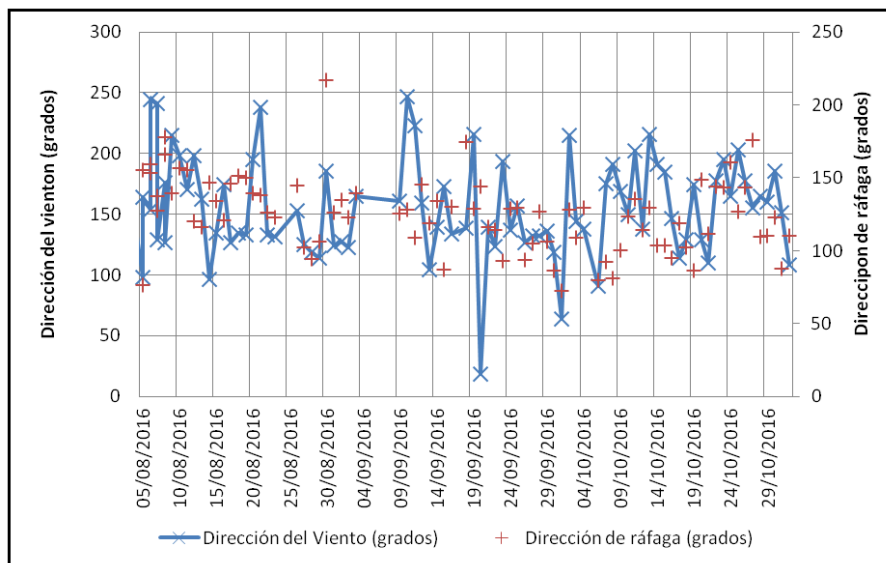
En la Gráfica 2 se presentan los datos de temperatura ambiental y precipitaciones pluviales registradas durante el ESIME; En cuanto a precipitaciones, cabe mencionar que no sobrepasaron el milímetro por día, por lo que se consideran despreciable. La precipitación máxima registrada fue el 06 agosto con 0.96 mm (En este día la precipitación máxima se presento a las 23:30 hrs con 21.8 mm con un intervalo de lluvia de 1/hr).



Gráfica 2: Eventos pluviales y temperaturas ambientales correspondientes al Periodo de Agosto_05-Noviembre_01 del 2016.

4.4.3.- Vientos

En General en el área de Manzanillo, se presentan dos direcciones de viento dominante: En el periodo de primavera-verano es afectado por sistemas tropicales que ocasionan vientos del Sureste y Norte, mientras que en otoño-invierno es afectada por los vientos contra-alisos y la corriente de chorro que provoca vientos del Suroeste y Oeste². En la Gráfica 3 se presentan los datos de dirección de viento y ráfagas registradas durante el PER-ESIME; En cuanto a la dirección del viento en el periodo domino la dirección Noroeste en el rango de 100 a 180 grados.



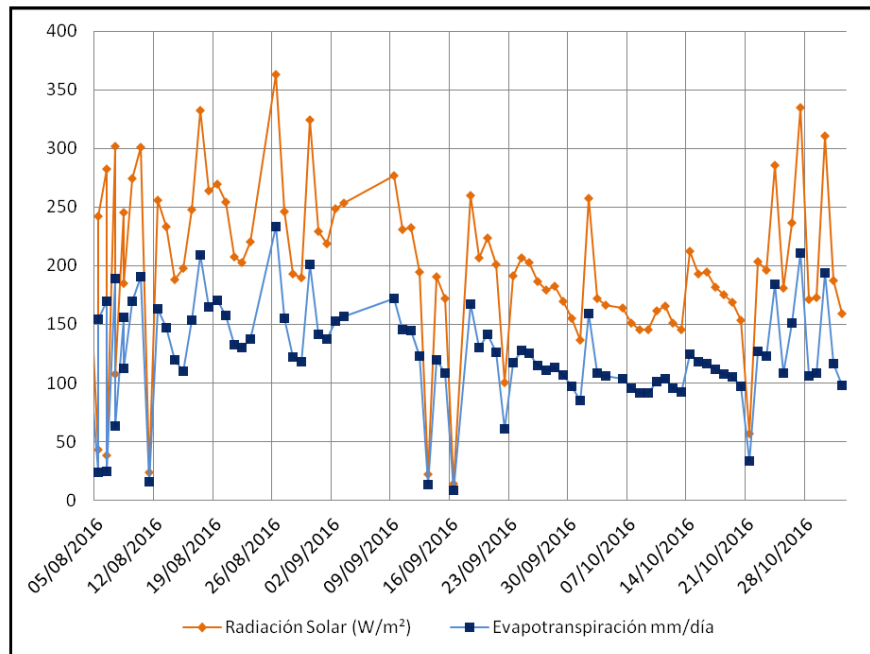
Gráfica 3: Datos de Dirección de viento y ráfagas¹, registrados²

¹ Estación Meteorológica de Observatorio Manzanillo, con coordenadas 19.0666667 Latitud (N), -104.3333333 Longitud (O)

² Registro de datos del periodo en estudio ESIME¹ Concentrado del Registro², Apéndice C, Anexo 2

4.4.4.- Radiación y Evapotranspiración

En general ambos parámetros evidenciaron un comportamiento de oscilación semejante al que se registró con la temperatura, de tal manera que los valores registrados para el periodo de estudio de 05-Ago-16 al 01-Nov_16; resalta el hecho de que durante los días de precipitaciones se dio la mayor variación en valores para radiación y evapotranspiración derivado de las mismas condiciones climatológicas originadas por la precipitación. En la Gráfica 4 se muestran los valores de radiación solar y evapotranspiración durante el periodo de evaluación, los datos fueron obtenidos del ESIME.



Gráfica 4 : Evapotranspiración y radiación solar.

4.4.5 Fenómenos Meteorológicos que Ocurrieron durante el Periodo de Estudio

La zona de estudio se ubica en una región susceptible a huracanes y tormentas tropicales, cuyas intensidades de registro se presentan en orden cronológico 05 de Agosto al 01 de noviembre del 2016; Estos fenómenos se forman en el Océano Pacífico.

Tabla 2. Fenómenos meteorológicos que ocurrieron durante el periodo del 05 de Agos- 01 de nov del 2016

FECHA	FENÓMENOS ATMOSFÉRICOS
07-ago-16	A las 04:00 horas se forma la depresión tropical No.11 a 110 Km al sur de Manzanillo, con desplazamiento oeste-noroeste a 17 Km/h y vientos sostenidos de 55 Km/h, presión mínima central de 1002 hPa. Este ciclón continuó moviéndose con la misma dirección, convirtiéndose a las 11:30 en Tormenta tropical "Javier" a 90 km al oeste-suroeste de Manzanillo, siguiendo un desplazamiento oeste-noreste a 16 km/h, la tormenta tropical continuo su avance hacia el noreste, paralelo a la costa occidental de México. Disipándose de la región ese mismo día
4-Sep-16	A las 16:00 horas se forma la depresión tropical No.15-E en el Océano Pacífico a 330 Km al sur-suroeste de Manzanillo, con desplazamiento nor-noreste a 4 Km/h y vientos sostenidos de 55 Km/h y rachas de 75 km/h. A las 22:00 mientras se desplazaba hacia el nor-noreste a 13 km/h, la depresión tropical se desarrollo en Tormenta tropical llamada "Newton" a una distancia de 365 km al sur-suroeste de Manzanillo, con vientos máximos de 85 km/h y presión mínima de 100 hPa.

4.5 Hidrología

El predio se encuentra dentro de la Región Hidrológica número 15 (RH15), Cuenca Río Chacala-Purificación, subcuenca Laguna de Cuyutlán. En la figura 12 se presenta la ubicación regional de las cuencas.

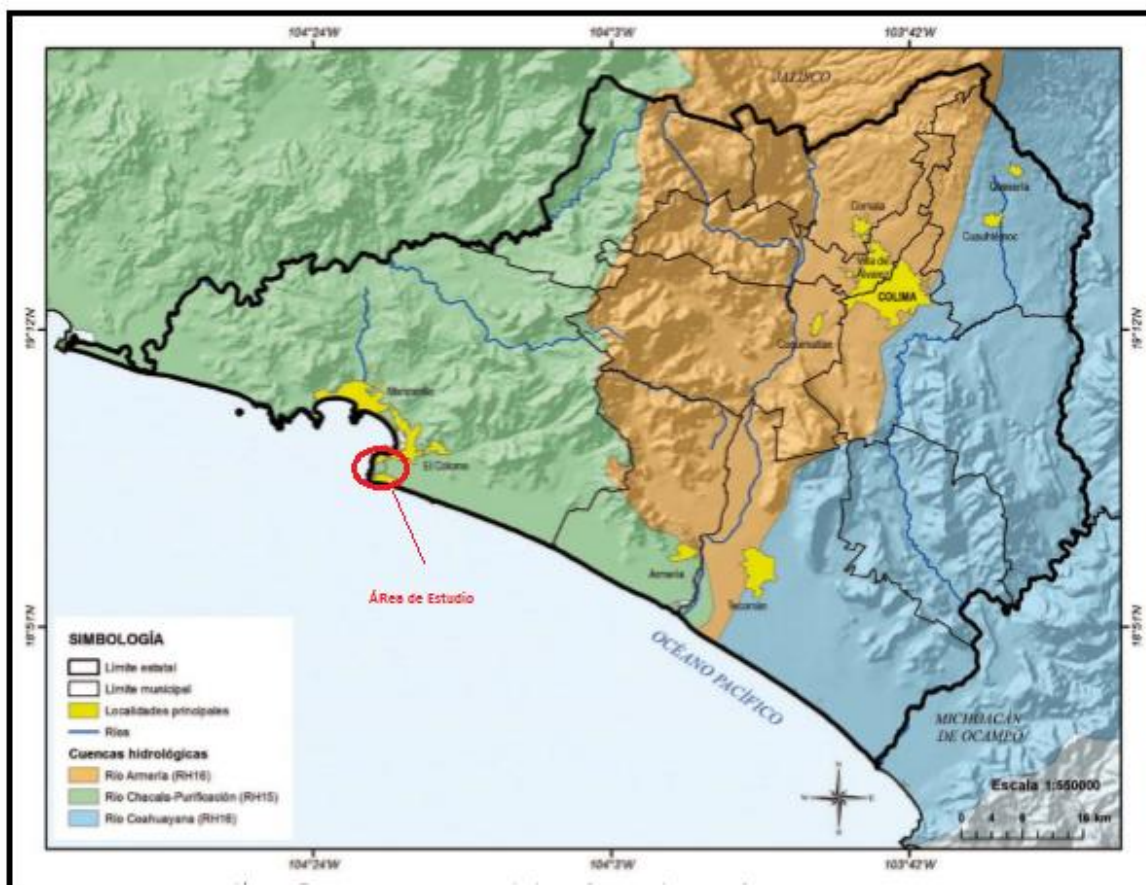


Figura 12: Cuenca Hidrológica RH15 Río Chacala-Purificación (CONABIO)

4.5.1 Sistema Lagunar

El área del proyecto se encuentra dentro de la zona correspondiente a la Laguna de Cuyutlán, la cual está constituida por cuatro vasos que permiten una transferencia limitada de agua, siendo el aporte principal el flujo y reflujo de la marea y estando separados del área costera del pacífico mexicano por una barra de arena con una extensión de 37 km y una anchura media de 1.5 km (Figura 13). Las condiciones naturales y obras civiles realizadas recientemente, dividieron a la laguna en cuatro vasos (COREMI, 2001), con diferentes características.

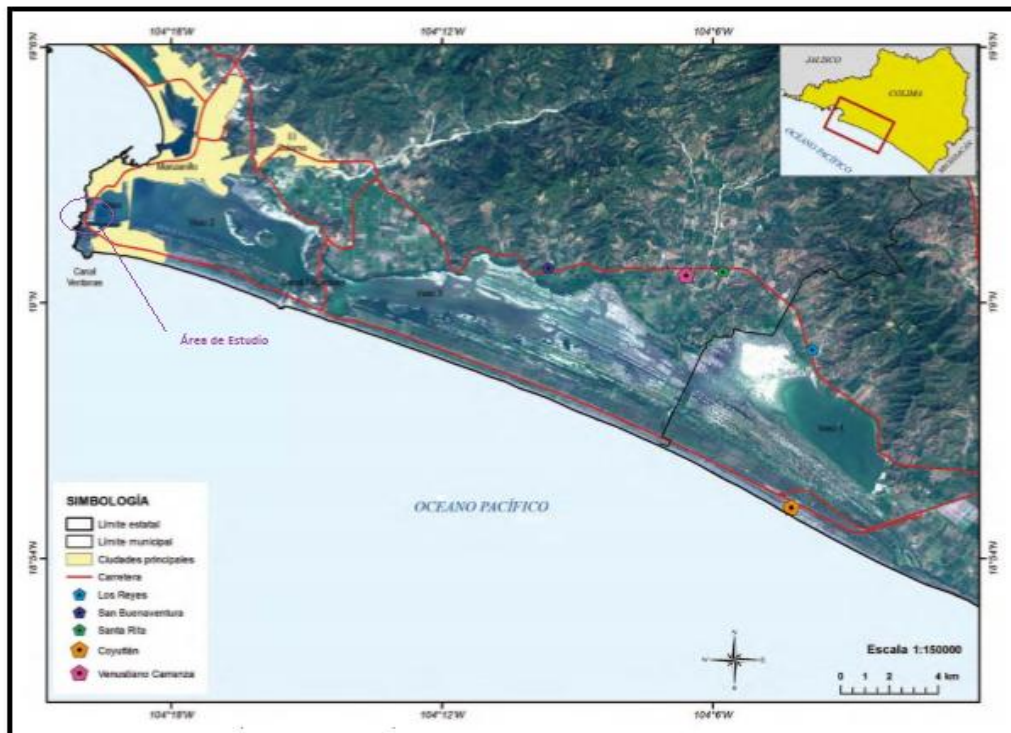


Figura 13: Ubicación de los vasos que integran la Laguna de Cuyutlán (CONABIO).

El área de estudio se localiza en el Vaso I, ubicándose dicho vaso entre el puente de Ventanas y el terraplén del ferrocarril, es el de mayor profundidad de los cuatro, alcanza hasta 4.4 m (Figura 14), también se encuentra la Central Termoeléctrica Manuel Álvarez Moreno en Manzanillo. Su extensión es de 1.3 km.

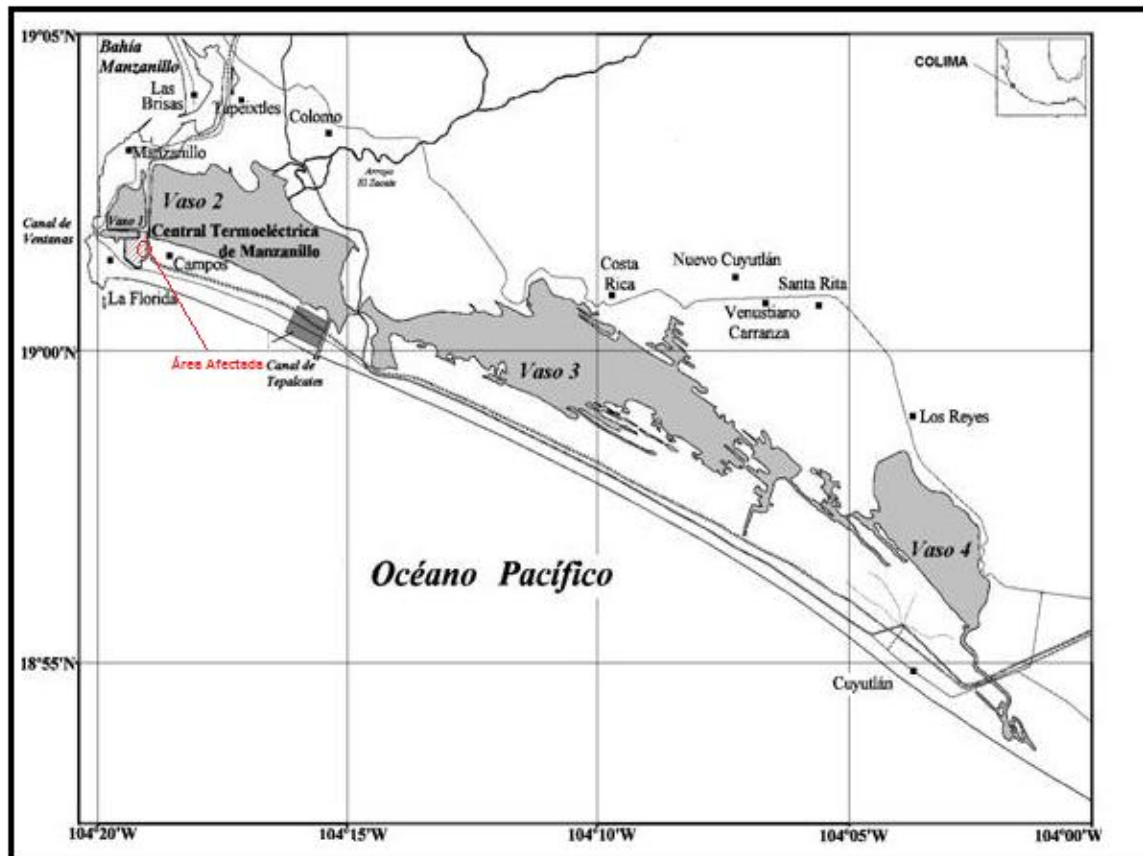


Figura 14: Ubicación del área de estudio, respecto a los vasos que integran la Laguna de Cuyutlán

La laguna de Cuyutlán en su totalidad es abastecido de agua marina mediante las tres comunicaciones artificiales que lo conectan con el Pacífico mexicano, el primero es El Túnel, que comunica la laguna con la bahía de Manzanillo desde 1937, el canal Ventanas, construido en 1978 y el canal Tepalcates, del año 2000, establecido una área con influencia de marea de tipo mixto semidiurno (cfe 2006).

En los canales de Tepalcates y Ventanas; la hidrodinámica lagunar depende totalmente de estos intercambios con el mar, ya que el aporte de agua dulce es casi inexistente.

La característica de la corriente costera generada por el oleaje, que proviene la mayor parte del año, principalmente del sector suroeste, genera un proceso de transporte de sedimentos que produce un azolvamiento continuo del canal Tepalcates y que hace oscilar la profundidad entre -1.2 y -0.20 m; las características del sedimento limitan la distancia de recorrido dentro del canal, ya que, por ejemplo, a una distancia de 200 m de la boca la profundidad se presenta en apariencia mayor velocidad de circulación de agua; esto, debido al ingreso de agua del océano por el Canal de Ventanas, derivado de las condiciones anteriores, la captura de peces se incrementa más en este Vaso, en la figura 15 se muestra el flujo de las corrientes internas de la laguna.

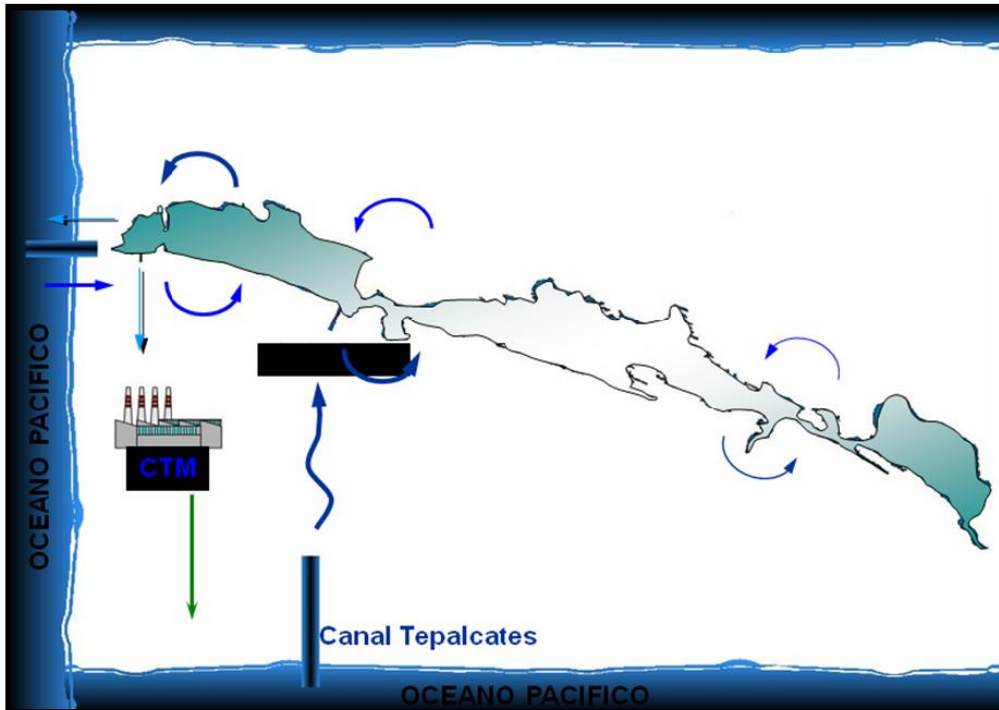


Figura 15: Circulación del agua en condiciones actuales, con la operación de la C.T. Manzanillo y el Canal de Tepalcates a su profundidad de diseño 3,5 m. El grosor de las flechas indica la hidrodinámica en cada vaso. Con la apertura del Canal de Tepalcates a 450 m, la superficie de espejo de agua de la laguna se incrementó perimetralmente en 0.6 m y las velocidades de las corrientes fueron mayores.

4.6 Geología y Geomorfología

4.6.1 Geología

La geología del sitio en estudio corresponde a rocas ígneas intrusivas intermedias Q (al), como se muestra en la figura 16. En la región se presentan

formaciones geológicas de tipo intrusiva ácida, las cuales están constituidas por rocas ígneas del cretácico, las cuales se encuentran en Cerros y Montañas de la Península de Manzanillo, así como rocas intrusivas ácidas de origen volcánico las cuales predominan en el sureste de la ciudad de Manzanillo. Esta unidad Q (al), corresponde a materiales de relleno granulares gruesos con bajo grado de litificación y elevada permeabilidad primaria, compuesta de gravilla, arena y finos, todos estos generalmente mezclados con aguas salinas que conforman los acuíferos de la planicie costera.

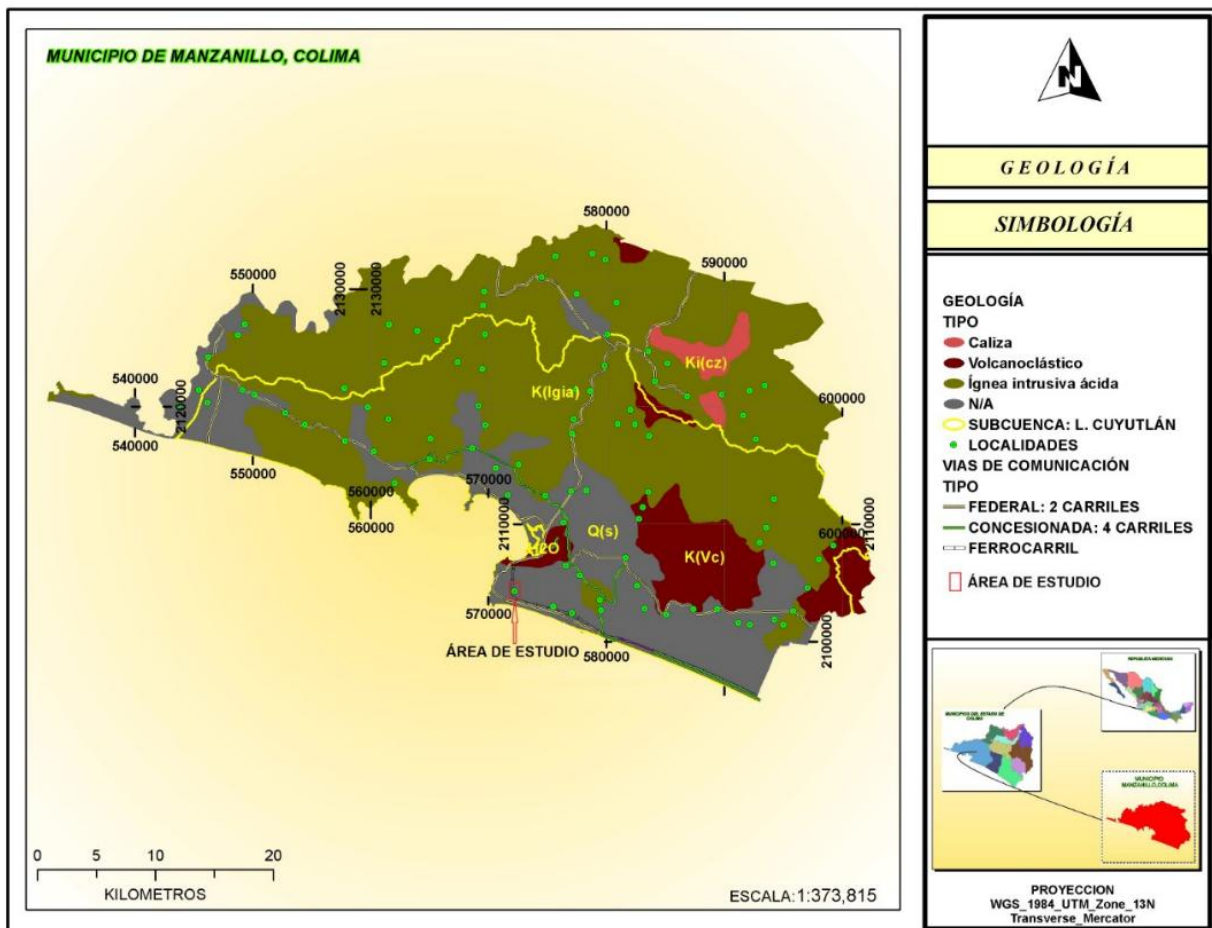


Figura16: Geología del área de estudio, Fuente INEGI

4.6.2 Fisiografía

El área regional de Manzanillo se encuentra ubicada dentro de la provincia fisiográfica denominada Sierra Madre del Sur y la subprovincia Sierras y Costas de Jalisco y Colima, en la figura 17 se muestra el sitio en relación con la Fisiografía de Manzanillo.

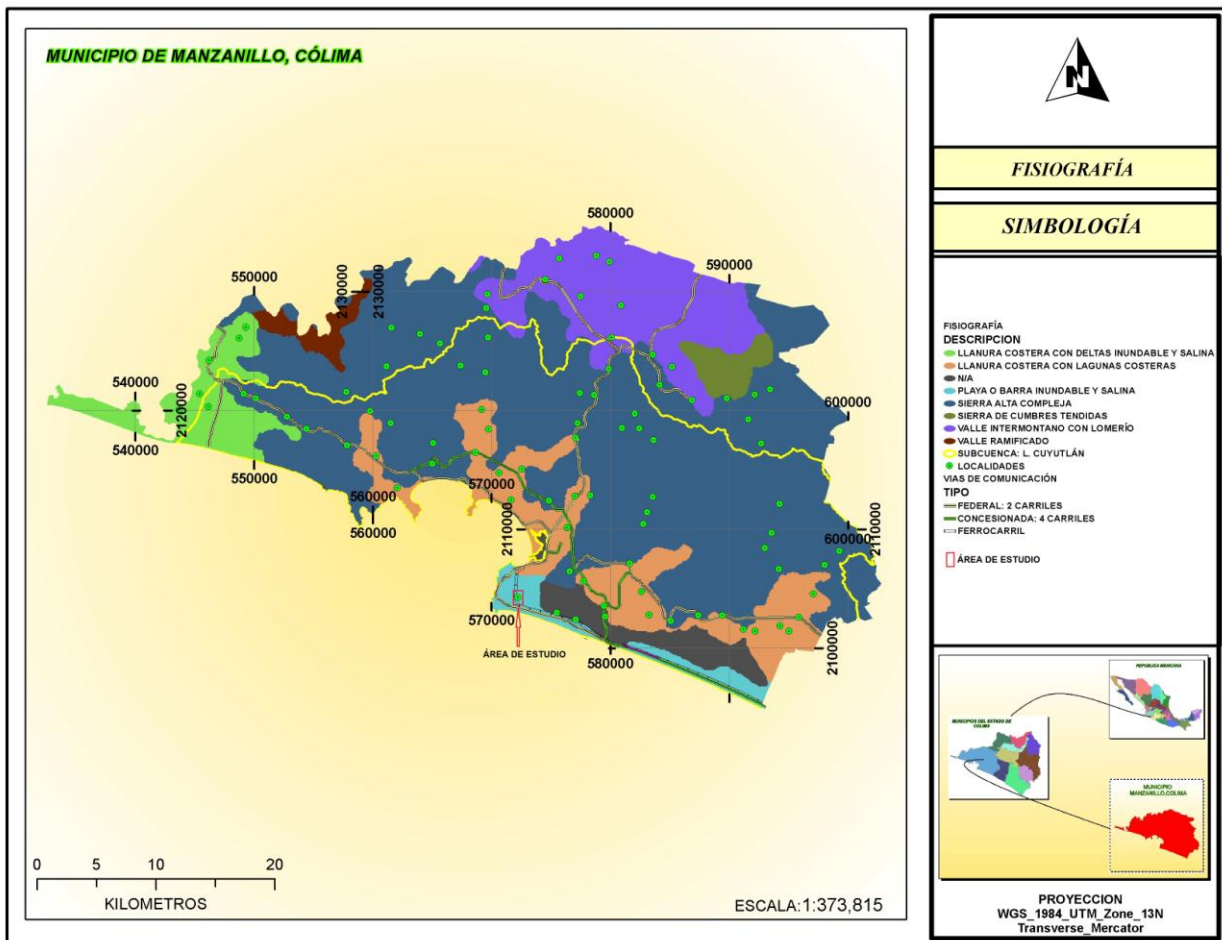


Figura 17: Fisiografía del Manzanillo, Elaboración propia, fuente INEGI

Esta provincia tiene relación con la llamada placa de cocos, la cual es una inmensa placa móvil que emerge del océano pacífico.

Los litorales colimenses presentan llanuras con influencia tanto continental como de oleaje marino, lo que propicia la formación de llanura con lagunas de litoral, como en el caso de Tecomán. La línea de la costa es bastante recta, se extiende al oeste en la delgada barra que encierra a la laguna de Cuyutlán (área donde se ubica el área de estudio) y que limita en su extremo oriental a la amplia bahía de Manzanillo de contorno arqueado. Al occidente de la bahía de Manzanillo hay otra llanura de área pequeña y con rasgos deltaicos (Llanura del río Marabasco).

Por otro lado por las condiciones naturales y particulares de la Laguna de Cuyutlán, se propician la presencia de tipos específicos de vegetación como el manglar que se distribuye en la zona costera de la laguna y está constituido en su mayoría por *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), seguido por *Rhizophora mangle* (Mangle rojo) y en muy baja densidad *Avicennia germinans* (mangle prieto), en el estrato arbóreo por *Acacia farnesiana* (huizache) en el estrato arbustivo. Otro tipo de vegetación muy localizado es el palmar y está constituido básicamente por el guayule (*Orbignya* sp.), ramón o mojo (*Brosimum allicastrum*), la ceiba (*Ceiba* sp.) y el cuajote (*Bursera simaruba*). En la vegetación de dunas costeras domina el *Prosopis* sp., y pasto salado (*Distichlis spicata*). La vegetación halófila se encuentra en la llanura costera con delta y llanura costera con laguna costera, los elementos que la constituyen son el vidrio (*Batis maritima*), pasto salado (*Distichlis spicata*) y *Atriplex* sp.

4.6.3 Edafología

El área en estudio se encuentra en la topeforma conocida como llanura como Playa o barra inundable y salina. Los suelos presentes en esta topeforma son característicos de zonas salinas y con problemas de inundación como los Solonchak, Xerosol, Castañozem, Chernozem y Gleysol. En menor escala podemos encontrar Fluvisoles, Feozem, Litosol, Rendzinas y Vertisoles. En base al plano edafológico, el suelo de la zona donde se ubica la zona de estudio corresponde a Regosol eutrítico (Ver figura 18).

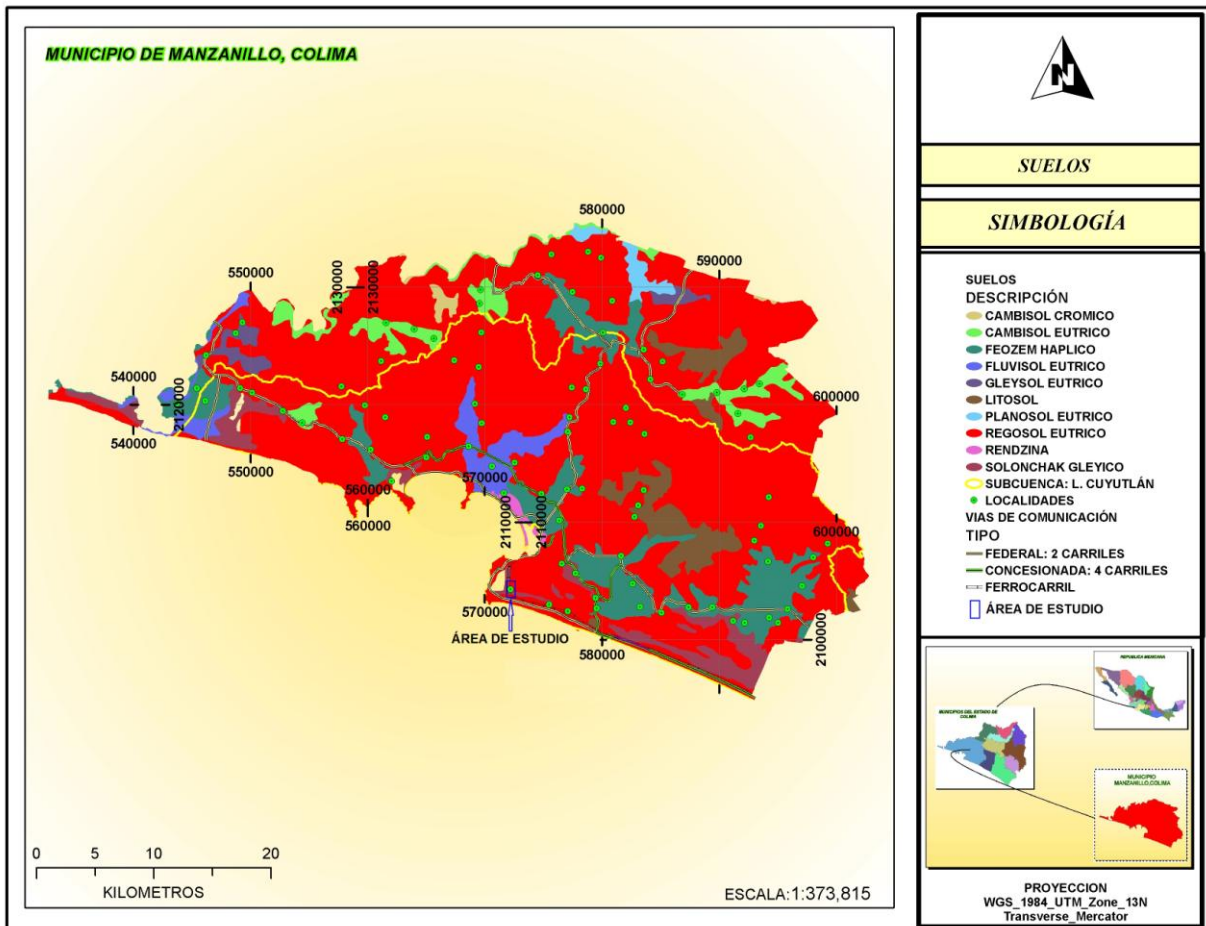


Figura 18: Edafología de Manzanillo, Elaboración propia fuente INEGI

Análisis Edafológico Estratigráfico del Área en Estudio

En base al estudio geofísico que se presenta en el Anexo 6, se procedió a realizar un resumen de los suelos del sitio los que están constituidos por material de relleno, en su parte superficial, ya que esta zona es una superficie que le fue ganada a la laguna; por lo que en base a la estratigrafía realizada por el estudio geofísico, en la zona de los 3 diques de contención se tiene la siguiente descripción:

4.6.4.1 Edafología de la Zona de Diques

Relleno: de 0 a 1 metro bns (bajo el nivel de la superficie), se presenta una capa de cobertura asociada a materiales de relleno, como aluvión.

Arcillas: Se presentan de 1 M hasta los 10 M, con asociaciones de pequeñas áreas intercaladas con materiales de textura arcillo-arenosa y posible saturación con agua de mezcla.

En la figura 19 se presenta la sección correspondiente a la estratigrafía de la línea TRE-1, la cual corrió con una longitud de 165 M, a nivel de piso de los tres diques. Por lo que se puede asumir que es la estratigrafía del área en estudio.

PERFIL DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA TRE-1

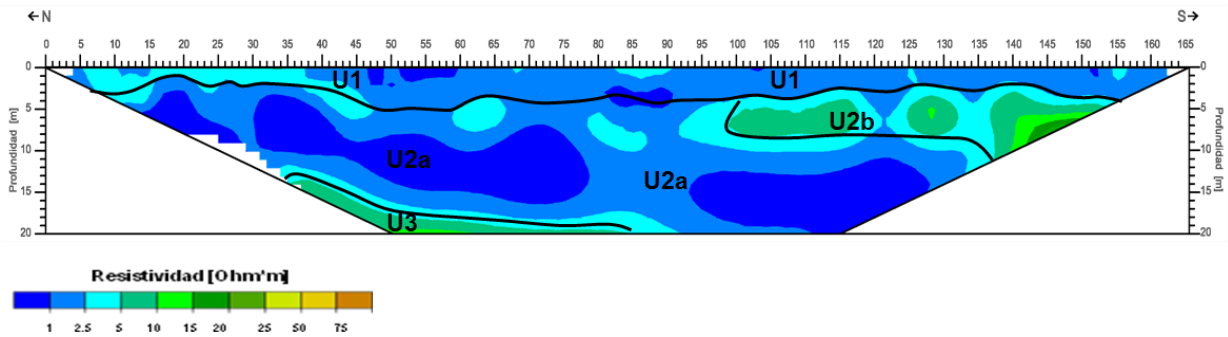


Figura 19: Perfil Estratigrafía a nivel de piso, de la línea de conducción

Tabla 3 Resultado e interpretación de la resistividad

UNIDAD GEOELECTRICA	INTERVALO RESISTIVO (Ohm·m)	POSIBLE CORRELACION
U1	1 a 75	Capa de cobertura asociada con materiales de relleno, como aluvión.
U2a	1 a 5	Materiales de textura arcillo-arenosa y posible saturación con contenido de agua de mezcla.
U2b	5 a 15	Materiales de textura arenosa con contenido limoso, con posible permeabilidad y/o saturación.
U3	10 a 50	Unidad asociada con arenas gruesas.

La ubicación de la línea TRE-1 abarco del inicio del dique 1 (punta sur del accidente), como se muestra en la siguiente figura 20, la cual se encuentra georeferenciada.

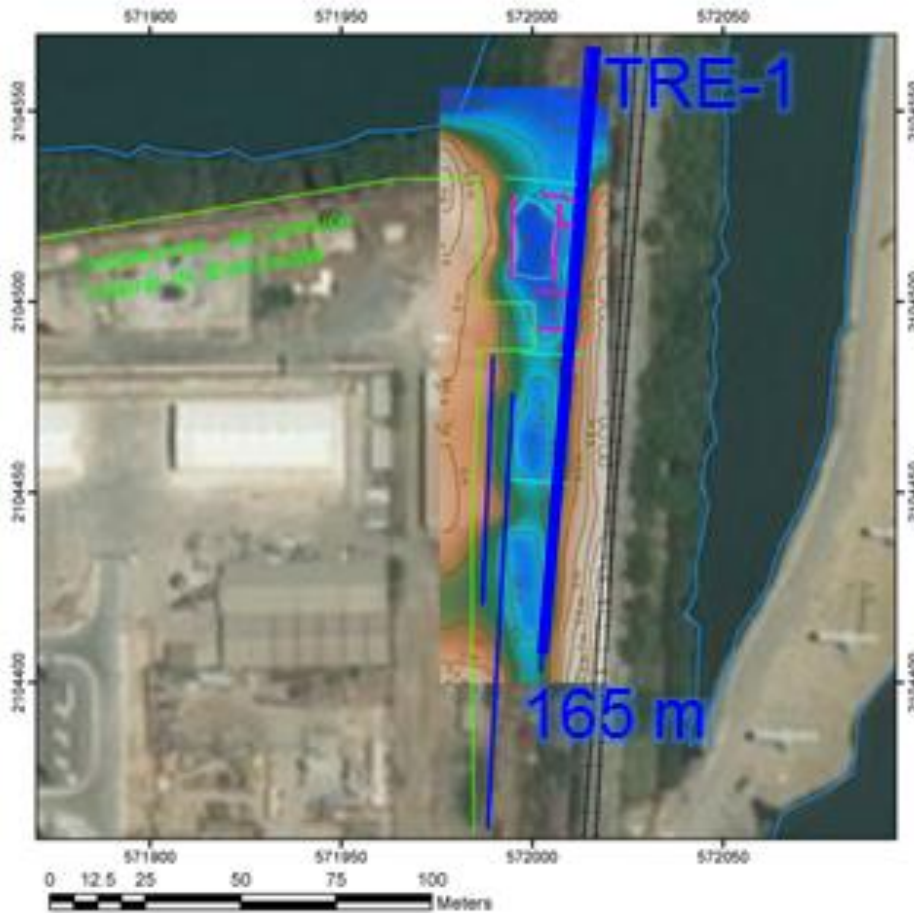


Figura 20: Ubicación georeferenciada de la línea TRE-1

4.6.4.2 Edafología al pie del Terraplén de Línea de Conducción

La figura 21 presenta la sección correspondiente a la estratigrafía de la línea TRE-2 la cual corrió con una longitud de 69 M, en la zona baja excavación. Por lo que se considera que es la estratigrafía del área aledaña a la zona afectada.

Relleno: de 0 a 3 metro bns (bajo el nivel de la superficie), se presenta una capa de cobertura asociada a materiales de relleno, como aluvión.

Arena limosa: Se presentan de 3 M hasta los 8 M, con asociaciones de pequeñas área intercalada con materiales de textura areno-limosa y posible saturación con agua de mezcla.

Arenas gruesas: A partir de los 8 M, se presenta la estratigrafía entremezclada de arenas gruesas y secciones de arena limosa

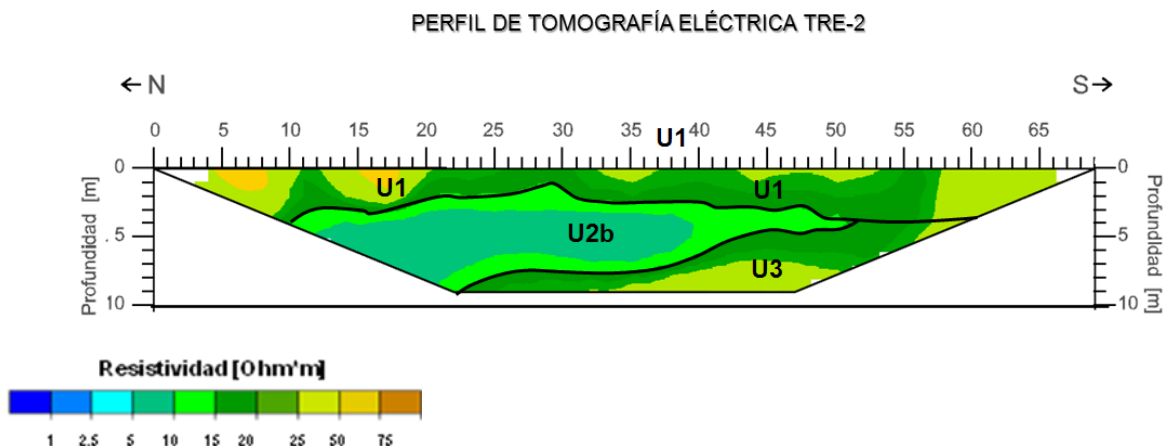


Figura 21: Perfil Estratigrafía a nivel de piso, de la línea de conducción

Tabla 4 Resultado e interpretación de la resistividad

UNIDAD GEOELECTRICA	INTERVALO RESISTIVO (Ohm*m)	POSIBLE CORRELACION
U1	1 a 75	Capa de cobertura asociada con materiales de relleno, como aluvión.
U2b	5 a 15	Materiales de textura arenosa con contenido limoso, con posible permeabilidad y/o saturación.
U3	10 a 50	Unidad asociada con arenas gruesas.

La ubicación de la línea TRE-2 se presenta en la figura 22, la cual corrió con una longitud de 69 M, a nivel de pie de talud del terraplén con de la línea de conducción. Por lo que se puede asumir que es la estratigrafía del área aledaña a la zona afectada.

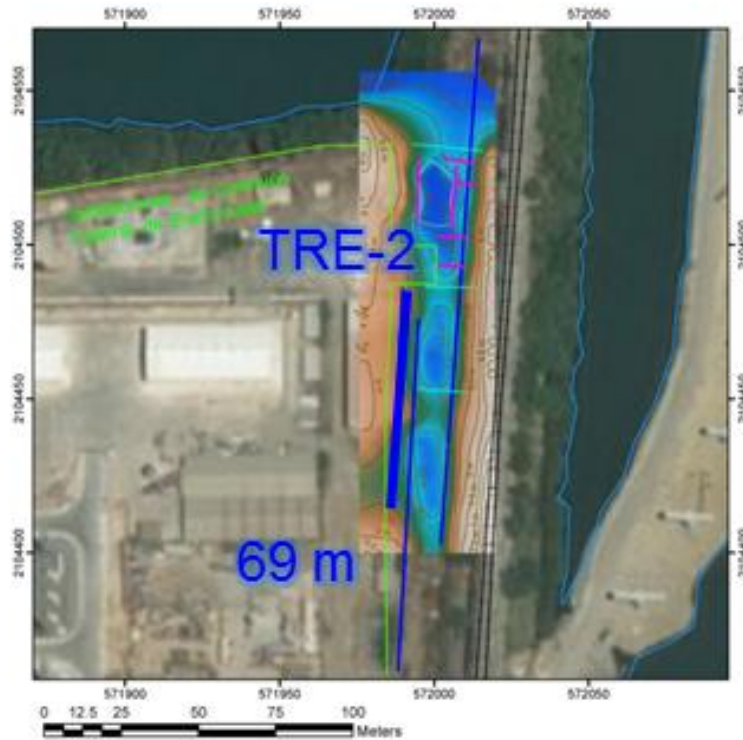


Figura 22: Ubicación georeferenciada de la línea TRE-3

4.6.4.3 Edafología al pie del Terraplén de Línea de Conducción y el piso de los diques

A continuación se presenta la sección correspondiente a la estratigrafía de la línea TRE-3 la cual corrió con una longitud de 114 M, a nivel de piso de la zona excavada aldaño al terraplén de la línea de conducción. Por lo que se puede asumir que es la estratigrafía del área aldaña a la zona afectada.

Relleno: de 0 a 5 metro bns (bajo el nivel de la superficie), se presenta una capa de cobertura asociada a materiales de relleno, como aluvión.

Arena limosa: Se presentan de 5 M hasta los 12 M, con asociaciones de pequeñas área intercalada con materiales de textura areno-limosa y posible saturación con agua de mezcla.

Arenas gruesas: A partir de los 12 M, se presenta la estratigrafía entremezclada de arenas gruesas y secciones de arena limosa

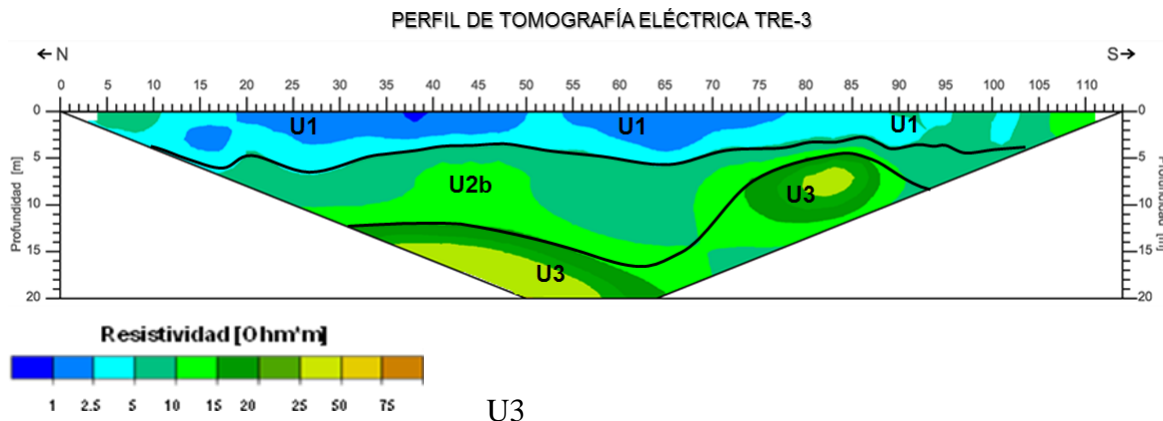


Figura 23: Perfil Estratigrafía a nivel de piso de la línea de conducción de COPE y los diques.

Tabla 5 Resultado e interpretación de la resistividad.

UNIDAD GEOELECTRICA	INTERVALO RESISTIVO (Ohm*m)	POSIBLE CORRELACION
U1	1 a 75	Capa de cobertura asociada con materiales de relleno, como aluvión.
U2b	5 a 15	Materiales de textura arenosa con contenido limoso, con posible permeabilidad y/o saturación.
U3	10 a 50	Unidad asociada con arenas gruesas.

La figura 24, presenta la ubicación de la línea TRE-3 abarco del inicio del dique 3 (punta sur del dique 3), como se muestra en la siguiente figura georeferenciada.

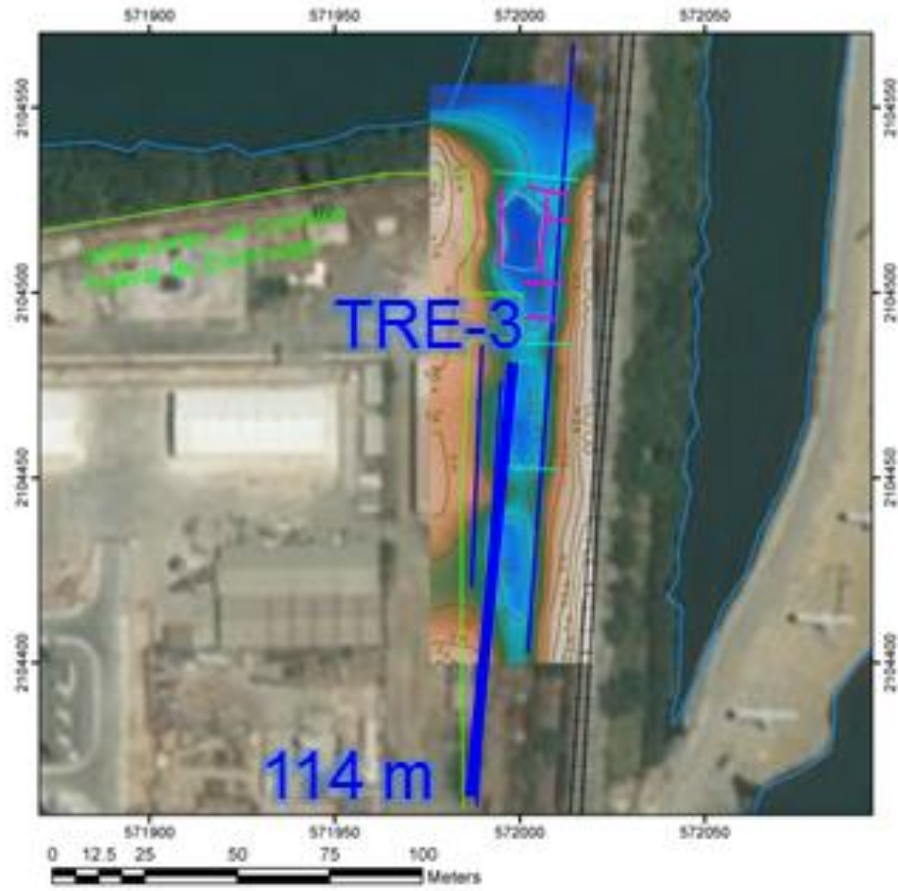


Figura 24: Ubicación georeferenciada de la línea TRE-3

5.0 ASPECTOS BIÓTICOS

5.1 Evaluación de Daños a la Afectación a la Vegetación por el Derrame de COPE

La vegetación dominante en la región donde se localiza la zona de estudio pertenece a Selva Baja Caducifolia, encontrándose también matorral de Selva Baja Espinosa y Manglar.

La característica de la vegetación de la Selva Baja Caducifolia es que puede alcanzar hasta los 15M o un poco más desarrollándose en climas cálidos subhúmedos, semisecos o subsecos donde la mayoría de los individuos que la forman tiran las hojas en la época de secas, la cual es muy prolongada (6-8 meses), los árboles dominantes por lo común son inermes, son comunes las comunidades de *Burcera spp* (Chupandia), *Lysiloma spp* (Tepehuaje), *Ceiba spp*, *Cordia spp* (Cueramo).

El manglar se localiza en franjas tropicales, en las costas sometidas a la influencia de la marea, su característica radica en que es una especie leñosa, generalmente en estrato arbustivo, adaptado a los suelos salinos encontrándose en la región el más abundante *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), en menos medida el *Rhizophora mangle* (mangle rojo) y en muy baja densidad el *Avicennia germinans* mangle prieto.

De la selva Baja Espinosa Caducifolia, en las zonas aledañas del sitio afectado por COPE se encuentran especies secundarias, donde abundan las leguminosas con espinas como el *Lysiloma divaricata* (Tepemezquite), *Pithecellobium*

lanceolatum (timúchil), *Acacia farnesiana* (huizache), *Prosopis glandulosa* (Mezquite), etc., los suelos son pantanosos y arenosos y son tolerables a la salinidad.

En el sistema de clasificación del INEGI (Vegetación y uso de suelo), en el área de estudio no aplica algún tipo de vegetación, como se muestra en la Figura 25, por lo que se concluye que esta vegetación se formo por las condiciones topográficas generadas por la infraestructura existente.

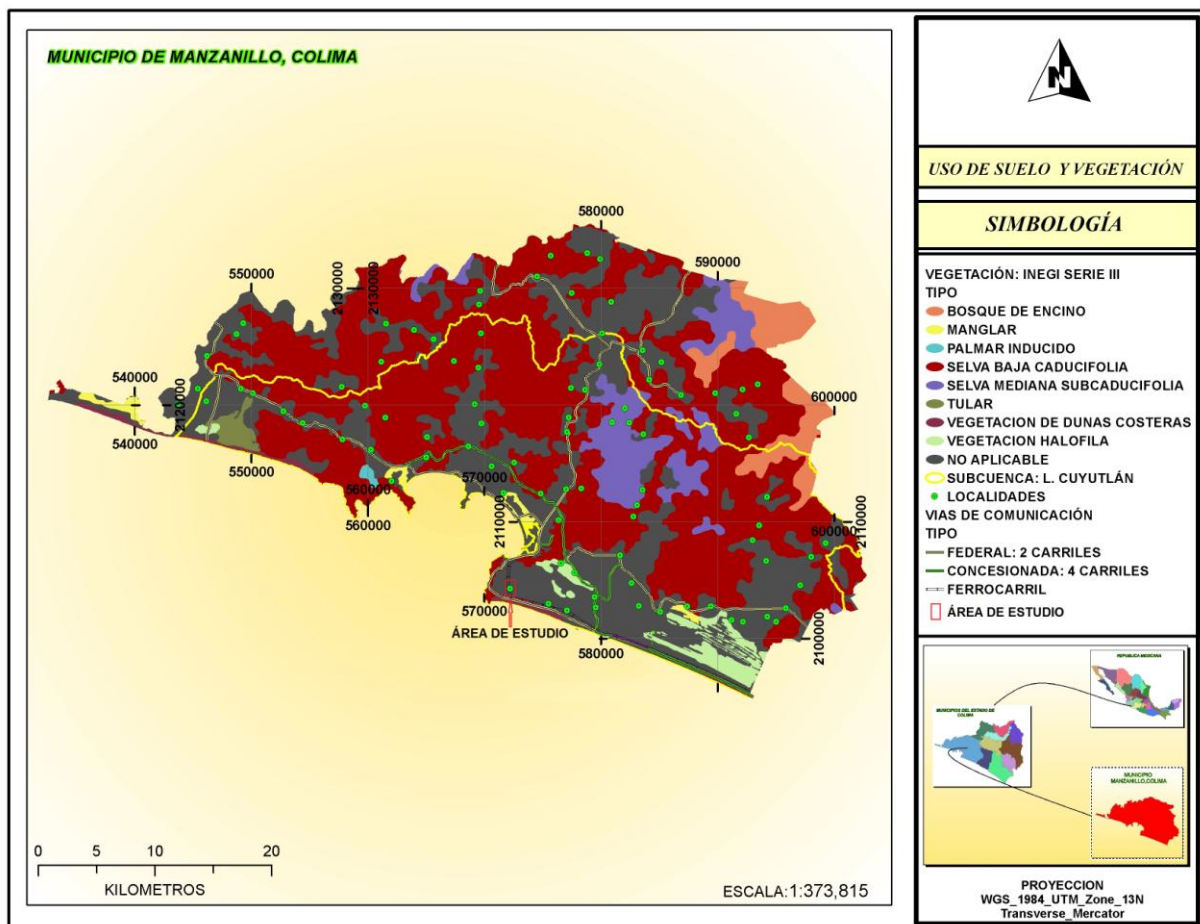


Figura 25: Vegetación y Uso de Suelo

5.2 Reconstrucción de la Vegetación en la Zona Afectada

La zona del derecho de vía donde ocurrió el derrame de cope, se encuentra en el Km I-612 de la línea ferroviaria. Para poder realizar la evaluación de la vegetación existente previa al accidente, se realizó un levantamiento florístico en las áreas aledañas a la zona afectada, cubriéndose una superficie de 2,000 M² y considerando la topografía general, en la zona donde se removió el suelo es prácticamente la misma.

A continuación se describe la metodología utilizada:

Previo al muestreo para medir algunos atributos de la vegetación, se hizo un recorrido preliminar, con la intención de detectar en forma general las especies vegetales presentes en el área del proyecto. Así mismo, se utilizaron planos del proyecto, imágenes de satélite y cartas de uso de suelo para cuantificar la superficie total que fue afectada por remoción de vegetación.

Para la descripción general de la vegetación existente en el área de referencia se tomaron muestras al azar a todo lo largo derecho de vía al sur del área en estudio dirección al puente compuertas (cubriendo la longitud y ancho de la zona afectada), en esta área se presenta dos tipos de vegetación dominantes reportadas por Rzedowski (1994), así como bibliografía particular de la región.

Adicionalmente, se realizaron recorridos de campo *in extenso* que permitieron corroborar la información recopilada, así como, registrar a aquellas especies cuyas poblaciones son reducidas en número, cobertura o distribución y que las técnicas de muestreo no permiten su registro. En la figura 26 se muestran los ejemplos la vegetación dominante).



Figura 26: Vista General de Vegetación dominante

5.2.1 Metodología para la Evaluación Florística

Previo al levantamiento de información en campo y con la finalidad de la obtención del listado del inventario florístico necesario para determinar la diversidad florística, se realizó un recorrido preliminar en la totalidad del área con la intención de detectar los cambios paisajísticos y determinar visualmente la presencia de diferentes comunidades vegetales y asociaciones de especies.

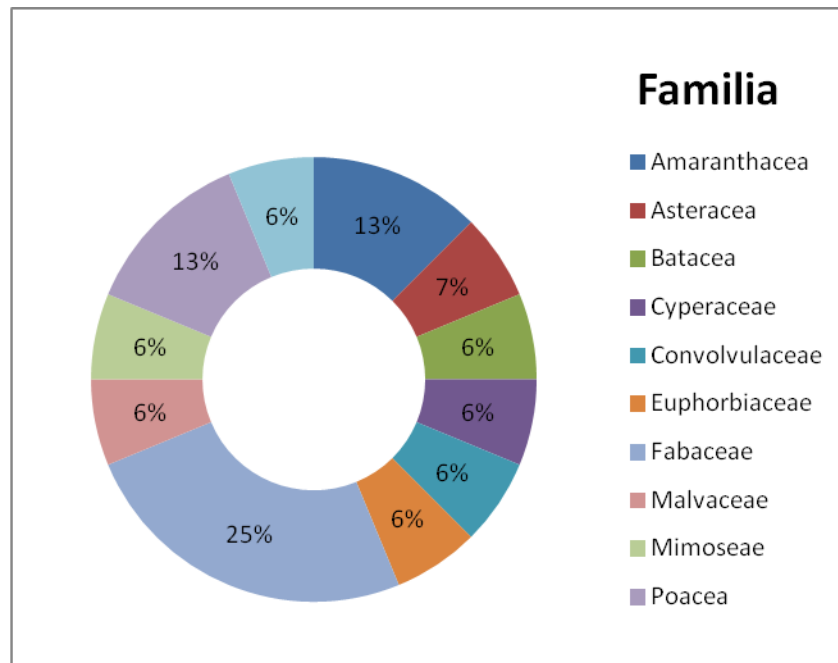
Durante ese recorrido de reconocimiento, se anotaron las especies vegetales presentes en el área, considerando únicamente las especies perennes, ya que son las que definen en gran forma la fisonomía y la arquitectura de los recursos naturales de vegetación de la zona.

En los recorridos de campo y en el estudio de la vegetación, únicamente se pudieron observarse especies de plantas superiores de diversas formas de vida y pertenecientes a distintas familias. La identificación de las especies se realizó in situ y los especímenes con duda o desconocidos fueron identificados por especialistas de la Universidad de Colima. En el Anexo 8 se presenta el registro fotográfico del proyecto).

En el levantamiento de los datos se obtuvo un total de 16 especies que correspondientes a 11 familias. En la tabla 6 y en la grafica 5 se presenta la distribución por familia de este levantamiento. La familia Combretaceae no se incluyo en este levantamiento, ya que es analizada por separado.

Tabla 6 Lista de Familias presentes en el Levantamiento

Familia	Especies
Amaranthacea	2
Asteracea	1
Batacea	1
Cyperaceae	1
Convolvulaceae	1
Euphorbiaceae	1
Fabaceae	4
Malvaceae	1
Mimoseae	1
Poacea	2
Solanaceae	1



Grafica 5: Distribución de Familias Observadas en el sitio

En la tabla 7 se presenta la lista de las especies inventariadas, así como su forma de crecimiento, determinándose que la mayoría de especies corresponden a herbáceas

Tabla 7 Especies Levantadas en el sitio y forma de crecimiento

Nombre Científico	Nombre Común	Familia	Forma de Crecimiento
<i>Alternanthera gracillis</i>		Amaranthacea	Herbácea
<i>Amaranthus sp</i>		Amaranthacea	Herbácea
<i>Senecio fupalorum</i>		Asteracea	Herbácea
<i>Batis marítima</i>	Vidrillo	Batacea	Herbácea
<i>Ipomea pes- caprae</i>	Campanita	Convolvulaceae	Herbácea
<i>Cyperus esculentus</i>	Tulillo	Cyperaceae	Herbácea
<i>Ricinus communis L.</i>	Higuerilla	Euphorbiaceae	Arbusto
<i>Phytocellobium divaricata</i>	Timuchil	Fabaceae	Árbol
<i>Leucaena lanceolata</i>	Guaje	Fabaceae	Árbol
<i>Lysiloma divaricata</i>	Tepehuaje	Fabaceae	Árbol
<i>Acacia farnesiana</i>	Huizache	Fabaceae	Arbusto
<i>Guazuma ulmiflora</i>	Guzima	Malvaceae	Árbol
<i>Prosopis Glandulosa</i>	mezquite	Mimoseae	Arbusto
<i>Anthehora hermaphrodita</i>		Poacea	Herbácea
<i>Echichloa polystachya</i>	Zacate alemán	Poacea	Herbácea
<i>Physalis ixocarpa</i>		Solanaceae	Herbácea

En base a los resultados levantados el 50% de las especies son herbáceas, 31% arboles y 19 % arbustos.

5.2.2 Metodología de Muestreo

El método usado fue a través de un tipo de muestreo al azar, donde se procedió a medir una fracción del total de individuos o elementos de una población para obtener la información de campo, que permita extrapolar los resultados obtenidos a toda la superficie de estudio con cierto grado de confiabilidad.

Una vez que se determinaron las áreas de muestreo la obtención de la información en campo fue colectada a partir de dos métodos:

Estrato arbóreo y arbustivo

Se realizó el muestreo utilizando 6 cuadrantes de 8m x 16 m, considerando la homogeneidad de las especies presentes en las comunidades y/o del tamaño de los individuos de esas especies (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974; Bonham, 1989).

Estrato herbáceo

Se realizó el muestreo utilizando 20 cuadrantes de 1m x 1 m, considerando la homogeneidad de las especies presentes en las comunidades y/o del tamaño de los individuos de esas especies (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974; Bonham, 1989).

En cada sitio se anotaron las coordenadas geográficas obtenidas de un GPS marca Garmin modelo 62s con el Datum WGS-84. La identificación de las especies ocurrentes en el predio se realizó *in situ*.

La identificación de las especies se realizó *in situ* mediante guías de campo y los especímenes con duda fueron identificados en el herbario de la Universidad de Colima.

Previo al trabajo de campo se efectuaron revisiones bibliográficas, cartográficas, de información publicada existente y de la manejada en las oficinas de los diferentes niveles de gobierno. Los parámetros obtenidos en campo fueron: especies presentes, altura total y diámetro 0,10 m de la altura del suelo.

Para la determinación de las especies bajo estatus se consultó la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2011.

En el área afectada se encuentra un relicto de manglar atípico del bosque de mangles contiguo correspondiente a la especie *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), estando esta especie protegida por la Ley de Vida Silvestres 60 Ter, y la NOM-022-SEMARNAT-2003. Cabe mencionar que este relicto será analizado más ampliamente mas adelante.

5.2.3 Valor de importancia de las especies vegetales en el área de estudio

La estructura de una comunidad vegetal, así como la dinámica de la misma puede ser caracterizada si se conocen algunos de los atributos de las especies que la conforman. Los atributos de la vegetación más conocidos son la densidad, frecuencia, cobertura, para contar con la información necesaria para determinar el valor de importancia ecológica. Este valor es importante ya que revela la importancia ecológica relativa de cada especie en cada comunidad, mejor que cualquiera de los parámetros evaluados en forma individual. Es decir permite conocer el papel ecológico de las especies en la comunidad. Estas

especies llamadas dominante y codominante son las que juegan un papel dominante sobre las demás, son las que controlan el flujo de energía en ese ecosistema, son las que consumen la mayor cantidad de recursos (nutriente, agua, luz, etc.) y son, en consecuencia, las especies que debemos tomar en cuenta para cualquier tipo de manejo del área de estudio. El valor de importancia de las especies de una comunidad vegetal resulta de la suma de los valores relativos de densidad, frecuencia y cobertura de las especies muestreadas en esa comunidad.

La densidad de una especie se interpreta como el número de individuos de esa especie que habitan por unidad de área, en este caso, por hectárea. La frecuencia nos da una idea sobre la distribución espacial de los individuos de una especie en una determinada área. El atributo de la vegetación conocido como cobertura indica la cantidad de suelo que está cubierta por el tronco (fuste) de una determinada especie.

La cobertura basal de las especies vegetales presentes fue utilizada como estimadora de la dominancia. Estas especies dominantes, permiten determinar las condiciones bajo las cuales las demás especies asociadas a ellas crecen, además de servir como indicadores de condición o grado de alteración o perturbación de la comunidad. El valor de importancia nos indica que especie es la que juega un papel dominante sobre las demás, cual es la que controla el flujo de energía en ese ecosistema, cual es la que consume la mayor cantidad de recursos (nutrientes, agua, luz, etc.).

Con estas técnicas se obtuvo la información de campo necesaria para conocer la densidad de individuos de cada especie que viven en el área, la cobertura o

superficie que esas especies ocupan en el predio, y el valor de importancia ecológico que cada una de las especies desempeñan en esa comunidad.

Tabla 8 Abundancia florística en el área afectada

Nombre Científico	Nombre Común	Abundancia absoluta en 0.2 Ha	Abundancia relativa en 0.2 Ha
<i>Alternanthera gracillis</i>		175	19.06
<i>Amaranthus sp</i>		43	4.68
<i>Senecio fupalorum</i>		32	3.49
<i>Batis marítima</i>	Vidrillo	70	7.63
<i>Ipomea pes-caprae</i>	Campanita	65	7.08
<i>Cyperus esculentus</i>	Tulillo	128	13.94
<i>Ricinus communis L.</i>	Higuerilla	52	5.66
<i>Phytocellobium divaricata</i>	Timuchil	33	3.59
<i>Leucaena lanceolata</i>	Guaje	15	1.63
<i>Lysiloma divaricata</i>	Tepehuaje	36	3.92
<i>Acacia farnesiana</i>	Huizache	4	0.44
<i>Guazuma ulmiflora</i>	Guzima	9	0.98
<i>Prosopis Glandulosa</i>	mezquite	2	0.22
<i>Anthephora hermaphrodita</i>		37	4.03
<i>Echichloa polystachya</i>	Zacate alemán	214	23.31
<i>Physalis ixocarpa</i>		3	0.33
	Total	918	100.00

Densidad

La abundancia es el tamaño o cantidad de individuos en la población que existe en el área de estudio. La abundancia se expresa utilizando el parámetro de densidad y ésta resulta del número de individuos por unidad de área. En el área de estudio, las especies herbáceas representan el 83.55% de la densidad

relativa, seguido por las especies arbóreas con el 10.13%, y finalmente con 6.32% las especies arbustivas (Tabla 8).

Cobertura

La cobertura basal de las especies vegetales presentes fue utilizada como estimadora de la dominancia. Estas especies dominantes, permiten determinar las condiciones bajo las cuales las demás especies asociadas a ellas crecen, además de servir como indicadores de condición o grado de alteración o perturbación de la comunidad. Para esta estimación se utilizó solamente las especies arbustiva y arbóreas cuantificadas para el área del estudio, la higuera, el Tepehuaje y el timuchil aportaron la mayor dominancia relativa con el 34.44%, 23.84% y 21.85% respectivamente (Tabla 9).

Tabla 9 Estimación de Cobertura basal

Nombre Científico	Nombre Común	Forma de Crecimiento	Abundancia absoluta en 0.2 Ha	Abundancia relativa en 0.2 Ha
<i>Ricinus communis L.</i>	Higuera	Arbusto	52	34.44
<i>Phytocellobium divaricata</i>	Timuchil	Árbol	33	21.85
<i>Leucaena lanceolata</i>	Guaje	Árbol	15	9.93
<i>Lysiloma divaricata</i>	Tepehuaje	Árbol	36	23.84
<i>Acacia farnesiana</i>	Huizache	Arbusto	4	2.65
<i>Guazuma ulmiflora</i>	Guazima	Árbol	9	5.96
	mezquite	Arbusto	2	1.32
	Total		151	100.00

Determinación del índice de Diversidad en la Comunidad Vegetal Muestreada

En el análisis de la riqueza de especies y las abundancias detectadas se observan datos relevantes obtenidos mediante el cálculo del Índice de Shannon-Wiener (H) que consiste en comparar la diversidad con respecto a las

abundancias de especies en el área de influencia del Proyecto y el resto de los predios de cada uno de los laderos. Al Índice de diversidad de Shannon-Wiener también se conoce como el índice de Shannon y se basa en la teoría de la información y por tanto en la probabilidad de encontrar un determinado individuo en un ecosistema. El valor máximo suele estar cerca de 5, pero hay ecosistemas excepcionalmente ricos que pueden superarlo. Además, valores cercanos a 2 o por debajo de éste se consideran bajos para el sitio evaluado. A mayor valor del índice indica una mayor biodiversidad del ecosistema. Dicho índice se calcula de la siguiente forma:

$$H = - \sum_{i=1}^s p_i \bullet \log_2(p_i)$$
$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Donde:

n_i = número de individuos en el sistema de la especie determinada i

N = número total de individuos

S = número total de especies

Además se calculó la Equidad o índice de Equitatividad de Shannon (J) que es la medida de la proporción que guardan las abundancias relativas de las especies de la comunidad muestreada. En la estimación de la Diversidad de Shannon (H), la equidad permite cuantificar qué tanto la diversidad estimada

(H) se desvía del máximo teórico ($\ln S$), que ocurre cuando todas las especies son igualmente abundantes. La equidad se calcula de la siguiente forma:

$$J = H / (\text{Ln } S)$$

Donde:

H = Diversidad de Shannon estimada

Ln = Logaritmo natural

S = número total de especies

El índice de Biodiversidad por el método de Shannon para el predio de presentó un valor de $H' = 2.77$. Este índice en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 1.5 y 3.5, no llegando a exceder los 5. Cuantas más especies tiene una comunidad, y cuanto más similar sea la abundancia entre especies, mayor será el valor de diversidad de dicha comunidad. Por lo que, la diversidad predio estudiado, y al valor de H' puede ser considerado como ecosistema medianamente diverso.

Equidad de especies flora por estrato en el ecosistema a afectar

La equidad de especies (E), se define como el grado de igualdad o uniformidad de la distribución de la abundancia (número de individuos) de las especies; ocurriendo el valor máximo cuando todas las especies presentan la misma igualdad. Para este estudio, la forma de crecimiento de todas las especies presentes está compuesta por los tres estratos: arbórea, arbustiva y herbácea; dominando la herbácea. Las especies cactáceas de tallo suculento o crasicale, se consideraron como arbustos suculentos (Rzedowski, 1966).

El valor de E se obtuvo de la relación existente entre la diversidad observada y la diversidad máxima mediante la fórmula: $E = H' / H_{\text{max}}$.

El valor de la equidad se sitúa entre 0 y 1 en donde el 1 indica que todas las especies son igualmente abundantes. El valor obtenido fue de 0.82, lo cual indica que la distribución de la abundancia relativa por especie es de media a alta. En la tabla 10 se presentan el Índice de biodiversidad y equidad para la vegetación que existía en el sitio afectado.

Tabla 10 Índice de Biodiversidad y Equidad en la zona de estudio

PREDIO				
Comunidad	Valores absolutos	Abundancia relativa (pi)	Ln (pi)	(pi) x Ln (pi)
<i>Alternanthera gracillis</i>	175	0.190632	-1.657	-0.316
<i>Amaranthus sp</i>	43	0.046841	-3.061	-0.143
<i>Senecio fupalorum</i>	32	0.034858	-3.356	-0.117
<i>Batis marítima</i>	70	0.076253	-2.574	-0.196
<i>Ipomea pes- caprae</i>	65	0.070806	-2.648	-0.187
<i>Cyperus esculentus</i>	128	0.139434	-1.970	-0.275
<i>Ricinus communis L.</i>	52	0.056645	-2.871	-0.163
<i>Phytecellobium divaricata</i>	33	0.035948	-3.326	-0.120
<i>Leucaena lanceolata</i>	15	0.016340	-4.114	-0.067
<i>Lysiloma divaricata</i>	36	0.039216	-3.239	-0.127
<i>Acacia farnesiana</i>	4	0.004357	-5.436	-0.024
<i>Guazuma ulmiflora</i>	9	0.009804	-4.625	-0.045
<i>Prosopis glandula</i>	2	0.002179	-6.129	-0.013
<i>Anthehora hermaphrodita</i>	37	0.040305	-3.211	-0.129
<i>Echichloa polystachya</i>	214	0.233115	-1.456	-0.339
<i>Physalis ixocarpa</i>	3	0.003268	-5.724	-0.019
Riqueza S =16	918	1.00		2.28
$H_{max} = \ln S$				2.772588722
				Índice de diversidad de Shannon
Equitatividad (J)		J= H/Hmax =	0.82	

Evaluación del estado de conservación de los recursos

Se considera que la vegetación existente en el terreno y en el área de influencia del proyecto se continuará degradando por el tráfico propio del ferrocarril, operaciones de mantenimiento de la línea de conducción, la Termoeléctrica, habitacionales aledañas, el tránsito de automóviles que circulan en el libramiento, entre otros. Aunado, a la vegetación secundaria que ya existe motivada por el posible desmonte para la colocación de la vía y de la construcción de la Termoeléctrica, tiempo atrás. Todo lo anterior, repercutirá también en la fauna existente que será ahuyentada del sitio para buscar nuevos hábitats o bien acostumbrarse, como ya lo hace a la fecha, a las perturbaciones existentes. Por lo que, se puede catalogar el estado de conservación de la superficie afectada como vegetación secundaria en proceso de degradación.

Servicios Ambientales Proporcionados por las Especies Vegetales del Área del Proyecto

Es importante mencionar que, sin excepción, todas las especies vegetales del área de estudio proporcionan diversos servicios ambientales, ya que dependiendo de la arquitectura de las formas de vida de las especies ayudan a disminuir el impacto de las precipitaciones sobre el suelo, aumentan la capacidad de retención de agua de lluvia, elevan las tasas de infiltración de agua en el suelo, modifican de una manera positiva las condiciones climáticas del área, contribuyen a la fijación del CO₂ y nitrógeno atmosférico, ayudan grandemente a retener las partículas de suelo disminuyendo las tasas de erosión y en forma general, sirven como fuente de producción de oxígeno a la atmósfera y materia orgánica al suelo.

Las comunidades ecológicas difieren en cuanto al número de especies que incluyen debido esto a las características particulares de sus hábitats. Esa cantidad de especies que las comunidades soportan es conocida como riqueza o diversidad de especies.

Para la determinación de la riqueza florística en el área que fue afectada por la atención a la emergencia se utilizó el índice de la diversidad de Simpson, el cual está basado en la densidad relativa de las especies y el número de especies. Este índice es de uso común para medir el grado de equidad de unas cuantas especies en la comunidad, y su inverso representa por lo tanto la dominancia. Es decir, una comunidad dominada por una o dos especies se consideran menos diversas que aquella en la que diferentes especies tienen una abundancia similar. Este índice concede importancia a las especies abundantes y menor significación a las menos abundantes. Tiene la ventaja de poseer una baja sensibilidad al tamaño de la muestra.

Condición Actual de las Especies Vegetales Inventariadas en Términos de Protección Oficial en el Área de Estudio

Al realizar la comparación de las especies vegetales identificadas en el área del sitio con los listados de la Norma Oficial NOM-059-SEMARNAT-2010 que determinan las especies y subespecies de la flora silvestres en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, NO se identificaron especies en el área que ocupara la zona afectada, mas sin embargo el relicto de manglar está regulado por la NOM-022-SEMARNAT-2003.

5.3 Análisis del Manglar

J. RZEDOWSKI (1963) Define a el ecosistema de manglar como una comunidad distribuida en los litorales de regiones húmedas y con temperaturas altas; y se desarrollan principalmente a las orillas de las lagunas costeras, de bahías protegidas y de desembocadura de ríos, en donde hay zona de influencia de agua de mar, soporta cambios fuertes de nivel de agua y salinidad, pero no se establece en lugares.

El buen funcionamiento del manglar está determinado por diversos factores ambientales, como es el clima, el periodo de inundación o hidroperiodo (frecuencia y duración de la inundación de cierta área), la disposición de los nutrientes, el viento, las enfermedades y la herbivoría, así como los impactos negativos directos derivados de la acción humana.

En el caso del relicto de manglar, el cual está conformado por 21 mangles, presenta severo daño antropogénico. Esto se debe a que por un largo periodo (de 2 o más años) ha estado bajo un estrés hídrico, provocado por el aislamiento topográfico al construirse la planta termoeléctrica, el azolve, etc., ocasionando un estado de lacración severo tanto en los troncos como en los tallos de las ramas nuevas. En las figuras 28 y 29 se presenta el avance del estado de lacración.

5.3.1 Proceso de Depredación y Patología de los Mangles.

Generalmente una de las enfermedades más comunes es la causada por hongos del genero *Cercospora*, estos hongos producen grandes manchas necróticas en las hojas de color oscuro, las cuales se desprenden antes del tiempo del árbol, quedando muchas ramas desnudas.

La enfermedad más evidente es la deformación que pueden sufrir algunas zonas del tronco y ramas, esto se observa por la formación de nódulos prominentes hasta de 80 cm. de diámetro causado por un hongo *Cylindrocarpon*, que causan deformidades pues estimula la división celular en el mangle lo que conlleva a reacciones y descontroles en la planta, estimulando el crecimiento desordenado del tejido local, lo que induce la formación de estos nódulos, como se observa en la figura 27.



Figura 27: Vista de formación de nódulos causado por un hongo *Cylindrocarpon*

Existen otras plagas que afectan al mangle especialmente insectos como las larvas de macrolepidópteros de la familia sphingidae, estas larvas se comen hojas y pueden causar serios daños. Otras larvas de mariposas como la *Ascalapha odorata* las cuales también comen hojas.

No solo las larvas de mariposas afectan a los manglares, pues también se han encontrado otros insectos como el coleóptero que es un parásito específico de mangle, el cual produce serios daños en la radícula de los embriones no desprendidos y que también perfora las raíces aéreas, induciendo en estas a deformaciones y activos procesos de ramificación. Para defenderse del ataque de insectos, muchos mangles protegen a sus primordios foliares mediante estipulas, que se caracterizan por un alto contenido de taninos y sales, y además secretan un líquido viscoso azucarado que sirve de alimentos a hormigas, las cuales al parecer protegen a la hoja del ataque de la larva especialmente del ataque de mariposas.

Respecto a las raíces, estas generalmente son perforadas por un crustáceo el cual produce daños de consideración en las raíces en donde excava profundas galerías, llegando incluso a fracturar las raíces de árboles jóvenes.

Acerca de los herbívoros también hay que considerar la actividad de los cangrejos especialmente la de los cangrejos de mangle, el cual consume las hojas, lo mismo que el cangrejo tasquero, el tasquero es un cangrejo trepador omnívoro que incluso depreda al cangrejo del mangle e insectos pero también come flores, otros herbívoros de consideración consumen regularmente hojas de mangle, son los venados que entran al manglar los cuales comen una buena cantidad de follajes y brotes especialmente del mangle.



Figura 28: Lacración en ramas primarias



Figura 29: Lacración en ramas secundarias

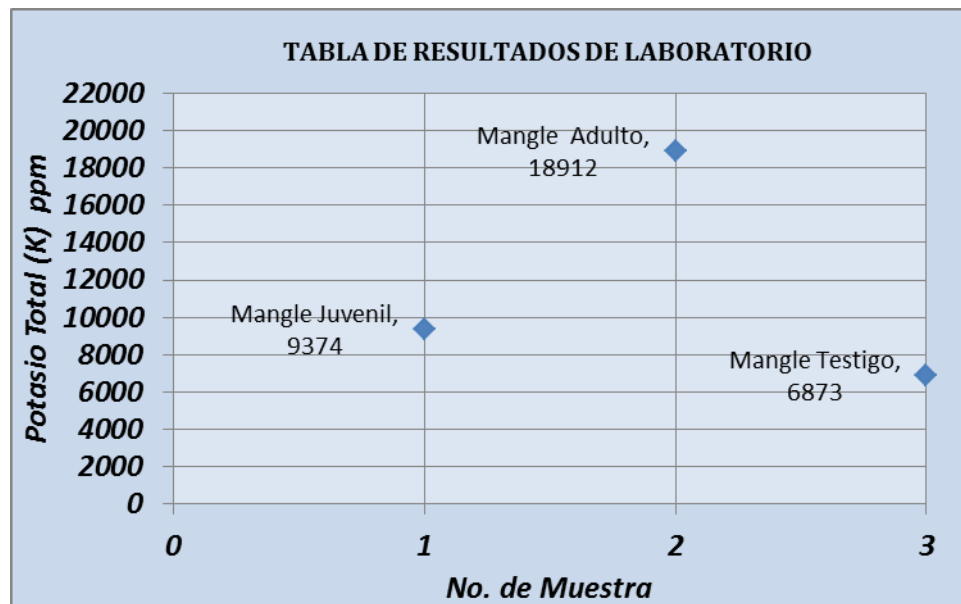
5.3.2 Análisis Foliar

Se ha llevado a cabo un análisis foliar comparativo de 3 mangles, tomándose dos mangles (uno juvenil y otro adulto) que se encuentran en la zona afectada por COPE, y comparado con un mangle que se encuentra en una zona libre de hidrocarburos localizado en el Vaso I. En general, la concentración de nutrientes en los mangles que son afectados por COPE presentaron un alto grado nutritivo, el cual es debido a la adición de macronutrientes y micronutrientes que se ha venido aplicando a estos individuos vía foliar. La fertilización foliar fue utilizada para superar problemas existentes en las raíces, ya que estas sufren de una actividad limitada debido a la saturación de COPE, falta de oxígeno en campos inundados, ataque de nematodos que dañan el sistema radicular, y una reducción en la actividad de la raíz durante las etapas reproductivas en las cuales la mayor parte de los fotoasimilados es transferida para reproducción, dejando pocos para la respiración de la raíz (Trobisch y Schilling, 1970) Por lo que se concluye que el factor estresante es la deficiencia hídrica, ya que el oxígeno disuelto en el agua es de 1.4 ,g/l el cual comparado con el agua de la laguna que en promedio es de 6.24 mg/l, esta muy bajo.

Potasio Total

El potasio es un regulador del proceso de la fotosíntesis, teniendo como función la apertura y cierre de los estomas, en consecuencia es un regulador de la absorción de CO₂. En las plantas la función del potasio es el de desencadenar la activación de las enzimas, así como también es un elemento indispensable para la producción de Adenosina Trifosfato, que es una fuente de energía muy

importante para muchos procesos químicos, que tienen lugar en las células de la planta. El muestreo se realizó colectando una muestra por cada árbol, reportando el laboratorio un drástico incremento en los mangles afectados respecto al Mangle Testigo (mangle adulto sano), con concentraciones de 6,873 ppm a 18912 ppm, el comportamiento del proceso del potasio lo podemos observar en la grafica 6.

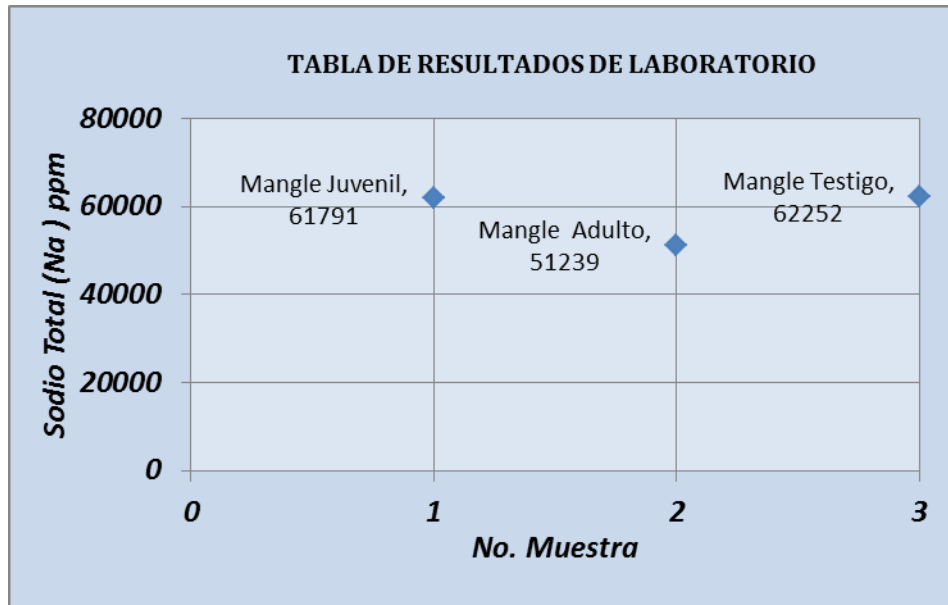


Grafica 6: Comparativo del Potasio Total (K), vía foliar

Sodio Total

El mangle blanco *laguncularia racemosa* al igual que el mangle negro *Avicennia tonduzii* secreta el exceso de sal, pero no posee glándulas en toda la hoja, para esto posee dos glándulas en el peciolo; motivo por el cual lo reporta el laboratorio en concentraciones que van de los 51,239 ppm a 62,252 ppm, el comportamiento del proceso del sodio total, lo podemos observar en la grafica

7, donde se concluye que el mangle adulto está perdiendo capacidad de excretar la sodicidad.

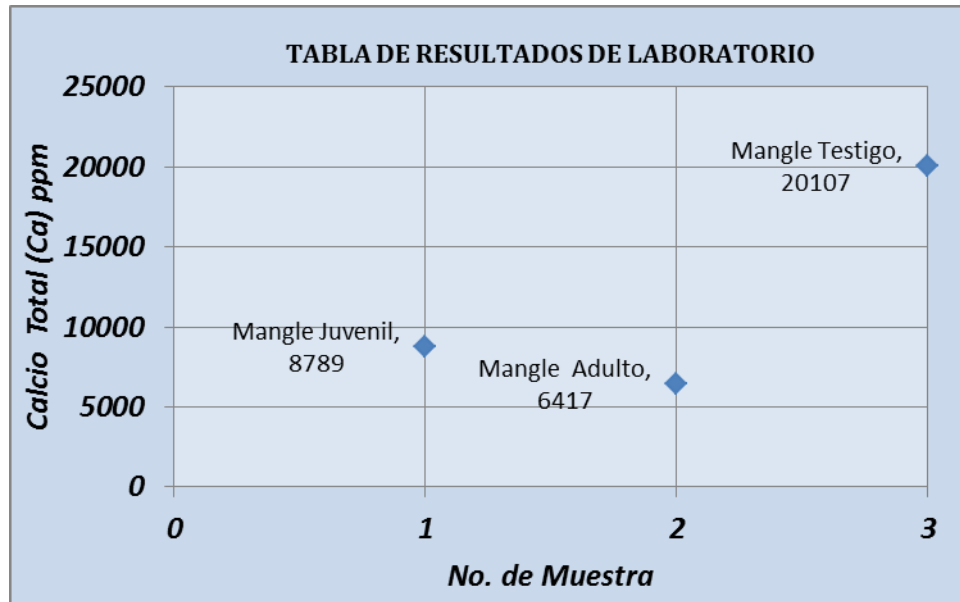


Grafica 7: Comparativo del Sodio Total (Na), vía foliar

Calcio Total

El calcio se transporta en la planta a través del xilema junto con el agua, por lo que se asume que la absorción de calcio está directamente relacionada con la proporción de transpiración del manglar.

Motivo por el cual lo reporta el laboratorio en concentraciones que van de los 6,417 ppm a 20,107 ppm, el comportamiento del proceso del calcio total, lo podemos observar en la grafica 8, donde se concluye que los mangles afectados no están absorbiendo el calcio, siendo un signo de falta de transpiración.



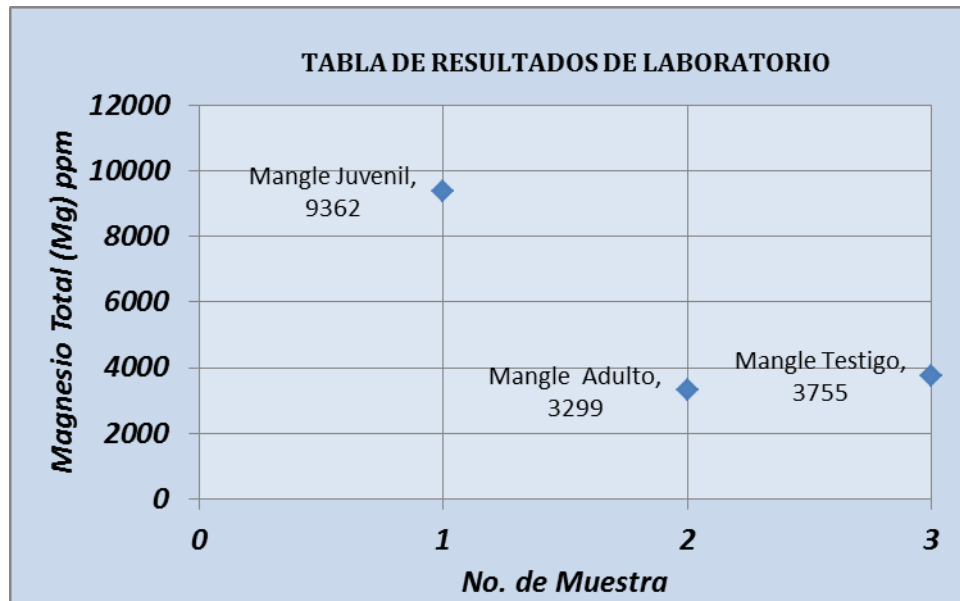
Grafica 8: Comparativo del Calcio Total (Na), vía foliar

Magnesio Total (Mg)

El magnesio (Mg), al igual que el calcio y el azufre, es uno de los tres nutrientes secundarios que requieren las plantas para un buen desarrollo. Estos nutrientes se consideran secundarios debido a su cantidad y no a su importancia, ya que generalmente se generan confusiones.

La falta de un nutriente secundario es tan perjudicial para el desarrollo de las plantas como la de cualquiera de los tres de carácter primario (nitrógeno, fósforo y potasio) o la deficiencia de micronutrientes (hierro, manganeso, boro, zinc, cobre y molibdeno). Además, en algunas plantas, la concentración de magnesio en el tejido es comparable a la de fósforo, un nutriente primario, por lo que comparando los resultados de laboratorio de los mangles se observa que los valores fluctúan desde 3,299 ppm a 9,362 ppm. Los cuales se encuentran en

la zona afectada contra el mangle testigo que tiene un valor de 3,750 ppm. En la gráfica 9 se presenta la comparativa de concentración del Magnesio.

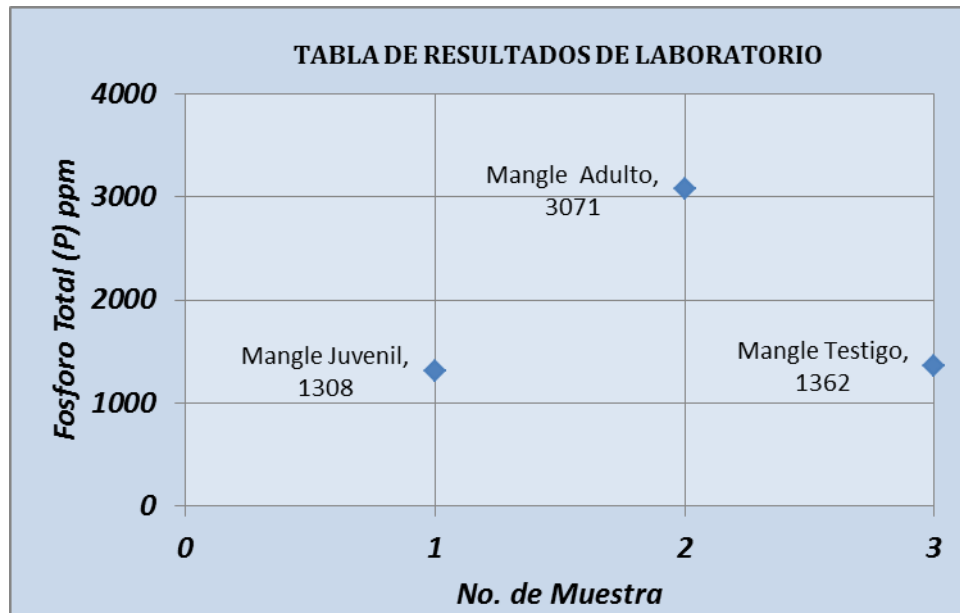


Grafica 9: Comparativo del Magnesio Total (Mg), vía foliar

Fosforo Total (P)

Las funciones del fosforo no pueden ser ejecutadas por ningún otro nutriente y se requiere un adecuado suplemento de este nutriente para que la planta crezca y se reproduzca en forma óptima. El fosforo (P) juega un papel vital virtualmente en todos los procesos que requieren transferencia de energía en la planta. Los fosfatos de alta energía, que son parte de la estructura química de la Adenosina Difosfato (ADF) y de la Adenosina Trifosfato (ATF), son la fuente de energía que empuja una multitud de reacciones químicas dentro de la planta. La transferencia de los fosfatos de alta energía del ADF y ATF a otras moléculas (proceso denominado fosforilación), desencadena una gran cantidad de

procesos esenciales para la planta. En la grafica 10, se observa el comparativo de fosforo entre los mangles estudiados.

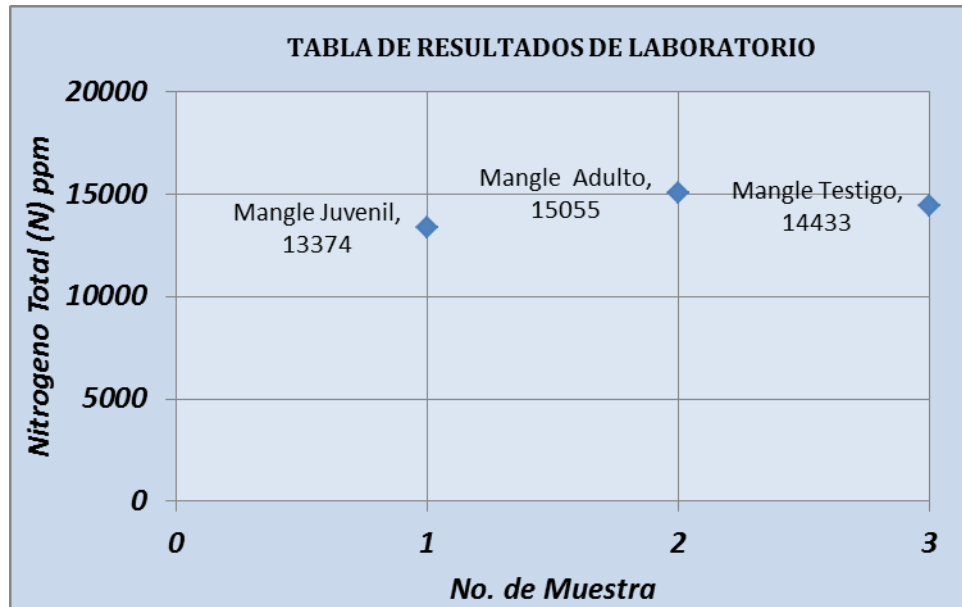


Grafica 10: Comparativo de Fosforo Total (P), vía foliar

Nitrógeno Total (N)

El nitrógeno es un nutriente que tiene gran importancia en el desarrollo vegetativo al igual que el fosforo y el potasio. Las plantas deficientes de nitrógeno presentan los siguientes síntomas: son más pequeñas de lo normal, Se presenta la clorosis en las hojas adultas (el nitrógeno se transporta de las hojas adultas a las más jóvenes), Se presenta menor crecimiento foliar frente al desarrollo radicular, la floración queda muy restringida con notable reflejo en la fructificación, Las enfermedades, heladas producen mayores daños; y con exceso de potasio se presenta exceso de follaje, desarrollo radicular mínimo y retraso en la floración y formación de semillas. En la grafica 11 se presenta el comparativo de N en las tres muestras analizadas por el laboratorio, observándose que la muestra mangle juvenil presenta una deficiencia de N y la

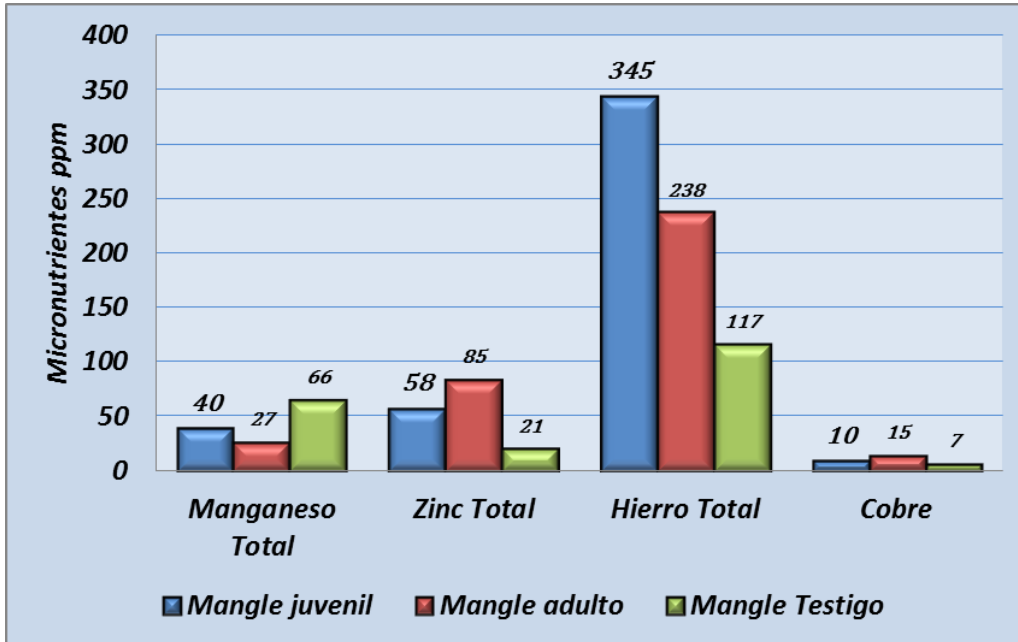
muestra de mangle adulto un exceso de N en comparación con la muestra de mangle testigo.



Grafica 11: Comparativo de Nitrogeno Total (N), vía foliar

Micronutrientes

Consideramos micronutrientes a los elementos esenciales cuya concentración en planta es menor a 0.1% en peso seco. Actualmente se consideran micronutrientes a los siguientes elementos: Hierro, Manganeso, Zinc, y Cobre. Como se presenta en la grafica 12, los micronutrientes están excedidos en los manglares afectados en comparación con el testigo, esto se debe a que se ha estado aplicando estos micronutrientes vía foliar y están almacenados en las hojas.



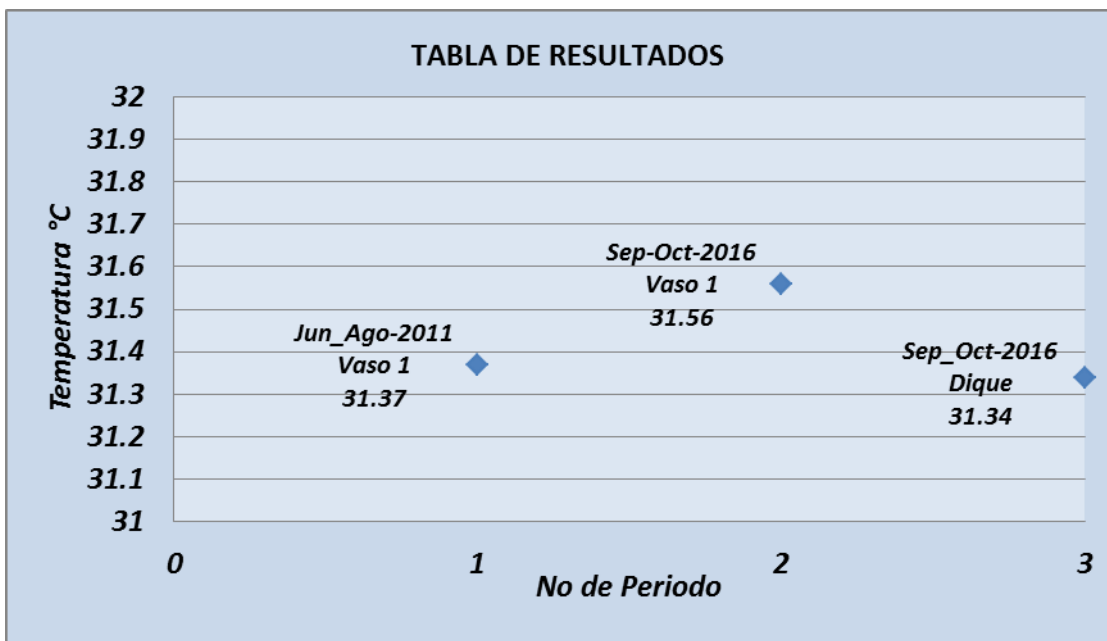
Grafica 12: Comparativo de Micronutrientes, vía foliar

5.4 Parámetros Fisicoquímicos del Agua

Se realizó el monitoreo del agua de la laguna (Vaso I) y del agua del dique donde se encuentran los mangles, con la finalidad de analizar las propiedades fisicoquímicas de la calidad de agua en la laguna, ya que son factores que determinan el estado de conservación de los bosques de mangle, así como la posibilidad de su recuperación natural o a través de procesos de reforestación (Citas). En cuanto a la calidad de agua hemos observado, que la laguna mantiene una salinidad por arriba del agua de mar, llegando inclusive hasta el 80 y 90%. A continuación se presenta el desarrollo del análisis de la calidad de agua.

Temperatura

Para fines de comparación se tomo el periodo que comprendió los meses Jun_2010, Jul_2010 y Ago_2010 puesto que son los registros que se acercan con el periodo de estudio, de Sep-Oct del 2016, Como se presenta en la gráfica 13 por lo que se puede deducir que la temperatura del agua tanto del Vaso 1 como del dique sigue un proceso estacional



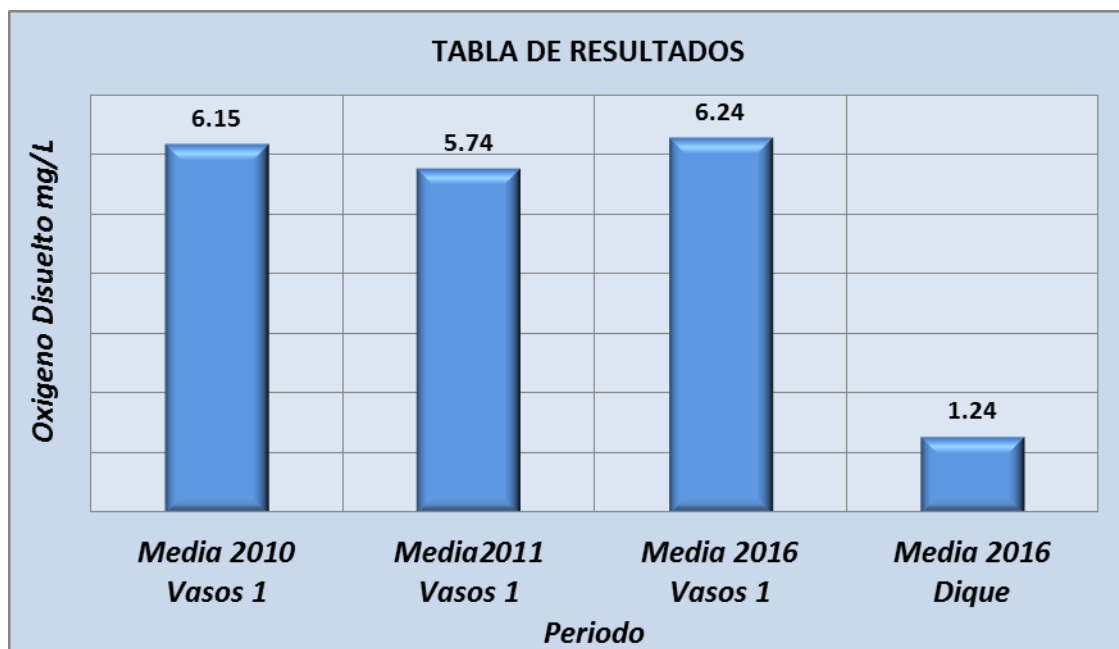
Grafica 13: Comparativo de Temperatura

Oxigeno Disuelto

El Oxígeno Disuelto es un indicador por excelencia de la calidad del agua para el desarrollo de la vida acuática (Kannel et al., 2007). Las bajas concentraciones de oxígeno disuelto, pueden causar la mortalidad de muchas especies acuáticas (Helawell, 1986). De ahí la importancia de este parámetro, cuyo peso específico es generalmente de los más altos cuando se determina la calidad del agua

(Debels et al., 2005; Bordalo et al., 2006; Kannel et al., 2007; Chaturvedi y Bassin, 2010). En general, la concentración de oxígeno disuelto en el agua del dique contaminado es mucho menor a las concentraciones tanto históricas como actuales de la Laguna Vasos I (Media 2010, Media 2011 y Media 2016).

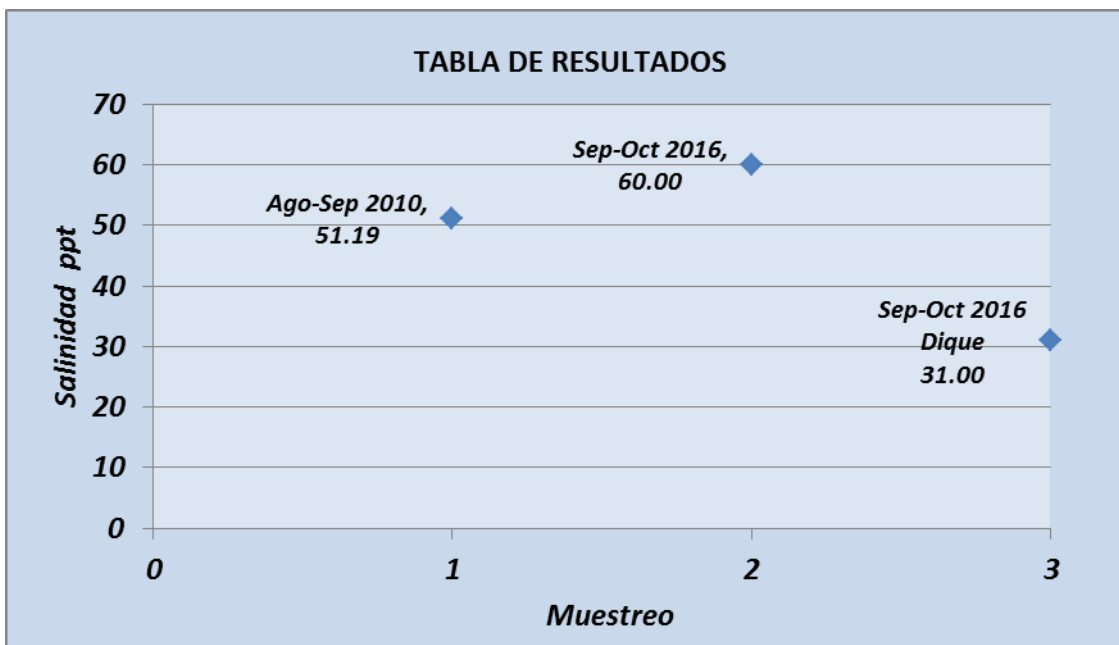
En la gráfica 14 se presenta el comparativo de oxígeno disuelto del vaso I, tanto histórico como en el periodo actual y comparándose con el oxígeno disuelto del dique con COPE que alberga los 21 mangles, donde se observa que en el dique el oxígeno está prácticamente consumido, por lo que es muy presumible que esta sea la causa del deterioro acelerado que están sufriendo los mangles.



Grafica 14: Comparativo de oxígeno disuelto

Salinidad

La salinidad es un indicador para la estabilización de los manglares, por lo que en los registros históricos del vaso I, para el periodo de Jul del 2010 a Sep del mismo año se obtuvieron resultados de 51.53 ppt, en el periodo de Sep-Oct 2016 se obtuvo un promedio de 60 ppt y en el dique que contiene producto libre, se obtuvo un promedio de 31 ppt. En la gráfica 15 se presenta el comportamiento de la salinidad.

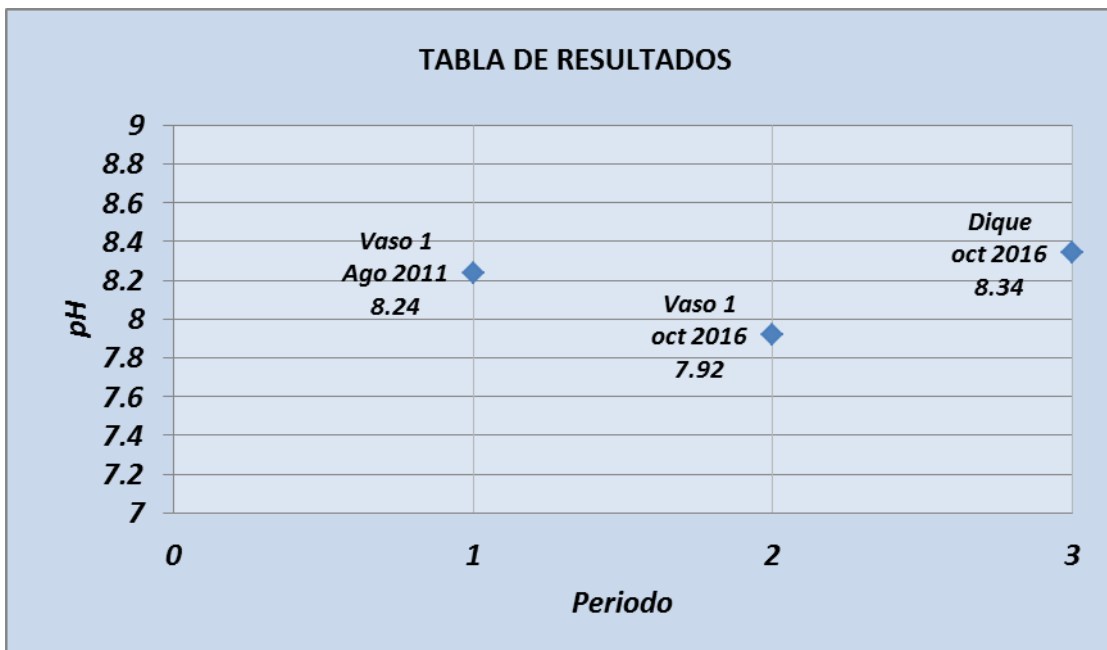


Grafica 15: Comparativo de salinidad

Potencial Hidrógeno (pH)

Con respecto al análisis del vaso I y el dique con COPE (Gráfica 16), se observa que se presentan valores salinos, esto debido probablemente a las condiciones de salinidad propias del mismo vaso.

De manera general con este parámetro no se observa una asociación estacional, no obstante se puede observar una tendencia de descenso general con fluctuaciones de ascenso, haciendo hincapié en que las fluctuaciones son en un orden de tres a cuatro decimales.

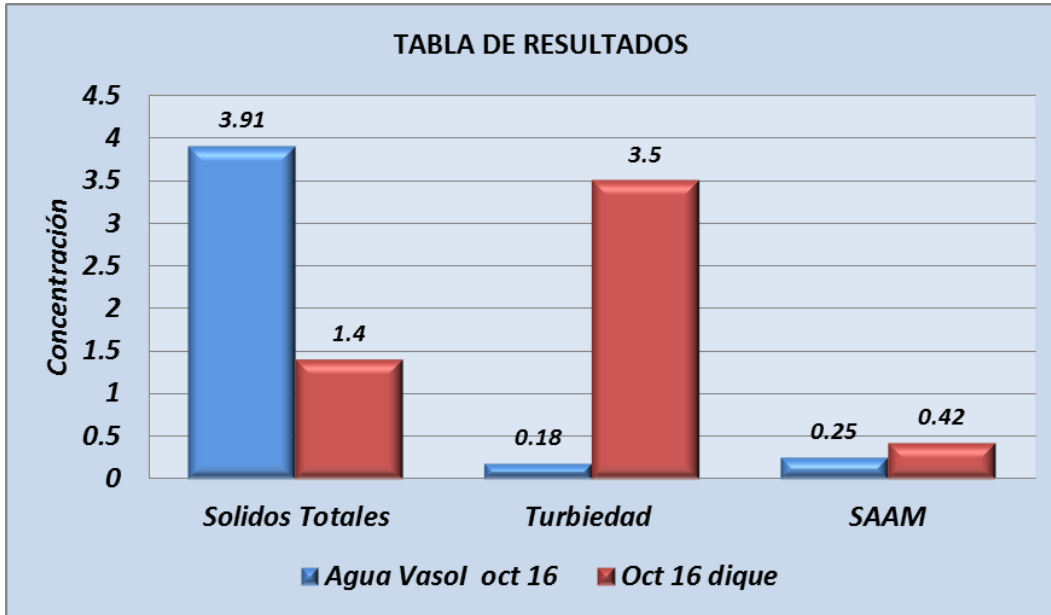


Grafica 16: Comparativo pH

Los siguientes parámetros fisicoquímicos fueron analizados en el laboratorio del Centro Regional de Servicios Integrales para la Agricultura Protegida.

Sólidos Totales (ST), Turbiedad y SAAM

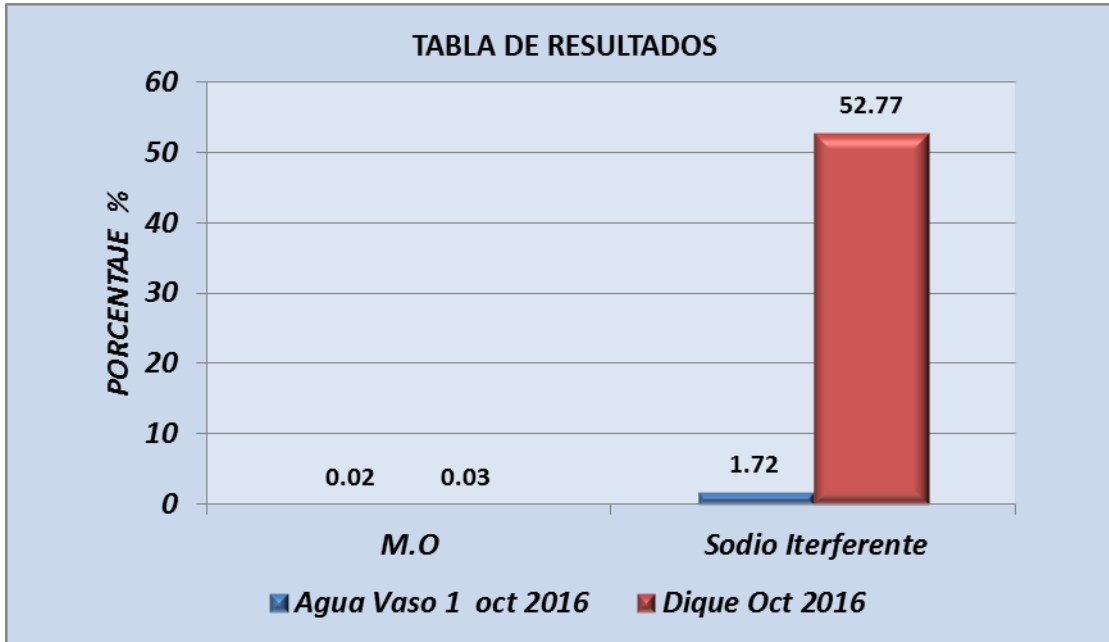
En la gráfica 17 se presenta la referencia de sólidos totales, turbiedad y SAAM, observándose que las concentraciones son muy bajas tanto en el Vaso I como en el dique con COPE.



Grafica 17: Comparativo de Solidos Totales, Turbiedad y SAAM

% de Materia Orgánica y % de sodio interferente

En la gráfica 18 se observa que el porcentaje de materia orgánica del agua de la laguna respecto al agua del dique la diferencia es una centésima de punto en el porcentaje de materia orgánica, mas sin embargo en el % de sodio interferente, este se dispara en el agua del dique, lo que se puede asumir que el sodio está interfiriendo drásticamente en esta zona.



Grafica 18: %Materia organica y % de Sodio interferente

Conductividad eléctrica, N-Amoniacal, Nitritos y Cianuros

La conductividad eléctrica refleja la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica y va directamente relacionada con las concentraciones de sales disueltas en el agua, este parámetro se utiliza para saber que tan salina es el agua.

Nitrógeno Amoniacal en su forma de de amoniaco (NH_3) o amonio (NH_4^+). El amoniaco y el amonio son gases que se producen de forma natural por fermentaciones microbianas de productos nitrogenados, por ejemplo en la descomposición de proteínas o urea. Las aguas superficiales no deben contener normalmente amoniaco. En general, la presencia de amoníaco libre o ion amonio es considerado como una prueba química de contaminación reciente y peligrosa. Si el medio es aerobio, el nitrógeno amoniacal se transforma en nitritos.

La presencia de cianuros puede ser en forma natural o ser fabricados; La mayoría de estos compuestos son altamente venenosos y de acción rápida. El cianuro de hidrógeno (HCN), que es un gas, y las sales simples de cianuro (cianuro de sodio y cianuro de potasio) son ejemplos de compuestos de cianuro.

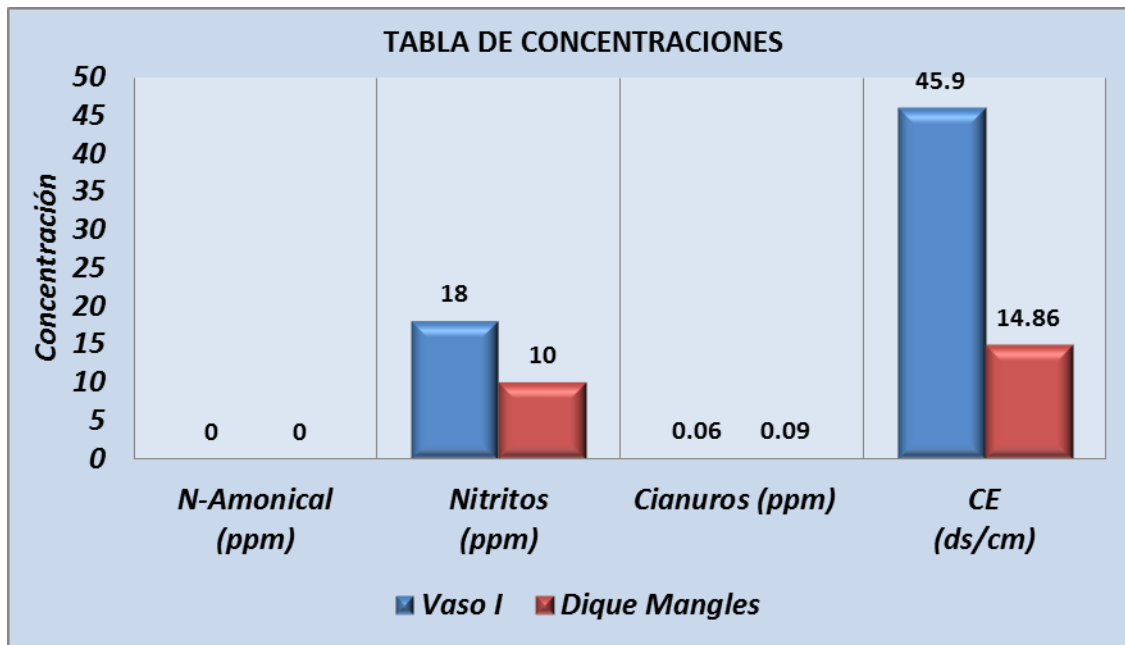
Algunas bacterias, hongos y algas pueden producir cianuro. El cianuro se encuentra también en numerosos alimentos y plantas. Los cianuros ocurren en forma natural como parte de azúcares o de otros compuestos naturales en algunas plantas comestibles, por ejemplo almendras, brotes de mijos, algunos tipos de frijoles, soya, espinaca, vástagos de bambú y raíces de mandioca (las cuales son una fuente importante de alimentación en países tropicales).

En la gráfica 20, se presentan los resultados de las concentraciones de los compuestos anteriormente mencionados, por lo que se concluye que N-amoniaco se encuentra por debajo de los límites detectables, el cianuro se encuentra en concentraciones por debajo de la centésima de partes por millón, por lo que es posible se produzca de forma natural, además revela que el agua contaminada con COPE no presenta concentraciones (0.09 ppm), que pudieran representar un riesgo para la fauna acuática.

La conductividad eléctrica revela que la diferencia de salinidad entre ambos sitios está alterada por lo que se tendrá que evaluar, si esta concentración es factible para el buen desarrollo de los mangles.

Los nitratos son iones que existen de manera natural y que forman parte del ciclo del nitrógeno. Los niveles naturales de nitratos en aguas superficiales y subterráneas son generalmente de unos pocos miligramos por litro. En aguas

subterráneas, las concentraciones pueden alcanzar varios cientos de miligramos por litro. En la gráfica 19 se muestra con los niveles de nitritos tanto el área de estudio como en el testigo (Laguna) se encuentran en concentraciones de 18 y 10 ppm respectivamente, lo que se podría asumir que se encuentran de forma natural.



Grafica 19: CE (ds/cm), N-Amoniacal (ppm), Nitritos (ppm) y Cianuros (ppm)

Aniones

Los aniones analizados fueron: Nitratos en su forma NO₃ (UV), Fosforo de fosfatos, Sulfatos, Carbonatos, Bicarbonatos y Cloruros.

Los nitratos son un compuesto importante de los fertilizantes y pueden originarse también de la oxidación del amonio (NH₄⁺) y de otras fuentes

presentes en los restos orgánico(Stournaras 1998), su presencia en aguas superficiales se asocia tanto con fuentes no puntuales de contaminación /ejem. Campos de cultivo), como de fuente puntuales (descargas de aguas residuales)

El fosforo de fosfatos representa la contaminación de las aguas superficiales principalmente como fosforo y se genera principalmente por el uso de fertilizantes agrícolas, aunque también puede presentarse por la erosión de suelos y la descarga de aguas residuales.

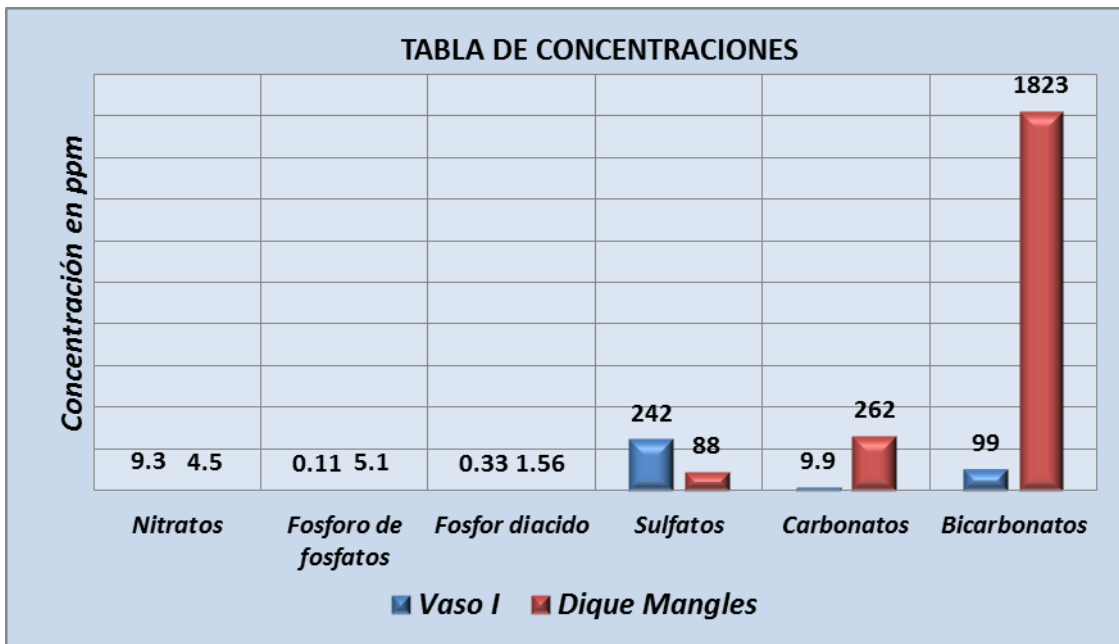
Los Fosfatos diácido en altas concentraciones están relacionados con el aumento del crecimiento de algas y su reproducción desmedida provocando una eutrofización del agua superficial.

Los sulfatos (ión sulfato, SO_4^{2-}) corresponde a sales de moderadamente solubles a muy solubles. Los sulfatos de calcio y magnesio contribuyen a la dureza del agua y constituyen la dureza permanente. El sulfato de magnesio confiere al agua un sabor amargo a las aguas superficiales

Cloruros (ión cloruro, Cl^-), forma sales en general muy solubles. Generalmente está asociado al ión Na^+ , especialmente en aguas muy salinas ($NaCl$). Las aguas dulces contienen entre 10 y 250 ppm de cloruros, pero no es raro encontrar valores mucho mayores. Las aguas salobres pueden tener centenares e incluso millares de ppm. Los cloruros en la laguna fueron de 29 287 ppm lo que nos representa una salinidad igual o mayor a agua de mar, mientras que en el dique se tuvo un total de cloruros de 15,975ppm, menos salino que la laguna, pero con una alta salinidad para otros usos.

Carbonatos y bicarbonatos que se encuentran generalmente en cuerpos naturales de agua dulce se originan la mayoría de las veces por del desgaste y disolución de rocas en la cuenca que contienen carbonatos tales como la piedra caliza. Aunque las piedras calizas no son muy soluble en agua pura, su disolución es promovida por la presencia de CO₂ disuelto en el agua (CO₂ atmosférico o CO₂ generado en sedimentos ricos en materia orgánica). El CO₂ reacciona con el agua para generar pequeñas cantidades de ácido carbónico, el cual disuelve en ese momento las rocas de carbonato en la cuenca, lo que a su genera un aumento de la alcalinidad del agua superficial.

En la grafica 20 se muestran la comparativa de estos aniones, tanto del agua del Vaso I como del dique de manglar.



Grafica 20: Comparativo de Aniones

5.5 Evaluación de Fauna del Proyecto “Caracterización de Sitio por Derrame de Cope en la línea de Suministro a la CFE, Km I-612”

Análisis Descriptivo de la Fauna del Proyecto

El área de afectación del derrame y la propia Laguna de Cuyutlán presentan fauna integrada por elementos de origen neotropical y en menor escala de origen neártico (Fa y Morales, 1998). En la composición de la fauna del área de estudio influyen la composición vegetal y el origen geológico y biogeográfico de la zona, que corresponde a la Provincia Tierras Altas (Ferrusquilla-Villafranca, 1998). De acuerdo a Edwards (1968), quien divide al país en cinco provincias y ocho Subprovincias zoogeográficas, el área de estudio se ubica en la provincia conocida como Provincia del Pacífico y al interior de ella en la Subprovincia Costa Pacífico Centro (Figura 30).

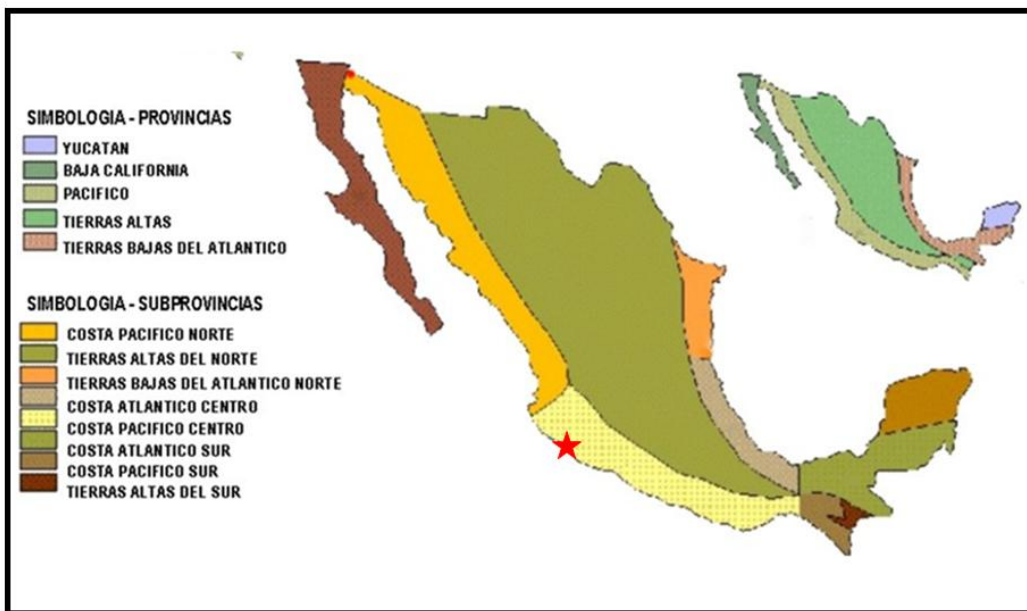
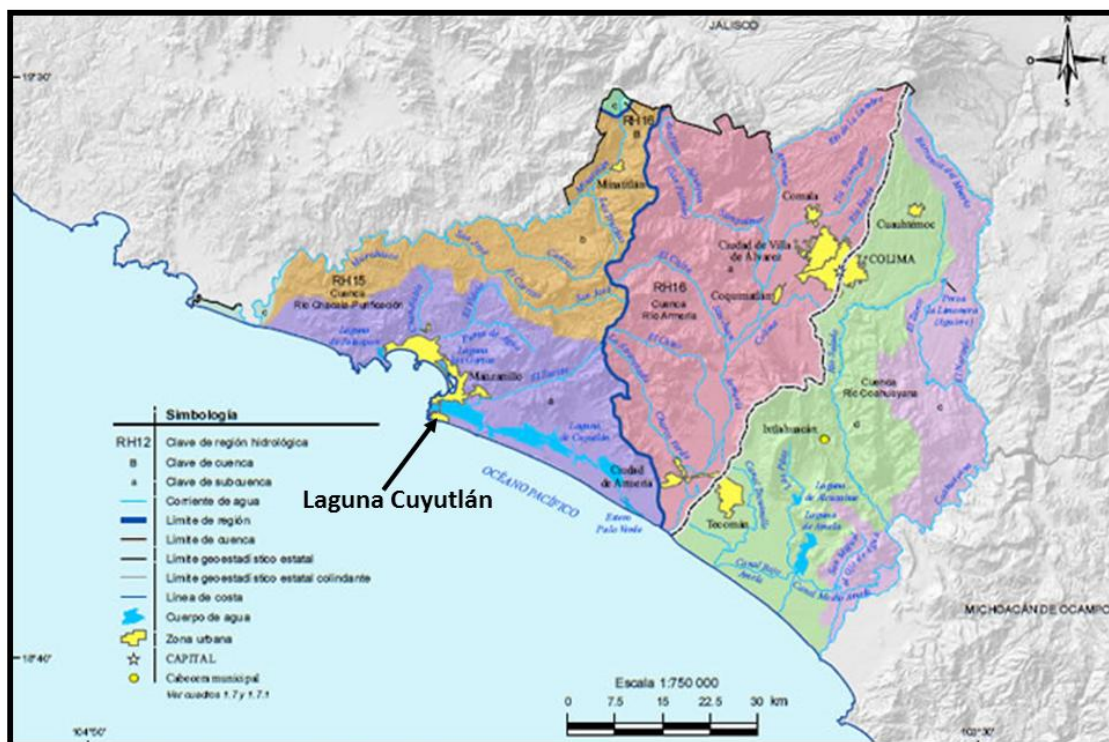


Figura 30. Provincias zoogeográficas tomadas de Edwars (1968) donde se ubica el área del Proyecto.

La zona de estudio del Proyecto se encuentra dentro de la Región Hidrológica RH1 Costa de Jalisco con una superficie de 12 967 Km² está formada por 11 cuencas hidrológicas compartidas en varios Estados. La cuenca del Río Chacala - Purificación con 5,439 km² de extensión está compartida entre los estados de Jalisco y Colima y en este último está constituida por tres Subcuencas Hidrológicas: Laguna Cuyutlán, Río Chacala y Río Purificación. Al interior de la Subcuenca de la Laguna Cuyutlán se encuentra el Área del Proyecto. La Subcuenca de la Laguna Cuyutlán recibe las corrientes de arroyos principales de los arroyos Chandiablo, Punta de Agua, Rancho Viejo, El Zacate y Agua blanca, todos originados en la Sierra Perote y con dirección norte-sur y noreste-sureste e ingresan a la planicie costera. Sólo los Arroyos El Zacate y Agua Blanca desembocan en la Laguna Cuyutlán, en cambio el resto son vierten sus aguas en la Bahía de Manzanillo (Figura 31) (INEGI, 2005).



Fuente: INEGI, Información Topográfica Digital, Escala 1:250 000, serie II.
INEGI, CONAGUA, 2007, Mapa de la Red Hidrográfica Digital de México, Escala 1:250 000.
INEGI, Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Hidrológica de Aguas Superficiales, Escala 1:250 000, serie I.

Figura 31. Mapa de la Subcuenca Laguna de Cuyutlán.

Metodología de trabajo

Para el desarrollo del estudio, se efectuaron revisiones bibliográficas sobre la información existente de la fauna de la región. Se revisó la cartografía de vegetación de INEGI, escala 1:250,000, con el fin de conocer la ocurrencia potencial de especies dentro del área de influencia del proyecto, la revisión de la literatura existente sobre fauna de la región (Stebbins (1985) y Lazcano Villarreal (2012) para anfibios y reptiles; Sibley (2000), Sibley (2001), Pyle (1997), Van Perlo (2006) y National Geographic (1987) para aves y Burt y Grossenheiderr (1980), Hall (1981) y Medellín et al. (1997) para mamíferos) y la existente en las oficinas de los diferentes niveles de gobierno. Se revisó la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010 (Diario Oficial, 2010), la Guía de identificación de aves de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES, 1994), para determinar la especies que tuvieran algún estatus ecológico.

De acuerdo a la composición de especies para la Región Hidrológica RH15 Costa de Jalisco y considerando las publicaciones existentes sobre fauna en el Estado y regiones cercanas, se elaboró un listado de las especies de vertebrados de probable ocurrencia regional para la cuenca y por lo tanto para el área comprendida por el Proyecto, considerando las características climáticas, de vegetación y topográficas, así como los requerimientos de hábitat de las especies que se encuentra en el Tabla 11, donde resultaron un total de 269 especies de ocurrencia potencial en el área considerada como regional para el área de estudio, de las cuales 65 fueron mamíferos, 154 de aves, 31 de reptiles y 19 de anfibios.

Tabla 11.- Listado de especies potenciales de fauna en el contexto regional del Proyecto Caracterización de Sitio por Derrame de Cope

AVES				
N°	Nombre Científico	Nombre Común	STATUS	Utilidad
1	<i>Botaurus lentiginosus</i>	Garza de tular	Amenazada	
2	<i>Bubulcus ibis</i>	Garcita bueyera		
3	<i>Ardea herodias</i>	Garzón cenizo		
4	<i>Ardea alba</i>	Garzón blanco	Protección Especial Subespecie de Isla Espiritu Santo	
5	<i>Egreta caerulea</i>	Garceta azul		
6	<i>Pelecanus occidentalis</i>	Pelícano café	Amenazada	
			Subespecie <i>californicus</i> de la costa del Pacífico	
7	<i>Charadius vociferans</i>	Tildillo chorlito		
8	<i>Actitis macularius</i>	Playero alzacolita		
9	<i>Fregata magnificens</i>	Tijereta		
10	<i>Anas cyanoptera</i>	Cerceta cola canela		Caza
11	<i>Anas discors</i>	Cerceta de ala azul		Caza
12	<i>Anas platyrhynchos diazi</i>	Pato triguero	Amenazada	Caza
13	<i>Aythya collaris</i>	Pato pico amarillo		
14	<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Pichichi		
15	<i>Fulica americana</i>	Gallareta		
16	<i>Callinula chloropus</i>	Gallineta frente roja		
17	<i>Catharthes aura</i>	Aura		
18	<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote		
19	<i>Circus cyaneus</i>	Gavilán rastero		
20	<i>Accipiter striatus</i>	Halcón de Sierra	Protección Especial	
21	<i>Accipiter cooperi</i>	Halcón de Cooper	Protección Especial	

22	Asturina nítida	Halcón gris		
23	Aquila chrysaetus	Águila dorada	Amenazada CITES Regulada	
24	Buteo jamaicensis	Gavilán cola roja	Protección Especial, subespecies de Islas Tres Marías y el Socorro	
25	Parabuteo unicinctus	Halcón de Harris	Protección Especial	
26	Buteo albicaudatus	Aguililla cola blanca	Protección Especial	
27	Buteogallus anthracinus	Aguililla negra	Protección Especial	
28	Falco columbarius	Merlin		
29	Falco sparverius	Halcón cernícalo		
30	Falco mexicanus	Cernicalo	Amenazada	
31	Falco peregrinus	Halcón peregrino	Protección Especial	
32	Caracara cheriway	Caracara		
33	Ortalis wagleri	Chachalaca castaño	vientre	
34	Callipepla squamata	Codorniz escamosa		Caza
35	Cyrtonix montezumae	Codorniz arlequín		Caza
36	Actitis macularius	Playero alzacolita		
37	Tringa melanoleuca	Tildillo pataamarilla		
38	Columbina passerina	Tortolita común	Amenazada subespecie <i>socorrensis</i> Isla Socorro	de Caza
39	Zenaida macroura	Paloma huilota		Caza
40	Zenaida asiática	Paloma ala blanca		Caza
41	Columbina inca	Tortolita inca		Caza
42	Columbina passerina	Tortolita de tierra		
43	Columbia livia	Pichón	Feral	Caza
44	Streptopelia decaocto	Paloma turca		
45	Geococcyx californianus	Corre caminos		
46	Bubo virginianus	Buho cornudo	Amenazada, subespecie de Yucatán	
47	Athene cunicularia	Lechuza llanera	Amenazada	

48	<i>Glaucidium brasilianum</i>	Tecolotito menor		
49	<i>Glacidium palmarum</i>	Tecolote colimense	Amenazada	
50	<i>Micrathene whitneyi</i>	Tecolotito colicorto	Endémica	
51	<i>Otus kennicotti</i>	Tecolote occidental		
52	<i>Phalaenoptilus nuttallii</i>	Tapacamino común		
53	<i>Chordeiles minor</i>	Garapena común		
54	<i>Chordeiles acutipennis</i>	Garapena		
55	<i>Aeronautes saxatilis</i>	Vencejo pechiblanco		
56	<i>Stelgydopterix serripennis</i>	Golodrina		
57	<i>Cynanthus latirostris</i>	Colibri	Protección Especial	
			Subespecie <i>lawrenci</i> de las Islas Tres Marías	
58	<i>Lampornis clemenciae</i>	Colibri garganta azul		
59	<i>Eugenes fulgens</i>	Colibri magnífico		
60	<i>Sphyrapicus nuchalis</i>	Carpintero nuca roja		
61	<i>Picoides scalaris</i>	Carpintero listado		
62	<i>Colaptes chrysoides</i>	Carpintero collarejo		
63	<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero cheje		
64	<i>Melanerpes chrysogenis</i>	Carpintero cachete dorado		
65	<i>Meleagris gallopavo</i>	Guajolote silvestre		
66	<i>Contopus pertinax</i>	Contopus		
67	<i>Vireo hypochryceus</i>	Vireo dorado		
68	<i>Setophaga petechia</i>	Chipe amarillo		
69	<i>Empidonax wrightii</i>	Mosquero gris		
70	<i>Sayornis nigricans</i>	Mosquero negro		
71	<i>Sayornis phoebe</i>	Mosquero fibi		
72	<i>Sayornis saya</i>	Mosquero llanero		
73	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Mosquero cardenalito		
74	<i>Myarchus cinerascens</i>	Pampamoscas copetón		
75	<i>Mniotilta varia</i>	Chie trepador		
76	<i>Contopus sordidulus</i>	Pibí occidental	Protección Especial	
			Subespecie <i>peninsulae</i> de la Laguna	
77	<i>Basileuterus rufifrons</i>	Chipe gorra rufa		

78	Pitangus sulphuratus	Luis bienveo		
79	Tyranus vociferans	Tirano gritón		
80	Tyranus verticalis	Tirano pálido		
81	Myiodynastes luteiventris	Papamoscas rayado		
82	Lanius ludovicianus	Verdugo americano		
83	Vireo atricapillus	Vireo gorra negra	En Peligro	
84	Vireo plumbeus	Vireo plomizo		
85	Vireo belli	Vireo de Bell	En Peligro, subespecie <i>pusillus</i> de Baja California	
86	Corvux corax	Cuervo grande		
87	Corvux cryptoleucus	Cuervo llanero		
88	Aphelocoma ultramarina	Chara pecho gris		
89	Baeolophus wollweberi	Carbonero cresta negra		
90	Progne subis	Golodrina negruzca		
91	Tachycineta thalassina	Golodrina cariblanca		
92	Tachycineta bicolor	Golodrina canadiense		
93	Stelgydopterix serripennis	Golodrina		
94	Petrocheilodon pyrrhonota	Golondrina		
95	Auriparus flaviceps	Verdin		
96	Psaltriparus minimus	Sastrecito	Protección Especial, subespecie <i>grindae</i> de La Laguna	
97	Thryomanes bewickii	Troglodita de Bewick	Endémica subespecie <i>bervicauda</i> de Isla Guadalupe	
98	Campylorhynchus brunneicapillus	matraca		
99	Troglodytes aedon	Troglodita continental	Protección Especial Subespecie <i>beani</i> de Isla Guadalupe	
100	Cistothorus palustris	Troglodita pantanera		

101	Salpinctes obsoletus	Troglodita de roca	En Peligro y Amenazada subespecies de Islas San Benito y Guadalupe	
102	Catherpes mexicanus	Chivirín barranqueño		
103	Regulus caléndula	Reyezuelo	En Peligro, Subespecie <i>obscurus</i> de Isla Guadalupe	
104	Polioptila melanura	Perlita desértica		
105	Polioptila caerulea	Perlita plis		
106	Aratinga canicularis	Perico frente naranja	Protección Especial	
107	Sialia mexicana	Azuleja rojiazul		
108	Sialia sialis	Azulejo garganta canela		
109	Catharus guttatus	Sorzalito colaroja		
110	Minus poplyglottos	Chonte		Comercial
112	Toxostoma curvirostre	Cuitlacoche común		
113	Toxostoma bendirei	Cuitlacoche de Bendire		
114	Toxostoma crissale	Cuitlacoche		
115	Bombicilla cedrorum	Ampelis chinito		
116	Sturnus vulgaris	Estornino europeo	Introducida	
117	Phainopepla nitens	Capuliner negro		
118	Vermivora luciae	Chipe		
119	Pipilo fuscus	Rascador pardo		
120	Cardinalis cardinalis	Cardenal del norte	Protección Especial, subespecie de islas Tres Marías	Comercial
121	Cardinalis sinuatus	Cardenal del desierto		Comercial
122	Dendroica chrysoparia	Chipe cachete amarillo	En Peligro	
123	Empidonax minimus	Mosquero mínimo		
124	Passerina versicolor	Colorin		
125	Chonsectes grammacus	Gorrión arlequin		
126	Aimophila carpalis	Gorrión bigotudo sonorensis		
127	Aimophila quinquestriata	Gorrión		

128	Amphispiza bilineata	Gorrión garganta negra	Amenazada subespecies <i>carmenae</i> y <i>tortugae</i> de Islas del Carmen y Tortuga	
129	Amphispiza belli	Gorrión troglodita		
130	Spizella passerina	Gorrión de corona roja		
131	Ammodramus savannarum	Gorrión savanero		
132	Passerculus sandwichensis	Gorrión sabanero común	Amenazada subespecies <i>beldingi</i> , <i>rostratus</i> y <i>sanctorum</i> la última de Islas San Benito	
133	Poocetes gramineus	Gorrión zacatero		
134	Calamospiza melanocorys	Gorrión Llanero alablanca		
135	Zonotrichia leucophrys	Gorrión		
136	Melospiza melodía	Gorrión cantor	En Peligro, subespecie <i>coronatorum</i> de Isla Coronado	
137	Pipilo fuscus	Toquín parado		
138	Passer domesticus	Gorrión doméstico		
139	Agelaius phoeniceus	Tordo sargento		
140	Molothrus ater	Tordo cabeza cobriza		
141	Molothrus aeneus	Tordo ojo rojo		
142	Agelaius phoeniceus	Tordo sargento		
143	Xanthocephalus xanthocephalus	Tordo cabeza amarilla		
144	Euphagus cyanosephalus	Tordo ojo claro		
145	Sporophila torqueola	Semillero collarejo		
146	Icterus pusulatus	Bolsero dorsirayado		
147	Cacicus melanicterus	Cacique mexicano		
148	Euphagus cyanosephalus	Tordo ojo claro		
149	Quiscalus mexicanus	Zanate mexicano		
150	Icterus bullocki	Bolsero de Bullock		
151	Icterus cuculatus	Bolsero de capucha		

152	<i>Icterus perisorum</i>	Bolsero		
153	<i>Carpodacus mexicanus</i>	Carpodaco doméstico	En Peligro, subespecies de Islas Guadalupe y San Clemente	Comercial
154	<i>Carduelis psaltria</i>	Jilguero canario		
MAMIFEROS				
N°	Nombre Científico	Nombre Común	STATUS	Utilidad
1	<i>Didelpho virginiana</i>	Tlacuache común		Caza
2	<i>Myotis auriculacea</i>	Murcielago		
3	<i>Myotis californica</i>	Murcielago		
4	<i>Myotis velifera</i>	Murcielago		
5	<i>Myotis yumanensis</i>	Murcielago		
6	<i>Antrozous pallidus</i>	Murcielago		
7	<i>Molossus aztecus</i>	Murcielago		
8	<i>Mormoops megalophylla</i>	Murcielago		
9	<i>Choeronycteris mexicana</i>	Murcielago	Amenazada	
10	<i>Eptesicus fuscus</i>	Murcielago		
11	<i>Euderma maculatum</i>	Murcielago pinto	Protección Especial	
12	<i>Eumops perotis</i>	Murcielago		
13	<i>Lasiurus cinereus</i>	Murcielago		
14	<i>Lasiurus xanthinus</i>	Murcielago		
15	<i>Nycticeius humeralis</i>	Murcielago		
16	<i>Nyctinomops macrotis</i>	Murcielago		
17	<i>Nyctinomops femorosaccus</i>	Murcielago		
18	<i>Pipistrellus hesperus</i>	Murcielago		
19	<i>Plecotus mexicanus</i>	Murcielago		
20	<i>Plecotus towsendii</i>	Murcielago		
21	<i>Bassaricus astutus</i>	Cacomixtle	Amenazada	
22	<i>Conepatus mesoleucas</i>	Zorrillo espalda blanca		

23	<i>Cratogeomys castanops</i>	Tuza		
24	<i>Cryptotis parva</i>	Musaraña orejillas mínima	Protección Especial, Subespecies <i>soricina</i> y <i>tropicalis</i>	
25	<i>Notiosorex crawfordi</i>	Musaraña	Amenazada subespecie <i>crawfordi</i>	
26	<i>Sorex milleri</i>	Musaraña	Protección Especial	
27	<i>Procyon lotor</i>	Mapache		Caza
28	<i>Taxidea taxus</i>	Tejón	Amenazada	Caza
29	<i>Mustela frenata</i>	Uron		
30	<i>Epilogadle putorius</i>	Zorrillo manchado		Caza
31	<i>Erethizon dorsatum</i>	Puerco espín del norte	En Peligro	
32	<i>Canis latrans</i>	Coyote		Caza
33	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris		Caza
34	<i>Lynx rufus</i>	Gato Montes		Caza
35	<i>Felis concolor</i>	Puma		Caza
36	<i>Nasua narica</i>	Coati	Amenazado, subespecie de Cozumel	Caza
37	<i>Ammospermophilus harrisi</i>	Ardilla de Harris		
38	<i>Spermophilus mexicanus</i>	Ardilla terrestre		
39	<i>Spermophilus variegatus</i>	Ardilla de pedregal		
40	<i>Thomomys bottae</i>	Tuza		
41	<i>Chaetodipus hispidus</i>	Ratón de abazones		
42	<i>Chaetodipus nelsoni</i>	Ratón de abazones		
43	<i>Perognathus flavus</i>	Ratón canguro		
44	<i>Perognathus merriami</i>	Ratón canguro		
45	<i>Dipodomys merriami</i>	Rata canguro	Amenazada, Subespecie <i>merriam</i>	
46	<i>Dipodomys nelsoni</i>	Rata canguro		
47	<i>Dipodomys ordii</i>	Rata canguro		
48	<i>Peromyscus boylii</i>	Ratón de arbustero	Amenazada	
49	<i>Peromyscus difficilis</i>	Ratón de campo		

50	<i>Peromyscus maniculatus</i>	Ratón de campo	Amenazadas las subespecies <i>cineritus</i> , <i>dorsalis</i> , <i>exiguus</i> , <i>geronimensis</i> , <i>magdalena</i> , <i>margarite</i>	
51	<i>Peromyscus nasulus</i>	Ratón de campo		
52	<i>Chaetodipushispidus hispidus</i>	Ratón de bolsas hispido		
53	<i>Baiomys tailori tailori</i>	Ratón enano norteño		
54	<i>Reithrodontomys fulvescens</i>	Ratón de los cultivos		
55	<i>Reithrodontomys megalotis</i>	Ratón de campo		
56	<i>Mus musculus</i>	Ratón común		
57	<i>Neotoma albigula</i>	Rata panza blanca	Amenazada subespecie <i>seri</i>	
58	<i>Sigmodon hispidus</i>	Rata de pelo hirsuto		
59	<i>Sciurus niger</i>	Ardilla		
60	<i>Pecari tajacu</i>	Pecari de collar		Caza
61	<i>Lepus alleni</i>	Liebre antilope	Protección Especial, subespecie <i>tiburónensis</i> de Isla Tiburón	Caza
62	<i>Lepus californicus</i>	Liebre cola negra	Protección Especial, subespecie <i>magdalena</i> de Isla Magdalena y <i>sheldoni</i>	Caza
63	<i>Sylvilagus auduboni</i>	Conejo		Caza
64	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo		Caza
65	<i>Odocoileus virginianus texanus</i>	Venado Cola blanca		Caza
ANFIBIOS				
N°	Nombre Científico	Nombre Común	STATUS	Utilidad

1	Ambystoma sp	Salamandra		
2	Scaphiopus couchii	Sapo de espuela		
3	Hyla arenicolor	Sapo		
4	Dendropsophus Sartori	Rana de árbol de Taylor	Amenazada	
5	Smilisca fodiensis	Raba de árbol de tierras bajas		
6	Smilisca baudinii	Raba de árbol mexicana		
7	Diaglena spatulata	Rana de árbol cab. Pala		
8	Incilius occidentalis	Sapo pinero		
9	Eleutherodactylus nitidus	Ranita		
10	Gastrophryne usta	Sapo boca angosta	Protección Especial	
11	Syrrophus modestus	Rana de dedos largos	Protección Especial	
12	Syrrophus nivicolimae	Rana de dedos largos del Nevado de Colina	Protección Especial	
13	Leptodactylus melanonotus	Ranita de hojarasca		
14	Pachymedusa dacnicolor	Rana de árbol mexicana		
15	Bufo alvarinus	Sapo toro		
16	Bufo cognatus	Sapo		
17	Bufo punctatus	Sapo		
18	Bufo compactilis	Sapo de meseta		
19	Bufo marmoreus	Sapo jaspeado		
REPTILES				
N°	Nombre Científico	Nombre Común	STATUS	Utilidad
1	Crocodylus acutus	Cocodrilo	Protección Especial	
2	Coleonix variegatus	Salamanquesa		
3	Dipsosaurus dorsalis	Porohui		
4	Holbrookia maculata	Cachora sin oído		
5	Phrynosoma asio	Lagarto cornudo gigante	ProtecciónEspec.	

6	Sceloporus magister	Cachorón		
7	Sceloporus virgatus	Cachorón		
8	Sceloporus scalaris	Cachorón		
9	Sceloporus melanorhinus	Cachorón de hocico negro		
10	Sceloporus grammicus	Cachorón de mezquite	Protección Especial	
11	Urosaurus ornatus	Cachora		
12	Uta stansburiana	Cachora	Amenazada	
13	Cnemidophorus tigris	Huico		
14	Plestiodon brevirostris	Eslizón chato		
15	Plestiodon colimensis	Elizón de Colima	Protección Especial	
16	Heloderma horridum	Escorpión		
17	Iguana iguana	Iguana verde	Protección Especial	
18	Ctenosaura pectinata	Garrobo	Protección Especial	
19	Tamnophis marcianus	Culebra manchada listonada	Amenazada	
20	Hypsiglena torquata	Culebra nocturna	Protección Especial	
21	Boa constrictor	Boa	Amenazada	
22	Storeira storeroides	Culebra parda		
23	Lampropeltis getula	Serpiente real	Amenazada	
24	Coluber flagellum	Serpiente chirriadora	Amenazada	
25	Pituophis melanoleucus	Alicante		
26	Rhinocheilus lecontei	Serpiente		
27	Salvadora hexalepis	Culebra nariz de parche mexicana		
28	Micruroides tener	Coralillo		
29	Crotalus lannomi	Cascabel de Autlán	Endémica y Amenazada	
30	Crotalus basiliscus	Cascabel saye	Protección Especial	
31	Crotalus polystictus	Cascabel	Endémica y Protección Especial	
	Total Especies 269			

Como resultado de la recopilación bibliográfica de las especies registradas como potenciales para la Región Hidrológica RH15 donde se encuentra la zona de estudio del proyecto, 65 especies enlistadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 se encuentran incluidas en las cuatro categorías contempladas de en Peligro de Extinción, Amenazada, Sujetas a Protección Especial.

Para las aves, 33 especies están enlistadas y de las cuales 14 son subespecies que no se distribuyen en la Cuenca de estudio y la razón para la categoría de protección es porque se trata de poblaciones reconocidas como subespecies restringidas a una región geográfica delimitada como el caso de las islas y sierras aisladas. Se reconocen para las aves siete En Peligro de Extinción, 12 amenazadas y 14 sujetas a Protección Especial. Los mamíferos presentan 14 especies, de las cuales siete son subespecies que no se distribuyen en las cuencas del Proyecto y se trata de subespecies de reducida distribución. Se reconoce una especie En Peligro de Extinción, nueve Amenazadas y cuatro Sujetas a Protección Especial. Para los reptiles se registraron 16 especies con distribución potencial en la subcuenca donde se ubica el Proyecto y se reconocen siete amenazadas y nueve sujetas a Protección Especial. Para los anfibios se registraron cuatro especies enlistadas de las cuales una está Amenazada y tres resultaron sujetas a Protección Especial (Tabla 11).

Para el conocimiento de la Riqueza y diversidad biológica a nivel regional se cuenta con el listado de especies del entorno regional al área del proyecto. En la Tabla 12 vemos que la Riqueza de especies es mayor para las aves con un valor de 154 especies, seguido de los mamíferos con un total de 65 especies, los

reptiles con un total 31 especies, y al final restan las 19 especies para los anfibios. Para realizar una comparación entre la fauna potencial y la registrada en el área de influencia del Proyecto Caracterización del Sitio por Derrame de COPE de la Línea de Suministro a la CFE en el Km I-612 y que corresponde a la subcuenca hidrológica de la Laguna de Cuyutlán, se realizaron muestreos de campo alrededor del área Vaso I de la Laguna de Cuyutlán utilizando el camino de acceso y tránsito al interior de él y a los accesos utilizados por los pobladores para uso recreativo para la búsqueda y observación de posibles registros de fauna en un área aproximada de 2.5 km². Además se siguieron las recomendaciones desprendidas de la consulta con técnicos del proyecto.

Los muestreos de campo de fauna silvestre se efectuaron los días 8 y 9 de octubre 2012 del 2016. Se recorrieron la totalidad del área de influencia del área del Proyecto mediante recorridos de muestreo siguiendo la técnica de “Road Side Cout” (Dasman, 1964); a bordo de una camioneta realizando recorridos en una franja de hasta 100 m a los lados del camino. Se realizaron además recorridos de muestreo a pie en distancias variables dependiendo del lugar con un área de cobertura de 25 m a cada lado del recorrido. Adicionalmente se realizaron sitios de observación de fauna a lo largo del perímetro de la Laguna. En una libreta de campo se registraron las especies observadas por recorrido y el número de individuos, así como observaciones adicionales sobre las condiciones generales del hábitat de muestreo y conductas observadas por la fauna en el momento del muestreo.

Adicionalmente se recogieron evidencias físicas de la ocurrencia de fauna, como son excretas, restos y estructuras osificadas, así como se registró la evidencia de rastros en el área de muestreo. Adicionalmente se verificó con los residentes

del área, la observación de la presencia/ausencia de grupos de fauna reconocidos comúnmente por los lugareños. La identificación de las especies se realizó *in situ* mediante observación directa para la totalidad de los grupos, además de recolecta de especímenes vivos para el grupo de los reptiles, liberándolos en el mismo sitio de captura después de su determinación. Como material de apoyo en la determinación de los especímenes se utilizaron las siguientes guías de campo y literatura disponibles, Stebbins (1985) y Lazcano Villarreal (2012) para reptiles; Sibley, (2000), Sibley (2001), Pyle (1997), Van Perlo (2006) y National Geographic (1987) para aves y Burt y Grossenheiderr (1980), Hall (1981) y Medellín et al., (1997) para mamíferos. Como equipo de observación se utilizaron binoculares de 10x24 y un telescopio de 15-60X.

Para el cálculo de las abundancias se realizó utilizando el conteo directo de los ejemplares de cada una de las especies registradas en campo y se tabularon en una hoja electrónica de Excel para estimar la abundancia total y la abundancia relativa:

$$\text{Abundancia total} = \frac{\text{Número de ejemplares de cada especie}}{\text{Total de ejemplares de todas las especies observadas}}$$

$$\text{Abundancia relativa} = \frac{\text{Número de ejemplares de cada especie}}{\text{Total de ejemplares de las especies del grupo faunístico observadas}}$$

Como resultado de los muestreos realizados en el Sistema Ambiental Regional (SAR), se registraron un total 68 especies, de las cuales 5 son mamíferos, 40 son aves, cuatro son reptiles, dos fueron anfibios y 17 fueron invertebrados moluscos y artrópodos (Cuadro 2). De los resultados obtenidos con las

observaciones de campo se desprenden que el área de influencia (muestreo en la subcuenca Laguna de Cuyutlán) representa para las especies potenciales en la región el 25.65% del total de las especies y para cada grupo los siguientes porcentajes: 26.62 % de las aves, el 7.69 % de los mamíferos, el 12.90 % de los reptiles y cero para los anfibios del el total de las especies potenciales en la región enlistadas en el cuadro 1. Adicionalmente se muestra que para el grupo de los invertebrados (Moluscos y artrópodos) la proporción fue del 17.65 %.

En el análisis de la riqueza de especies y las abundancias detectadas se observan datos relevantes que muestran una comunidad de fauna silvestre impactada por la presión de modificaciones al ambiente por la existencia de una superficie modificada en la mayor parte de su territorio con cambios ocasionados por la construcción urbana y de uso industrial en el contexto histórico, de calles, carreteras estatales y caminos vecinales y brechas, tiraderos de materiales diversos, basura y la propia vía del ferrocarril, entre otros diversos factores. Se calculó el Índice de Shannon (H) para comparar la diversidad con respecto a las abundancias de especies en el área de influencia del Proyecto. El Índice de diversidad de Shannon se conoce también como el índice de Shannon y se basa en la teoría de la información y por tanto en la probabilidad de encontrar un determinado individuo en un ecosistema. El valor máximo suele estar cerca de 5, pero hay ecosistemas excepcionalmente ricos que pueden superarlo, además, valores cercanos a 2 o por debajo de éste se consideran bajos para el sitio evaluado. A mayor valor del índice indica una mayor biodiversidad del ecosistema. Se calcula de la siguiente forma:

$$H = -\sum_{i=1}^s p_i \cdot \log_2(p_i)$$

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Donde:

n_i = número de individuos en el sistema de la especie determinada i

N = número total de individuos

S = número total de especies

Además se calculó la Equidad o índice de Equitatividad de Shannon (J) que es la medida de la proporción que guardan las abundancias relativas de las especies de la comunidad muestreada. En la estimación de la Diversidad de Shannon (H), la equidad permite cuantificar qué tanto la diversidad estimada (H) se desvía del máximo teórico ($\ln S$), que ocurre cuando todas las especies son igualmente abundantes. La equidad se calcula de la siguiente forma:

$$J = H / (\ln S)$$

Donde:

H = Diversidad de Shannon estimada

\ln = Logaritmo natural

S = número total de especies

Al interior del SAR Región Hidrológica RH15 del Río Chacala - Purificación, la diversidad de Shannon calculada fue de 3.1400 y la equidad de 0.7468 con una riqueza de especies moderada de 68 en total de la Tabla 12 y que comparada con la riqueza de especies encontrada en el listado de especies potenciales al área de 269 especies de vertebrados, representa aproximadamente el 25.65 % de una parte de la biodiversidad regional. Aquí, la comunidad de aves resultó ser la más abundante con 40 especies.

Tabla 12 Hoja de cálculo del índice de diversidad de Shannon de la Subcuenca de la Laguna Cuyutlán.

No.	Comunidad	Valores absolutos	Abundancia relativa (pi)	Ln (pi)	(pi) x Ln (pi)
1	Quiscalus mexicanus	100	0.2146	-1.5390	-0.3303
2	Euphagus cyanocephalus	70	0.1502	-1.8957	-0.2848
3	Myotis sp.	35	0.0601	-2.8120	-0.1690
4	Molothus ater	28	0.0536	-2.9253	-0.1569
5	Tyranus vociferans	25	0.0322	-3.4361	-0.1106
6	Passer domesticus	25	0.0150	-4.1983	-0.0631
7	Catharthes aura	15	0.0129	-4.3524	-0.0560
8	Zenaida asiatica	15	0.0107	-4.5347	-0.0487
9	Columbina inca	10	0.0064	-5.0456	-0.0325
10	Procyon lotor	8	0.0107	-4.5347	-0.0487
11	Streptopelia decaocto	7	0.0107	-4.5347	-0.0487
12	Agelaius phoeniceus	7	0.0107	-4.5347	-0.0487
13	Sporophila torquata	6	0.0107	-4.5347	-0.0487
14	Callinectes arcuatus	5	0.0064	-5.0456	-0.0325
15	Conus purpurascens	3	0.0536	-2.9253	-0.1569
16	Actitis macularius	5	0.0064	-5.0456	-0.0325
17	Fregata magnificens	5	0.0215	-3.8416	-0.0824
18	Coragyps auratus	5	0.0064	-5.0456	-0.0325
19	Egreta caerulea	5	0.0064	-5.0456	-0.0325
20	Polioptila caerulea	5	0.0064	-5.0456	-0.0325
21	Ardea tricolor	3	0.0043	-5.4510	-0.0234
22	Ardea Herodias	3	0.0043	-5.4510	-0.0234
23	Calumba livia	3	0.0043	-5.4510	-0.0234
24	Melanerpes chrysogenis	3	0.0043	-5.4510	-0.0234
25	Toxostoma curvirostre	3	0.0043	-5.4510	-0.0234
26	Vireo hypochryceus	3	0.0043	-5.4510	-0.0234
27	Corvus corax	3	0.0150	-4.1983	-0.0631
28	Setophaga petechial	3	0.0172	-4.0647	-0.0698
29	Pitangus sulfuratus	3	0.0751	-2.5888	-0.1944
30	Psaltiparus minimus	3	0.0043	-5.4510	-0.0234
31	Polioptila caerulea	3	0.0043	-5.4510	-0.0234
32	Picoides scalaris	2	0.0043	-5.4510	-0.0234
33	Mimus polyglotos	2	0.0064	-5.0456	-0.0325

34	<i>Cistorhorus palustris</i>	2	0.0021	-6.1442	-0.0132
35	<i>Sayornis saya</i>	2	0.0021	-6.1442	-0.0132
36	<i>Amazilia violiceps</i>	2	0.0107	-4.5347	-0.0487
37	<i>Pirangra rubra</i>	2	0.0064	-5.0456	-0.0325
38	<i>Salpinctes obsoletus</i>	2	0.0021	-6.1442	-0.0132
39	<i>Cacicus melanicterus</i>	2	0.0021	-6.1442	-0.0132
40	<i>Hexaplex princeps</i>	2	0.0021	-6.1442	-0.0132
41	<i>Cnemidophorus sexlineatus</i>	2	0.0021	-6.1442	-0.0132
42	<i>Pelecanus occidentalis</i>	2	0.0064	-5.0456	-0.0325
43	<i>Charadrius vociferans</i>	2	0.0021	-6.1442	-0.0132
44	<i>Mytella stricata</i>	1	0.0043	-5.4510	-0.0234
45	<i>Choromytilus palliopunctatus</i>	1	0.0021	-6.1442	-0.0132
46	<i>Spondylus calcifer</i>	1	0.0021	-6.1442	-0.0132
47	<i>Tagelus</i> sp	1	0.0021	-6.1442	-0.0132
48	<i>Anadara</i> sp	1	0.0021	-6.1442	-0.0132
49	<i>Strigilla</i> sp	1	0.0064	-5.0456	-0.0325
50	<i>Saccula</i> sp	1	0.0043	-5.4510	-0.0234
51	<i>Turritella</i> sp	1	0.0064	-5.0456	-0.0325
52	<i>Cerithidea mazatlanica</i>	1	0.0043	-5.4510	-0.0234
53	<i>Olivella</i> sp	1	0.0021	-6.1442	-0.0132
54	<i>Lottia</i> sp	1	0.0021	-6.1442	-0.0132
55	<i>Architectonica nobilis</i>	1	0.0021	-6.1442	-0.0132
56	<i>Amphibalanus improvisus</i>	1	0.0021	-6.1442	-0.0132
57	<i>Uca latimanus</i>	1	0.0021	-6.1442	-0.0132
58	<i>Bufo marmoratus</i>	1	0.0021	-6.1442	-0.0132
59	<i>Hyla arenicolor</i>	1	0.0021	-6.1442	-0.0132
60	<i>Iguana iguana</i>	1	0.0021	-6.1442	-0.0132
61	<i>Boa constrictor</i>	1	0.0064	-5.0456	-0.0325
62	<i>Salvadora Mexicana</i>	1	0.0021	-6.1442	-0.0132
63	<i>Falco columbarius</i>	1	0.0021	-6.1442	-0.0132
64	<i>Sayornis phoebe</i>	1	0.0021	-6.1442	-0.0132
65	<i>Cistothorus palustris</i>	1	0.0322	-3.4361	-0.1106
66	<i>Canis latrans</i>	1	0.0021	-6.1442	-0.0132
67	<i>Sigmodon alleni</i>	1	0.0021	-6.1442	-0.0132
68	<i>Notocitellus annulatus</i>	1	0.0021	-6.1442	-0.0132
	Riqueza S= 68	466	1.0000		3.1400

$$\begin{aligned} H_{\max} &= \\ \ln S &= 4.2047 \end{aligned}$$

Índice de
diversidad
de
Shannon

$$\text{Equitatividad (J)} \quad J = H/H_{\max} = 0.7468$$

Índice de diversidad de Shannon: $H = -\sum (p_i) \times \ln (p_i)$

Tabla 13.- Información levantada en campo durante los muestreos y memoria de cálculo de las abundancias de las especies por grupos faunísticos encontradas en el muestreo del SAR (Subcuenca Laguna de Cuyutlán).

Nº	Nombre Científico	Nombre Común	STATUS	Utilidad	Tipo de Vegetacion	Número de Individuos	Abundancia Relativa	Abundancia Total
	INVERTEBRADOS							
	MOLUSCOS							
1	<i>Mytella stricata</i>	Ostión de mangle		Comercial		1	0.33333	0.02174
2	<i>Choromytilus palliopunctatus</i>	Ostión de mangle		Comercial		1	0.33333	0.02174
3	<i>Spondylus calcifer</i>	Cayo escalopa		Comercial		1	0.33333	0.02174
4	<i>Tagelus sp</i>	Almeja navajita				1	0.33333	0.02174
5	<i>Anadara sp</i>	Almeja pata de mula		Comercial		1	0.33333	0.02174
6	<i>Strigilla sp</i>	Almeja reyna		Comercial		1	0.33333	0.02174
7	<i>Saccula sp</i>	Almeja		Comercial		1	0.33333	0.02174
8	<i>Conus purpurascens</i>	Caracol púrpura				3	1	0.06522
9	<i>Turritella sp</i>	Caracol torre				1	0.33333	0.02174
10	<i>Cerithidea mazatlanica</i>	Caracol de cuerno				1	0.33333	0.02174
11	<i>Olivella sp</i>	Caracol d cuenta		Artesanal		1	0.33333	0.02174
12	<i>Lottia sp</i>	Lapa				1	0.33333	0.02174
13	<i>Architectonica nobilis</i>	Caracol				1	0.33333	0.02174
14	<i>Hexaplex princeps</i>	Caracol chino		Comercial		2	0.66667	0.04348

			Total Invertebrados			12		0.02691
	ARTROPODOS CRUSTÁCEOS							
1	Amphibalanus improvises	Balano				1	0.33333	0.02174
2	Callinectes arcuatus	Jaiba		Comercial		5	1.66667	0.1087
3	Uca latimanus	Cangrejo violinista				1	0.33333	0.02174
			Total Artrópodos			7	2.33333	0.0157
	ANFIBIOS							
1	Bufo marmoreus	Sapo jaspeado				1	0.5	0.00224
2	Hyla arenicolor					1	0.5	0.00224
				Total Anfibios		2		0.00448
	REPTILES							
1	Iguana iguana	Iguana verde		Caza		1	0.2	0.00224
2	Cnemidophorus sexlineatus	Huico cola de látigo				2	0.4	0.00448
3	Boa constrictor	Boa		Artesanal		1	0.2	0.00224
4	Salvadora Mexicana	Culebra nariz de parche mexicana				1	0.2	0.00224
				Total Reptiles		5	1	0.01121
	AVES							
1	Egreta caerulea	Garza				5	0.01312	0.01121
2	Ardea tricolor	Garza tricolor				3	0.00787	0.00673
3	Ardea Herodias	Garza ceniza				3	0.00787	0.00673

4	<i>Pelecanus occidentalis</i>	Pelícano café	Amenazada Subespecie <i>californicus</i> de la costa del Pacífico			2	0.00525	0.00448
5	<i>Charadius vociferas</i>	Tildillo chorlito				2	0.00525	0.00448
6	<i>Actitis macularius</i>	Playero alzacolita				5	0.01312	0.01121
7	<i>Fregata magnificens</i>	Tijereta				5	0.01312	0.01121
8	<i>Catharthes aura</i>	Aura				15	0.03937	0.03363
9	<i>Coragyps auratus</i>	Zoopilote				5	0.01312	0.01121
10	<i>Falco columbarius</i>	Esmerejón				1	0.00262	0.00224
11	<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma blancas	alas	Caza		15	0.03937	0.03363
12	<i>Streptopelia decaocto</i>	Paloma turca		Caza		7	0.01837	0.0157
13	<i>Columbina inca</i>	Tortolita colilarga		Caza		10	0.02625	0.02242
14	<i>Calumba livia</i>	Pichon doméstico	Introducida Feral			3	0.00787	0.00673
15	<i>Picoides scalaris</i>	Carpintero listado				2	0.00525	0.00448
16	<i>Melanerpes chrysogenis</i>	Carpintero cachetidorado				3	0.00787	0.00673
17	<i>Mimus polyglotos</i>	Cenzontle norteño	n	Comercial		2	0.00525	0.00448
18	<i>Toxostoma curvirostre</i>	Cuitlacoche curvo	pico			3	0.00787	0.00673
19	<i>Vireo hypochryceus</i>	Vireo				3	0.00787	0.00673
20	<i>Cistorhorus palustris</i>	Saltapared pantanero				2	0.00525	0.00448
21	<i>Polioptila caerulea</i>	Perlita gris				5	0.01312	0.01121

22	Corvus corax	Cuervo grande				3	0.00787	0.00673
23	Setophaga petechial	Reinita amarilla				3	0.00787	0.00673
24	Tyranus vociferans	Tirano gritón				25	0.06562	0.05605
25	Sayornis saya	Pamapamoscas llanero				2	0.00525	0.00448
26	Sayornis phoebe	Pamapamoscas fibí				1	0.00262	0.00224
27	Pitangus sulfuratus	Luis bienteveo				3	0.00787	0.00673
28	Amazilia violiceps	Colibri				2	0.00525	0.00448
29	Pirangra rubra	Tangara		Comercial		2	0.00525	0.00448
30	Psaltiparus minimus	Sastrecillo				3	0.00787	0.00673
31	Salpinctnes obsoletus	Saltapared roquero				2	0.00525	0.00448
32	Cistothorus palustris	Saltapared pantanero				1	0.00262	0.00224
33	Polioptila caerulea	Perlita plis				3	0.00787	0.00673
34	Sporophila torquata	Semillero collarejo				6	0.01575	0.01345
35	Cacicus melanicterus	Cacique mexicano				2	0.00525	0.00448
36	Quiscalus mexicanus	Zanate mayor				100	0.26247	0.22422
37	Euphagus cyanocephalus	Tordo de Brewer				70	0.18373	0.15695
38	Agelaius phoeniceus	Tordo sargento				7	0.01837	0.0157
39	Molothus ater	Vaquero cabeza café				28	0.07349	0.06278
40	Passer domesticus	Gorrión común				25	0.06562	0.05605
				Total Aves		381		0.85426

	MAMIFEROS							
1	Myotis sp.	Murcielago				35	0.76087	0.07848
2	Canis latrans	Coyote		evidencia		1	0.02174	0.00224
3	Procyon lotor	mapache				8	0.17391	0.01794
4	Sigmodon alleni	Rata de la caña				1	0.02174	0.00224
5	Notocitelus annulatus	Ardilla de tierra				1	0.02174	0.00224
				Total Mamíferos		46	1	0.10314
			NUMERO TOTAL DE INDIVIDUOS			446		

La vegetación proporciona la alimentación que hace posible el desarrollo de la fauna y además existen otras necesidades que los animales requieren satisfacer. Tales necesidades se relacionan con la protección, el abrigo y la reproducción, que son aspectos en que se conjugan la topografía, la hidrografía, el suelo, la vegetación, para cubrir las particulares necesidades de una especie. Los cambios entre las diferentes formaciones vegetales dependen en gran medida de las variaciones en los rasgos fisiográficos, geológicos, edáficos, climáticos; a su vez, las diferencias en la vegetación dan lugar a cambios en la disponibilidad de alimentos, agua, abrigo, refugio para los animales y así, la condición de la vegetación constituye un factor de extrema importancia en el desarrollo, distribución y abundancia de la fauna. De esta manera, las posibilidades de aprovechamiento de los recursos por los organismos animales, son determinadas, a su vez, por los rasgos estructurales, fisonómicos, estacionales y productivos de la vegetación.

Las especies de vertebrados existentes en el área de estudio son de una amplia distribución en la región y forman parte de poblaciones cuyas formas de vida se asocian íntimamente con los recursos vegetales existentes, pero que varían en densidad y abundancia de acuerdo con las condiciones particulares de la vegetación en una región determinada. Los hábitats naturales sometidos a la presión de una explotación fuera de las regulaciones y sin control dan como resultado una vegetación alterada en la que las especies arbóreas ofrecen menor complejidad de nichos. Si consideramos que las actividades productivas tienden, con el tiempo a reducir las áreas de vegetación primaria o secundaria, como es una tendencia general en las zonas cercanas a los centros de población, es consistente que, de persistir esta tendencia, el peligro para la reducción de

los hábitats con la consecuente extirpación de poblaciones de fauna será un proceso progresivamente mayor e inevitable.

En general, puede decirse que las interacciones entre la fauna y la vegetación se manifiestan en la dinámica global del hábitat, a través de los mecanismos de polinización (murciélagos, ardillas, ratones), de dispersión (efectuado por diversidad de aves y mamíferos y que es el factor determinante en la dinámica de la comunidad vegetal) de depredación de semillas y plantas (que representan los recursos alimenticios más importantes para la subsistencia de aves y mamíferos, en un proceso que al mismo tiempo influye sobre los patrones demográficos y la expansión de las poblaciones vegetales).

Sin embargo, aunque estas interacciones se realizan de manera dinámica en condiciones naturales, es evidente que la presión ejercida por las actividades productivas del hombre tiene un efecto mayor y más dinámico que los procesos naturales, por lo que en cierto momento las condiciones de la vegetación limitan grandemente la diversidad y abundancia de la fauna, en un ciclo que tiende a minimizar y amenazar tanto a las especies vegetales como a las animales. Es por eso que debido a la combinación de factores adversos como la presión humana, pero también por el efecto de las condiciones ambientales como el régimen de lluvias, la estacionalidad de las lluvias con la consecuente limitación en el abastecimiento de humedad, la estructura de la vegetación, las características fenológicas de las plantas que condicionan la limitada disponibilidad de alimentos en determinadas épocas del año, determinan la ausencia de ciertas especies de animales en la región y específicamente de la Riqueza de Especies, diversidad de Shannon y abundancias en el área de estudio comparada con el entorno regional mostrado en la Tabla 12. La

estructura vertical y horizontal de la vegetación, la disposición de alimento en una estación determinada, así como la actividad de la fauna, son probablemente los aspectos determinantes en el desarrollo de las comunidad como la actividad de la fauna, son probablemente los aspectos determinantes en el desarrollo de las comunidades animales.

Como uso local de la especies en el área del Proyecto Caracterización de Sitio por Derrame de Cope en la línea de Suministro a la CFE, Km I-612, se identificaron un total de 16 especies sujetos a utilización por lugareños o por los centros de población cercanos en el territorio de las cuencas. La caza y la pesca comercial son las principales actividades de los asentamientos humanos de la subcuenca. De las especies detectadas en el área de estudio, el total son reguladas bajo el calendario cinegético de SEMARNAP o de acuerdo a los periodos de veda que determina en Centro Regional Pesquero de la CONAPESCA-SAGARPA de la región año con año, de estas 5 son aves, 2 son reptiles y 9 son invertebrados moluscos y/o artrópodos. Para a las aves se encuentran entre las más importantes las palomas huilota y alas blancas y la tortolita cola larga. Para los invertebrados encontramos a varios tipos de moluscos (Ostión de mangle, almejas cayo escalopa, reyna, pata de mula, caracol chino y la jaiba). Para el caso de las especies sujetas a captura y venta como mascotas son básicamente aves canoras entre las que se detectaron cuarto especies de interés comercial, el chonte y la tangara, considerándose esta una actividad tradicional desarrollada en la subcuenca por muchas décadas en el pasado.

Adicionalmente se contempla la ocurrencia de un gran número de especies acuáticas, especialmente peces estuarinos y marinos que habitan el Vaso I de la

Laguna de Cuyutlán, y que si bien, no fueron muestreados, existe literatura científica que sustenta su ocurrencias en ella. Además estas especies son fuente de actividades comerciales y de subsistencia de pesca por lugareños de la ciudad de Manzanillo, Colima, estas se elistas estas especies en la tabla 14. La literatura consultada para la elaboración del listado para la zona de la Laguna Cuyutlán fueron principalmente Castro-Aguirre et al. (1999), Miller et al. (2005) y Fisher et al. (1995).

Tabla 14 Información recopilada de la literatura sobre la ocurrencia de la biodiversidad íctica en el vaso I de la Laguna de Cuyutlán. Las especies están ordenadas por orden alfabético de acuerdo a su nombre científico.

Nº	Nombre Científico	Nombre Común	Estatus de Conservación
1	<i>Achirus mazatlanus</i>	Sol de Mazatlán	
2	<i>Awoaus transandeanus</i>	Gobio reticulado	
3	<i>Achirus scutum</i>	Lenguado rayado	
4	<i>Agnostomus monticola</i>	Trucha de tierra caliente	
5	<i>Albula nemoptera</i>	Macabí	
6	<i>Anchoa ischana</i>	Pejerrey	
7	<i>Anchoa walkeri</i>	Anchoa persistente	
8	<i>Anchovia macrolepidota</i>	Ancjoa escamuda	
9	<i>Arius seemanni</i>	Cuatete	
10	<i>Ariopsis guatemalensis</i>	Bagre cuatete	
11	<i>Atherinella balsana</i>	Plateadito del Balsas	
12	<i>Atherinella cristallina</i>	Plateadito del presidio	
13	<i>Atherinella guatemalensis</i>	Plateadito del Guamuchal	
14	<i>Awous transandeanus</i>	Gobio reticulado	
15	<i>Axoclinus carminalis</i>	Tres aletas carmín	
16	<i>Strongylura exilis</i>	Agujón	
17	<i>Bardiella armata</i>	Corvineta armada	
18	<i>Bardiella icistia</i>	Corvineta ronco	
19	<i>Caranx caballus</i>	Cocinero	
20	<i>Caranx caninus</i>	Jurel	
21	<i>Cathropus fuerthii</i>	Bagre congo	

22	<i>Centropomus nigriscens</i>	Robalo negro	
23	<i>Chaenomugil proboscideus</i>	Bobo	
24	<i>Chloroscombrus orqueta</i>	Catalina	
25	<i>Oligoplites altus</i>	Piña bocona	
26	<i>Caranx sexfasciatus</i>	Jurel voraz	
27	<i>Centropomus armatus</i>	Robalo espina laarga	
28	<i>Centropomus medius</i>	Robalo aleta prieta	
29	<i>Centropomus nigrescens</i>	Robalo negro	
30	<i>Centropomus robalito</i>	Robalo aleta amarilla	
31	<i>Chanos chanos</i>	Chano	
32	<i>Citharhyctis gilberti</i>	Lenguado tapadera	
33	<i>Cyclopsetta panamensis</i>	Lenguado	
34	<i>Eliotris picta</i>	Guavina manchada	
35	<i>Elops affinis</i>	Chile	
36	<i>Eucinostomus argenteus</i>	Mojarra Plateada	
37	<i>Eugerres axillaris</i>	Mojarra malacapa	
38	<i>Diapterus aureolus</i>	Mojarra	
39	<i>Diapterus lineatus</i>	Mojarra china	
40	<i>Diapterus peruvianos</i>	Mojarra de aletas amrillas	
41	<i>Dormitator latrifrons</i>	Puyequé	
42	<i>Etropus peruvianus</i>	Lenguado dientón	
43	<i>Eucinostomus currani</i>	Mojarra Charrita	
44	<i>Evorthodus minutus</i>	Gobio pequeño	
45	<i>Gerres cinereus</i>	Mojarra rayada	
46	<i>Gobiesox mexicanus</i>	Cucharita de río	Protección Especial
47	<i>Gobiomorus maculatus</i>	Guavina bocón	
48	<i>Gobiomorus polylepis</i>	Guavina cristalina	
49	<i>Haemulon nitidus</i>	Roncacho arenero	
50	<i>Haemulopsis elongatus</i>	Ronco alargado	
51	<i>Haemulopsis leuciscus</i>	Ronco ruco	
52	<i>Harengula thrissina</i>	Sardinita plumilla	
53	<i>Hemiramphus saltator</i>	Pajarito saltador	
54	<i>Hyporhamphus gilli</i>	Pajarito cholo	
55	<i>Hyporhamphus rosae</i>	Pajarito plateado	
56	<i>Lile gracilis</i>	Sardinita agua dulce	
57	<i>Lutjanus argentiventris</i>	Pargo amarillo	
58	<i>Lutjanus colorado</i>	Pargo colorado	
59	<i>Lutjanus novemfasciatus</i>	Pargo mulato	

60	<i>Menticirrus elongatus</i>	Bocadulce	
61	<i>Mugil cephalus</i>	Lisa cabezuda	
62	<i>Mugil curema</i>	Lisa	
63	<i>Mulloidichthys dentatus</i>	Salmonete barbon	
64	<i>Pseudopeneus grandisquamis</i>	Salmonete gringuito	
65	<i>Oligoplites altus</i>	Piña bocona	
66	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia negra	
67	<i>Ophichthus triserialis</i>	Culebra marina	
68	<i>Opisthonema libertate</i>	Sardina crinuda	
69	<i>Poecilia butleri</i>	Topote del Pacífico	Protección Especial
70	<i>Poecilia chica</i>	Topote del Purificación	
71	<i>Poeciliopsis baenschi</i>	Guatopote de oro	
72	<i>Poeciliopsis infans</i>	Guatopote del Lerma	
73	<i>Poeciliopsis presidionis</i>	Guatopote de Sinaloa	
74	<i>Poeciliopsis turrubarensis</i>	Guatopote del Pacífico	
75	<i>Pseudophalus starski</i>	Culebra de Río	
76	<i>Pomadasys bayanus</i>	Roncacho bocamorada	
77	<i>Pomadasys leuciscus</i>	Burro	
78	<i>Pseudopeneus grandisquamis</i>	Chivo	
79	<i>Umbrina xanti</i>	Berrugata	
80	<i>Sciades guatemalensis</i>		
81	<i>Sicydium multipunctatum</i>	Dormilón pecoso	
82	<i>Synodus scituliceps</i>	Puro	
83	<i>Sphoeroides annulatus</i>	Botete	
84	<i>Trinectes fonsecensis</i>	Suela rayada	
85	<i>Xenotaenia resolanae</i>	Mexicalpique leopardo	

Descripción la fauna de la Zona del Proyecto (Área Afectada)

La fauna es uno de los componentes más susceptibles a los impactos ocasionados por las actividades humanas. Su existencia en zonas seleccionadas para el desarrollo de actividades productivas es determinante para dirigir la intensidad de uso de la zona y del diseño de las actividades de protección y mitigación de los impactos ocasionados dentro de las modificaciones al entorno el desarrollo del Proyecto Caracterización de Sitio por Derrame de Cope en la línea de Suministro a la CFE, Km I-612, se consideran 2000 m² de las cuales se afectará la totalidad del terreno. Los impactos de esta actividad a la fauna de la región son extensivos a toda el área del proyecto y aunado a la pérdida de hábitat ocasionado por el desmonte de carácter histórico en el sitio.

Dentro del área del proyecto la fauna está integrada por elementos de origen netropical (Fa y Morales, 1998) y su ocurrencia obedece a patrones de distribución determinados por el clima, fisiografía y vegetación. Pertenece a la provincia ecológica Sierra Madre del Sur, y la subunidad conocida como Sierra de la Costa de Jalisco y Colima, que mantiene una importante diversidad biológica de la región y en ella están bien representados todos los grupos de diversidad biológica. La época de muestreo es determinante en la obtención de los resultados debido a que los diferentes grupos faunísticos tienen variaciones en su composición de acuerdo a la época del año que se muestreo. Para la descripción de la fauna del área de estudio del proyecto, se consideraron los cuatro grupos faunísticos principales anfibios, reptiles, aves y mamíferos.

El área de estudio se encuentra ubicada al interior del SAR subcuena de la Laguna Cuyutlán, en la zona conocida como Vaso I de la Laguna de Cuyutlán.

Metodología de trabajo (Área Afectada).

Los muestreos para estudio de fauna cubrieron la totalidad del área del proyecto, que en total cuenta con una superficie 2000 m². Se encontró una superficie modificada en la mayor parte de su territorio con cambios ocasionados por la ocupación histórica de centros urbanos, de uso industrial, carreteras estatales y vecinales, caminos de brecha, tiraderos de materiales diversos, basura y la vía del ferrocarril. Estas modificaciones sobre el predio tienen como consecuencia la restricción de hábitats susceptibles de ser utilizados por la fauna regional. La ocurrencia de la fauna al interior del área del Proyecto es reducida pues estos factores funcionan como ahuyentadores de la biodiversidad.

Para el desarrollo del estudio, se efectuaron revisiones bibliográficas sobre la información existente de la fauna de la región. Se revisó la cartografía, imágenes de satélite disponibles en la web por medio del Google Earth y la existente en las oficinas de los diferentes niveles de gobierno. De la revisión bibliográfica de la literatura existente y de la revisión del mapa de vegetación de INEGI, escala 1:250,000, con el fin de conocer la ocurrencia potencial de especies dentro del área de influencia del proyecto. Se revisó la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010 (Diario Oficial, 2010), la Guía de identificación de aves de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES, 1994), para determinar la especies que tuvieran algún estatus ecológico.

Durante la realización de los muestreos de fauna del área de estudio se realizaron recorridos a lo largo de toda el área del Proyecto utilizando el camino de acceso y tránsito al interior de él para la búsqueda y observación de posibles registros de fauna (Figura 32). Además se siguieron las recomendaciones desprendidas de la consulta con técnicos del proyecto. Los esfuerzos de muestreo se dirigieron a cubrir la totalidad del área del Proyecto.



Figura 32.- Vista panorámica del área Vaso I de la Laguna Cuyutlán y de la zona del derrame de Cope marcada por un recuadro negro y su zoom para observar la zona de muestreo en el tramo del derrame.

Los trazos en amarillo indican los recorridos de muestreos en la periferia de la Laguna Cuyutlán para obtener los datos del área de influencia.

Los muestreos de campo de fauna silvestre se efectuaron del 8 y 9 de octubre del 2016. Se recorrió la totalidad de la superficie del área del Proyecto mediante recorridos de muestreo siguiendo la técnica de “Road Side Cout”

(Dasman, 1964) en camitas cubriendo el 100 % de la superficie del proyecto. En una libreta de campo se registraron el número de individuos y las especies observadas por recorrido, así como observaciones adicionales sobre las condiciones generales del hábitat de muestreo y conductas observadas por la fauna en el momento del muestreo. Adicionalmente se recogieron evidencias físicas de la ocurrencia de fauna, como son excretas y restos y estructuras osificadas, así como se registró la evidencia de rastros en el área de muestreo. Adicionalmente se verificó con los residentes del área, la observación de la presencia/ausencia de grupos de fauna reconocidos comúnmente por los lugareños.

Para el cálculo de las abundancias se realizó utilizando el conteo directo de los ejemplares de cada una de las especies registradas en campo y se tabularon en una hoja electrónica de Excel para estimar la abundancia total y la abundancia relativa:

$$\text{Abundancia total} = \frac{\text{Número de ejemplares de cada especie}}{\text{Total de ejemplares de todas las especies observadas}}$$

$$\text{Abundancia relativa} = \frac{\text{Número de ejemplares de cada especie}}{\text{Total de ejemplares de las especies del grupo faunístico observadas}}$$

La identificación de las especies se realizó *in situ* mediante observación directa para la totalidad de los grupos, además de recolecta de especímenes vivos para el grupo de los reptiles, liberándolos en el mismo sitio de captura después de su determinación. Como material de apoyo en la determinación de los especímenes se utilizaron las siguientes guías de campo y literatura

disponibles, Stebbins (1985) y Lazcano Villarreal (2012) para reptiles; Sibley, (2000), Sibley (2001), Pyle (1997), Van Perlo (2006) y National Geographic (1987) para aves y Burt y Grossenheiderr (1980), Hall (1981) y Medellín et al., (1997) para mamíferos. Como equipo de observación se utilizaron binoculares de 10x24 y un telescopio de 15-60X. Adicionalmente se tomaron fotografías de la fauna presente con una cámara Cannon con zoom digital de 30X (fotografías de Hilda Víctor López y Alejandro Varela Romero)

Índice de Diversidad de Shannon (H)

En el análisis de la riqueza de especies y las abundancias detectadas se observan datos relevantes que muestran una comunidad de fauna silvestre impactada por la presión de modificaciones al ambiente por la existencia de una superficie modificada en la mayor parte de su territorio con cambios ocasionados por la construcción de caminos de brecha, tiraderos de materiales diversos, basura, y la propia vía del ferrocarril. Se calculó el Índice de Shannon (H) para comparar la diversidad con respecto a las abundancias de especies en el área de influencia del Proyecto y el resto de los predios de cada uno de los laderos. Índice de diversidad de Shannon se conoce también como el índice de Shannon y se basa en la teoría de la información y por tanto en la probabilidad de encontrar un determinado individuo en un ecosistema. El valor máximo suele estar cerca de 5, pero hay ecosistemas excepcionalmente ricos que pueden superarlo, además, valores cercanos a 2 o por debajo de éste se consideran bajos para el sitio evaluado. A mayor valor del índice indica una mayor biodiversidad del ecosistema. Se calcula de la siguiente forma:

$$H = - \sum_{i=1}^s p_i \cdot \log_2(p_i)$$

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Donde:

n_i = número de individuos en el sistema de la especie determinada i

N = número total de individuos

S = número total de especies

Además se calculó la Equidad o índice de Equitatividad de Shannon (J) que es la medida de la proporción que guardan las abundancias relativas de las especies de la comunidad muestreada. En la estimación de la Diversidad de Shannon (H), la equidad permite cuantificar qué tanto la diversidad estimada (H) se desvía del máximo teórico ($\ln S$), que ocurre cuando todas las especies son igualmente abundantes. La equidad se calcula de la siguiente forma:

$$J = H / (\ln S)$$

Donde:

H = Diversidad de Shannon estimada

\ln = Logaritmo natural

S = número total de especies

Composición de las Comunidades de Fauna por Área Muestreada

Como resultado de los muestreos realizados en el área de estudio, se registraron un total 34 especies de vertebrados, de las cuales uno es mamífero, 30 son aves, un mamífero, dos reptiles y dos artrópodos crustáceos, sin

registrarse anfibios en el sitio del derrame Tabla 15. De los resultados obtenidos con las observaciones de campo se desprenden datos relevantes que muestran una comunidad de fauna silvestre se encuentra impactada por la presión de modificaciones al ambiente por la existencia de una superficie modificada en la mayor parte de su territorio con cambios históricos ocasionados por la construcción de caminos, ferrovía, brechas, instalaciones para uso industrial y tiraderos de materiales diversos, basura. Al interior del predio existe una vereda utilizada por los empleados de las instalaciones industriales y por los lugareños de la zona. La diversidad de Shannon calculada para el predio en sus 2000 m² es de 2.5222 y la equidad de 0.5998 a diferencia de la encontrada en los muestreos del área de la SAR de la Subcuenca del Vaso I Laguna de Cuyutlán de 3.1400 y una equidad de 0.7468, además de una riqueza de especies de 68 contra la del predio de 34 en total. La comunidad de aves resultó ser la más abundante con 30 especies.

Tabla 15.- índice de diversidad de Shannon, Zona Área Afectada

No.	Comunidad	Valores absolutos	abundancia relativa (pi)	Ln (pi)	(pi) x Ln (pi)
1	<i>Euphagus cyanocephalus</i>	100	0.2237	-1.4974	-0.3350
2	<i>Quiscalus mexicanus</i>	100	0.2237	-1.4974	-0.3350
7	<i>Callinectes arcuatus</i>	52	0.1163	-2.1513	-0.2503
3	<i>Myotis sp.</i>	30	0.0671	-2.7014	-0.1813
4	<i>Molothus ater</i>	25	0.0559	-2.8837	-0.1613
5	<i>Columba livia</i>	25	0.0559	-2.8837	-0.1613
6	<i>Tyranus vociferans</i>	25	0.0559	-2.8837	-0.1613
8	<i>Zenaida asiatica</i>	15	0.0336	-3.3945	-0.1139
9	<i>Uca latimanus</i>	8	0.0179	-4.0231	-0.0720
10	<i>Streptopelia decaocto</i>	8	0.0179	-4.0231	-0.0720
11	<i>Sporophila torqueola</i>	6	0.0134	-4.3108	-0.0579
12	<i>Egreta caerulea</i>	5	0.0112	-4.4931	-0.0503
13	<i>Ardea tricolor</i>	3	0.0067	-5.0039	-0.0336
14	<i>Coragyps auratus</i>	3	0.0067	-5.0039	-0.0336
15	<i>Zenaida macroura</i>	3	0.0067	-5.0039	-0.0336
16	<i>Melanerpes chrysogenis</i>	3	0.0067	-5.0039	-0.0336
17	<i>Polioptila caerulea</i>	3	0.0067	-5.0039	-0.0336
18	<i>Setophaga petechia</i>	3	0.0067	-5.0039	-0.0336
19	<i>Fregata magnificens</i>	2	0.0045	-5.4094	-0.0242
20	<i>Ardea herodias</i>	2	0.0045	-5.4094	-0.0242
21	<i>Pelecanus occidentalis</i>	2	0.0045	-5.4094	-0.0242
22	<i>Charadrius vociferans</i>	2	0.0045	-5.4094	-0.0242
23	<i>Actitis macularia</i>	2	0.0045	-5.4094	-0.0242
24	<i>Cathartes aura</i>	2	0.0045	-5.4094	-0.0242
25	<i>Columbina inca</i>	2	0.0045	-5.4094	-0.0242
26	<i>Picoides scalaris</i>	2	0.0045	-5.4094	-0.0242
27	<i>Pirangra rubra</i>	2	0.0045	-5.4094	-0.0242
28	<i>Icterus pusulatus</i>	2	0.0045	-5.4094	-0.0242
29	<i>Cacicus melanicterus</i>	2	0.0045	-5.4094	-0.0242
30	<i>Vireo hypochryceus</i>	2	0.0045	-5.4094	-0.0242
31	<i>Amazilia violiceps</i>	2	0.0045	-5.4094	-0.0242
32	<i>Falco columbarius</i>	1	0.0022	-6.1026	-0.0137
33	<i>Archilochus colubris</i>	1	0.0022	-6.1026	-0.0137
34	<i>Salvadora mexicana</i>	1	0.0022	-6.1026	-0.0137
35	<i>Thamnophis sp.</i>	1	0.0022	-6.1026	-0.0137
	Riqueza S= 34	447	1.0000		2.5222
		H max = Ln S	4.2047		Índice de diversidad de Shannon
	Equitatividad (J)	J=H/Hmax =	0.5998		
Índice de diversidad de Shannon: $H = -\sum (pi) \times \ln (pi)$					

Abundancia de las Especies en el Área del Proyecto

La abundancia absoluta para la totalidad del área del derrame de Cope, de los 2000 m² de superficie fue un total de 35 especies (Tabla 16). El grupo de las aves es el mejor representado con 30 especies al cual corresponden el 85.71 % de las especies observadas y comprenden el 79.42 % los invertebrados artrópodos comprendieron dos especies representando el 5.71 % y el 13.42 % para los reptiles también se detectaron dos especies representando el 5.71% pero sólo el 0.45 % del total de los individuos observados. Para los mamíferos solo se detectó una especie correspondiendo el 2.87 % de las especies observadas y el 6.71 % del total de los individuos observados en el área impactada.

No se registraron anfibios durante el muestreo efectuado, debido posiblemente a las condiciones ambientales ocasionadas por el impacto en el derrame del Cope, tal y como se detectó para las jaibas *Callinectes arcuatos*, de las cuales, todas las habitantes de la zona de manglar del predio fueron rescatada vivas para reintroducirlas al Vaso I de la Laguna de Cuyutlán. Sin embargo, esto no indica que alguna de las especies potenciales de anfibios registradas para la región no estén presentes en el área de estudio del proyecto. El grupo de las aves domina ampliamente los hábitats del área de estudio.

De las aves más abundantes considerando su abundancia relativa fueron el Sanate mexicano *Quiscalus mexicanus* (Figura 33) y el Tordo ojo claro *Euphagus cyanocephalus* con el 28.17 % correspondiendo con el 56.34 % de las aves, que en conjunto con el vaquero cabeza café *Molothus ater* (6.11 %), tirano gritón *Tyranus vociferans* (7.04 %), pichón común *Columba livia* (7.04 %) y la paloma alas blancas *Zenaidura macroura* (4.23%), en conjunto además suman el

80.76 % de las especies de aves en el área y el 64.88 % de la totalidad de especímenes registrados para todos los grupos faunísticos en la totalidad de la superficie del predio (Tabla 16). El resto de las especies de aves registradas reportan un valor individual menor al 3 % y se mencionan aquí algunas de las especies más frecuentemente observadas en los muestreos: la paloma turca *Streptopelia decoacto*, garceta azul *Egreta caerulea*, semillero collarejo *Sporophila torqueola*, Colibri corona violeta *Amazilia violiceps*, cacique mexicano *Cacicus melanicterus*, bolsero dorsirayado *Icterus pusulatus* y perlita gris *Polioptila caerulea* entre otros. Adicionalmente se registraron de paso sobrevolando en el área a distintas altitudes a las siguientes especies: fregata magnífica *Fregata magnificens*, garza ceniza *Ardea herodias*, garceta tricolor *Ardea tricolor*, aura *Catharthes aura*, zoopilote *Coragyps auratus*, cernícalo americano *Falco columbarius* y Murciélagos *Myotis* sp.



Figura 33. El Sanate mexicano *Quiscalus mexicanus* que en conjunto con el tordo ojo claro *Euphagus cyanocephalus* resultaron las aves más abundantes dentro del área de estudio. Foto AVarelaR.

Para el grupo de los mamíferos solo se detectó la presencia de un murciélago del género *Myotis* no identificado sobrevolando y alimentándose en el espacio aéreo de la zona del derrame, aparentemente aprovechando las poblaciones de insectos atraídos por las lámparas de los patios industriales contiguos a la zona del derrame.

Para el caso de los reptiles solo se registraron dos especies con un ejemplar cada una, la iguana verde *Iguana iguana* y la culebra nariz de parche mexicana *Salvadora mexicana* (Figura 34). La iguana se observó ocupando la vegetación del hábitat marginal contiguo a la ferrovía y representa el 100 de los individuos al interior del sitio del derrame. En cambio la culebra nariz de parche mexicana se observó en tránsito a través de la zona con espejo de agua en el área del derrame entre el dique 1 y la Laguna de Cuyutlán. Aparentemente estas especies se observaron incidentalmente en el área del derrame al estar de

tránsito entre las zonas de la Laguna de Cuyutlán, que representa el hábitat principal de ocupación de estas especies.



Figura 34. La culebra nariz de parche mexicana *Salvadora mexicana* se observó en tránsito por el área del derrame de Cope en dirección hacia la Laguna de Cuyutlán, que representa el hábitat principal en la zona. Foto Hilda Víctor.

Tabla 16.- Información levantada en campo durante los muestreos y memoria de cálculo de las abundancias de las especies por grupos faunísticos encontradas en el área del proyecto.

N°	Nombre Científico	Nombre Común	STATUS	Utilidad	Tipo de Vegetación	Número de Individuos	Abundancia Relativa	Abundancia Total
	INVERTEBRADOS							
	ARTROPODOS CRUSTÁCEOS							
1	Callinectes arcuatus	jaiba			Manglar	52	0.14648	0.11633
2	Uca latimanus	Cangrejo violinista			Manglar	8	0.02254	0.01790
			Total Invertebrados			60		0.13423
	REPTILES							
1	Iguana iguana	Iguana verde			Manglar	1	0.03333	0.00224
2	Salvadora mexicana	Culebra nariz de parche mexicana			Manglar	1	0.03333	0.00224
			Total Reptiles			2		0.00447

	AVES							
1	Fregata magnificens	Fregata magnífica			Selva Baja	2	0.00563	0.00447
2	Ardea herodias	Garza ceniza			Selva Baja	2	0.00563	0.00447
3	Ardea tricolor	Garceta tricolor			Selva Baja	3	0.00845	0.00671
4	Egreta caerulea	Garceta azul			Selva Baja	5	0.01408	0.01119
5	Pelecanus occidentalis	Pelícano café	Amenazada Subespecie <i>californicus</i> de la costa del Pacífico		Selva Baja	2	0.00563	0.00447
6	Charadius vociferans	Tildillo chorlito			Selva Baja	2	0.00563	0.00447
7	Actitis macularia	Playero alzacolita			Selva Baja	2	0.00563	0.00447
8	Catharthes aura	Aura			Selva Baja	2	0.00563	0.00447
9	Coragyps auratus	Zoopilote			Selva Baja	3	0.00845	0.00671
10	Falco columbarius	Cernícalo americano			Selva Baja	1	0.00282	0.00224
11	Zanaida asiática	Paloma alas blancas		Caza	Selva Baja	15	0.04225	0.03356
12	Zenaida macroura	Paloma huilota		Caza	Selva Baja	3	0.00845	0.00671
13	Streptopelia decaocto	Paloma turca		Caza	Selva Baja	8	0.02254	0.01790
14	Columba livia	Pichón común	Introducida Feral		Selva Baja	25	0.07042	0.05593
15	Columbina inca	Tortolita colilarga		Caza	Selva Baja	2	0.00563	0.00447

16	<i>Picoides scalaris</i>	Carpintero listado			Selva Baja	2	0.00563	0.00447
17	<i>Melanerpes chrysogenis</i>	Carpintero cachete dorado			Selva Baja	3	0.00845	0.00671
18	<i>Vireo hypochryceus</i>	Vireo dorado			Selva Baja	2	0.00563	0.00447
19	<i>Setophaga petechia</i>	Chipe amarillo			Selva Baja	3	0.00845	0.00671
20	<i>Tyranus vociferans</i>	Tirano gritón			Selva Baja	25	0.07042	0.05593
21	<i>Amazilia violiceps</i>	Colibri corona violeta			Selva Baja	2	0.00563	0.00447
22	<i>Archilochus colubris</i>	Colibri			Selva Baja	1	0.00282	0.00224
23	<i>Pirangra rubra</i>	Tángara roja			Selva Baja	2	0.00563	0.00447
24	<i>Polioptila caerulea</i>	Perlita gris			Selva Baja	3	0.00845	0.00671
25	<i>Sporophila torqueola</i>	Semillero collarejo			Selva Baja	6	0.01690	0.01342
26	<i>Icterus pusulatus</i>	Bolsero dorsirayado			Selva Baja	2	0.00563	0.00447
27	<i>Cacicus melanicterus</i>	Cacique mexicano			Selva Baja	2	0.00563	0.00447
28	<i>Euphagus cyanocephalus</i>	Tordo ojo claro			Selva Baja	100	0.28169	0.22371
29	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Sanate mexicano			Selva Baja	100	0.28169	0.22371
30	<i>Molothus ater</i>	Vaquero cabeza café			Selva Baja	25	0.07042	0.05593
			Total Aves			355		0.79418

	MAMIFEROS							
1	Myotis sp.	Murciélago			Selva Baja	30	1.00000	0.06711
			Total Mamíferos			30		0.06711
	Total Especies = 35		NUMERO TOTAL DE INDIVIDUOS			447		

Especies en Estado de Conservación en el Proyecto

Las especies registradas en el área del Proyecto Caracterización de Sitio por Derrame de Cope en la línea de Suministro a la CFE, Km I-612, enlistadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (DIARIO OFICIAL, 2010) fueron dos, el pelícano café (*Pelecanus occdentalis californicus*) considerado Amenazado y la iguana verde (*Iguana iguana*) considerada sujeta a Protección Especial (Tabla 16). Como resultado de los muestreos, las abundancias de las especies enlistadas dentro de cada uno de los grupos faunísticos a los que pertenecen presentan valores menores al 1 % con respecto al total de los individuos registrados para todas las especies en los muestreos.



Figura 35. El pelícano café *Pelecanus occidentalis californicus*, especie de ave de la cual esta subespecie se encuentra considerada Amenazada fue fotografiada en el Vaso I Laguna de Cuyutlán y fue observada sobrevolando el sitio del derrame de Cope.

El pelícano café *P. occidentalis* se reconoce la subespecie *californicus* como la sujeta al estatus de conservación mencionado por la NOM-059-SEMARNAT-2010. Para la especie *P. occidentalis* se reconocen cinco subespecies, y tres de están habitando en territorio mexicano: la subespecie *antillarum* en el caribe, la subespecie *carolinensis* en la costa este de Norteamérica y la subespecie *californicus* del pacífico del Oeste de Norteamérica reconocida como Amenazada. La amenaza a las La Iguana verde *Iguana iguana* se considera

Sujeta a protección especial (Pr) por la NOM-059-SEMARNAT 2010 (DIARIO OFICIAL 2010) además de ser una especie CITES Apéndice II (CITES 2015). Esta especie se distribuye desde el norte de Veracruz y Sinaloa hacia el sur hasta Centro y Sudamérica. Se encuentra bien representada en el País y está en el Estado de Colima. Habita en selvas tropicales, manglares y en menor grado áreas áridas y semiáridas. Se encuentra casi siempre cerca de esteros y playas o en la rivera de ríos y lagunas o cerca del agua. El hábitat varía con la edad y la temporada, los adultos acostumbran sitios arbolados y los juveniles con mayor preferencia por el suelo cerca de sitios arbustivos o en el pasto cerca del agua. Los factores de riesgo principales son antropogénicos, ya que se ha observado reducción poblacional y de su rango de distribución debido a su sobre explotación. Las condiciones del hábitat varían, desde muy perturbadas hasta sitios perfectamente conservados. Se estima que actualmente la especie se ve afectada en la mayor parte de su distribución debido a la pérdida de la cobertura vegetal y la fragmentación de sus poblaciones, lo cual los hace vulnerables durante sus desplazamientos naturales durante la época reproductiva (Calderón-Mandujano, 2002; Flores-Villela y Pérez-Mendoza, 2006). En el área de estudio se observó en hábitat arbóreo periférico en la zona del derrame, contiguo a la vía del ferrocarril. Se considera que el único ejemplar visto se encontraba en tránsito en la zona del Vaso I hacía la Laguna Cuyutlán.

poblaciones occidentales del pelícano café es el impacto detectado de los pesticidas utilizados en el oeste de los Estados Unidos sobre la mortalidad de los pollos y la imposibilidad del éxito reproductivo de las poblaciones naturales, por lo que se registró un descenso extremo en las abundancias de sus poblaciones (USFWS, 2009). Cabe mencionar que a pesar de ser esta subespecie la que se registra para el área del proyecto ya que no hay hábitat disponible para la especie dentro del área del proyecto, los avistamientos

realizados la reportan como sobrevolando sobre el área y su registro está relacionado con la presencia de esta especie en el sistema regional.

Tabla 17.- Información resumida de la levantada en campo durante los muestreos y memoria de cálculo de las abundancias de las especies por grupos faunísticos de las especies enlistadas en la NOM encontradas en el área del Proyecto Caracterización de Sitio por Derrame de Cope en la línea de Suministro a la CFE, Km I-612,C Colima. Las abundancias total y relativa para cada uno de los grupos faunísticos fueron calculadas utilizando el número total de ejemplares registrados para la totalidad de los muestreos.

Nº	Nombre Científico	Nombre Común	STATUS	Utilidad	Tipo de Vegetación	Número Individuos	Abundancia Relativa	Abundancia Total
AVES								
1	Pelecanus occidentalis	Pelícano café	Amenazada Subespecie <i>californicus</i> de la costa del Pacífico		Selva Baja	2	0.00489	0.00456
	Total de individuos para todas las especies de aves detectadas en el área total del predio muestreada					409		0.93166
REPTILES								
1	Iguana iguana	Iguana verde	Protección Especial		Selva Baja	1	0.03333	0.00228
	Total de individuos para todas las especies de reptiles detectadas en el área total del predio muestreada					1		0.00228
	NUMERO TOTAL DE INDIVIDUOS PARA TODAS LAS ESPECIES DEL PREDIO MUESTREADOS					439		

Ahora, si utilizamos la diversidad de Shannon calculada al interior de la subcuenca hidrológica del área del Proyecto (diversidad de Shannon de 3.1400 y la equidad de 0.7468) comparada contra la diversidad del área impactada por el derrame de Cope en el sitio de muestreo de 2.5222 con una equidad de 0.5998, se observa que existe mayor diversidad en el entorno de la Subcuenca hidrológica con una distribución un poco más homogénea entre las abundancias de las especies registradas (equidad) (Tabla 18). La riqueza de especies menor detectada en el predio con un total de 35 especies, comparada con la riqueza de especies encontrada en el listado de especies detectadas al interior de la Subcuenca Hidrológica del cuadro 3 de 68, representa aproximadamente el 51.47 %. Además, la existencia de una especie exótica en el predio (paloma turca) y además una importante abundancia de individuos de especies que no son permanentes en el área y son gregarias que se mueven a lo largo de áreas de ocupación mayor y sólo están eventualmente en la zona del derrame y representan más de las mismas especies en los muestreos de la SAR de la Subcuenca del Vaso I Laguna de Cuyutlán.

Tabla 18- Índice de diversidad de Shannon (H) y equidad (J) para las comunidades de fauna registradas en el área de estudio.

LOCALIDAD	H	J
Muestreo en la Subcuenca de la Laguna de Cuyutlán	3.1400	0.7468
Muestreo en el Predio	2.5222	0.5998

Los datos relevantes que muestran que la comunidad de fauna silvestre al interior del predio se encuentra impactada por la presión de modificaciones al ambiente por la existencia de una superficie modificada en la mayor parte de su

territorio con cambios ocasionados por la construcción urbana y de uso industrial en el contexto histórico, de calles, carreteras estatales y caminos vecinales y brechas, tiraderos de materiales diversos, basura y la propia vía del ferrocarril, entre otros diversos factores. De acuerdo al análisis anterior, se observa que la diversidad en el predio es baja con una equidad menor en el área de estudio del proyecto con respecto a la detectada por muestreo en la Subcuenca Hidrológica del Proyecto y también con respecto a la potencial regional, por lo que no compromete a estas últimas.

5.5.5 Índice de Riesgo

Uno de los principales factores que debe considerarse frente a la alteración de ambientes naturales producto de la intervención antropogénicas, es el detectar los organismos que podrían verse afectados por las actividades del proyecto. Estas comunidades (un conjunto de especies) varían en sus características biológicas, de modo que algunos de ellos serán más sensibles a una perturbación particular que otros. Por lo tanto, una etapa fundamental en la detección de los riesgos para las especies de fauna silvestre es el asignar prioridades de sensibilidad, en consecuencia, prioridades de protección, conservación y manejo para los organismos (SAG, 2004).

Toda actividad antropogénica debe ser valorada en cuanto al impacto que genera y a las consecuencias que su implementación traerá a la fauna silvestre y la vegetación. En el caso de la fauna, uno de los métodos utilizados para valorar el grado en que puede ésta ser afectada por una obra es el Índice de Riesgo (IR). El IR es un método utilizado para valorar el grado de vulnerabilidad en el que se encuentra la población de una especie, cuyo hábitat será alterado debido a la implementación de una obra y donde las poblaciones animales enfrentarán

diferentes riesgos de supervivencia de acuerdo con su respuesta al cambio (SAG, 2004).

Las poblaciones de las especies menos tolerantes se encontrarán en mayor grado de vulnerabilidad de ser afectadas, precisamente por ser ellas quienes requieren de condiciones especiales de hábitat, alimento, refugio, humedad relativa, etc., de manera que si los cambios producidos por la obra quedan fuera de su tolerancia, entonces será posible que estas especies desaparezcan del lugar. En cambio existen otras especies que los cambios les favorecen y sus poblaciones aumentan (Townsend et al., 2008). Ante éste panorama, deben implementarse medidas de protección, manejo y conservación propias para cada especie, pero en especial para aquellas cuyas poblaciones puedan disminuir o desaparecer de la zona.

El IR se obtiene a través de la suma de 10 características relacionadas con las especies que habitan el predio o área donde se llevará a cabo el proyecto, y otorga mayor énfasis a las especies estenoecas o con tolerancia al cambio en su ambiente. Entre los atributos que mide el IR se encuentra el estado de conservación de las especies, grado de agregación poblacional, su movilidad, si se trata de un especialista de hábitat y/o presenta una distribución restringida, endemidad, efecto barrera, fragmentación y pérdida de hábitat, tráfico y comercio de especies, mortandad por atropellamiento y criterios beneficio silvo-agropecuaria, densidad poblacional y mantenimiento del equilibrio de los ecosistemas naturales (BSE), de acuerdo con la siguiente fórmula (Modificado de SAG, 2004).

$$\text{IR} = \text{EC} + \text{E} + \text{MA} + \text{GAP} + \text{EH} + \text{M} + \text{EB} + \text{FH} + \text{TE} + \text{BSE}$$

Dónde:

Estado de conservación (EC). Se tomaron las categorías que maneja la NOM-059-SEMARNAT-2010, considerando que entre mayor sea la categoría de conservación, su riesgo también será mayor.

Endemismo (E). Se aplica considerando el grado de distribución, si es endémica de una región, país o continente, dándole mayor valor a las especies endémicas de México sobre las no endémicas.

Mortandad por atropellamiento (MA). Aplica a especies que habitando en el área del Proyecto Caracterización de Sitio por Derrame de Cope en la línea de Suministro a la CFE, Km I-612, se potencia la mortandad por atropellamiento, ya sea por colisión o usar las vías anexas al sitio, sean estos caminos, veredas, durmientes y otras estructuras de soporte (Señalamientos, etc.) como sitios de ocupación, descanso o percha y tránsito de ejemplares de fauna silvestre.

Grado de agregación poblacional (GAP). Se aplica considerando si la especie se distribuye en colonias o en grupos sociales, lo que implica un mayor riesgo ante eventuales actividades que se desarrollen en los ambientes donde ellas se encuentran, comparado con especies de distribución aleatoria o no agrupada, las que debieran considerarse en menor riesgo.

Especialista de hábitat/Distribución restringida (EH). Las especies más especialistas de hábitat o con distribución muy restringida son más sensibles que las especies generalistas o de amplia distribución.

Movilidad (M). Se aplica considerando la capacidad de escape natural de las especies ante cambios en su hábitat: mientras menor sea su movilidad (invertebrados sésiles y de vida libre, anfibios, reptiles, mamíferos pequeños), tendrán menor probabilidad de migración natural ante las perturbaciones generadas por las actividades en el sitio y su riesgo será mayor.

Efecto barrera (EB). Se aplica cuando a las especies de fauna se les impide el libre movimiento por la construcción o por las actividades realizadas en el área consideradas por el proyecto. Disminuyendo sus zonas de distribución natural e inclusive aislando poblaciones.

Fragmentación o Pérdida de Hábitat (FH). Se aplica cuando las especies son desplazadas o es destruido su hábitat (sitios de reproducción, alimentación o resguardo) por cambios en sus sistemas, derivado de las actividades que genera la construcción y las actividades en el área específica por el proyecto. Las especies faunísticas muestran una selección de hábitat característica, por lo que su modificación supone la desaparición de ciertas especies o una disminución de sus poblaciones.

Tráfico de especies (Valor Comercial) o mortandad por personas (TE). Se aplica para aquellas especies que incrementan su mortandad por la presencia de personas durante el emplazamiento de un proyecto (especies de serpientes que son consideradas peligrosas), o especies que representan un valor comercial (por efecto de caza para autoconsumo, caza deportiva, mascotas, pieles, plumas, etc.).

Criterios (BSE). Este criterio se aplica en función de la importancia de la especie para las actividades humanas y su función en el ecosistema. Las categorías son las siguientes: B = beneficiosa para las actividades silvo-agropecuarias, S = las catalogadas con densidades poblacionales reducidas y E = las benéficas para la manutención del equilibrio de los ecosistemas naturales. Tomando como base estos criterios, el IR se define como la suma total ponderada, que refleja el grado de prioridad de conservación. Debido a que los criterios no son equivalentes en cuanto a su importancia, su prioridad y ponderación se definen en los en los Tabla 19 y 20.

Tabla 19.- Ponderación de las propiedades de las especies utilizadas para calcular el IR.

Prioridad	Criterio	Ponderación (%)
Primera	Estado de Conservación (EC)	20
	Endemismo (E)	15
Segunda	Mortandad por atropellamiento (MA)	20
	Grado de agregación Poblacional (GAP)	10
	Especialista de hábitat (EH)	10
	Movilidad (M)	5
	Efecto barrera (EB)	5
	Fragmentación o Pérdida de hábitat (FH)	5
	Tráfico de especies o mortandad por personas (TE)	5
Tercera	Criterios BSE	5

Tabla 20.- Criterios de valoración (expresado en porcentajes) para estimar el IR, modificado de SAG (2004).

Prioridad	Criterio	Valor (%)
Estado de conservación (EC)	En peligro (P)	100
	Amenazada (A)	75
	Protección especial (Pr)	50
	No enlistada (N)	0
Endemismo (E)	Endémica (E)	100
	Cuasiendémica y/o Población en riesgo (NER)	50
	No endémica Población sin riesgo (NES)	0
Mortandad por atropellamiento (MA)	Índice de atropellamiento alto (IEA)	100
	Índice de atropellamiento medio (IEM)	66
	Índice de atropellamiento bajo (IEB)	33
Grado de agregación poblacional (GAP)	Alto (A)	100
	Medio (M)	66
	Bajo (B)	33
Especialista de hábitat (EH)	Especialista (ES)	100
	No especialista (NS)	50
Movilidad (M)	Baja (Ba)	100
	Media (Me)	50
	Alta (Al)	33

Efecto barrera (EB)	Efecto alto (EBA)	100
	Efecto medio (EBM)	50
	Efecto bajo (EBB)	33
Fragmentación o Pérdida de Hábitat (FH)	Fragmentación alta (FA)	100
	Fragmentación media (FM)	50
	Fragmentación baja (FB)	33
Tráfico o Comercio de especies (TE)	Tráfico alto (TA)	100
	Tráfico medio (TM)	50
	Tráfico bajo (TB)	33
Criterios BSE	BSE	100
	BS = BE = SE	66
	S = B = E	33
	No definido	0

El SAG (2004) propone cuatro categorías de riesgo de acuerdo al valor de la suma ponderada total del IR de cada especie. De manera que un valor cercano a 100%, indica máxima prioridad para su conservación y las medidas de protección ante eventuales proyectos es prioritaria, sobre aquellas especies que resulten con valores cercanos a 0% (Tabla 21).

Tabla 21 Categorías asignadas para el índice de riesgo (según porcentajes).

IR (%)	Estados de riesgo
75 a 100	Máximo
50 a 74	Alto
25 a 49	Medio
0 a 24	Bajo

De acuerdo a los valores de IR obtenidos para cada una de las 34 especies encontradas en el área de estudio, sólo la Iguana verde llega con 58 puntos al nivel de Riesgo Alto, del resto 18 fueron clasificadas como de Riesgo Medio y 17 resultaron de Riesgo Bajo (Tabla 22). Ninguna de las especies observada en el área del proyecto fue diagnosticada en la categoría de riesgo alto o máximo,

posiblemente se deba al grado de alteración que presenta el área del proyecto históricamente y en su estado actual. Aparentemente lo anterior indica que las únicas especies que aún permanecen en el área de estudio son las especies de fauna silvestre que son más tolerantes a los disturbios detectados en la zona.

La iguana verde diagnosticada bajo el criterio de alto riesgo, es una especie que ha sido extraída por los lugareños con el fin de alimentarse de ella, utilizarlas como mascotas y comercial con ellas como alimento y como mascotas. Como se mencionó en la sección de especies en estado de conservación, esta especie se considera Sujeta a protección especial (Pr) por la NOM-059-SEMARNAT 2010 (DIARIO OFICIAL 2010) y es además una especie CITES Apéndice II (CITES 2015) debido al conocido tráfico que se hace de ellas en la venta informal como mascotas. Su distribución es amplia y está bien representada en el País y en Colima, y trasciende a Centro y Sudamérica donde. Su hábitat en selvas tropicales, manglares y en menor grado áreas áridas y semiáridas le permite cobertura y protección de la captura por humanos, sin embargo esta condición no impide el impacto detectado sobre las poblaciones cercanas a los centros urbanos. Los factores de riesgo son principalmente antropogénicos, ya que se ha observado reducción poblacional y de su rango de distribución debido a su sobre explotación. Las condiciones del hábitat varían, desde muy perturbadas hasta sitios perfectamente conservados. Se estima que actualmente la especie se ve afectada en la mayor parte de su distribución debido a la pérdida de la cobertura vegetal y la fragmentación de sus poblaciones, lo cual los hace vulnerables durante sus desplazamientos naturales durante la época reproductiva (Calderón-Mandujano, 2002; Flores-Villela y Pérez-Mendoza, 2006).

El único individuo detectado en el sitio presenta una densidad muy baja de 0.0005 ind/m² en los muestreos en el área del proyecto, por lo que todos los ejemplares detectados durante las etapas del proyecto deberán ser capturados y reubicados en sitios donde se asegure su sobrevivencia debido al índice de riesgo alto como resultado del análisis. En el área de estudio se observó en hábitat arbóreo periférico en la zona del derrame, contiguo a la vía del ferrocarril considerando que éste único ejemplar observado se encontraba en tránsito en la zona del Vaso I hacia la Laguna Cuyutlán.

Dentro del área de estudio y como evidencia de los muestreos se detectaron especies de las cuales el nivel de protección de la NOM-059-2010 sólo se aplica para poblaciones isleñas que habitan fuera del territorio continental Mexicano y están aisladas de las poblaciones de la misma especie en territorio continental. A pesar de esto, el criterio de Estado de Conservación (EC) del Índice de Riesgo (IR) fue aplicado para el pelícano café y a pesar de esto no superó el nivel de Riesgo medio.

Respecto a estas especies se debe considerar atención especial para las que presenten una movilidad limitada, como es el caso de la jaiba *Callinectes arcuatus* y el cangrejo violinista *Uca latimanus*, deberán ser reubicadas en la medida de lo posible en sitios cercanos en caso de hallar ejemplares durante las etapas subsecuentes del proyecto. El resto de las especies observadas durante los muestreos de campo, la mayoría corresponde a fauna silvestre que ha sobrevivido a los cambios históricos de la ocupación humana en la zona y cuyas poblaciones se encuentran representadas en los hábitats del proyecto y en el área de influencia y que por lo tanto no se encuentran en peligro de desaparecer.

Tabla 22.- Índice de riesgo estimado para 34 especies registradas durante el trabajo de campo. Para cada uno de los 10 criterios considerados se anota su ponderación asignada de acuerdo al Tabla 19 y para cada especie se anota el valor asignado por el especialista de acuerdo al Tabla 20 (SAG, 2004).

N°	Nombre Científico	EC	E	MA	GAP	EH	M	EB	FH	TE	BSE	I.R.
	INVERTEBRADOS	(0.20)	(0.15)	(0.20)	(0.10)	(0.10)	(0.05)	(0.05)	(0.05)	(0.05)	(0.05)	
1	Callinectes arcuatus	0.00	0.00	6.60	6.60	10.00	5.00	5.00	5.00	5.00	3.30	46.50
2	Uca latimanus	0.00	0.00	6.60	6.60	10.00	5.00	5.00	5.00	5.00	1.65	44.85
	REPTILES											
1	Iguana iguana	10.00	4.95	13.20	3.30	10.00	3.30	3.30	3.30	5.00	1.65	58.00
2	Salvadora Mexicana	0.00	0.00	13.20	3.30	10.00	3.30	3.30	3.30	1.65	1.65	39.70
	AVES											
1	Fregata magnificens	0.00	0.00	6.60	3.30	5.00	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	23.15
2	Ardea Herodias	0.00	0.00	6.60	3.30	5.00	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	23.15
3	Ardea tricolor	0.00	0.00	6.60	3.30	5.00	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	23.15
4	Egreta caerulea	0.00	0.00	6.60	3.30	5.00	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	23.15
5	Pelecanus occidentalis	15.00	0.00	6.60	3.30	5.00	1.65	1.65	1.65	2.50	1.65	39.00
6	Charadius vociferans	0.00	0.00	6.60	3.30	5.00	1.65	1.65	1.65	2.50	1.65	24.00
7	Actitis macularia	0.00	0.00	6.60	3.30	5.00	1.65	1.65	1.65	2.50	1.65	24.00
8	Catharthes aura	0.00	0.00	6.60	3.30	5.00	1.65	1.65	1.65	2.50	3.30	25.65
9	Coragyps auratus	0.00	0.00	6.60	3.30	5.00	1.65	1.65	1.65	2.50	3.30	25.65
10	Falco columbarius	0.00	0.00	6.60	3.30	5.00	1.65	1.65	1.65	2.50	1.65	24.00
11	Zanaida asiatica	0.00	0.00	6.60	6.60	5.00	1.65	1.65	1.65	2.50	3.30	28.95
12	Zenaida macroura	0.00	0.00	6.60	6.60	5.00	1.65	1.65	1.65	2.50	3.30	28.95
13	Streptopelia decaocto	0.00	0.00	6.60	6.60	5.00	1.65	1.65	1.65	2.50	3.30	28.95
14	Columba livia	0.00	0.00	6.60	3.30	5.00	1.65	1.65	1.65	2.50	3.30	25.65
15	Columbina inca	0.00	0.00	6.60	3.30	5.00	1.65	1.65	1.65	2.50	3.30	25.65
16	Picoides scalaris	0.00	0.00	6.60	3.30	5.00	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	23.15

17	Melanerpes chrysogenis	0.00	0.00	6.60	3.30	5.00	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	23.15
18	Vireo hypochryceus	0.00	0.00	6.60	3.30	5.00	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	23.15
19	Setophaga petechial	0.00	0.00	6.60	3.30	5.00	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	23.15
20	Tyranus vociferans	0.00	0.00	6.60	6.60	5.00	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	26.45
21	Amazilia violiceps	0.00	0.00	6.60	3.30	5.00	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	23.15
22	Archilochus colubris	0.00	0.00	6.60	3.30	5.00	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	23.15
23	Pirangra rubra	0.00	0.00	6.60	3.30	5.00	1.65	1.65	1.65	2.50	1.65	24.00
24	Polioptila caerulea	0.00	0.00	6.60	3.30	5.00	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	23.15
25	Sporophila torqueola	0.00	0.00	6.60	3.30	5.00	1.65	1.65	1.65	2.50	1.65	24.00
26	Icterus pusulatus	0.00	0.00	6.60	3.30	5.00	1.65	1.65	1.65	2.50	1.65	24.00
27	Cacicus melanicterus	0.00	0.00	6.60	10.00	5.00	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	29.85
28	Euphagus cyanosephalus	0.00	0.00	6.60	10.00	5.00	1.65	1.65	1.65	1.65	3.30	31.50
29	Quiscalus mexicanus	0.00	0.00	6.60	10.00	5.00	1.65	1.65	1.65	1.65	3.30	31.50
30	Molothus ater	0.00	0.00	6.60	6.60	5.00	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	26.45
	MAMIFEROS											
1	Myotis sp.	0.00	0.00	6.60	6.60	5.00	1.65	1.65	1.65	2.50	3.30	28.95

6.0 EVALUACIÓN DEL CONTAMINANTE

El COPE (Combustible Pesado) es el producto residual derivado de la destilación atmosférica y de la destilación al vacío del petróleo crudo; Está compuesto por moléculas con más de 20 átomos de carbono, sustancia de color negro, viscosa, olor a petróleo (chapotote) e insoluble en agua. Es utilizado como combustible en la generación de energía eléctrica, para la generación de vapor en calderas industriales, hornos de secado y hornos rotatorios. La Hoja de seguridad con la descripción de las características del Combustible Pesado se presenta en el Anexo 7. Resaltando las siguientes propiedades:

Color.	Obscuro
Olor:	Característico a petróleo
Solubilidad en agua:	Insoluble
Viscosidad Cinemática a 50°C (D445-01) m ² /s	1008X10 ⁻⁶ /1166x10 ⁻⁶
Temperatura de Esguerrimiento (°C)(D97-02)	+15 Máx.

7.0 Muestreo y Resultados de Laboratorio

7.1 Perforación de Barrenos

Sanvic realizó la perforación de 10 sondeos exploratorios hasta una profundidad de 1 M (8 sondeos en el área de estudio y 2 sondeos testigos), mediante una perforadora manual tipo hand auger con broca de cuatro pulgadas de diámetro. La localización de sondeos se realizó en coordinación con la A SEA, (en el Anexo 5 se presenta el plano de ubicación de los sondeos).

El laboratorio de Grupo Microanálisis S.A. de C.V. colectó un total de 22 muestras de suelo simple durante las perforaciones exploratorias como se muestra en la tabla 23. De las veintidós muestras colectadas por el laboratorio, 16 muestras correspondieron a los sondeos exploratorios dentro del área afectada, cuatro muestras a los dos barrenos testigo y 2 muestras duplicado para el control de calidad, (ver cadena de custodia anexo 4).

Tabla 23 Desglose de la colección de muestras

AREA	TOTAL SONDEO	RECUPERACIÓN DE MUESTRAS		Muestra Sondeo	Muestra suelo	Muestra duplicada	Total Muestras
		Superficial	1.0 mts				
Ocurrencia del derrame	8	1	1	2	16	2	
Testigo/ fuera sitio	2	2	2	2	4		
TOTAL DE MUESTRAS							22

Las muestras simples de suelo fueron transportadas por el mismo laboratorio para análisis, solicitándose los siguientes parámetros:

Hidrocarburos del Petróleo fracción Pesada, método NMX-AA-146-SCFI-2008
 Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (HAP's), método NMX-AA-146-SCFI-2008.

Tabla 24 Desglose de análisis para laboratorio muestras de suelo

ÁREA	ANÁLISIS LABORATORIO			
	No. Muestras	TPH's FP	HAP's	PH
8 sondeos	16	16	16	16
2 Sondeo testigo	4	4	4	4
Muestras recuperadas	20	20	20	20
Muestras Duplicadas	2	2	2	2
Total Muestras	22	22	22	22

Adicionalmente se le solicito al laboratorio el análisis de los siguientes parámetros:

2 muestras serán analizadas para BMA (1 del área del derrame y otra testigo)

2 Conductividad eléctrica (1 del área del derrame y otra testigo)

El laboratorio Grupo MicroAnálisis reporto que no realizan el análisis de Conductividad eléctrica en suelo por lo que este parámetro se envió para su análisis al laboratorio agrícola CRESIAP.

Tabla 25 Desglose de análisis para laboratorio Adicional para muestras de suelo

ÁREA	ANÁLISIS LABORATORIO	
	BMA	Conductividad Eléctrica
8 sondeos	1	1
1 Sondeo testigo	1	1
Muestras recuperadas	2	2
Muestras Duplicadas	0	0
Total Muestras	2	2

7.2 Muestreo de Agua

Cuatro muestras de agua se colectaron por el laboratorio Grupo Microanálisis: 2 de los pozos de monitoreo ubicados en la zona afectada por el derrame y dos de la laguna (1 a cada lado de la vía, para evaluar si el contaminante ha migrado fuera del sitio).

Tabla 26 Desglose de la colección de muestras de Agua

AREA	TOTAL POZOS	RECUPERACIÓN DE MUESTRAS	No. DE MUESTRAS	TOTAL DE MUESTRAS
Ocurrencia del derrame	2	2	2	
Testigo/ fuera sitio	2	2	2	
TOTAL DE MUESTRAS				4

Los análisis solicitados fueron:

Hidrocarburos Fracción Pesada, método EPA-16664B-2010

Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (HAP's), método EPA 8270D-2007

Potencial de Hidrogeno, método NMX-AA-008-SCFI-2011

Tabla 27 Desglose de análisis para laboratorio muestras de agua

ÁREA	ANÁLISIS LABORATORIO			
	No. Muestras	TPH's FP	HAP's	PH
2 Pozos de monitoreo Zona de Ocurrencia	2	2	2	2
Agua de la Laguna	2	2	2	2
Muestras recuperadas	4	4	4	4
Total Muestras	4	4	4	4

Adicionalmente se le solicito al laboratorio el análisis de las siguientes muestras:

Bacterias Anaerobias Microfilas (BAM) que fueron analizadas por el laboratorio con el método NOM-092-SSA1-1994

Conductividad eléctrica

7.3 Conservación de las Muestras

Previo al arribo al laboratorio las muestras fueron preservadas en una hielera con agua congelada (cubos de hielo).

7.4 Procedimiento del Lavado del Equipo

Antes de comenzar cualquier actividad, se realizó una exhaustiva limpieza de la herramienta y del equipo de muestreo (equipo de muestreo, cuchara de acero inoxidable, y/o cucharón de acero inoxidable); con el fin de minimizar el potencial de introducción de contaminantes al suelo, ya sea por medio de la intercontaminación de un sondeo a otro (contaminación cruzada) o de un intervalo de muestreo a otro. Esto se lleva a cabo tomando como base los procedimientos definidos en (ASTM) D 5088 Standard Practice for Decontamination of Field Equipment Used at Waste Sites. Durante cada intervalo de muestreo, los equipos de muestreo y herramientas de perforación utilizadas, se lavan perfectamente en tres tiempos:

El primer tiempo de limpieza y/o descontaminación de las herramientas y equipo consistió en remover todos los residuos de suelo impregnados en ellos, con el uso de artículos de limpieza (cepillos, fibras, esponjas, etc.) y utilizando agua potable con detergente ambiental biodegradable.

En el segundo, se remueven los remanentes de suelo, también con artículos de limpieza y utilizando agua purificada o destilada con detergente ambiental; después se enjuagan con agua destilada para remover el detergente ambiental.

Finalmente, el tercer tiempo consistió del enjuague final, de nueva cuenta con agua destilada y se seca utilizando toallas desechables.

La litología del sitio y las características de cada sondeo se presentan en el anexo de Registros de Barrenos, se presenta en el Anexo 8. Las muestras fueron colectadas por Grupo Microanálisis y registradas en la cadena de custodia correspondiente (Anexo 4).

Análisis de Resultados de Laboratorio

7.5.1 Hidrocarburos Fracción pesada en las Muestras de Suelo del Área de Afectación

Las concentraciones de Hidrocarburos Fracción Pesada (HFP) de las dieciséis muestras analizadas por el laboratorio por método NMX-AA-134-SCFI-2006 base seca en suelo, variaron de <500 mg//kg a 19,430.07 (FXE-PKI-617-S2-0.15M), localizado en el centro de la zona de mangles afectados con COPE. En la Tabla 28 se presentan los resultados de laboratorio para este parámetro.

Tabla 28 Resultados Fracción Pesada

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	HIDROCARBUROS FRACCION PESADA (mg/kg)
FXE-PKI-617-S1-0.15m	< 500.0
FXE-PKI-617-S1-1.0m	< 500.0
FXE-PKI-617-S2-0.15m	19430.7 ± 971.54
FXE-PKI-617-S2-1.0m	8641.2 ± 432.06
FXE-PKI-617-S3-0.15m	9846.5 ± 492.33
FXE-PKI-617-S3-1.0m	< 500.0
FXE-PKI-617-S4-0.15m	< 500.0
FXE-PKI-617-S4-1.0m	< 500.0
FXE-PKI-617-S5-0.15m	< 500.0
FXE-PKI-617-S5-1.0m	< 500.0
FXE-PKI-617-S6-0.15m	1026.3 ± 51.32
FXE-PKI-617-S6-1.0m	1080.9 ± 54.05
FXE-PKI-617-S7-0.15m	< 500.0
FXE-PKI-617-S7-1.0m	< 500.0
FXE-PKI-617-S8-0.15m	< 500.0
FXE-PKI-617-S8-1.0m	< 500.0

En base a los resultados de laboratorio el suelo de la zona afectada se encuentra contaminado por arriba de los límites permisibles por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, donde se menciona que para un sitio industrial, para Hidrocarburos Fracción Pesada la concentración máxima permisible es de 6000 mg/kg.

7.5.2 Hidrocarburos Fracción pesada en las muestras de suelo identificadas como testigo

Los sondeos que fueron identificados como testigos son sondeos FXE-PKI-617-S9 y FXE-PKI-617-S10.

Las cuatro muestras testigo analizadas por el laboratorio para Hidrocarburos Fracción Pesada (HFP), todas fueron reportadas con concentraciones <500 mg/kg (Limite de detección inferior), en la Tabla 29 se presenta las concentraciones para estas muestras.

Tabla 29 Resultados Fracción Pesada Muestras Testigo

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	HIDROCARBUROS FRACCION PESADA (mg/kg)
FXE-PKI-617-S9-0.15m	< 500.0
FXE-PKI-617-S9-1.0m	< 500.0
FXE-PKI-617-S10-0.15m	< 500.0
FXE-PKI-617-S10-1.0m	< 500.0

En base a los resultados de laboratorio la afectación por el derrame de COPE es puntual, manteniéndose dentro del polígono evaluado inicialmente como se muestra en la figura 5.

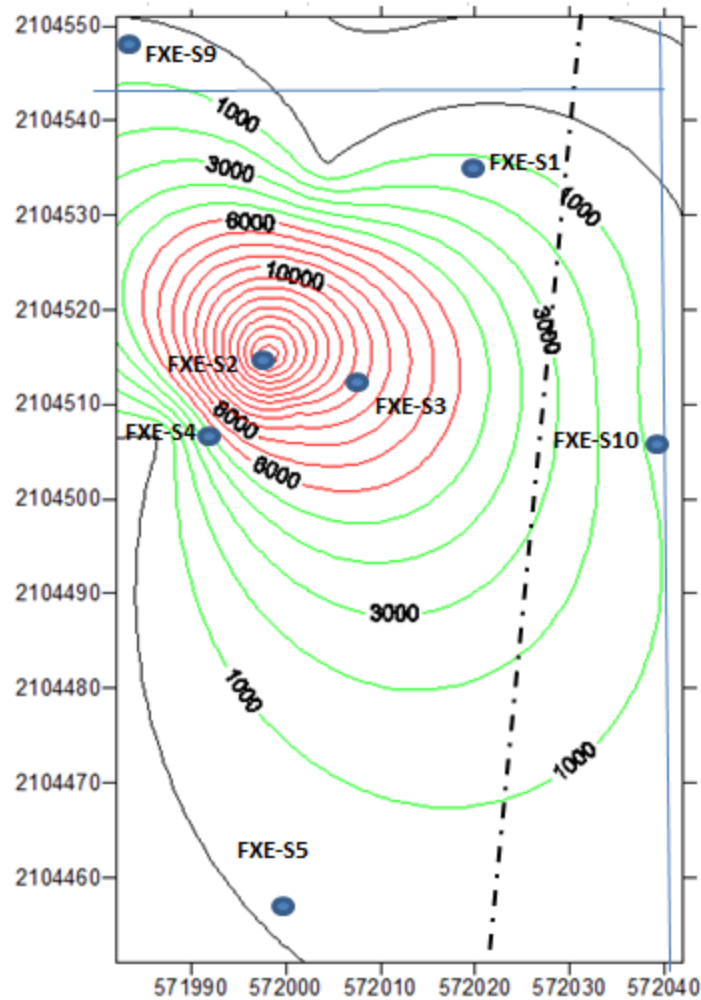


Figura 36: Isoconcentraciones de FP a 0.5 M

7.5.3 Hidrocarburos Fracción Pesada en las Muestras de Suelo Identificadas como Duplicado

Dos muestra fueron seleccionada como duplicado con la siguiente identificación FXE-617-S2-0.15m Duplicado y FXE 617-S8-1.0 duplicado, las concentraciones reportadas fueron 19392+_/969.61 y <500 mg/kg respectivamente, como se muestra en la tabla 30.

Tabla 30 HFP Muestras Duplicado

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	HIDROCARBUROS FRACCION PESADA (mg/kg)
FXE-PKI-617-S2-0.15m Duplicado	19392.1 ± 969.61
FXE-PKI-617-S8-1.0m Duplicado	< 500.0

7.5.4 Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (HAPs) en las muestra desuelo del área afectada

Dieciséis muestras de suelo del área afectada fueron analizados por el laboratorio para HAP's, con los siguientes parámetros específicos: Benzo (a) pireno, Dibenzo (a,h) antraceno, Benzo (a) antraceno, Benzo (b) fluoranteno, Benzo (k) fluoranteno e Indeno (1,2,3-cd) pireno, variaron de <0.023 a 3.887 mg/kg La concentración más alta se presento en la muestra identificada como FXE-PKI-617-S2-0.15M, en el parámetro Benzo (a) antraceno.

Las concentraciones reportadas por el laboratorio se presentan en la tabla 31 y las cuales encuentran por debajo de los límites permisibles para un sitio industrial de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

Tabla 31 Resultados de Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	Benzo (a) pireno (mg/kg)	Dibenzo (a,h) antraceno (mg/kg)	Benzo (a) antraceno (mg/kg)	Benzo (b) fluoranteno (mg/kg)	Benzo (k) fluoranteno (mg/kg)	Indeno (1,2,3-cd) pireno (mg/kg)
FXE-PKI-617-S1-0.15m	< 0.036	< 0.039	< 0.035	< 0.036	< 0.036	< 0.023
FXE-PKI-617-S1-1.0m	< 0.036	< 0.039	< 0.035	< 0.036	< 0.036	< 0.023
FXE-PKI-617-S2-0.15m	1.766 ± 0.45	< 0.039	3.887 ± 0.80	< 0.036	< 0.036	< 0.023
FXE-PKI-617-S2-1.0m	< 0.036	< 0.039	< 0.035	< 0.036	< 0.036	< 0.023
FXE-PKI-617-S3-0.15m	0.795 ± 0.20	< 0.039	1.673 ± 0.35	< 0.036	< 0.036	< 0.023
FXE-PKI-617-S3-1.0m	< 0.036	< 0.039	< 0.035	< 0.036	< 0.036	< 0.023
FXE-PKI-617-S4-0.15m	< 0.036	< 0.039	0.218 ± 0.04	0.387 ± 0.08	0.335 ± 0.09	< 0.023
FXE-PKI-617-S4-1.0m	< 0.036	< 0.039	< 0.035	< 0.036	< 0.036	< 0.023
FXE-PKI-617-S5-0.15m	< 0.036	< 0.039	< 0.035	< 0.036	< 0.036	< 0.023
FXE-PKI-617-S5-1.0m	< 0.036	< 0.039	< 0.035	< 0.036	< 0.036	< 0.023
FXE-PKI-617-S6-0.15m	0.558 ± 0.14	< 0.039	1.348 ± 0.28	< 0.036	< 0.036	< 0.023
FXE-PKI-617-S6-1.0m	< 0.036	< 0.039	0.806 ± 0.17	< 0.036	< 0.036	< 0.023
FXE-PKI-617-S7-0.15m	< 0.036	< 0.039	< 0.035	< 0.036	< 0.036	< 0.023
FXE-PKI-617-S7-1.0m	< 0.036	< 0.039	< 0.035	< 0.036	< 0.036	< 0.023
FXE-PKI-617-S8-0.15m	0.155 ± 0.04	< 0.039	< 0.035	0.160 ± 0.03	0.240 ± 0.07	< 0.023
FXE-PKI-617-S8-1.0m	< 0.036	< 0.039	< 0.035	< 0.036	< 0.036	< 0.023

7.5.5 Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (HAP's) en las muestras suelo identificadas como Testigo

Las cuatro muestras de suelo identificadas como testigo fueron analizadas por el laboratorio para Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares HAP's, con los siguientes parámetros específicos: como Benzo (a) pireno, Dibenzo (a,h) antraceno, Benzo (a) antraceno, Benzo (b) fluoranteno, Benzo (k) fluoranteno e Indeno (1,2,3-cd) pireno, variaron de <0.023 a <0.039 mg/kg (Límites inferiores de detección). Las concentraciones reportadas por el laboratorio se encuentran por debajo de los límites permisibles para un sitio industrial de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, por lo que se puede evaluar que estos compuestos se encuentran puntuales en la zona afectada y por debajo de los límites permisibles, los resultados se presentan en la tabla 32.

Tabla 32 Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares Muestras Testigo

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	Benzo (a) pireno (mg/kg)	Dibenzo (a,h) antraceno (mg/kg)	Benzo (a) antraceno (mg/kg)	Benzo (b) fluoranteno (mg/kg)	Benzo (k) fluoranteno (mg/kg)	Indeno (1,2,3-cd) pireno (mg/kg)
FXE-PKI-617-S9-0.15m	< 0.036	< 0.039	< 0.035	< 0.036	< 0.036	< 0.023
FXE-PKI-617-S9-1.0m	< 0.036	< 0.039	< 0.035	< 0.036	< 0.036	< 0.023
FXE-PKI-617-S10-0.15m	< 0.036	< 0.039	< 0.035	< 0.036	< 0.036	< 0.023
FXE-PKI-617-S10-1.0m	< 0.036	< 0.039	< 0.035	< 0.036	< 0.036	< 0.023

7.5.6 Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (HAP's) en las muestras de suelo identificadas como duplicado.

Las dos muestras fueron seleccionada como duplicado con la siguiente identificación (FXE-617-S2-0.15m Duplicado y FXE 617-S8-1.0 duplicado) fueron analizados por el laboratorio para Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares HAP's, con los siguientes parámetros específicos: como Benzo (a) pireno, Dibenzo (a,h) antraceno, Benzo (a) antraceno, Benzo (b) fluoranteno, Benzo (k) fluoranteno e Indeno (1,2,3-cd) pireno, variaron de <0.023 a 2.004±0.41 mg/kg (Tabla 33).

Tabla 33 Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	Benzo (a) pireno (mg/kg)	Dibenzo (a,h) antraceno (mg/kg)	Benzo (a) antraceno (mg/kg)	Benzo (b) fluoranteno (mg/kg)	Benzo (k) fluoranteno (mg/kg)	Indeno (1,2,3-cd) pireno (mg/kg)
FXE-PKI-617-S2-0.15m Duplicado	0.846 ± 0.23	< 0.039	2.004 ± 0.41	< 0.036	< 0.036	< 0.023
FXE-PKI-617-S8-1.0m Duplicado	< 0.036	< 0.039	< 0.035	< 0.036	< 0.036	< 0.023

7.5.7 Potencial de Hidrogeno en las Muestras de Suelo del Área de Afectada

Las concentraciones de Potencial de Hidrogeno (pH) de las dieciséis muestras analizadas por el laboratorio por método NMX-AA-008-SCFI-2011, variaron de 8.31±0.03 a 9.27±0.03 UpH, a 23 °C y 5 días después del muestreo.

Tabla 34 Resultados de PH

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	U pH
FXE-PKI-617-S1-0.15m	9.06 ± 0.03
FXE-PKI-617-S1-1.0m	8.35 ± 0.03
FXE-PKI-617-S2-0.15m	8.49 ± 0.03
FXE-PKI-617-S2-1.0m	9.03 ± 0.03
FXE-PKI-617-S3-0.15m	8.31 ± 0.03
FXE-PKI-617-S3-1.0m	9.11 ± 0.03
FXE-PKI-617-S4-0.15m	9.27 ± 0.03
FXE-PKI-617-S4-1.0m	8.77 ± 0.03
FXE-PKI-617-S5-0.15m	8.99 ± 0.03
FXE-PKI-617-S5-1.0m	8.72 ± 0.03
FXE-PKI-617-S6-0.15m	8.75 ± 0.03
FXE-PKI-617-S6-1.0m	8.86 ± 0.03
FXE-PKI-617-S7-0.15m	8.48 ± 0.03
FXE-PKI-617-S7-1.0m	8.49 ± 0.03
FXE-PKI-617-S8-0.15m	9.27 ± 0.03
FXE-PKI-617-S8-1.0m	8.78 ± 0.03

7.5.8 Potencial de Hidrogeno en las Muestras de Suelo Identificadas como Testigo

Las cuatro muestras de suelo de los sondeos identificados como testigos (FXE-PKI-617-S9 y FXE-PKI-617-S10) fueron analizadas por el laboratorio para cuantificar el potencial de hidrogeno pH, por método NMX-AA-008-SCFI-2011; Las concentraciones variaron de 7.50+-0.03 a 856+-0.03 UpH, a 23 °C y 5 días después del muestreo, como se muestra en la tabla 35.

Tabla 35 Resultados de PH, muestras testigo

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	U pH
FXE-PKI-617-S9-0.15m	8.38 ± 0.03
FXE-PKI-617-S9-1.0m	8.56 ± 0.03
FXE-PKI-617-S10-0.15m	7.99 ± 0.03
FXE-PKI-617-S10-1.0m	7.50 ± 0.03

7.5.9 Potencial de Hidrogeno en las muestras de suelo Identificadas como duplicado

las dos muestras de suelo identificadas como FXE-617-S2-0.15m Duplicado y FXE 617-S8-1.0M duplicado, fueron analizadas por el laboratorio para cuantificar el potencial de hidrogeno pH, por método NMX-AA-008-SCFI-2011, reportando el laboratorio las siguientes concentraciones 8.59+-0.03 y 9.06+-0.03UpH, respectivamente a 23 °C y 5 días después del muestreo. En la tabla 36 se muestran los resultadosde pH para las muestras de suelo duplicadas.

Tabla 36 Resultados de PH, muestras duplicado

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	U pH
FXE-PKI-617-S2-0.15m Duplicado	8.59 ± 0.03
FXE-PKI-617-S8-1.0m Duplicado	9.06 ± 0.03

7.5.10 Hidrocarburos Fracción Pesada en las Muestras de Agua del Área de Afectación

Las dos muestras de agua analizadas por el laboratorio por método EPA 8270D-2007, presentaron concentraciones <4.0 mg/L (parámetro mínimo a cuantificar).

Tabla 37 Resultados de Fracción Pesada

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	HIDROCARBUROS FRACCION PESADA (mg/L)
FXE-PKI-617-A-1	< 4.0
FXE-PKI-617-A-2	< 4.0

7.5.11 Hidrocarburos Fracción Pesada en las Muestras de Agua Identificadas como testigo

Las dos muestras de agua identificadas como testigo FXE-PKI-617-L1 y FXE-617-PKI-L2) corresponden a tomas puntuales de la laguna a ambos lados de la vía. Las concentraciones reportadas para estas muestras fueron <4.0 mg/L (parámetro mínimo a cuantificar).

Tabla 38 Resultados de Fracción Pesada Testigo

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	HIDROCARBUROS FRACCION PESADA (mg/L)
FXE-PKI-617-L-1	< 4.0
FXE-PKI-617-L-2	< 4.0

7.5.12 Cuantificación de Bacterias

Las dos muestras de suelo FXE-PKI-617-S9-0.15M (Testigo) y FXE-617-S4-0.15M (área afectada), que fueron analizadas para conteo bacteriano, bajo el método NOM-092-SSA1; Las concentraciones reportadas para estas muestras fueron de 1500000 UFC/g y 120000UFC; por lo que se observa la diferencia de la vida microbiana, el suelo del sitio está muy pobre en comparación del suelo testigo.

7.5.13 Conductividad eléctrica

En la tabla 39 se presentan los resultados de las tres muestras de suelo analizadas por el laboratorio CRESIAP, donde reporto concentraciones que variaron de 1.764 a 2.179 ds/m.

Tabla 39 Conductividad eléctrica en suelo

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	Conductivada eléctrica (ds/m)
Laguna Testigo	1.764
Dique 3 (Manglar)	1.902
Dique 2	2.179

Así mismo el laboratorio CRESIAP realizó el análisis fisicoquímico de tres muestras de suelo, dos en área afectada y una en muestra testigo. En la tabla 40 se presentan los resultados del análisis fisicoquímico realizados.

Tabla 40 Propiedades fisicoquímicas del suelo

Parámetro	Unidad	Laguna Testigo	Dique 3 (Manglar)	Dique 2
pH	UpH	7.62	8.33	8.41
Materia Orgánica	%	0.11	9.67	9.67
Textura	Textura	Arenoso	areno francoso	areno francoso
Arena	%	97.38	80.38	76.74
Limo	%	0.82	13.82	16.82
Arcilla	%	1.18	5.8	6.44
Densidad aparente	adimensional	1.17	1.18	1.18
Densidad real	adimensional	2.32	2.13	2.33
Nitrógeno inorgánico	mg/kg	3	5	3
fosforo	mg/kg	35	133	150
potasio	mg/kg	155	250	199
calcio	mg/kg	242	3345	1992
magnesio	mg/kg	180	684	545
Cobre	mg/kg	0.17	1.51	0.6
Manganeso	mg/kg	0.57	16.8	31.52
Zinc	mg/kg	0.46	2.13	1.63
Fierro	mg/kg	2.88	19.89	14.28
Boro	mg/kg	0.75	1.44	0.97
Sodio	mg/kg	3.44	3.44	3.44
Potasio	mg/kg	0.4	0.4	0.4
Calcio	mg/kg	1.21	1.21	1.21
Magnesio	mg/kg	1.48	1.48	1.48
	adimensional	0.82	0.82	0.82
Ca/Mg	adimensional	3.03	3.03	3.03
Ca/K	adimensional	1.22	1.22	1.22
Mg/Ca	adimensional	6.53	6.53	6.53

8.0 Conclusiones y Recomendaciones

8.1 Conclusiones

- El volumen derramado fue de 140 000 litros aproximadamente.
- En la etapa de la emergencia ambiental se recuperó un volumen de suelo contaminado de 794 519 Kg.
- En base a los resultados de laboratorio y observaciones de campo, la contaminación del suelo del sitio se encuentra puntual para Hidrocarburos del petróleo fracción pesada, reportándose que de las veintidos muestra de suelo analizadas en el área afectada, tres se reportaron por arriba de los límites establecidos en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, donde se establece el límite máximo permisible para un sitio industrial es de 6,000 mg/kg; La contaminación se concentra en el dique 1.
- En base a los resultados de laboratorio las veintidos muestras de suelo se encuentran dentro de los límites establecidos en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para un sitio industrial para Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares.
- Aunque en los resultados de laboratorio en los diques 2 y 3 la contaminación se reportó por debajo de los límites permisibles, en el dique 3 se observaron manchones de suelo saturado con producto libre (COPE), en un estrato entre 0.40 y 0.80 M, por lo que se realizará una revisión manual del suelo de la zona afectada, una vez retirado el suelo

**MEMORIA FOTOGRÁFICA DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN POR DERRAME
DE COPE EN MANZANILLO, COL.**



VISTA GENERAL DE LA ZONA AFECTEDA



Vista del área afectada previo al accidente (Año 2010)



Otra Vista del Área Afectada Previo al Accidente (Año 2010)



Vista de Remoción de Suelo Saturado



Vista de Especie *Batis marítima*, ubicada en zona aledaña de la afectación



Lysaloma divaricata, Observada 2016



Echiloa polystachya observada zona afectada

Evaluación de Manglar



Laguncularia racemosa (Mangle)



Inspección del Manglar



Otra Vista del proceso de Lacración

Actividades de Campo



Realizando el monitoreo de la Laguna



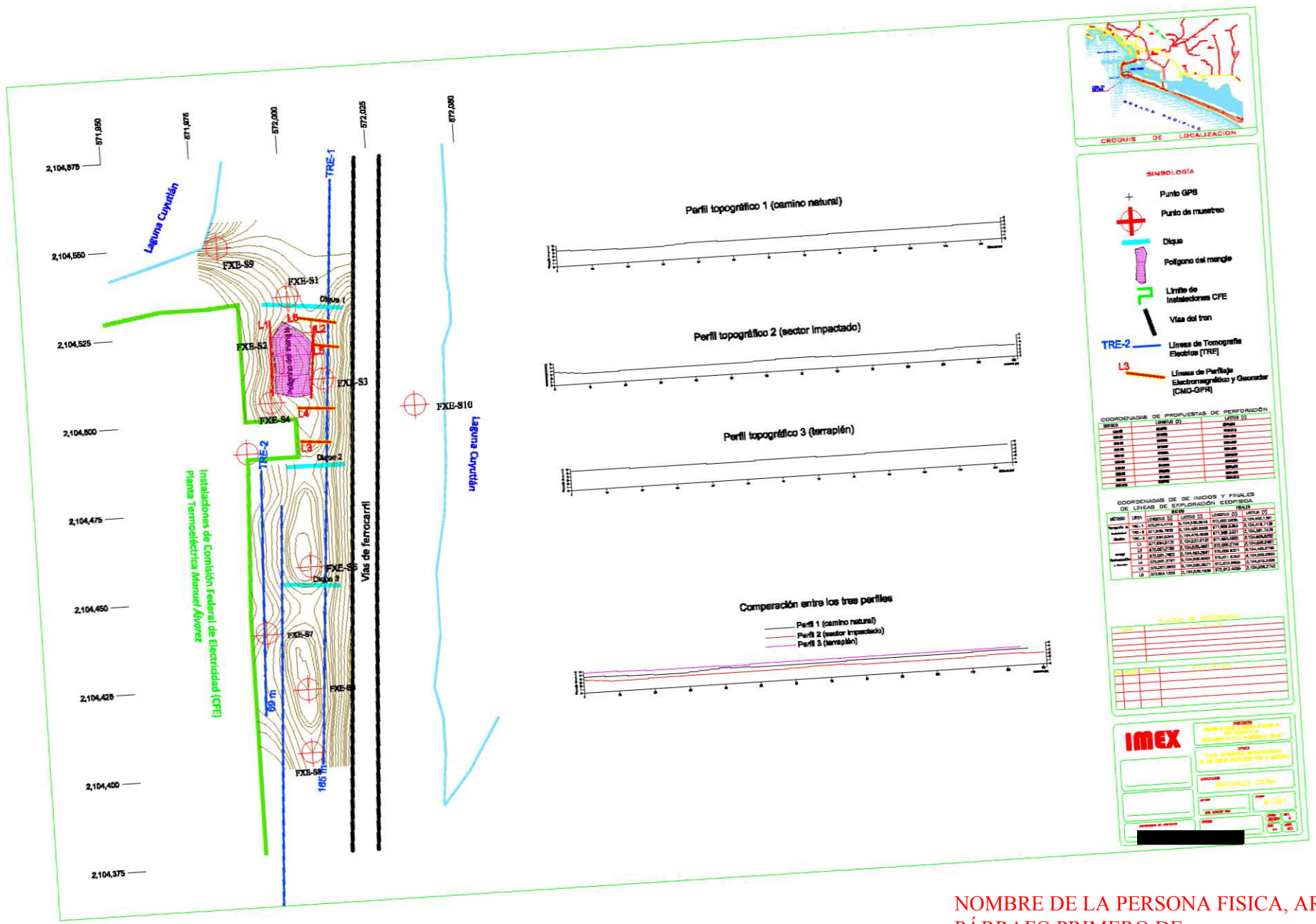
Perforación del Barreno S6



Colectando las muestras



Vista del suelo producto de la perforación



- SIMBOLOGIA**
- + Punto GPS
 - ⊕ Punto de muestreo
 - ▬ Dique
 - ▭ Polígono del mangle
 - ▭ Límite de instalaciones CFE
 - ▬ Vía del tren
 - TRE-2 Líneas de Tomografía Eléctrica (TRE)
 - L3 Líneas de Perfilaje Lidar topográfico y Georadar (LIDAR-GPR)

COORDENADAS DE PROYECTOS DE PERFORACION

PROYECTO	COORDENADA (E)	COORDENADA (N)	COORDENADA (O)
PROY-01	871.000	2104.500	000.000
PROY-02	871.000	2104.500	000.000
PROY-03	871.000	2104.500	000.000
PROY-04	871.000	2104.500	000.000
PROY-05	871.000	2104.500	000.000
PROY-06	871.000	2104.500	000.000
PROY-07	871.000	2104.500	000.000
PROY-08	871.000	2104.500	000.000
PROY-09	871.000	2104.500	000.000
PROY-10	871.000	2104.500	000.000

COORDENADAS DE INICIOS Y FINALES DE LINEAS DE EXPLORACION GEORADAR

LINEA	COORDENADA DE INICIO (E)	COORDENADA DE INICIO (N)	COORDENADA DE INICIO (O)	COORDENADA DE FIN (E)	COORDENADA DE FIN (N)	COORDENADA DE FIN (O)
LINEA-01	871.000	2104.500	000.000	871.000	2104.500	000.000
LINEA-02	871.000	2104.500	000.000	871.000	2104.500	000.000
LINEA-03	871.000	2104.500	000.000	871.000	2104.500	000.000
LINEA-04	871.000	2104.500	000.000	871.000	2104.500	000.000
LINEA-05	871.000	2104.500	000.000	871.000	2104.500	000.000
LINEA-06	871.000	2104.500	000.000	871.000	2104.500	000.000
LINEA-07	871.000	2104.500	000.000	871.000	2104.500	000.000
LINEA-08	871.000	2104.500	000.000	871.000	2104.500	000.000
LINEA-09	871.000	2104.500	000.000	871.000	2104.500	000.000
LINEA-10	871.000	2104.500	000.000	871.000	2104.500	000.000

PLANILLA DE DATOS

NO.	DESCRIPCION	FECHA	ESTADO

IMEX

PROYECTO: []

FECHA: []

ENCARGADO: []

REVISOR: []

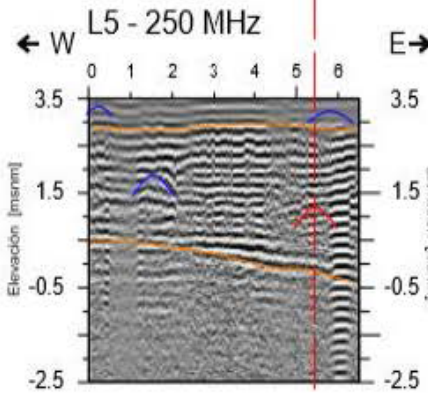
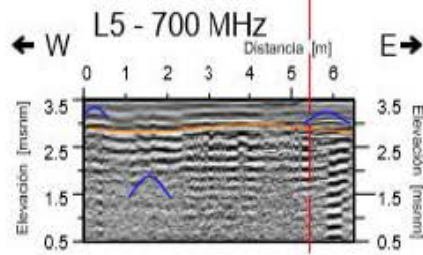
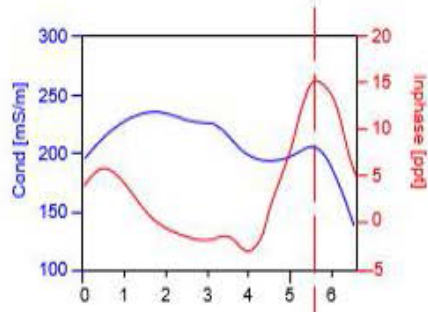
APROBADO: []

ESTADO: []

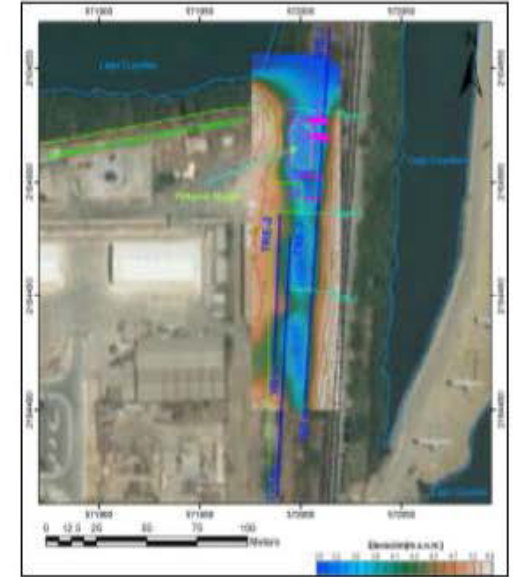
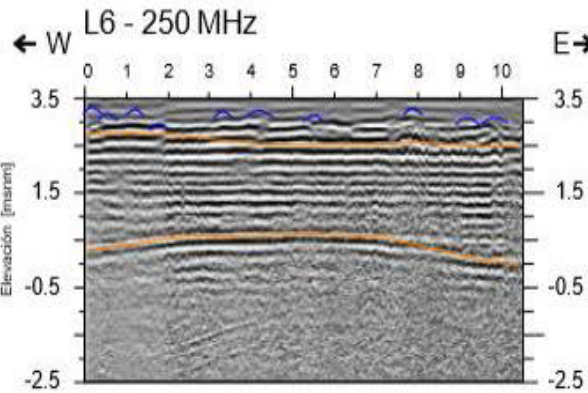
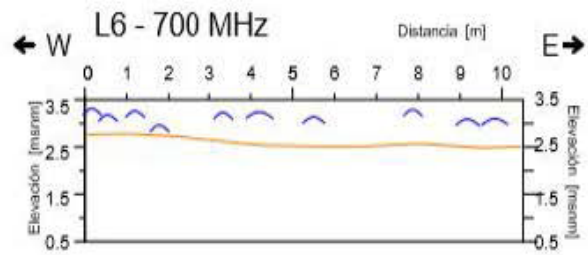
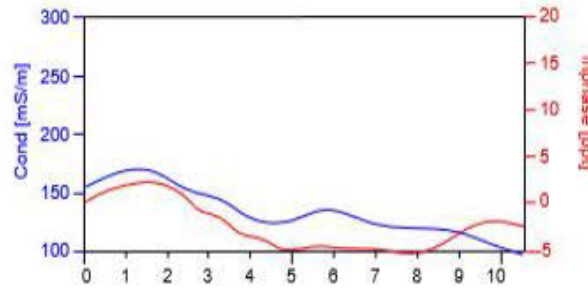
OTROS: []

NOMBRE DE LA PERSONA FISICA, ART. 116 PÁRRAFO PRIMERO DE LA LGTAIP Y 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

Perfilaje Electromagnético L5



Perfilaje Electromagnético L6



SIMBOLOGIA

- TRE-1 69m Tomografía Eléctrica
- L1 6m Perfilaje Electromagnético y Línea de Georadar
- Manglar
- Asociación a cuerpo animal
- Elemento asociado a raíz de manglar
- Contacto de Georadar

IMEX	PROYECTO "ANÁLISIS Y DISEÑO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE DEL CANTÓN CAYAMA"	
	TÍTULO "PLAN DE DISEÑO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE DEL CANTÓN CAYAMA"	
	UBICACIÓN MANGUALO, CAYAMA	
	PROYECTO AL CANTÓN CAYAMA	PLANO N-001
DEPARTAMENTO DEL PROYECTO	FECHA 02/08/2024	REV. 1
	ELABORADO POR	APROBADO POR

NOMBRE DE LA PERSONA FISICA, ART. 116 PÁRRAFO PRIMERO DE LA LGTAIP Y 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP



GRUPO MICROANÁLISIS

EXPERIENCIA Y CALIDAD CERTIFICADA

LABORATORIO DEL GRUPO MICROANÁLISIS, S.A. DE C.V.

AIR-F-21

O.T.- 10582-2016.

Ciudad de México
2016-October-28.

INTERMODAL MEXICO, S.A. DE C.V.

Bosque del Ciruelo No. 180
Piso 6, Col. Miguel Hidalgo
C.P. 11700, Ciudad de México

NOMBRE DE LA PERSONA FÍSICA, ART. 116
PÁRRAFO PRIMERO DE
LA LGTAIP Y 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

[REDACTED]

Asunto: Informe del Análisis de Hidrocarburos en Suelos.

Con relación a las determinaciones analíticas practicadas a las muestras de suelo tomadas a un costado de Central Termoeléctrica, Ejido de Campos, Manzanillo, Colima, me permito poner a su disposición el informe acreditado de los resultados obtenidos y comentarle lo siguiente:

Preocupados por la calidad de nuestros servicios el Grupo Microanálisis cuenta con las acreditaciones correspondientes ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA), en la parte analítica por parte del Laboratorio del Grupo Microanálisis, S.A. de C.V.

La toma de muestras se llevó a cabo por nuestro especialista [REDACTED] el día 12 de Octubre del presente año.

NOMBRE DE LA PERSONA FÍSICA, ART. 116 PÁRRAFO PRIMERO DE
LA LGTAIP Y 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

Los métodos de muestreo y análisis, están referenciados en la Normatividad Nacional, los cuales son indicados en los resultados de laboratorio.

Para los Hidrocarburos en suelos y HPA'S, la **NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012**, establece diferentes Límites Máximos Permisibles que toman en cuenta criterios como el tipo de uso de suelo y la fracción a la que pertenece el hidrocarburo determinada por el peso molecular del mismo.

El presente informe no podrá ser alterado ni reproducido total o parcialmente sin autorización previa del Laboratorio del Grupo Microanálisis, S.A. de C.V.





GRUPO MICROANÁLISIS

EXPERIENCIA Y CALIDAD CERTIFICADA

LABORATORIO DEL GRUPO MICROANÁLISIS, S.A. DE C.V.

AIR-F-21

O.T. 10582 - 2016

Hidrocarburos en Suelo

Con relación a los Hidrocarburos en suelo analizados para fracción pesada bajo el método NMX-AA-134-SCFI-2006, presentamos a continuación los valores obtenidos:

Identificación de la Muestra	Resultado Hidrocarburos en Suelos (mg/kg)	Límites Máximos Permisibles		
		Fracción (pm) Punto de Ebullición	Industrial	Cumplimiento
FXE-PKI-617-S1-0.15m	< 500.0	Pesada (>C18) N.A.	6,000	CUMPLE
FXE-PKI-617-S1-1.0m	< 500.0			CUMPLE
FXE-PKI-617-S9-0.15m	< 500.0			CUMPLE
FXE-PKI-617-S9-1.0m	< 500.0			CUMPLE
FXE-PKI-617-S3-0.15m	9846.5 ± 492.33			EXCEDE
FXE-PKI-617-S3-1.0m	< 500.0			CUMPLE
FXE-PKI-617-S4-0.15m	< 500.0			CUMPLE
FXE-PKI-617-S4-1.0m	< 500.0			CUMPLE
FXE-PKI-617-S2-0.15m	19430.7 ± 971.54			EXCEDE
FXE-PKI-617-S2-1.0m	8641.2 ± 432.06			EXCEDE
FXE-PKI-617-S5-0.15m	< 500.0			CUMPLE
FXE-PKI-617-S5-1.0m	< 500.0			CUMPLE
FXE-PKI-617-S6-0.15m	1026.3 ± 51.32			CUMPLE
FXE-PKI-617-S6-1.0m	1080.9 ± 54.05			CUMPLE
FXE-PKI-617-S7-0.15m	< 500.0			CUMPLE
FXE-PKI-617-S7-1.0m	< 500.0			CUMPLE
FXE-PKI-617-S8-0.15m	< 500.0			CUMPLE
FXE-PKI-617-S8-1.0m	< 500.0			CUMPLE
FXE-PKI-617-S10-0.15m	< 500.0			CUMPLE
FXE-PKI-617-S10-1.0m	< 500.0			CUMPLE
FXE-PKI-617-S2-0.15m Duplicado	19392.1 ± 969.61	EXCEDE		
FXE-PKI-617-S8-1.0m Duplicado	< 500.0	CUMPLE		

Tabla de Límites Máximos Permisibles Establecidos en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012			
Fracción (peso molecular del hidrocarburo) Punto de Ebullición	Uso de Suelo		
	Agrícola, forestal, pecuario y de conservación	Residencial y recreativo	Industrial y comercial
Ligera (C5 - C10) 60-170 °C	200	200	500
Media (C10 - C28) 170-430 °C	1,200	1,200	5,000
Pesada (>C18) N.A.	3,000	3,000	6,000

El presente informe no podrá ser alterado ni reproducido total o parcialmente sin autorización previa del Laboratorio del Grupo Microanálisis, S.A. de C.V.

General Sóstenes Rocha No. 28 Col. Magdalena Mixhuca Del. Venustiano Carranza, México D.F. CP 15850
Tel. 01 (55) 57 68 77 44 E-Mail: ventas@microanalisis.com www.microanalisis.com





HPA'S

A continuación se presenta la tabla comparativa de estos parámetros:

Identificación de la Muestra	Parámetro	Resultado (mg/kg)	Límites Máximos Permisibles	
			Industrial	Cumplimiento
FXE-PKI-617-S3-0.15m	Benzo (a) pireno	0.795 ± 0.20	10	CUMPLE
	Dibenzo (a,h) antraceno	< 0.039	10	CUMPLE
	Benzo (a) antraceno	1.673 ± 0.35	10	CUMPLE
	Benzo (b) fluoranteno	< 0.036	10	CUMPLE
	Benzo (k) fluoranteno	< 0.036	80	CUMPLE
	Indeno (1,2,3-cd) pireno	< 0.023	10	CUMPLE
FXE-PKI-617-S4-0.15m	Benzo (a) pireno	< 0.036	10	CUMPLE
	Dibenzo (a,h) antraceno	< 0.039	10	CUMPLE
	Benzo (a) antraceno	0.218 ± 0.04	10	CUMPLE
	Benzo (b) fluoranteno	0.387 ± 0.08	10	CUMPLE
	Benzo (k) fluoranteno	0.335 ± 0.09	80	CUMPLE
	Indeno (1,2,3-cd) pireno	< 0.023	10	CUMPLE
FXE-PKI-617-S2-0.15m	Benzo (a) pireno	1.766 ± 0.45	10	CUMPLE
	Dibenzo (a,h) antraceno	< 0.039	10	CUMPLE
	Benzo (a) antraceno	3.887 ± 0.80	10	CUMPLE
	Benzo (b) fluoranteno	< 0.036	10	CUMPLE
	Benzo (k) fluoranteno	< 0.036	80	CUMPLE
	Indeno (1,2,3-cd) pireno	< 0.023	10	CUMPLE
FXE-PKI-617-S6-0.15m	Benzo (a) pireno	0.558 ± 0.14	10	CUMPLE
	Dibenzo (a,h) antraceno	< 0.039	10	CUMPLE
	Benzo (a) antraceno	1.348 ± 0.28	10	CUMPLE
	Benzo (b) fluoranteno	< 0.036	10	CUMPLE
	Benzo (k) fluoranteno	< 0.036	80	CUMPLE
	Indeno (1,2,3-cd) pireno	< 0.023	10	CUMPLE

El presente informe no podrá ser alterado ni reproducido total o parcialmente sin autorización previa del Laboratorio del Grupo Microanálisis, S.A. de C.V.



GRUPO MICROANÁLISIS

EXPERIENCIA Y CALIDAD CERTIFICADA

LABORATORIO DEL GRUPO MICROANÁLISIS, S.A. DE C.V. AIR-F-21
O.T. 10582 - 2016.

Identificación de la Muestra	Parámetro	Resultado (mg/kg)	Límites Máximos Permisibles	
			Industrial	Cumplimiento
FXE-PKI-617-S6-1.0m	Benzo (a) pireno	< 0.036	10	CUMPLE
	Dibenzo (a,h) antraceno	< 0.039	10	CUMPLE
	Benzo (a) antraceno	0.806 ± 0.17	10	CUMPLE
	Benzo (b) fluoranteno	< 0.036	10	CUMPLE
	Benzo (k) fluoranteno	< 0.036	80	CUMPLE
	Indeno (1,2,3-cd) pireno	< 0.023	10	CUMPLE
FXE-PKI-617-S8-0.15m	Benzo (a) pireno	0.155 ± 0.04	10	CUMPLE
	Dibenzo (a,h) antraceno	< 0.039	10	CUMPLE
	Benzo (a) antraceno	< 0.035	10	CUMPLE
	Benzo (b) fluoranteno	0.160 ± 0.03	10	CUMPLE
	Benzo (k) fluoranteno	0.240 ± 0.07	80	CUMPLE
	Indeno (1,2,3-cd) pireno	< 0.023	10	CUMPLE
FXE-PKI-617-S2-0.15m Duplicado	Benzo (a) pireno	0.846 ± 0.23	10	CUMPLE
	Dibenzo (a,h) antraceno	< 0.039	10	CUMPLE
	Benzo (a) antraceno	2.004 ± 0.41	10	CUMPLE
	Benzo (b) fluoranteno	< 0.036	10	CUMPLE
	Benzo (k) fluoranteno	< 0.036	80	CUMPLE
	Indeno (1,2,3-cd) pireno	< 0.023	10	CUMPLE

* El resto de las muestras analizadas para HPA's resultaron < Límite de Detección en su totalidad.

Como podemos observar en las tablas anteriores, 4 de las muestras de suelo analizadas para la fracción pesada, **EXCEDEN** el Límite Máximo Permissible que establece la **NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012**.

El presente informe esta integrado por los informes de resultados de laboratorio, cromatogramas, hojas de campo y cadena de custodia.

Agradecemos su interés en nuestros servicios y esperamos poder atenderle en futuras ocasiones.

El presente informe no podrá ser alterado ni reproducido total o parcialmente sin autorización previa del Laboratorio del Grupo Microanálisis, S.A. de C.V.





GRUPO MICROANÁLISIS

EXPERIENCIA Y CALIDAD CERTIFICADA

LABORATORIO DEL GRUPO MICROANÁLISIS, S.A. DE C.V.

AIR-F-21

O.T. - 10582 - 2016.

Acreditación EMA No. R-0103-005/12. Vigencia: A partir del 9 de Agosto de 2012.

Atentamente.

Ing. Ubaldo Jiménez Uribe.

Signatario Autorizado por la E.M.A.

El presente informe no podrá ser alterado ni reproducido total o parcialmente sin autorización previa del Laboratorio del Grupo Microanálisis, S.A. de C.V.

General Sóstenes Rocha No.28 Col. Magdalena Mixhuca Del. Venustiano Carranza, México D.F. CP 15850

Tel.01 (55) 57 68 77 44

E-Mail: ventas@microanalisis.com

www.microanalisis.com





GRUPO MICROANÁLISIS

EXPERIENCIA Y CALIDAD CERTIFICADA

CADENA DE CUSTODIA

ME 10582

MH

MM

LABORATORIO DEL GRUPO MICROANÁLISIS, S.A. DE C.V.

LGM 166399

LCM-AMM-001

CLIENTE <u>INTERNODAL MEXICO S.A. DE C.V.</u>					ANÁLISIS SOLICITADOS											OBSERVACIONES					
Giro de la empresa <u>TRANSPORTE</u>					NÚMERO DE CONTENEDORES	HFP	HAPS	PH													
FECHA	HORA	MATRIZ	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	NÚMERO DE MUESTRA					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<u>20161013</u>	<u>15:47</u>	<u>Sx10</u>	<u>FXE-PKI-617-510-0.15m</u>	<u>654952</u>	<u>1</u>	<u>5</u>	<u>2</u>	<u>3</u>													<u>RESULTADOS EN BASE SECA.</u>
<u>↓</u>	<u>15:55</u>	<u>)</u>	<u>FXE-PKI-617-510-1.0m</u>	<u>654953</u>	<u>1</u>	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>3</u>													
<u>20161013</u> <u>JATA</u>																					
Tiempo de espera: M - meses H - horas D - días					DETE																
Conservador: <u>JATA</u>					H ₂ SO ₄ (I) HCl (II) HNO ₃ (III) ZnO/COL/Al (IV) CuSO ₄ (V) NaOH (VI) EDTA (VII) Tinal (VIII) Otro (IX) (X)					Fecha: <u>2016-10-13</u> Hora: <u>17:30</u>					Recibido por: <u>ECOTG</u> Fecha: <u>20161018</u> Hora: <u>17:15</u>						

Area sombreada para uso exclusivo del laboratorio

Temp. 40c No. 2 de 2

NOMBRE DE LA PERSONA FISICA, ART. 116 PÁRRAFO PRIMERO DE LA LGTAIP Y 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP



GRUPO MICROANÁLISIS

EXPERIENCIA Y CALIDAD CERTIFICADA

LABORATORIO DEL GRUPO MICROANÁLISIS, S.A. DE C.V.

CADENA DE CUSTODIA

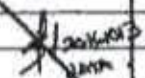
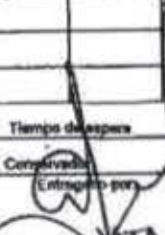

ME 10582

MH

MM

LGM 166344

LGM-AMM-001

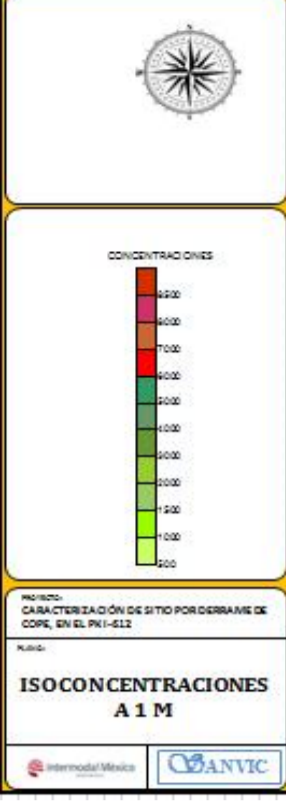
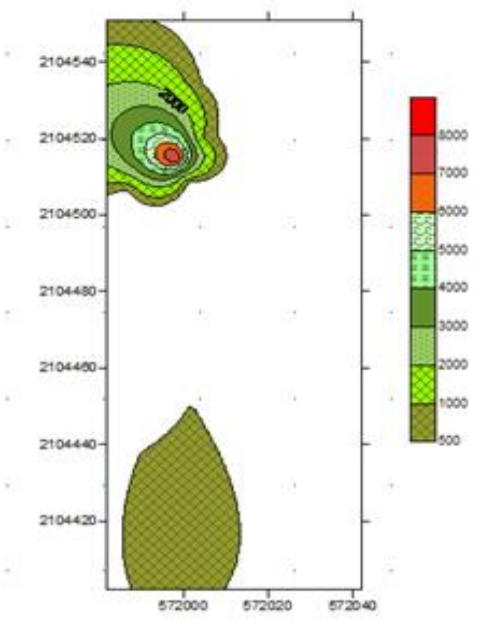
CLIENTE					ANÁLISIS SOLICITADOS															OBSERVACIONES																															
INTERMODAL MEXICO S.A DE C.V.					<table border="1"> <tr> <th>NÚMERO DE CONTENEDORES</th> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th><th>13</th><th>14</th><th>15</th> </tr> <tr> <td>1</td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td><td>✓</td> </tr> </table>																NÚMERO DE CONTENEDORES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
NÚMERO DE CONTENEDORES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15																																				
1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓																																				
FECHA	HORA	MATRIZ	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	NÚMERO DE MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15																																
2016-10-13	13:20	S20	FXE-PKI-617-S2-0.15 Duplicado	654457	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓																																
	15:20		FXE-PKI-617-S8-1.0 Duplicado	654455	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓																																
																				RESULTADOS EN BASE SECA TEMP. AMB 38 °C HUMEDAD 57%																															
Tiempo de espera: M - meses H - horas D - días					Conservador: 																																														
Conservador (Entregado por): 					Fecha: 2016-10-13 Hora: 17:30					Recibido por: ECHG					Fecha: 2016-10-18 Hora: 17:15																																				

Area sombreada para uso exclusivo del laboratorio

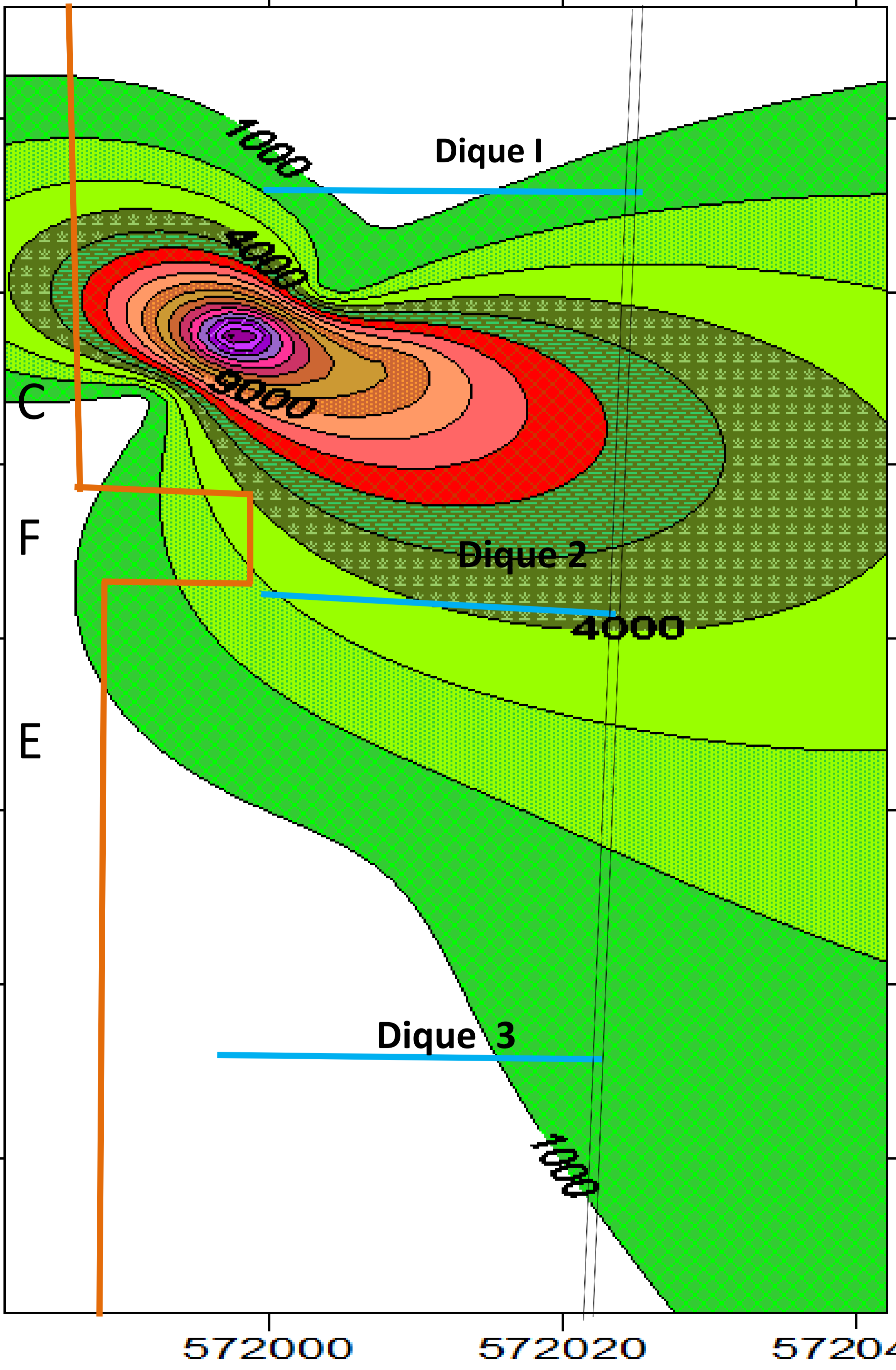
Temp. 40c

Pág 1 de 1

NOMBRE DE LA PERSONA FISICA, ART. 116 PÁRRAFO PRIMERO DE LA LGTAIP Y 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP



2104520
2104500
2104480
2104460
2104440
2104420



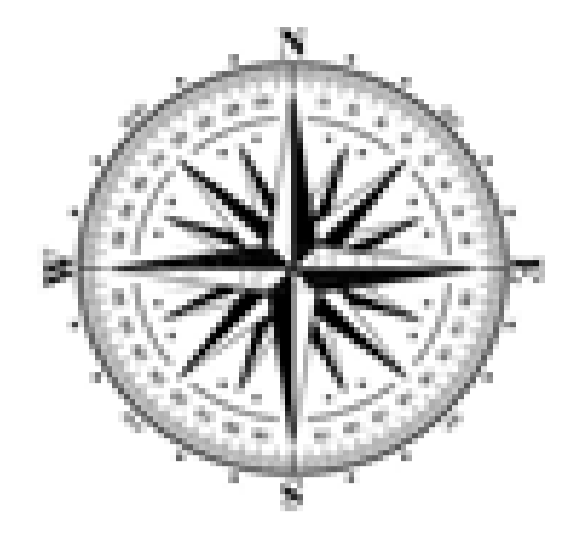
Vista Dique I



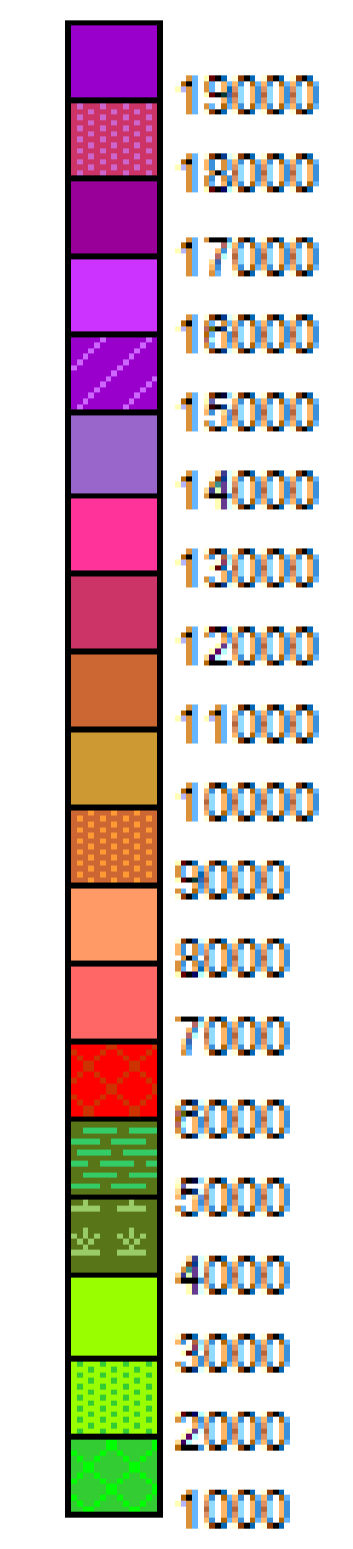
Vista de Dique II al Dique III



Vista del Dique III al Dique II



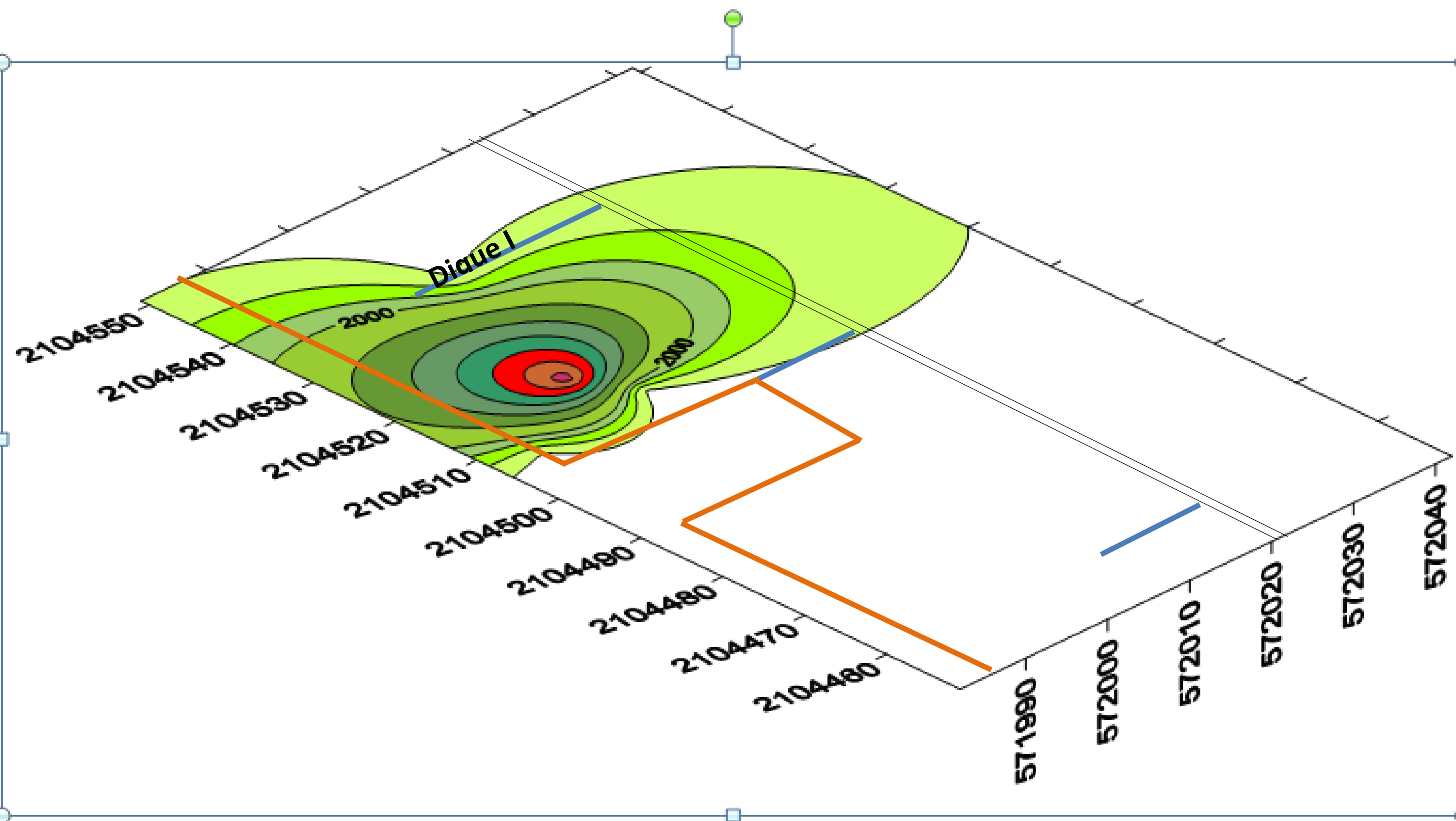
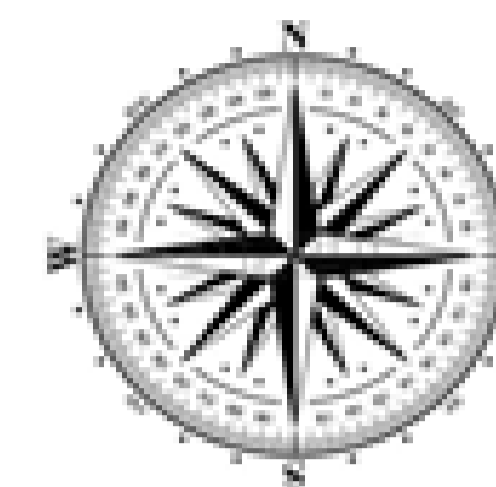
CONCENTRACIONES



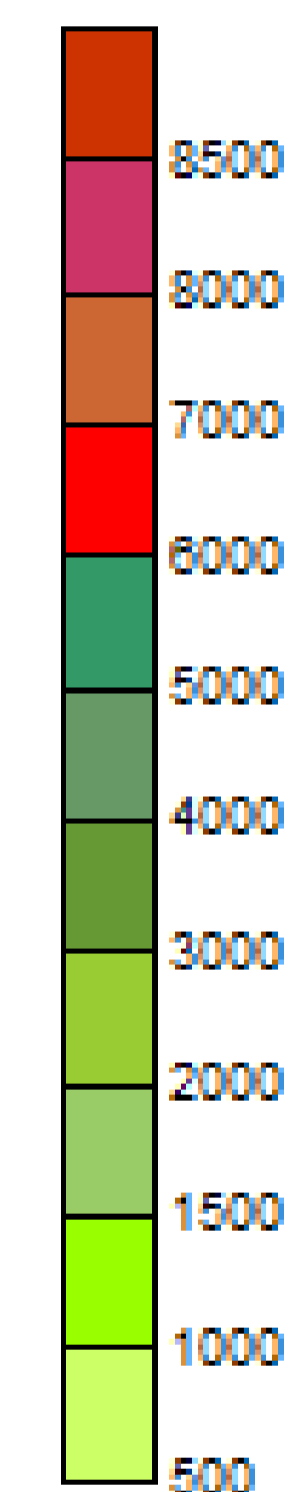
PROYECTO:
CARACTERIZACIÓN DE SITIO POR DERRAME DE
COPE, EN EL PK I-612

PLANÓ:
**ISOCONCENTRACIONES
A 0.15 M**





CONCENTRACIONES



Vista de Dique 3 hacia Dique 1



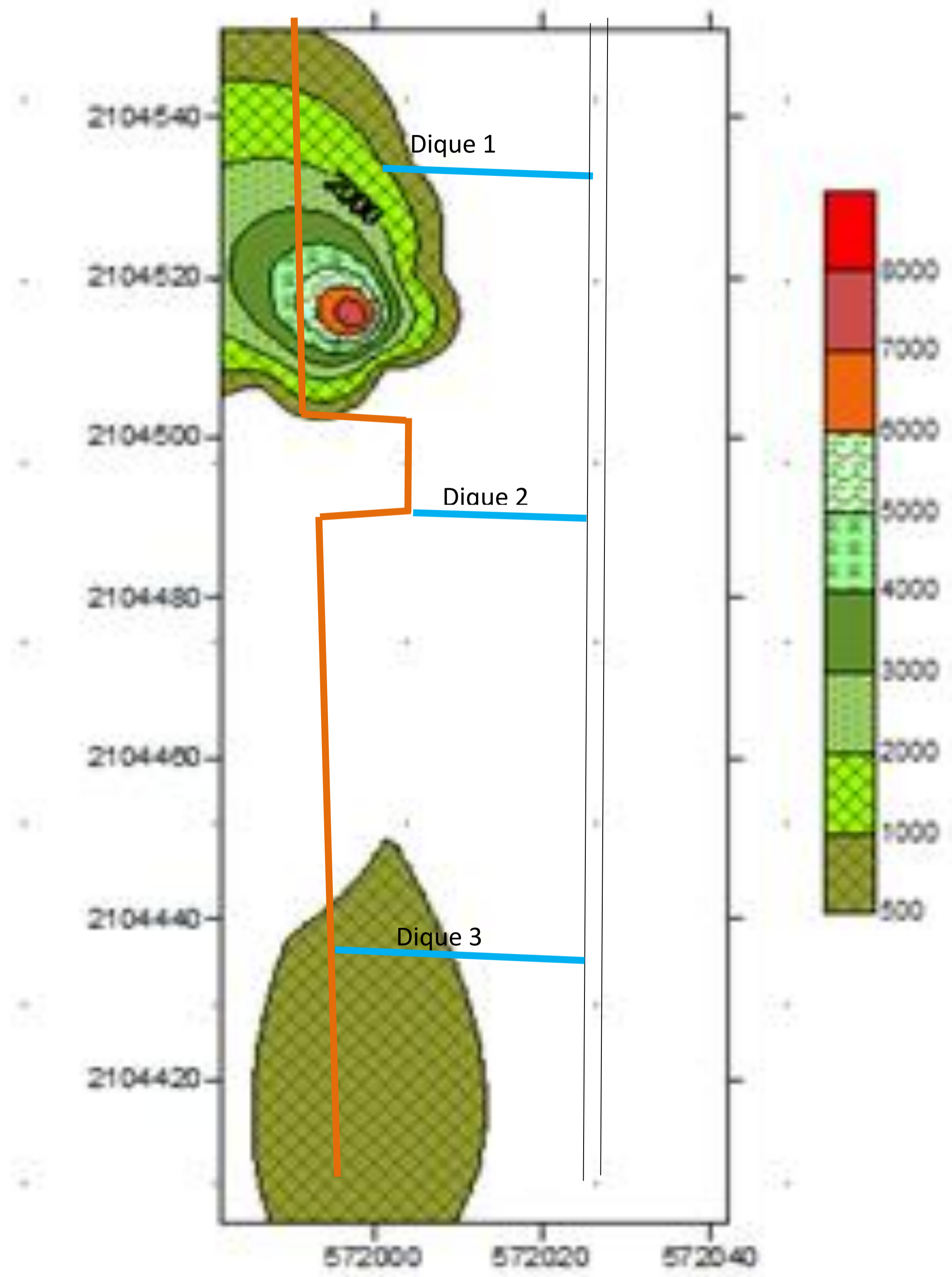
Vista de Dique 1

PROYECTO:
CARACTERIZACIÓN DE SITIO POR DERRAME DE COPE, EN EL PK 1-612

PLANO:

ISOCONCENTRACIONES A 1 M DIQUE 1 y 2





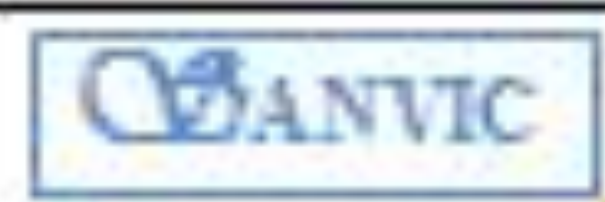
CONCENTRACIONES



PROYECTO:
CARACTERIZACIÓN DE SITIO POR DERRAME DE
COPE, EN EL PK1-612

PAIS:

ISOCONCENTRACIONES A 1 M



9.0 Propuesta de Restauración y o Recuperación del Sitio Afectado

9.1 Restauración y Recuperación de Suelo y Agua

Objetivo: Restaurar el área afectada con Hidrocarburos Fracción Pesada (COPE)

En base a las condiciones propias del sitio afectado y a la normatividad vigente, el objetivo de la presente propuesta es el recuperar el sitio afectado, con la finalidad primordial de dar cumplimiento al procedimiento en curso, motivo de esta caracterización. Al mismo tiempo proponer una opción de corto tiempo, esto fundamentado a que la zona afectada se encuentra aledaña a la laguna de Cuyutlán y en una pendiente dirigida a esta, así como también considerando que en la temporada de lluvia esta zona es el conducto del agua pluvial a la laguna.

Antecedentes:

- En base a los resultados de laboratorio la contaminación se encuentra muy puntual, en el dique 1.
- En los barrenos exploratorios de campo se observó en el dique 1, bajo la superficie aproximadamente a 0.15 M en promedio, se concentra producto libre en manchones, así como toda la superficie que soporta a la zona de manglar.
- Por las características químicas del COPE es un compuesto muy viscoso, no soluble en agua y muy adherible al suelo. Al entrar en contacto el

suelo con el COPE forma un conglomerado debido a que el COPE hace la función de un aglutinante.

- Los mangles, los cuales su sustrato está saturado con el COPE, están en un proceso de lacración severo antropogénico, motivo por el cual su viabilidad de mantenerse en el sitio hasta que se concluyera una remediación in-situ, terminarían muriendo. Por tal motivo la [REDACTED], emitió un dictamen técnico con opciones más técnicas más viables. **NOMBRE DE LA PERSONA FISICA, ART. 116 PÁRRAFO PRIMERO DE LA LGTAIP Y 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP**
- En el dique No. 3, aunque las concentraciones de resultaron por debajo del límite permisible para un sitio industrial, se observó la presencia de producto libre en manchones entre los estratos de 0.40M a 0.80 M en promedio.

Metodología

Para este proyecto en particular se propone, retirar el suelo saturado con COPE, mediante un proceso manual y enviarlo a Co-Procesamiento a una empresa autorizada de preferencia la ubicada en Tecomán (ECOLTEC), Colima para evitar los largos traslados y el riesgo potencial. Esta tecnología se propone por las siguientes razones:

El producto derramado COPE es un material altamente viscoso, que al entrar en contacto con el suelo del sitio funciona como un aglutinante que se adhiere con firmeza a partículas de diferentes tamaños.

En el dique No. 3 se observó la presencia de manchones de suelo saturado en un estrato entre 0.4 M a 0.80M; por lo que se propone la remoción del material contaminado en forma manual, para poder por un lado seleccionar el material contaminado y evitar que el material sano se impregne con el producto libre.

Respecto al agua que se encuentra en el dique 1

Una vez removido el suelo, recuperar el producto libre por medio de los filtros absorbentes, debido a que una de las características fisicoquímicas del producto es que no se disuelve en agua, como se puede constatar en los resultados de las muestras de agua de los dos pozos de monitoreo presentes en la zona afectada y que fue analizada el agua de dos de ellos, donde las concentraciones de HFP se encuentran por debajo del límite cuantificable.

Muestreo

Durante en el proceso de remoción de suelo se deberá ir colectándose muestra y analizándose en campo por medio de PETROFLAG o por un equipo FID para corroborar que el suelo se encuentra libre de COPE.

Una vez concluido el proceso de remoción de suelo contaminado, se dará aviso a las autoridades para realizar el Muestreo Final Confirmatorio, tomando como referencia la misma metodología del Muestreo Inicial Confirmatorio (MIC)

9.2.- Programa de Recuperación (Compensación) de Manglar por la afectación

Antecedentes

El pasado 23 de julio del 2016 ocurrió el derrame de combustóleo en una tubería paralela a la barda perimetral de la CFE, que está a unos 800 metros de donde se bombea el producto; fue en una zona muy específica de unos 100 metros de longitud por 6 metros de ancho, esta fuga se dio en una junta de expansión de la tubería (termino técnico), y fue por una sobrepresión en el ducto afectando 21 árboles de manglar relicto de un mangle fragmentado por actividades antropogénicas.

Numerosas acciones de limpieza se han llevado a cabo sin embargo de los 21 árboles de manglar prevalecen algunos ya severamente afectados.

La vegetación de los humedales normalmente sobrevive a una sola contaminación, y en varios casos se ha observado que crecen nuevas plantas a través de una cubierta de hidrocarburo. Donde la remoción del hidrocarburo sea esencial para evitar que se traslade a otro lugar se pueden utilizar chorros de agua a baja presión para escurrirlo hacia aguas abiertas donde pueda ser contenido dentro de una barrera para su posterior recolección. Consideraciones similares son aplicables a los manglares. Donde los árboles sean particularmente densos y exista un alto riesgo de que el hidrocarburo sea arrastrado más adentro hacia las arenas del manglar, puede ser necesario remover parte de la vegetación para permitir el acceso, y de manera que el

hidrocarburo pueda ser lavado. Esto puede evitar la destrucción de manglares en un área más amplia pero inevitablemente acarreará un daño local, y es probable que la recuperación sea lenta.

La restauración ecológica se ha tratado de hacer mediante la propagación, reforestación y rehabilitación como estrategias conservacionistas que permitan la recuperación de estos ambientes (Carmona-Díaz et al., 2009). La técnica comúnmente usada es la siembra directa de propágulos para recuperar áreas deforestadas de manglar (Reyes y Tovilla, 2002). Sin embargo, esta acción tiene la desventaja de que es bajo el índice de individuos que logra alcanzar la madurez (Lema et al., 2003). Con las técnicas de reproducción asexual como estacas y acodos aéreos, se pueden propagar plantas vasculares y los resultados son más satisfactorios cuando se utilizan fitohormonas que estimulan la formación de raíces, yemas foliares y retoños

En pocas especies de mangles se han implementado estas técnicas de reproducción asexual con la finalidad de obtener individuos en corto tiempo, con mayores dimensiones estructurales que permitan restaurar las áreas de manglar degradadas (Benítez et al., 2002). Por ejemplo, los acodos aéreos brindan la posibilidad de propagar plantas de mangle con avanzado desarrollo y tamaño uniforme a partir de ramas seleccionadas de determinada longitud y grosor y, de árboles en etapa reproductiva. Los individuos propagados asexualmente no retornan a un estado juvenil donde presentan alto índice de mortalidad.

La propagación asexual por acodos aéreos ha sido poco documentada en especies de mangle, por lo cual se les considera con poca capacidad para su regeneración. Algunos autores señalan que especies de los géneros *Avicennia*,

Rhizophora, Laguncularia, Conocarpus, tienen la capacidad fisiológica para propagarse por acodos aéreos y estacas, y que los criterios de selección de árboles y ramas para la obtención del material vegetativo, pueden variar considerablemente con los individuos y las especies, siendo factores importantes, aunado a los cuidados de los acodos aéreos para obtener resultados favorables al propagar vegetativamente las especies de mangle.

Benítez et al. (2002) considera que los árboles de mangle sanos y vigorosos son idóneos para obtener material vegetativo, sugiriendo la selección de ramas de 1.5 m de largo y 3 cm de grosor, que presenten cuando menos una yema axilar. Estos autores encontraron que al hacer los acodos durante el verano, las especies Laguncularia racemosa y Conocarpus erectus obtuvieron producción de raíces en 80% de los acodos, pero que fueron dañados por hormigas, lo que impidió llevarlos a los sitios de plantación. También hicieron acodos durante el otoño, donde la respuesta decreció en 40%. García-Hoyos et al. (2005) registraron producción de raíces en 20% de los acodos de las especies *L. racemosa*, *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans* en ramas acodadas de aproximadamente 3 m de longitud; en este trabajo destaca la obtención de cuatro acodos que posterior a su plantación lograron producir retoños y establecerse exitosamente. Otros autores argumentan que la utilización de fitohormonas puede dar buenos resultados y favorecer la inducción de raíces en acodos aéreos propagaron las dos especies anteriores durante las cuatro estaciones del año pero sólo los acodos realizados en octubre y enero logran producir raíces, y el efecto de las fitohormonas puede tener una amplia relación con las variaciones estacionales que se dan a lo largo del año.

9.2.1. Objetivo y Alcance

Objetivo.- Restaurar la zona afectada por el derrame del combustóleo, rescatar el germoplasma de los árboles de manglar a través de prácticas de acodamiento y reforestar áreas contiguas que permitan incrementar la densidad y cobertura vegetal del bosque de mangle del vaso I de la laguna de Cuyutlán. .

Alcance.- La meta del programa de reforestación es obtener mínimo un 80% de sobrevivencia, en caso de llegar al umbral se procederá a compensar las especies faltantes

9.2.2 Propuestas de acción

Un aspecto fundamental antes de iniciar cualquier acción de reforestación o repoblación asistida mediante introducción de propágulos, será el tratar de recuperar la funcionalidad hidrológica del sitio para lo cual es importante la realización de un estudio hidrológico y de la microtopografía de las zona a estudiar.

A fin de permitir el establecimiento y desarrollo de mangle, se sugieren básicamente tres acciones: a) reforestación con tipos de manglar adecuados para sitios específicos, b) protección de áreas para favorecer la repoblación natural y c) asistencia para la repoblación o aforestación de manglares mediante la siembra de propágulos producto del acodamiento .

La selección de la propuesta a emplear se puede separar en dos fases, en una fase inmediata la obtención de plántulas a partir del acodamiento de las zona de afectación por el derrame del hidrocarburo del mangle blanco *Laguncularia racemosa* y la selección del sitio más adecuado a reforestar ya sea para aumentar la densidad del mangle o generar nuevas zonas a partir de la recuperación de la hidrología para posteriormente aforestar. Lo mas recomendable es compensar in situ ya que este especie presenta tolerancia a baja inundación y al desarrollo en suelos poco firmes, por lo que el porcentaje de éxito puede ser alto, siempre que exista poca depredación u otros factores que pudieran provocar la muerte de individuos.

9.2.2.1 Caracterización del micro-relieve en la zona a reforestar

Para llevar a cabo la medición de la microtopografía en transectos perpendiculares al cuerpo de agua se determinará los cambios de elevación del suelo cada 10 m con un teodolito digital. Se tomará como punto inicial el nivel del agua de la laguna, mar o río, según sea el caso. Para la medición de la topografía, se llevará a cabo una medición durante la etapa de caracterización y para el monitoreo solo se repetirá en caso de efecto de huracán o desborde extraordinario del río.

Con la finalidad de conocer la forma del relieve a una escala detallada (microrelieve) se realizará su caracterización en la zona de máximo embalse del cuerpo de agua. El método sugerido para ser utilizado por su bajo costo, alta resolución en las mediciones (se pueden registrar variaciones de 1 cm o menos) y fácil adaptación a los requerimientos de cada sitio es el método de manguera de nivel o de vasos comunicantes. En este método se emplea una

manguera de 0.5 cm de diámetro atada a dos reglas de 1 m, donde el extremo que posea el cero será el que toque el piso en ambas reglas; la longitud de la manguera que se deje entre las reglas podrá ser 15, 10 ó 20 m función del ancho de la franja a medir o del nivel de detalle que se desee. La manguera deberá llenarse de agua hasta que en ambas reglas, mantenidas en forma paralela, se alcancen una altura entre 75 a 85 cm.

La medición del relieve se realizará sobre el transecto establecido, desde el límite de mareas o límite del embalse de la laguna hasta el punto donde se presente un cambio abrupto en el terreno que corresponda a una profundidad aproximada de 1.0 m o similar en el momento de máxima marea. Es importante mencionar que para llevar a cabo las mediciones se requiere trabajar con dos personas, donde las lecturas siempre deberá tomarse en el mismo orden comenzando por el extremo más lejano a la laguna y posteriormente se tomará la del extremo más cercano, a continuación se desplazará la persona del extremo lejano hacia el punto donde se encuentra la segunda persona y esta deberá avanzar para tomarse las mediciones del siguiente tramo; la diferencia entre los observadores corresponden a las variaciones de altura del terreno en cada tramo las cuales pueden graficarse para su representación.

9.2.2.2 Hidroperiodo

El nivel de inundación del manglar se establecerá mediante la instalación de limnígrafos o reglas de nivel en algunas unidades de vegetación y puntos del espejo de agua; se tomará como base del nivel de inundación del instrumento actualmente instalado cerca de la boca de la laguna. Cada instrumento se elaborará con tubo de PVC de 3 pulgadas y se graduará con marcas cada 1 y 10

cm. Para el nivel base de la inundación, se considerará el nivel medio de la marea.

Se verificarán los niveles de inundación en los sitios de muestreo de cada sitio monitoreado con un monitoreo de 24 h al mes para registrar la variación en los niveles de inundación máximo, promedio y mínimo, y medir su duración, así como una vez por mes se verificarán los niveles de inundación en los sitios de muestreo de cada unidad de vegetación. Con los datos obtenidos se evaluará la germinación, crecimiento la frecuencia y duración de inundación en el manglar así como la instalación, crecimiento, desarrollo y zonación del mangle ya sea inducido o natural.

9.2.2.3 Acodamiento y Reforestación

Los trabajos sobre la propagación vegetativa de especies de mangle manifiestan el potencial que presentan para propagarse mediante: acodos aéreos, estacas o in vitro, a través de las cuales se pueden llegar a obtener resultados favorables. Además, este tipo de propagación tiene la ventaja de obtener individuos en menor tiempo comparado con la reproducción sexual

Acodo Aéreo.- se podarán los árboles del sitio afectado para evitar mayor estrés y se realizará una selección de ramas las cuales cumplan estados fisiológicos adecuados para asegurar su buen desarrollo; que contengan varios entrenudos, ramas soleadas, sin estrés hídrico y con follaje cerrado no estén lacradas o manifiesten alguna plaga o enfermedad. El número de acodos utilizados para cada especie será variado de acuerdo con la accesibilidad de las ramas que

deberán tener de 3 a 5 m de longitud y de 3 a 4 cm de grosor; se emplearán las ramas del primer estrato por ser las más accesibles.

Se acodarán 10 ramas de árboles adultos por especie de mangle utilizando ácido indolbutírico (Raizoneplus, con 6% de ácido indol-3-butírico) para favorecer el enraizado y estopa de coco para mantener la humedad. Los acodos se realizarán siguiendo el proceso descrito por Benítez et al. (2002), utilizando navajas de campo, rafia, plástico transparente y "Raizone-plus" el cual contiene ácido indolbutírico . El Raizone-plus se aplicará en un anillo de 8 cm aproximadamente, en el cual se retirará completamente la corteza, posteriormente se amarrará un plástico transparente y se rellenará con tierra negra y se cubrirá con estopa de coco para conservar la humedad. Finalmente se realizarán algunas perforaciones en la parte inferior del acodo como salida para el exceso de agua.

Mediante observaciones directas se registrara el tiempo en días en que cada especie comenzará a formar las primeras raíces y se contarán los acodos enraizados. Se registrará el tiempo en que éstas se hayan desarrollado y madurado, considerando que en ese momento los acodos ya estarán listos para ser cortados del árbol, contabilizando nuevamente el número de acodos con dichas características. Las características que se tomarán en cuenta para considerar que la raíz ha madurado son: aumento de longitud y grosor, consistencia leñosa, color pardo y formación de una capa costrosa en la punta de la raíz, la cual indicó la formación de aerénquima.

La recolección del propágulo.- se analizará que tenga el color y tamaño adecuado y no estén lacrados por alguna plaga y/o enfermedad y no presenten estrés hídrico.

La recolección de la semilla o plántula.- esta deberá presentar un tamaño adecuado considerado por el colector; y un color verde palo en el ápice-, y que no manifiesten deformaciones, y/o ataques de plagas y enfermedades, estas deberán ser plantadas después de la prueba de germinación, de haber sido sumergidas en un recipiente con agua.

Después de su corte y recolección y propagación en su planta madre; el material vegetativo deberá de llevar a cabo un proceso de cuidado y desarrollo (durante 60 a 90 días); dentro de una malla sombra en forma ascendente hacia la luz hasta llegar a sol directo y deberá de existir un riego en forma ascendente en grados a salinidad.

9.2.2.4 Reforestación con especies de UMA local autorizada

En base a los parámetros de la CONAFOR para compensación, se considero la superficie de reforestación en una relación de 1:3, por lo que se propone reforestar con 200 individuos de manglar en el mismo sitio seleccionado para la reforestación de la actividad 9.2.2.3.

Es importante recalcar que los sitios hipersalinos son lugares inadecuados para la reforestación o reintroducción de mangles debido a la alta mortandad de plantas, a menos que las condiciones mejoren su hidrología, se laven las sales y haya un movimiento de sedimentos para mejorar la textura de los mismos, sin embargo la recuperación de los sitios será lenta debido a que los suelos pueden estar saturados de sal, la cual liberarán muy lentamente, en especial si son de textura arcillosa. Como se muestra en el siguiente Cronograma

Cronograma de Actividades (3 ° Años)

Año	Actividades	MESES												
		Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oc t	
1	Detección de sitios a reforestar		x											
	Estudio Microtopográfico													
	Estudio Hidrológico del área a reforestar				x				x				x	
	Estudio y análisis de sedimentos sitio contigua (fisicoquímico)													
	Acodamiento de mangles (80)	x	x	x										
	Toma de medidas dasometricas de manglares aledaños 1 periodo			x	x									
	Preparación de vivero temporal para mangle			x	x	x								
	Seguimiento del mangle acodado en el vivero			x					x			x		
	Estudio de la Productividad de Manglar (Montaje de Canastas)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Elaboración del reporte trimestral			x			x			x			x	

2	Monitoreo de Nivel Hidrológico				x				x					x
	Toma de parámetros físicos antes de reforestación(salinidad, textura, Oxígeno disuelto, etc.)													
	Reforestación del manglar propagado				x			x				x		
	Adquisición y plantación de 200 individuos de mangle de una UMA Autorizada										x			
	Plantación de Mangles de UMA										x	x	x	
	Plantación de Mangles de UMA													
	Estudio de Productividad de Manglar (Montaje de Canasta)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Elaboración de Reportes				x				x			x		
3	Toma de medidas dasométricas del Aforestado	x			x				x			x		x
	Estudio de Estado de Salud del Manglar (Vigor)								x					x
	Mantenimiento del Manglar Incluye sustitución de individuos para obtener el 80% de sobrevivencia													
	Medición del manglar aforestado													
	Estudio de la Productividad de Manglar (Montaje de Canastas)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Elaboración de Reportes	x						x				x		

9.3 Control de la Erosión

9.3.1 Introducción

La erosión del suelo es un proceso de naturaleza física que en general consiste en el desprendimiento, transporte y deposición de las partículas del suelo, por efecto de fuerzas mecánicas generadas por el flujo del viento y el agua.

Es el proceso de degradación del suelo más importante en México y en el mundo, debido al uso inadecuado del recurso, por ello es importante estudiar las condiciones específicas actuales bajo las cuales se está registrando el proceso y prevenir para controlar su aceleración.

Los factores que determinan la tasa de erosión hídrica y eólica en cualquier zona son prácticamente los mismos a excepción del factor que constituye la fuente de energía principal como es el viento y el agua; es decir, en ambos procesos intervienen las propiedades físicas y químicas del suelo, el relieve, la cobertura vegetal y el manejo dado por el hombre a través de actividades preventivas o correctivas del proceso.

Como medida de control de la erosión en la zona afectada se las siguientes medidas de mitigación, que permitan reducir la tasa de erosión.

9.3.2 Obras de conservación de suelo recomendables

Por la naturaleza del sitio, En la franja de terreno del derecho de vía férrea no es posible mantener ningún tipo de vegetación (por condiciones de seguridad operativa), por lo que se recomienda integrar dos sistemas de conservación de suelos con obras de tipo mecánico posibles de establecer, que se construirán a lo largo de la franja de terreno libre y en forma perpendicular a la pendiente considerando que tiene una amplitud de 6 m y longitud de 100 m.

En la presente propuesta se recomiendan obras mecánicas cuya combinación al momento de su establecimiento en el terreno garantizan la disminución de la tasa de erosión potencial a valores mínimos tolerables.

- Colocación de suelo con las características fisicoquímicas de referencia en las zonas donde fue removido hasta conseguir una pendiente natural hacia la laguna y evitar alguna zona de inestabilidad para los terraplenes.
- Zanja y bordo compactado y revestido con grava. La zanja y bordo es un tipo de obra mecánica ampliamente recomendada en México por el Colegio de Postgraduados (1991 y 2009), para la conservación del suelo y el agua bajo uso agrícola. La Distribución de los bordos será: Al inicio del área removida y cada 50 M, con un ancho de 1 M y una altura de 0.50 M.

Es una obra de tipo mecánica que puede construirse con distintas dimensiones dependiendo de la pendiente, precipitación y textura del suelo, pero como su nombre lo indica consiste en la apertura de una zanja y la construcción de un bordo aguas debajo de la zanja con el material de suelo removido. La obra en su

conjunto se establece en forma perpendicular a la pendiente principal del terreno, a curva de nivel o con pendiente mínima.

De acuerdo con los requerimientos técnicos del proyecto ferroviario, este tipo de obra puede ser adaptado e instalado para evitar la erosión hídrica en las franjas de terreno libre entre líneas de las vías férreas.

Para lograr una mayor eficiencia técnica en el control de la erosión la zanja y bordo será mejorada construyendo un bordo compactado y recubierto con una capa de grava para evitar su propia erosión y pérdida con el paso del tiempo.

- **Sellado superficial con grava.** Debido a que en la franja libre de las líneas férreas no se debe permitir el desarrollo de ningún tipo de vegetación, se recomienda el sellado superficial con una capa de grava; la cual tiene como objetivo principal evitar la erosión del suelo por salpicamiento y a la vez disminuir la velocidad del flujo superficial de agua. Este material se propone tender en la superficie de suelo removido con un espesor de 0.15 M.

Responsables del Programa:

Responsable de Programa Reforestación

████████████████████

Responsable de Retiro de Suelos

████████████████████

NOMBRE DE LA PERSONA FISICA, ART. 116 PÁRRAFO PRIMERO DE LA LGTAIP Y 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

Responsable de Retiro de Suelos

████████████████████

Responsable del Coprocesamiento

ECOLTEC

Autorización No. 6-IV-35-09

9.0 LIMITACIONES

El ámbito de trabajo aquí descrito no pretende ser inclusivo del todo para identificar las complicaciones potenciales o para eliminar la posibilidad de tener algún grado de problemas ambientales. Deberá notarse que dentro del ámbito de la tecnología actual, ningún nivel de evaluación puede asegurar que los mejoramientos o la propiedad están completamente libres de químicos o sustancias tóxicas.

Es posible que las variaciones en las condiciones del suelo o en el agua subterránea, o las mejorías prohibidas, indocumentadas o encubiertas a la propiedad, pudieran existir más allá de los puntos explorados durante el transcurso del proyecto. Los cambios en las condiciones encontrados en la propiedad, también podrían ocurrir en algún tiempo futuro, debido a las variaciones en las lluvias, la temperatura, el empleo regional de agua u otros factores. Ningún dato geológico deberá utilizarse para propósitos geotécnicos subsecuentes.

Los servicios ambientales fueron suministrados de acuerdo con la práctica aceptada generalmente, por parte de los consultores que realizan un trabajo comparable en el momento de la investigación. No existe ninguna garantía ya sea explícita o implícita.

10.0 Bibliografía

Benítez-Pardo, D.; F. Verdugo y J. Hernández, 2002. "Reproducción vegetativa de dos especies arbóreas en un manglar de la costa norte del Pacífico mexicano". *Mad. y Bosq.*, 8(2): 57-71.

Carmona-Díaz, G., 2005. Derrame de hidrocarburo en el manglar del Río Coatzacoalcos, Veracruz. Memorias del II Taller sobre la Problemática de los Ecosistemas de Manglar. Puerto Vallarta, Jalisco. 26-29 de Octubre.

Carmona-Díaz, G.; C. Duncan-Lara; G. Cruz-Ruiz; M. Gómez-Herrera; E. González-Antonio y S. Hernández-Carmona, 2009. Reforestación y mantenimiento de áreas de manglar en el sur de Veracruz, México. Memorias III Foro Internacional Biológico Agropecuario. Tuxpan, Veracruz. 21-24 de septiembre.

Bordalo, A.A., Teixeira, R., Wiebe, W.J. 2006. A water quality index applied to an international shared river basin: the case of the Douro River. *Environ Manage* 38(6): 910-920.

Cabral-Solís, E.G., E. Espino-Barr, R. Macías-Zamora, M. Puente-Gómez & A. García-Boa. 2006a. variación del índice de diversidad, riqueza y equitatividad en la Laguna de Cuyutlán, Colima, de, 1999 a, 2004. Resúm. Ext. Cong. Nal. *Oceanog. (México)* 14:580-583.

Covarrubias A. A. E., 1988. Estudio preliminar de la fauna malacológica de la laguna costera San Andrés, Tamaulipas. Tesis profesional. Fac. Ciencias. UNAM. 75 p.

Chaturvedi, M.K., Bassin J.K. 2010. Assessing the water quality index of water treatment and bore wells in Delhi, India plant. *Environ Monit Assess* 163(1-4):449-453.

De la Rosa Gallegos, José Fernando Núñez Espinoza, Leandra Mireya Nicoli Tolosa. 1995. Aislamiento de *Vibrio* en pescado fresco en el mercado de la Viga en México D. F., *Vet. Mex.*, 26: (1).

Debels, P., Figueroa, R., Urrutia, R., Barra, R., Niell, X. 2005. Evaluation of water quality in the Chillán River (Central Chile) using physicochemical parameters and a modified water quality index. *Environ Monit Assess* 110(1-3):301-322.

Flores Cruz A. y E. Lozano A., 1990. Aspectos ecológicos de moluscos marinosalobres de la laguna litoral de San Andrés, Tamaulipas. Res. IV Reunión sobre Malacología y Conquiliología.

García Marquez, 2005. Estudio de la Gnatostomiasis en el estado de Colima, Tesis Doctoral. Universidad de Colima.

Hellawell, J.M. 1986. Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. Ed. Elsevier. England, pp. 546.

Kannel, P.R., Lee, S., Soo Lee, Y., Kanel, S.R., Khan, S. 2007. Application of water quality indices and dissolved oxygen as indicators for river water classification and urban impact assessment. *Environ Monit Assess* 132(1-3):93-110.

Kannel, P.R., Lee, S., Soo Lee, Y., Kanel, S.R., Khan, S. 2007. Application of water quality indices and dissolved oxygen as indicators for river water classification and urban impact assessment. *Environ Monit Assess* 132(1-3):93-110.

Mellink1 E. & Riojas-López M., 2005. Waterbirds and human-related threats to their conservation in Laguna Cuyutlán, Colima, México. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744)* Vol. 57 (1-2): 1-12.

Ogg, J. E., Ryder, R.A. and Smith, R.H.L., 1989. Isolation of *Vibrio cholerae* from aquatic birds in Colorado and Utah . *Appl. Environ. Microbiol.*, 55: 95-99.

Secretaría de Salud, Subsecretaría de Organización y Desarrollo, 1991. Manual de procedimientos para aislamiento y caracterización de *Vibrio Cholerae*. Instituto Nacional de Diagnóstico y Referencia epidemiológica, México D. F.

Serrano y J. Caraveo P., 2002. Listado de moluscos bentónicos de la laguna de Cuyutlán, Colima, México. *Hidrobiológica*, 12 (2): 166-169.

Toledano G., A., 1981. La fauna malacológica del estero El Verde, Sinaloa, México. Res. V Cong. Nal. Zool. 72.

Toledano G., A. y A. García C., 1983. Aspectos ecológicos y comunidades de moluscos en el estero El Verde, Sinaloa, México. Res. VII Cong. Nal. Zool. 23.

Álvarez-Cobelas, M., S. Cirujano y S. Sánchez-Carrillo. 2001. Hydrological and botanical man-made changes in the Spanish wetland of Las Tablas de Daimiel. *Biological Conservation* 97: 89-98.

Barreiro Gómez, M.T. y M. Signoret-Poillon (1999). Productividad primaria en sistemas acuáticos costeros. Métodos de evaluación. Libros de texto. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, México. 81 pp.

Callaway, J.C. y J. B. Zedler. 2004. Restoration of urban salt marshes: lessons from southern California. *Urban Ecosystems* 7: 133-150.

Callaway, J.C., G. Sullivan, J.S. Desmond, G.D. Williams y J.B. Zedler. 2001. Assessment and Monitoring. En: J.B. Zedler (ed.). *Handbook for Restoring Tidal Wetlands*. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Ciro-Calderón, (2009). El valor de los manglares. Boletín bimestral de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. CONABIO, Núm. 82, enero-febrero.

Collins, S.L., J.V. Perino, J.L. Vankat. 1982. Woody vegetation and microtopography in the bog meadow association of Cedar Bog, a west central Ohio USA fen. *American Midland Naturalist* 108: 245-249.

CONABIO (2008). Manglares de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 38 pp.

Cronk, J.K. 1996. Constructed wetlands to treat wastewater from dairy and swine operations: A review. *Agriculture Ecosystems & Environment* 58: 97-114.

Cronk, J.K. y M.S. Fennessy. 2001. *Wetland Plants: Biology and Ecology*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.

Ehrenfeld, J.G. 1995. Microsite differences in surface substrate characteristics in *Chamaecyparis* swamps of the New Jersey Pinelands. *Wetlands* 15: 183-189.
Hey, D.L. 2002. Nitrogen farming: Harvesting a different crop. *Restoration Ecology* 10:1-10.

Hogart, P.J. 1999. *The biology of Mangroves*. Oxford University Press, Oxford, Gran Bretaña.

Horn, A.J. y C.R Goldman. 1994. *Limnology*. Cuarta edición. McGraw Hill, Nueva York, EE.UU.

Hunt, R.J., J.F. Walker y D. Krabbenhoft. 1999. Characterizing hydrology and the importance of ground-water discharge in natural and constructed wetlands. *Wetlands* 19: 458-472.

Kadlec, R.H. y R.L. Knight 1996. *Treatment Wetlands*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, EE.UU.

Keer, G., y J.B. Zedler. 2002. Salt marsh canopy architecture differs with the number and composition of species. *Ecological Applications* 12: 456-473.

Larkin, D. J., G. Vivian-Smith, y J. B. Zedler. En prensa. Topographic heterogeneity theory and applications to ecological restoration. En: D. Falk, M. Palmer y J.B. Zedler (eds.). *Foundations of Restoration Ecology*. EE.UU.

Lindig-Cisneros, R. J. Desmond, K. E. Boyer y J. B. Zedler. 2003. Wetland Restoration Thresholds: Can a degradation transition be reversed with increased effort? *Ecological Applications* 13: 193-205.

Lindig-Cisneros, R. y J. B. Zedler. 2002a. Relationships between canopy complexity and germination microsites for *Phalaris arundinacea* L. *Oecologia* 133: 159-167.

2002b. *Phalaris arundinacea* seedling establishment: effects of canopy complexity in fen, mesocosm, and restoration experiments. *Canadian Journal of Botany* 80: 617-624

2002c. Halophyte recruitment in a salt marsh restoration site. *Estuaries* 25: 1,175-1,184.

Maul, J.D. y C.M. Cooper. 2000. Water quality of seasonally flooded agricultural fields in Mississippi, USA. *Agriculture Ecosystems & Environment* 81: 171-178.

Middleton, B. 1999. *Wetland Restoration, Flood Pulsing, and Disturbance Dynamics*. John Wiley and Sons, Nueva York, EE.UU.

Mitsch, W.J. y R.F. Wilson. 1996. Improving the success of wetland creation and restoration with know-how, time, and self-design. *Ecological applications* 6:77-83.

National Research Council (NCR). 1992. *Restoration of aquatic ecosystems: science, technology, and public policy*. National Academy Press, Washington, D.C., EE.UU.

Norbdy, C.S. y J.B. Zedler. 1991. Response of fish and macrobenthic assemblages to hydrologic disturbances in Tijuana Estuary and Los Peñasquitos Lagoon, California. *Estuaries* 14: 80-93.

Ojeda, L.R. 2001. Changing land use patterns in the Tijuana River Watershed and the conservation of transborder natural resources. En: *Is Globalization Overpowering Democracy? The Challenge for Ecology, Economy and Culture*. Praga, República Checa, Junio 12 a 16, 2001. Instituto de Ecología del Paisaje, Academia de Ciencias de la República Checa y la Asociación Checa para la Ecología del Paisaje. Disponible en: http://www.uek.cas.cz/GlobDem/full_text.htm.

- Orihuela-Belmonte, E. (2004). Flujo de materia en un manglar de la costa de Chiapas, México. *Madera y Bosques* Número especial 2, 2004:45-6.
- Portnoy, J.W. 1999. Salt marsh diking and restoration: biogeochemical implications of altered wetland hydrology. *Environmental Management* 24: 111-120.
- Reinartz, J.A. y E.L. Werner. 1993. Development of vegetation in small created wetlands in south-eastern Wisconsin. *Wetlands* 13: 153-164.
- Reyes-de la Cruz, (2002). Evaluacion preliminar de los efectos de la inundación y la herbivoría sobre plántulas de mangle preliminar. *Universidad y Ciencia*. Vol. 18, número 036 .135-139 pp.
- Society for Ecological Restoration (SER). 2002. The SER primer for ecological restoration. EE.UU.
- Streever, W. 1999. An international perspective on wetland rehabilitation. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda.
- Titus, J.H. 1990. Microtopography and woody plant regeneration in a hardwood floodplain swamp in Florida. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 117: 429-437.
- Weis, D.A., J.C. Callaway y R.M Gersberg. 2001. Vertical accretion rates y heavy metal chronologies in wetly sediments of the Tijuana Estuary. *Estuaries* 24: 840-850.
- Werner, K.J. y J.B. Zedler. 2002. How sedge meadow soils, microtopography, y vegetation respond to sedimentation. *Wetlys* 22: 451-466.
- Whitlow, T.H. y R.W. Harris. 1979. Flood tolerance in plants: a state of the art review. *Environmental y water quality operational studies*. Technical report E-79-2. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, EE.UU.
- Wilcox, D.A. y T.H. Whillans. 1999. Techniques for restoration of disturbed coastal wetlys of the Great Lakes. *Wetlys* 19: 835-857.
- Zedler, J.B. y S. Kercher. 2004. Causes and consequences of invasive plants in wetlands: Opportunities, opportunists, and outcomes. *Critical Reviews in Plant Sciences* 23: 431-452.

Zedler, J.B., J.C. Callaway, J.S. Desmond, G. Vivian-Smith, G.D. Williams, G. Sullivan, A.E. Brewster y B.K. Bradshaw. 1999. Californian salt-marsh vegetation: An improved model of spatial pattern. *Ecosystems* 2:19-35.

Zedler, J.B., H. Morzaria-Luna y K. Ward. 2003. The challenge of restoring vegetation on tidal, hypersaline substrates. *Plant and Soil* 253: 259-273.

Yáñez-Arancibia, A., R. Twilley R y A.L. Lara-Domínguez (1998). Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global. *Madera y Bosques* 4(2), 1998:3-19.

Cronograma de Actividades (3 ° Años)

Año	Actividades	MESES												
		Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oc t	
1	Detección de sitios a reforestar		x											
	Estudio Microtopográfico													
	Estudio Hidrológico del área a reforestar				x				x				x	
	Estudio y análisis de sedimentos sitio contigua (fisicoquímico)													
	Acodamiento de mangles (80)	x	x	x										
	Toma de medidas dasometricas de manglares aledaños 1 periodo			x	x									
	Preparación de vivero temporal para mangle			x	x	x								
	Seguimiento del mangle acodado en el vivero			x					x			x		
	Estudio de la Productividad de Manglar (Montaje de Canastas)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Elaboración del reporte trimestral			x			x			x			x	

2	Monitoreo de Nivel Hidrológico				x				x					x
	Toma de parámetros físicos antes de reforestación(salinidad, textura, Oxígeno disuelto, etc.)													
	Reforestación del manglar propagado				x			x				x		
	Adquisición y plantación de 200 individuos de mangle de una UMA Autorizada										x			
	Plantación de Mangles de UMA										x	x	x	
	Plantación de Mangles de UMA													
	Estudio de Productividad de Manglar (Montaje de Canasta)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Elaboración de Reportes				x				x			x		
3	Toma de medidas dasométricas del Aforestado	x			x				x			x		x
	Estudio de Estado de Salud del Manglar (Vigor)								x					x
	Mantenimiento del Manglar Incluye sustitución de individuos para obtener el 80% de sobrevivencia													
	Medición del manglar aforestado													
	Estudio de la Productividad de Manglar (Montaje de Canastas)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Elaboración de Reportes	x						x				x		