

**Línea Base Ambiental para el Campo No. 9  
Fortuna Nacional, municipio de Macuspana,  
Tabasco**



## Contenido

<b>I. RESUMEN EJECUTIVO DE LA LÍNEA BASE AMBIENTAL</b>	001
<b>II. INTRODUCCIÓN</b>	003
<b>III. ALCANCE</b>	005
<b>IV. OBJETIVOS</b>	006
<b>V. PERSONAL Y EQUIPO</b>	007
<b>VI. METODOLOGÍAS</b>	
VI.1 Contexto regional	010
VI.2 Contexto local	010
VI.3 Identificación de infraestructura existente	014
VI.4 Patrimonio arqueológico	015
VI.5 Geología y Geomorfología	016
VI.6 Clima y meteorología	016
VI.7 Hidrodinámica y batimetría	016
VI.8 Erosión	016
VI.9 Infiltración	018
VI.10 Calidad del aire	019
VI.11 Calidad de agua	022
VI.12 Calidad del sedimento (en sistemas acuáticos)	025
VI.13 Caracterización del Suelo	027
VI.14 Biota terrestre/Biota acuática/Medio Biótico	031
VI.15 Efectos biológicos	038
VI.16 Áreas sensibles	038
VI.17 Paisaje	038
VI.18 Daños Ambientales	038
VI.19 Daños Preexistentes	049
<b>VII. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN</b>	
<b>VII.1 Temas Generales</b>	
VII.1.1 Contexto regional	055
VII.1.2 Contexto local	063
VII.1.3 Identificación de infraestructura existente	091
VII.1.4 Patrimonio arqueológico	096
<b>VII.2 Medio Abiótico</b>	
VII.2.1 Geología y Geomorfología	097
VII.2.2 Clima y meteorología	107
VII.2.3 Hidrodinámica y batimetría	111
VII.2.4 Erosión	112
VII.2.5 Infiltración	115
VII.2.6 Calidad del aire	125
VII.2.7 Calidad de agua	135
VII.2.8 Calidad del sedimento	165
VII.2.9 Caracterización del Suelo	180
<b>VII.3 Medio Biótico</b>	
VII.3.1 Biota	227
VII.3.2 Efectos biológicos	286
VII.3.3 Áreas sensibles	294
VII.3.4 Paisaje	296
<b>VII.4 Registro y Descripción de Daños Ambientales</b>	<b>300</b>
<b>VII.5 Registro de Potenciales Daños Preexistentes</b>	<b>330</b>
<b>VIII. REFERENCIAS</b>	<b>347</b>

---

## Listado de Tablas

---

### VI. METODOLOGÍAS

Tabla VI.1. Cartografía del Contexto Regional y el Contexto Local

Tabla VI.2. Cartografía Considerada para la Descripción del Contexto Local; Área de Estudio.

Tabla VI.3. Equipo Utilizado para la Medición de Ruido

Tabla VI.4. Parámetros de Calidad del Aire Medidos en el Campo 9 Fortuna Nacional, de acuerdo a la Guía SEMARNAT/ASEA.

Tabla VI.5. Parámetros de Calidad del Agua Medidos en el Campo Fortuna Nacional. de acuerdo a la Guía SEMARNAT/ASEA.

Tabla VI.6. Parámetros de Calidad del Sedimento Medidos en Fortuna Nacional

Tabla VI.7. Hidrocarburos y BTEX Medidos en Suelo del Campo Fortuna Nacional

Tabla VI.8. Metales Pesados Medidos en Suelo del Campo Fortuna Nacional

Tabla VI.9. Clasificación de Indicadores por Niveles

Tabla VI.10 Factores Ambientales Ejemplificados en la Guía SEMARNAT/ASEA

---

#### VII.1.1. Contexto Regional

Tabla VII.1.1.1. Tormentas, Depresiones y Huracanes del periodo 1970-2012 (Servicio Meteorológico Nacional, 2013).

---

#### VII.1.2. Contexto Local

Tabla VII.1.2.1. Sub-Provincias o Regiones Ecológico-Administrativas donde se ubica el Campo Fortuna Nacional.

Tabla VII.1.2.2. Uso del Suelo y Vegetación 2016 del Campo fortuna Nacional

---

#### VII.1.3. Identificación de Infraestructura Existente

Tabla VII.1.3.1. Vértices del Campo No. 9 Fortuna Nacional

Tabla VII.1.3.2. Resumen de resultados de Ruido en el Campo fortuna Nacional

---

---

## **VII.2.1. Geología y Geomorfología**

Tabla VII.2.1.1. Columna estratigráfica del acuífero Macuspana

---

## **VII.2.2. Clima y Meteorología**

Tabla VII.2.2.1. Estaciones Meteorológicas cercanas al Campo Fortuna Nacional.

---

## **VI.2.4. Erosión**

Tabla VI.2.4.1. Clases de capacidad de uso de los suelos de Tabasco.

---

## **VII.2.5. Infiltración**

Tabla VII.2.5.1. Datos para determinar la infiltración en el sitio 1, así como los cálculos realizados para determinación de la misma en la parte inferior de la tabla

Tabla VII.2.5.2. Datos para determinar la infiltración en el sitio 2, así como los cálculos realizados para determinación de la misma en la parte inferior de la tabla

Tabla VII.2.5.3. Datos para determinar la infiltración en el sitio 3, así como los cálculos realizados para determinación de la misma en la parte inferior.

Tabla VII.2.5.4. Datos para determinar la infiltración en el sitio 4, así como los cálculos realizados para determinación de la misma en la parte inferior

Tabla VII.2.5.5. Datos para determinar la infiltración en el sitio 5, así como los cálculos realizados para determinación de la misma en la parte inferior

Tabla VII.2.5.6. Datos para determinar la infiltración en el sitio 6, así como los cálculos realizados para determinación de la misma en la parte inferior

Tabla VII.2.5.7. Datos para determinar la infiltración en el sitio 7, así como los cálculos realizados para determinación de la misma en la parte inferior

Tabla VII.2.5.8. Datos para determinar la infiltración en el sitio 8, así como los cálculos realizados para determinación de la misma en la parte inferior

Tabla VII.2.5.9. Síntesis de resultados de infiltración para los ocho sitios en donde se realizaron las determinaciones dentro del Campo Fortuna Nacional

---

## **VII.2.6. Calidad del Aire**

Tabla VII.2.6.1. Calidad del Aire dentro del Campo Fortuna Nacional.

Tabla VII.2.6.2. Emisiones de contaminantes Atmosféricos en la costa del Estado de Tabasco (INE 2006).

Tabla VII.2.6.3. Capacidad instalada plantas de proceso CPG Ciudad Pemex (Fuente PEMEX 2014)

---

## VII.2.7. Calidad del Agua

Tabla VII.2.7.1. Resultados de los Parámetros Físicoquímicos en la los puntos de muestreo.

Tabla VII.2.7.2a. Resultados de los contaminantes en la los puntos de muestreo.

Tabla VII.2.7.2b. Resultados de los contaminantes en la los puntos de muestreo.

Tabla VII.2.7.3. Resultados de nutrientes en la los puntos de muestreo.

---

## VII.2.8. Calidad del Sedimento

Tabla VII.2.8.1. Resultados de hidrocarburos para sedimento en lo sitios de muestreo (mg/kg base seca).

Tabla VII.2.8.2. Resultados de Metales Pesados para calidad del sedimento en lo sitios de muestreo (mg/kg base seca).

Tabla VII.2.8.3. Resultados de Materia orgánica y Carbón orgánico para sedimento en lo sitios de muestreo.

Tabla VII.2.8.4. Parámetros de textura en los diferentes sitios de muestreo.

---

## VII.2.9 Caracterización del Suelo

Tabla VII.2.9.1.1. Oficios proporcionados por la ASEA, CONAGUA y PROFEPA. Los documentos pueden ser consultados en el Anexo 1 del presente Informe.

Tabla VII.2.9.1.2. Expedientes de las denuncias populares.

Tabla VII.2.9.2.1. Resultados de Petroflag en Fortuna Nacional.

Tabla VII.2.9.3.1. Resultados de Hidrocarburos (mg/kg base seca) en los sitios de muestreo.

Tabla VII.2.9.3.2. Resultados de Metales (mg/kg base seca) en los sitios de muestreo.

---



### **VII.3.1. Biota**

**Tabla VII.3.1.1. Especies de vegetales.**

**Tabla VII.3.1.2. Valores de densidad para La Selva Mediana Subperennifolia.**

**Tabla VII.3.1.3. Valores de índice de valor de importancia.**

**Tabla VII.3.1.4. Valores de Riqueza entre Diferentes Estudios de la Región.**

**Tabla VII.3.1.5. Densidades entre Diferentes Estudios de la Región.**

**Tabla VII.3.1.6. Diversidad entre Diferentes Estudios de la Región.**

**Tabla VII.3.1.7. Listado florístico de Fortuna Nacional**

**Tabla VII.3.1.8. Lista de las especies de aves registradas durante los muestreos realizados en el Área de Pozos.**

**Tabla VII.3.1.9. Lista de la herpetofauna (anfibios y reptiles) registrada en el sitio con mayor influencia antropogénica (M1).**

**Tabla VII.3.1.10. Lista de las especies de aves en el sitio con mayor influencia antropogénica por colindar con potreros y acahuales (M1).**

**Tabla VII.3.1.11. Lista de la herpetofauna (anfibios y reptiles) registrada en el sitio con menor influencia antropogénica (M2).**

**Tabla VII.3.1.12. Lista de las especies de aves registradas en el sitio con menor influencia antropogénica (M2).**

**Tabla VII.3.1.13. Lista comparativa de las especies y número de individuos de aves en el sitio con mayor influencia antropogénica (M1) y el sitio con menor influencia antropogénica (M2).**

**Tabla VII.3.1.14. Relación comparativa del Número de especies de mamíferos registradas en el sitio con mayor influencia antropogénica (M1) y el sitio con menor influencia antropogénica (M2).**

**Tabla VII.3.1.15. Clasificación taxonómica y lista de las especies de murciélagos capturados en el sitio con mayor influencia antropogénica (M1) y en el sitio con menor influencia antropogénica (M2).**

**Tabla VII.3.1.16. Clasificación taxonómica y lista de las especies de murciélagos capturados el sitio con mayor influencia antropogénica por colindar con potreros y acahuales (M1).**

Tabla VII.3.1.17. Clasificación taxonómica y lista de las especies de murciélagos capturados en el sitio con menor influencia antropogénica (M2).

Tabla VII.3.1.18. Comparación entre el número de especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos registradas en el en el sitio con mayor influencia antropogénica (M1) y en el sitio con menor influencia antropogénica. Entre paréntesis se refleja el porcentaje que representa el número de especies por grupo en cada sitio en relación al total del grupo en el estado de Tabasco (T). Comparación realizada en función de los datos tomados de CONABIO (2008) y Cappello *et al.* (2010).

---

## VII.3.2 Efectos biológicos

Tabla VII.3.2.1. Valores de HAP's (mg/kg), cuantificados en base seca.

Tabla VII.3.2.2. Valores de metales (arsénico y plomo) en los sitios de muestreo, cuantificación en base seca.

Tabla VII.3.2.3. Datos clínicos y epidemiológicos de toxicidad y daños a la salud humana, por exposición a los hidrocarburos, arsénico y plomo

---

## VII.3.4 Paisaje

Tabla VII.3.4.1. Paisajes Identificados en el Campo Fortuna Nacional

---

## VII.4 Registro y Descripción de Daños Ambientales

Tabla VII.4.1. Clasificación de Indicadores por Niveles

Tabla VII.4.2. Límites Máximos Permisibles considerados para la ponderación de los criterios relacionados con calidad del aire.

Tabla VII.4.3. Límites Máximos Permisibles considerados para la ponderación de los criterios relacionados con calidad del agua.

Tabla VII.4.4. Límites Máximos Permisibles considerados para la ponderación de los criterios relacionados con calidad del suelo.

Tabla VII.4.5. Calificación de los criterios para cada contaminante, en cada polígono de Voronoi (ver figura VII.3.4.1). Los contaminantes que no presentaron valores detectables en ninguno de los polígonos fueron excluidos de la tabla.

Tabla VII.4.6- Factor de Ponderación Asignado a Cada Indicador, con Base en el Análisis Multicriterio del panel de expertos.

## VII.5. Registro de Potenciales Daños Preexistentes

Tabla VII.5.1. Métodos de laboratorio y normas de referencia para los límites máximos permisibles de las muestras de suelo.

Tabla VII.5.2. Concentrado de resultados de hidrocarburos en suelo (ver resultados oficiales en Anexo VII.5.1).

Tabla VII.5.3. Concentrado de resultados de metales pesados en suelo

Tabla VII.5.4. Parámetros Climatológicos del Área de los Pozos

## Listado de Figuras

---

### VI. METODOLOGÍAS

Figura VI.1. Límites de los niveles jerárquicos para la descripción del contexto local. La línea naranja delimita el Área de Influencia y la línea roja el Área de Estudio.

Figura VI.2. Ubicación de los sitios para la Medición de Ruido (elipses amarillas). Las coordenadas geográficas de los puntos pueden verse en el Anexo VI.3

Figura VI.3. Ubicación de los sitios para la Medición de Calidad del Aire (puntos verdes). Las coordenadas geográficas de los puntos pueden verse en el Anexo VI.3

Figura VI.4. Sitios de Muestreo de Calidad del Agua para Cuerpos Dulceacuícolas y Pozos Artesianos. Las coordenadas geográficas pueden verse en el Anexo VI.3.

Figura VI.5. Árbol de decisiones para la aplicación de los métodos indirectos y directos en la identificación de daños pre-existentes

Figura VI.6. Delineación del área de influencia en pozos petroleros para la toma de muestras de suelo. Ubicación de la válvula del pozo (punto rojo), delimitación de la plataforma de perforación (línea azul) y ubicación de los puntos de muestreo (puntos naranja). Las coordenadas geográficas de los puntos pueden verse en el Anexo VI.3

Figura VI.7. Sitios Seleccionados para el Muestreo de Flora y Fauna.

Figura VI.8. Búsqueda intensiva de reptiles (a la izquierda) y colocación de redes (a la derecha) en la localidad de Monte Largo 1a. Sección, en el Municipio de Macuspana del Estado de Tabasco, durante el mes de agosto de 2016.

Figura VI.9. Colocación de trampas para la captura de mamíferos pequeños y medianos en la localidad de Monte Largo 1a. Sección, en el Municipio de Macuspana del Estado de Tabasco, durante el mes de agosto de 2016. A la izquierda trampa Sherman y a la derecha trampa Tomahawk.

Figura VI.10. Diagrama Conceptual Sobre los Pasos para la Determinación de Daños Preexistentes (Tomado de la guía SEMARNAT/ASEA).

---

## VII.1.1. Contexto Regional

Figura VII.1.1.1. Provincias Fisiográficas. A) Llanura y Pantanos Tabasque. La línea amarilla delimita el Área de Influencia y la línea roja el Área de Estudio.

Figura VII.1.1.2. Ocurrencia de Tormentas y Huracanes en la Zona Costera de Tabasco.

Figura VII.1.1.2. Velocidad Media del Viento (m/seg)

Figura VII.1.1.4. Energía del Viento Dominante (watts/m<sup>2</sup>)

Figura VII.1.1.5. Rutas de las aves acuáticas migratorias hacia el interior de la República mexicana. Las rutas del Golfo (Mississippi) y la del Atlántico son las que permiten la mayor entrada de estas especies al estado de Tabasco y en particular al campo Fortuna Nacional. Tomada de Dumac (2016).

---

## VII.1.2. Contexto Local

Figura VII.1.2.1. Provincias Bióticas. La línea punteada roja marcar los límites del campo Fortuna Nacional (área de estudio), mientras que la línea amarilla delimita el área de Influencia.

Figura VII.1.2.2. Zonas Ecológicas.

Figura VII.1.2.3. Regiones Hidrográficas Prioritarias.

Figura VII.1.2.4. Regiones Marinas Prioritarias.

Figura VII.1.2.5. Regiones Terrestres Prioritarias.

Figura VII.1.2.6. Ecorregiones Terrestres.

Figura VII.1.2.7. Sitios Prioritarios Marinos Para la Conservación.

Figura VII.1.2.8. Sitios Prioritarios Terrestres Para la Conservación.



**Figura VII.1.2.9. Sitios Ramsar.**

**Figura VII.1.2.10. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves.**

**Figura VII.1.2.11. Regiones Económicas.**

**Figura VII.1.2.12. Límites de Áreas Naturales Protegidas**

**Figura VII.1.2.13. POE General del Territorio.**

**Figura VII.1.1.14. POE del Estado de Tabasco.**

**Figura VII.1.2.15. POE Marino del Golfo de México**

**Figura VII.1.2.16. Uso del Suelo de las Series I, II, III y IV de INEGI.**

**Figura VII.1.2.17. Consumo Anual de Agua (miles de m<sup>3</sup>)**

**Figura VII.1.2.18. Generación Anual de Aguas Residuales (miles de m<sup>3</sup>)**

**Figura VII.1.2.19. Generación Anual de Residuos Sólidos (toneladas)**

**Figura VII.1.2.20. Uso del Suelo y Vegetación.**

**Figura VII.1.2.21. Tendencias de Cambio 2000-2016.**

**Figura VII.1.2.22. Fuentes de Abastecimiento de Agua del Campo Fortuna Nacional.**

**Figura VII.1.2.23. Pilas y Tanques de Almacenamiento de Agua.**

**Figura VII.1.2.24. Ruta Municipal de Recolección de Basura (línea punteada roja).**

---

### **VII.1.3. Identificación de Infraestructura Existente**

**Figura VII.1.3.1. Infraestructura Petrolera, Los puntos azules corresponden a pozos, la línea morada los ductos. Se han marcado con una estrella roja los pozos No Identificados en los registros de la CNH.**

**Figura VII.1.3.2. Infraestructura Petrolera Abandonada. Pozo Taponado No Identificado "A".**

**Figura VII.1.3.3. Detalle del Pozo No Identificado "B," localizado dentro de una casa habitación del Poblado de Belén.**

**Figura VII.1.3.4. Infraestructura No Petrolera del Campo fortuna Nacional.**

---

---

## **VII.2.1. Geología y Geomorfología**

**Figura VII.2.1.1. Geología del Campo Fortuna Nacional y su Área de Influencia**

**Figura VII.2.1.2. Edafología del Campo Fortuna Nacional y su Área de Influencia**

**Figura VII.2.1.3. Cuencas y subcuencas en el Área del Proyecto**

**Figura VII.2.1.4. dirección del Flujo Superficial**

**Figura VII.2.1.5. Unidades Geomorfológicas**

---

## **VII.2.2. Clima y Meteorología**

**Figura VII.2.2.1. Isotermas (líneas naranja), Isoyetas (líneas moradas) y estaciones meteorológicas cercanas al Campo Fortuna Nacional.**

**Figura VII.2.2.2. Hietograma de las Estaciones Cercanas al Campo Fortuna Nacional**

**Figura VII.2.2.3. Temperatura Media Mensual en las Estaciones Cercanas al Campo Fortuna Nacional.**

**Figura VII.2.2.4. Evaporación Media Mensual en las Estaciones Cercanas al Campo Fortuna Nacional**

**Figura VII.2.2.5. Distribución espacial de los déficits en Tabasco**

**Figura VII.2.2.6. Distribución espacial de los climas de Tabasco**

---

## **VII.2.4. Erosión**

**Figura VII.2.4.1. Tasa de Erosión dentro de los límites de Concesión del Campo Fortuna Nacional (valores en toneladas/hectárea/año).**

---

## **VII.2.5. Infiltración**

**Figura VII.2.5.1. Distribución de los puntos donde se realizaron las pruebas *in situ* de infiltración dentro del campo Fortuna Nacional.**

---

## **VII.2.6. Calidad del Aire**

**Figura VII.2.6.1 Valores promedio de dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y ozono registrados en el campo Tajón**

**Figura VI.2.6.2 Valores promedio de dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y ozono registrados en el campo Tajón**

Figura VII.2.6.3 Valores promedio de partículas suspendidas registrados en el campo Tajón

---

## VII.2.7. Calidad del Agua

Figura VII.2.7.1. Variación de turbidez en muestras de agua en Campo Fortuna Nacional.

Figura VII.2.7.2. Sólidos Suspendidos Totales en Campo Fortuna Nacional.

Figura VII.2.7.3. Variación de pH en los sitios de muestreo

Figura VII.2.7.4. Variación de temperatura en muestras de agua. El límite máximo permisible es estipulado por NOM-001-SEMARNAT-1996.

Figura VII.2.7.5. Variación de la conductividad en los puntos de muestreo en Campo Fortuna Nacional.

Figura VII.2.7.6. Valores de muestra oxígeno disuelto en Campo Fortuna Nacional.

Figura VII.2.7.7. Valores de nitrito y nitrato. La línea roja y naranja representan el límite máximo permisible por NOM-127-SSA1-1994.

Figura VII.2.7.8. Valores de amonio, fosfatos y sílice.

Figura VII.2.7.9. Valores de clorofilas en calidad de agua.

Figura VII.2.7.10. Valores de DBO<sub>5</sub> y DQO en los diferentes sitios de muestreo. La línea roja representa los valores límite máximo permisible por NOM-001-SEMARNAT-1996.

Figura VII.2.7.11. Valores de Coliformes fecales y totales en los sitios de muestreo.

Figura VII.2.7.12. Valores de hierro en los diferentes sitios de muestreo. La línea roja representa el límite máximo permisible por NOM-127-SSA1-1994.

---

## VII.2.8. Calidad del Sedimento

Figura VII.2.8.1. Valores de hierro en los sitios de muestreo.

Figura VII.2.8.2. Valores de bario en los sitios de muestreo.

Figura VII.2.8.3. Valores de vanadio en los sitios de muestreo.

Figura VII.2.8.4. Valores de manganeso en la laguna de las Flores.

Figura VII.2.8.5. Valores de cromo, níquel y zinc en los sitios de muestreo.

Figura VII.2.8.6. Valores de cobre, plomo y litio en los sitios de muestreo.

---

## VII.2.9 Caracterización del Suelo

Figura VII.2.9.1.1. Árbol de decisiones para recorridos y evidencias de campo levantadas.

Figura VII.2.9.1.2. Ubicación de la Laguna El Limón al noreste y por fuera del Campo Fortuna Nacional.

Figura VII.2.9.1.3. Ubicación del Pozo FN-06, ubicado aproximadamente a un kilómetro del poblado de Belén.

Figura VII.2.9.2.1. Árbol de decisiones para la aplicación de los métodos indirectos y directos en la identificación de daños pre-existentes.

Figura VII.2.9.2.2. Ubicación de la Toma de muestras con Petroflag en pozo Akaito

Figura VII.2.9.2.3. Ubicación de la Toma de muestras con Petroflag en pozo FN 55.

Figura VII.2.9.2.4. Área supervisada con Georadar Mostrando las inconsistencias de resistividad en el área del Pozo Achaito-1.

Figura VII.2.9.2.5. Área supervisada con Georadar Mostrando las inconsistencias de resistividad en el área del Pozo Fortuna Nacional 55.

Figura VII.2.9.2.6. Área supervisada con Georadar Mostrando las inconsistencias de resistividad en el área del Pozo FN104.

Figura VII.2.9.2.7. Área supervisada con Georadar Mostrando las inconsistencias de resistividad en el área del Pozo FN11D.

Figura VII.2.9.3.1. Valores obtenidos por encima de la NOM-138-SEMARNAT/SAA1-2012.

Figura VII.2.9.3.2. Valores de arsénico de las muestras CFN-SU-53 a la muestra CFN\_SU\_86 Dup, en los sitios de muestreo de Fortuna Nacional.

Figura VII.2.9.3.3. Valores de plomo en los sitios de muestre entre CFN-SU-53 a CFN\_SU\_86 Dup.

Figura VII.2.9.3.4. Valores de pH en los sitios de muestreo.

---



### **VII.3.1. Biota**

**Figura VII.3.1.1. Familias mejor representadas por número de especies en el Campo Fortuna Nacional**

**Figura VII.3.1.2. Porcentaje de Géneros mejor representados en el área de estudio.**

**Figura VII.3.1.3. Porcentaje de Formas de vida registradas en el área de estudio.**

**Figura VII.3.1.4. Ubicación de los cuadrantes realizados para la medición de índices ecológicos.**

**Figura VII.3.1.5. Distribución de las alturas de los individuos en los muestreos.**

**Figura VII.3.1.6. Distribución de las clases diamétricas.**

**Figura VII.3.1.7. Especies Más Abundantes**

**Figura VII.3.1.8. Especies Más Frecuentes**

**Figura VII.3.1.9. Especies Más Dominantes**

**Figura VII.3.1.10. Especies Más Importantes**

**Figura VII.3.1.11. Tipos de Vegetación en el área de estudio.**

**Figura VII.3.1.12. Cultivo de plátano (*musa paradisiaca*).**

**Figura VII.3.1.13. Plantación de hule (*Hevea brasiliensis*) en etapa de producción**

**Figura VII.3.1.14. Aguada que se encuentra en el interior de un potrero en el área de estudio**

**Figura VII.3.1.15. Pastizal y Ganado vacuno presente en área de estudio**

**Figura VII.3.1.16 Tintales (*Haematoxylum campechianum*) en el área de estudio.**

**Figura VII.3.1.17. *Ceiba pentandra* de 30 metros de altura en el interior de la selva mediana subperennifolia.**

**Figura VII.3.1.18. Vegetación Secundaria en el área de estudio**

**Figura VII.3.1.19. Especies de anfibios registradas en el sitio con mayor influencia (M1). A la izquierda *Rhinella marina* y a la derecha *Leptodactylus fragilis*.**

**Figura VII.3.1.20. Especies de aves registradas en el sitio con mayor influencia antropogénica (M1). A la izquierda, de la familia Columbidae la especie *Columbina***

**Figura VII.3.1.21. Especies de aves capturadas durante los muestreos realizados en**

el sitio con mayor influencia antropogénica por colindar con potreros y acahuales (M1). A la izquierda la especie *Nyctidromus albicollis* y a la derecha la especie *Glaucidium brasilianum*.

Figura VII.3.1.22. Especies de reptiles registradas en el sitio con menor influencia antropogénica (M2). A la izquierda *Basiliscus vittatus* y a la derecha *Iguana iguana*.

Figura VII.3.1.23. Especies de aves registradas en el sitio con menor influencia antropogénica (M2). A la izquierda de la familia Ardeidae la especie *Tigrisoma mexicanum* y a la derecha *Burhinus bistriatus* de la familia Burhinidae.

Figura VII.3.1.24. Especies de aves capturadas en el sitio con menor influencia antropogénica (M2). A la izquierda la especie *Amazilia candida* y a la derecha *Amazilia yucatanensis*.

Figura VII.3.1.25. Individuos observados en el sitio con mayor influencia antropogénica (M1) y el sitio con menor influencia antropogénica (M2). A la izquierda *Alouatta pigra* y a la derecha *Sciurus aureogaster*.

Figura VII.3.1.26. A la izquierda individuo perteneciente a la especie *Peromyscus mexicanus* y a la derecha individuo perteneciente a la especie *Philander opossum*, ambos capturados en el sitio con menor influencia antropogénica (M2).

Figura VII.3.1.27. Gremios tróficos representados a través de las especies de murciélagos capturados en el sitio con mayor influencia antropogénica (M1) y en el sitio con menor influencia antropogénica (M2).

Figura 28. Representantes de cada gremio trófico capturados en el sitio con mayor influencia antropogénica (M1) y en el sitio con menor influencia antropogénica (M2). a) Nectarívoro (*Glossophaga soricina*), b) frugívoro (*Uroderma bilobatum*) e c) insectívoro (*Myotis keaysi*).

Figura VII.3.1.29. Sonogramas obtenidos en el sitio con mayor influencia antropogénica (M1) y en el sitio con menor influencia antropogénica (M2).

Figura VII.3.1.30. Sonogramas obtenidos en el sitio con mayor influencia antropogénica (M1) y en el sitio con menor influencia antropogénica (M2).

---

## VII.3.2 Efectos biológicos

Figura VII.3.2.1. Posibles rutas de exposición derivadas de la contaminación de suelos por hidrocarburos (EnviroTools, 2017).

---

## VII.3.3 Áreas Sensibles

Figura VII.3.3.1. Áreas sensibles del Campo Fortuna Nacional

---

### **VII.3.4 Paisaje**

**Figura VII.3.4.1. Regionalización Paisajística de Primer Nivel**

**Figura VII.3.4.2. Regionalización Paisajística de Segundo Nivel**

---

### **VII.4 Registro y Descripción de Daños Ambientales**

**Figura VII.4.1. Magnitud del impacto por erosión.**

**Figura VII.4.2. Polígonos de Voronoi modificados para la extrapolación espacial de los niveles de contaminación. ND=Sin datos.**

**Figura VII.4.3- Magnitud y significancia de la contaminación en aire, agua y suelo-sedimento del campo Fortuna Nacional.**

**Figura VII.4.4- Magnitud y significancia del Factor Flora-Fauna-Paisaje**

**Figura VII.4.5. Algebra de Mapas de los Indicadores**

**Figura VII.4.6. Mapa de Daños Ambientales**

---

### **VII.5. Registro de Potenciales Daños Preexistentes**

**Figura VII.5.1. Ubicación de los Sitios con Potenciales Daños Preexistentes. Pozo FN-101, contaminado con metales pesados, pozos No Identificados "A" y "B", ambos contaminados con hidrocarburos.**

**Figura VII.5.2. Características del Pozo Fortuna Nacional 101.**

**Figura VII.5.3. Ubicación y detalle del Pozo No Identificado "A"**

**Figura VII.5.4. Detalle del Pozo No Identificado "B," localizado dentro de una casa habitación del Poblado de Belén.**

**Figura VII.5.5. Ubicación de los puntos de muestreo de suelo para Hidrocarburos y Metales Pesados a dos niveles (0.3 y 0.5m).**

**Figura VII.5.6. Áreas contaminadas por Arsénico y Plomo en el Pozo FN-101.**

**Figura VII.5.7. Áreas contaminadas por Arsénico y Plomo en el Pozo FN-101.**

## Relación de Anexos para el Informe del Campo Fortuna Nacional

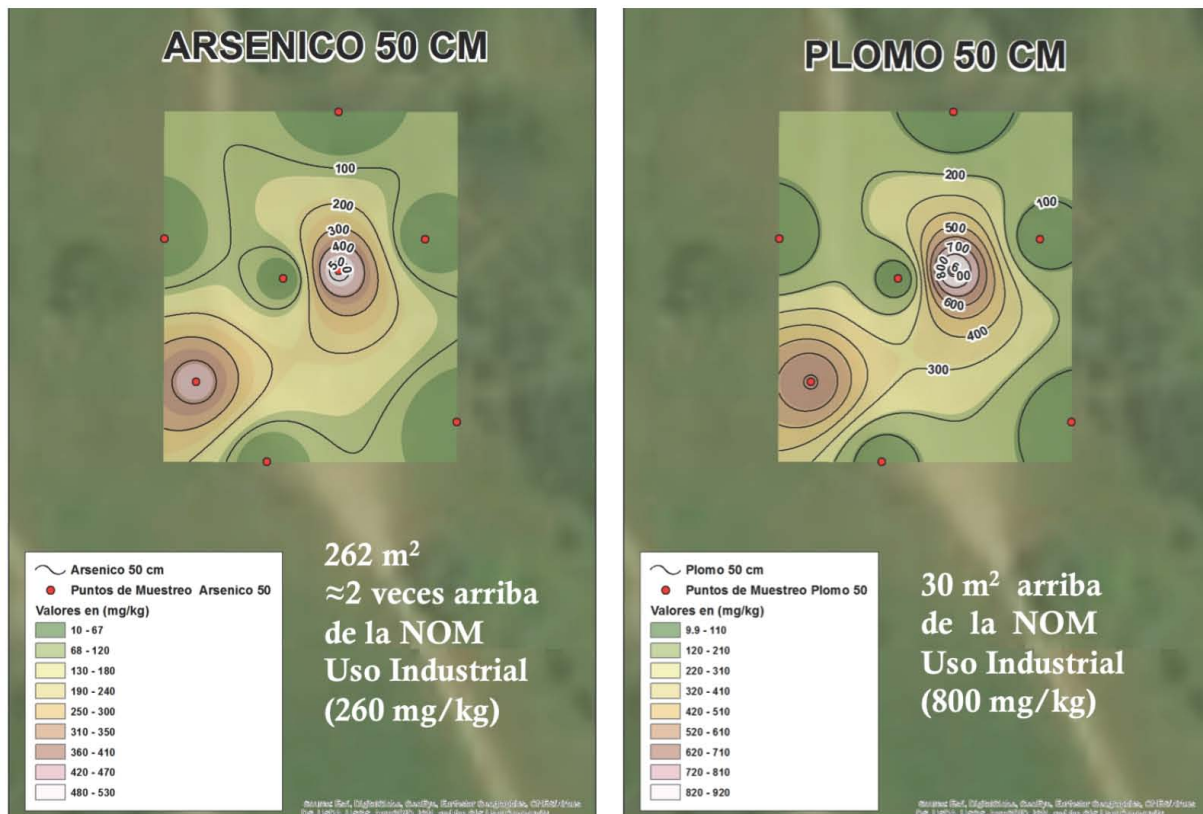
Anexo	Descripción	Tipo	Formato		
VI.1	Alcances, Base de datos y Proyecto SIG	<i>PDF, DBS y QGIS</i>	<i>digital</i>	-	
VI.2	Características de equipos de Calidad del Aire	<i>PDF</i>	<i>digital</i>	-	
VI.3	Coordenadas Geográficas de Puntos de muestreo	Ruido y Aire	<i>Excel</i>	<i>digital</i>	-
		Agua	<i>Excel</i>	<i>digital</i>	-
		Sedimento	<i>Excel</i>	<i>digital</i>	-
		Suelo	<i>Excel</i>	<i>digital</i>	-
		Potenciales Pasivos Ambientales	<i>Excel</i>	<i>digital</i>	<i>Impreso</i>
VI.4	Alcances de los Métodos de Petroflag y Georadar	<i>PDF</i>	<i>digital</i>	-	
VI.5	Curricula de los Especialistas Participantes	<i>PDF</i>	<i>digital</i>	-	
VII.2.1.	Datos Climatológicos	<i>scv</i>	<i>digital</i>	-	
VII.2.2	Catalogo Fotográfico	Trabajos de Campo	<i>PDF</i>	<i>digital</i>	<i>Impreso</i>
		Infraestructura Petrolera	<i>PDF</i>	<i>digital</i>	-
		Biota	<i>PDF</i>	<i>digital</i>	-
VII.5.1	Resultados del Laboratorio	Cadenas de Custodia	<i>PDF</i>	<i>digital</i>	-
		Ruido y Aire	<i>PDF</i>	<i>digital</i>	-
		Agua	<i>PDF</i>	<i>digital</i>	-
		Sedimento	<i>PDF</i>	<i>digital</i>	-
		Suelo	<i>PDF</i>	<i>digital</i>	-
		Potenciales Pasivos Ambientales	<i>PDF</i>	<i>digital</i>	<i>Impreso</i>
VII.5.2	Resultados de Georadar	<i>PDF</i>	<i>digital</i>	-	
VIII.	Anexo Cartográfico	Mapa Base 1:15,000	<i>PDF</i>	<i>digital</i>	<i>Impreso</i>
		Mapa Base (1 de 4) 1:5,000	<i>PDF</i>	<i>digital</i>	<i>Impreso</i>
		Mapa Base (2 de 4) 1:5,000	<i>PDF</i>	<i>digital</i>	<i>Impreso</i>
		Mapa Base (3 de 4) 1:5,000	<i>PDF</i>	<i>digital</i>	<i>Impreso</i>
		Mapa Base (4 de 4) 1:5,000	<i>PDF</i>	<i>digital</i>	<i>Impreso</i>
		Mapa Potenciales Pasivos Ambientales 1:200	<i>PDF</i>	<i>digital</i>	<i>Impreso</i>
IX.	Reportes de Interrupciones y Suspensiones	<i>PDF</i>	<i>digital</i>		



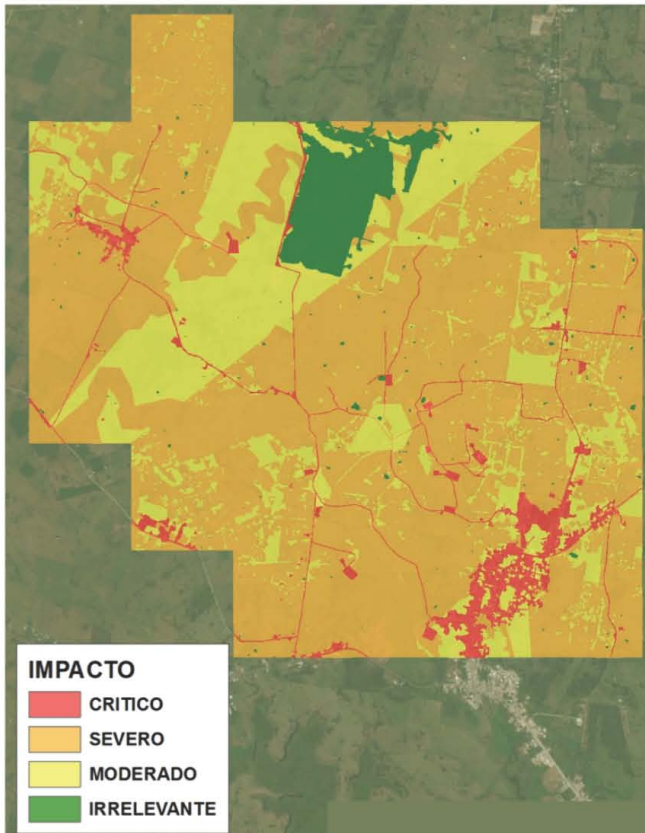
## I. RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe contiene los resultados de la Línea Base Ambiental del área contractual No. 9 Fortuna Nacional, con base en la metodología aprobada por la ASEA en el oficio (ASEA/UGI/DGGEERC/0722/2016). Los resultados más relevantes se describen a continuación:

Se identificaron tres sitios potenciales con daños preexistentes en suelo: el Pozo **FN-101**, que presentó metales por arriba de la NOM de uso industrial en dos muestras para arsénico y en una para plomo, y los **Pozos No Identificados "A" y "B,"** los cuales no se encuentran en los registros de la CNH y presentaron concentraciones de Benzo(b)fluoranteno por arriba de la NOM de uso industrial en muestras superficiales. Debido a las restricciones de acceso causadas por los sindicatos locales y los dueños de los predios, aparte de la toma de dichas muestras, no fue posible caracterizar estos sitios de acuerdo a la guía de la ASEA. Por tal motivo estos sitios se presentan en la presente línea base como sitios potenciales con daños preexistentes.



Áreas contaminadas por Arsénico y Plomo en el Pozo FN-101.



Cerca del 70% del campo presenta daños ambientales severos, producto de actividades agropecuarias, y 5% exhibe daños críticos causados por procesos de urbanización y la industria petrolera. Una cuarta parte muestra impactos moderados, mientras que solo un 4% presenta daños irrelevantes. Considerando estos valores, 96% del campo ha sido transformado por las actividades humanas.

Los daños causados por la industria petrolera se circunscriben a las áreas de las peras de los pozos y las fosas de desechos. Sin embargo, debido al gran número de pozos y su distribución dentro del campo, una cuarta parte del campo

presenta daños ambientales por contaminación, sobre todo de metales pesados.

No existen problemas de contaminación de aire, ni niveles de ruido por arriba de la NOM. Sin embargo la calidad del agua es de muy mala calidad. Los niveles de coliformes fecales y totales se ubican, en ocasiones, cientos o miles de veces por arriba de la NOM. Además, existe presencia de hidrocarburos y metales pesados en cuerpos de agua. Esta situación es importante ya que una cuarta parte de los cuerpos de agua y pozos contaminados se localizan prácticamente dentro del área urbana de la comunidad de Belén.

Como áreas sensibles dentro del campo se identificaron los remanentes de selva mediana subperenifolia y de selva baja inundable, así como los sitios con problemas de contaminación que se ubican aledaños a los asentamientos humanos.

La flora y fauna en categoría de protección se ubico por fuera de las instalaciones petroleras, por lo que no es necesario realizar Programas de rescate.



## II. INTRODUCCIÓN

El 12 de mayo del 2015, la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH), emitió las Bases de Licitación CNH-R01-L03/2015 para la Adjudicación de Contratos de Licencia para la Extracción de Hidrocarburos en Áreas Contractuales Terrestres (tercera convocatoria), siendo partícipe de ello la empresa petrolera PERSEUS FORTUNA NACIONAL, S. A. DE C. V. (en adelante PERSEUS).

Posteriormente, el 10 de mayo de 2016, la empresa PERSEUS firmó el contrato para la Extracción de Hidrocarburos con la CNH, a fin de realizar actividades petroleras, bajo la modalidad de contratación de licencia, para el área contractual No. 9 Fortuna Nacional, ubicada en el Municipio de Macuspana, Tabasco. Dicho instrumento tiene una vigencia de 25 años a partir de la fecha efectiva.

El área contractual No. 9 Fortuna Nacional, presenta un volumen original en sitio de 7 millones de barriles de aceite y 62 mil millones de pies cúbicos de gas, y presenta las siguientes características:

ÁREA CONTRACTUAL	CAMPO	REGIÓN	ACTIVO	UBICACIÓN	ESTADO	SUPERFICIE (KM <sup>2</sup> )
<b>Fortuna Nacional</b>	9	Sur	Macuspana-Muspac	Terrestre	Tabasco	22

Como parte de las obligaciones establecidas en dicho contrato, a partir de la fecha efectiva, se inició una etapa de transición con duración de 90 días, dentro de la cual se llevó a cabo la entrega del área contractual a PERSEUS, y se iniciaron los estudios que permitieran establecer la Línea Base Ambiental que solicitó la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos (ASEA).

La línea base ambiental se refiere a las condiciones ambientales en las que se encuentran los hábitats, ecosistemas, elementos y recursos naturales, así como las relaciones de interacción y los servicios ambientales, existentes en el área contractual, en el momento previo a la ejecución de las actividades del contrato.

Por esta razón, los trabajos llevados a cabo para el área contractual No. 9 Fortuna Nacional, incluyeron aspectos medioambientales en los rubros de agua subterránea (pozos artesianos), muestras de agua de cuerpos de agua superficiales, sedimentos, suelo, aire, ruido ambiental, así como la utilización de métodos alternos para la determinación de hidrocarburos en suelo, entre otros.

De acuerdo a lo anterior y como parte de los requisitos y actividades que deberán observar los contratistas, establecidos en el contrato para la extracción de hidrocarburos bajo la modalidad de utilidad compartida con la Comisión Nacional de Hidrocarburos, se presentan los resultados de la Línea Base Ambiental, misma que describe las condiciones ambientales encontradas en el sitio (Área contractual No. 9 Fortuna Nacional), con respecto a las variables ambientales y el registro de los daños preexistentes y pasivos ambientales detectados en esta área.

La Línea Base Ambiental que se presenta fue desarrollada con base en estudios de referencia sobre el estado actual del área de influencia del proyecto; información necesaria para la identificación y evaluación de impactos que permitió establecer los elementos para elaborar las estrategias y acciones ambientales adecuadas.

Por otra parte, la Línea Base Ambiental del proyecto fue desarrollada contemplando la aplicación de estudios, investigaciones, Normas Oficiales Mexicanas (NOM), especificaciones y métodos, que se detallan en dentro del presente documento.

### III. ALCANCE

La Línea Base ambiental desarrollada para el proyecto, incluyendo el área de influencia del mismo, cumplió con los siguientes alcances:

- Se establecieron y conocieron los elementos del medio ambiente presentes en el área de estudio, así como su área de influencia.
- Se efectuó una evaluación de los temas desarrollados en la Línea Base, relacionándolos con la normatividad aplicable, para determinar el efecto sobre los ecosistemas con el fin de identificar la existencia o no de daños pre-existentes o pasivos ambientales.
- Se elaboró un diagnóstico ambiental que detalla el estado que guardan los ecosistemas y los servicios ambientales existentes en el sitio.
- Se determinó el grado de alteración que presentan los elementos del medio ambiente del área de estudio, con relación a los daños ambientales pre-existentes identificados; efectuando la separación de los daños ocasionados por actividades humanas, naturales, y las generadas por las actividades petroleras.
- Se realizó el análisis y dictamen de la información histórica documental existente del Campo No. 9 Fortuna Nacional, municipio de Macuspana, Tabasco.
- Se verificó la infraestructura existente en el Campo No. 9 Fortuna Nacional, Municipio de Macuspana, en el Estado de Tabasco.
- Se efectuó la caracterización de los elementos ambientales presentes en el área de estudio y el área de influencia en su situación actual.
- Se realizó la identificación de las áreas vulnerables que podrían ser impactadas.
- Se realizó la identificación de los posibles daños ambientales preexistentes mediante la verificación y muestreos en campo de la situación actual en el Campo No. 9 Fortuna Nacional.
- Se definió y planteó la estrategia ambiental a seguir en el campo de acuerdo a los resultados de campo y gabinetes obtenidos.

## IV. OBJETIVOS

El objetivo de la Línea Base Ambiental del Proyecto incluyó:

- El desarrollo de un diagnóstico ambiental, que describa la condición actual que guardan los ecosistemas y condiciones medioambientales del Campo No. 9 Fortuna Nacional, así como del área de influencia del mismo. Dicho diagnóstico, se elaboró tomando en cuenta la legislación y normatividad aplicable, así como investigaciones, y estudios relacionados.
- Establecer las medidas de mitigación y/o compensación de las áreas identificadas con daños pre-existentes dentro del área contractual.
- Informar a la ASEA de las condiciones ambientales encontradas en el sitio del proyecto, incluyendo las áreas identificadas con daños pre-existentes y/o pasivos ambientales, con el fin que la ASEA emita a la CNH la opinión correspondiente.



## V. PERSONAL Y EQUIPO

### *Personal Participante*

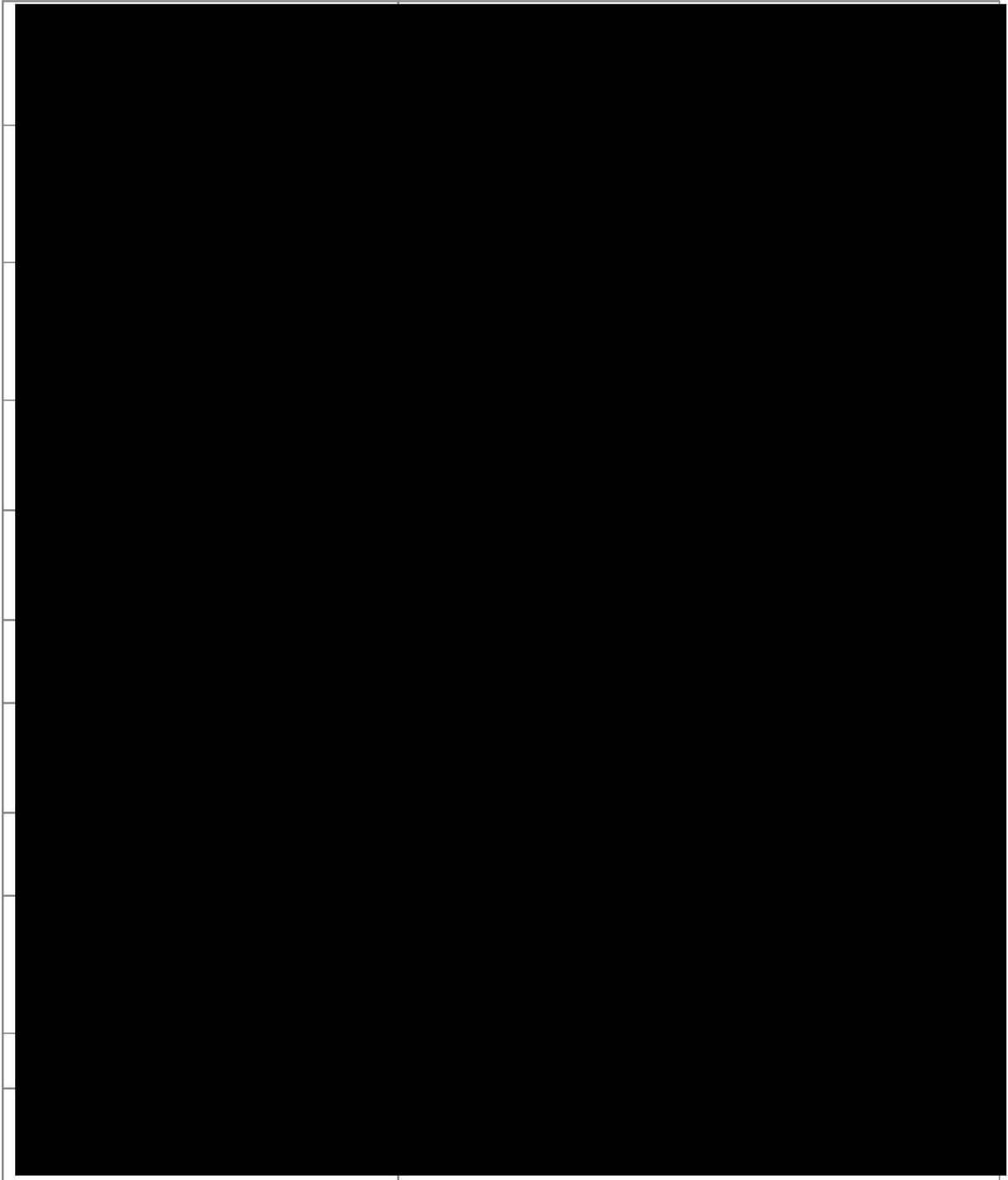
El personal responsable en la realización de la Línea Base Ambiental del Campo No. 9 Fortuna Nacional estuvo conformado por una serie de especialistas en distintas ramas ambientales, ingeniería, biología y derecho ambiental, que formaron un grupo multidisciplinario con el objetivo de verificar y evaluar los aspectos ambientales del área del proyecto y su área de influencia, a fin de elaborar un diagnóstico que describa las condiciones en las que se encuentra el sitio.

Las líneas de trabajo de los especialistas participantes se muestran en la siguiente Tabla.

**Relación de especialistas responsables en la elaboración de la Línea Base Ambiental para el Campo No. 23 Tajón.**

NOMBRE	ESPECIALIDAD
[Redacted content]	

Eliminados datos personales. Fundamento en el art. 113 Fracción I de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.



La currícula de los especialistas puede consultarse en el Anexo VI.5.

***Equipo utilizado***

Como parte de los trabajos realizados en el Campo No. 9 Fortuna Nacional



se utilizaron los siguientes equipos.

- **GEORADAR.-** o GPR (Ground Penetrating Radar). Sistema electromagnético no destructivo de investigación del subsuelo que permite detectar tuberías, contaminantes, entre otros. (Ver anexo VI.4).
- **PETROFLAG HYDROCARBON ANALYSIS SYSTEM.-** Herramienta con un amplio espectro analítico para determinación de contaminación por hidrocarburos en suelo, independientemente de su fuente o estado de degradación (Ver anexo VI.4).
- **CÁMARA FOTOGRÁFICA,** Canon Mark IV, con lentes intercambiables (300mm IS f 2.8; 100mm Macro IS f 2.8; zoom 16-35mm f 2.8).
- **APARATO DE RADIO NAVEGACIÓN GPS,** marca Garmin, modelo 62s, ID de unidad 3879898105.
- **DRON DJI** Modelo Inspire 1, con lente de 20mm y rango de autonomía de 4500m.

Por otra parte, como fase posterior al empleo de los equipos descritos, se efectuaron muestreos y determinaciones analíticas a través de un laboratorio acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación, mismo que empleó equipo diverso para los muestreos y monitoreos realizados en el sitio del proyecto.

## VI. METODOLOGÍAS

### VI.1. Contexto Regional

Este primer nivel de información fue realizado de manera bibliográfica y a escala de provincias fisiográficas. En este apartado se realizó una descripción de la región donde se localiza el campo, describiendo los elementos físicos y biológicos de manera general, con lo cual se pretende dar una perspectiva a macro-escala de los elementos más característicos que se describirán a detalle en el Contexto Local. En este nivel se describieron los fenómenos meteorológicos tales como tormentas tropicales y huracanes, vientos dominantes, velocidad y dirección de los vientos, así como las rutas de migración de aves.

Teniendo en cuenta tres niveles jerárquicos (contexto regional → Área de Influencia → Área de estudio), así como el contenido de todos los temas de la guía, se integró un Sistema de Información Geográfica (SIG), del cual se anexa una copia digital en DVD (Anexo VI.1), que contiene tanto la base de datos (en formato Shape) como el proyecto del programa QGIS. Este SIG también puede visualizarse en línea a través del portal [www.ecodatumsig.com](http://www.ecodatumsig.com). Para los detalles de acceso ver Anexo VI.1. Los temas abordados del contexto regional que forman parte del SIG se enlistan en la Tabla VI.1.

### VI.2. Contexto Local

El segundo nivel de información general del campo lo conformó el contexto local, el cual se realizó a dos escalas, Área de Influencia y Área de estudio.

#### Área de Influencia

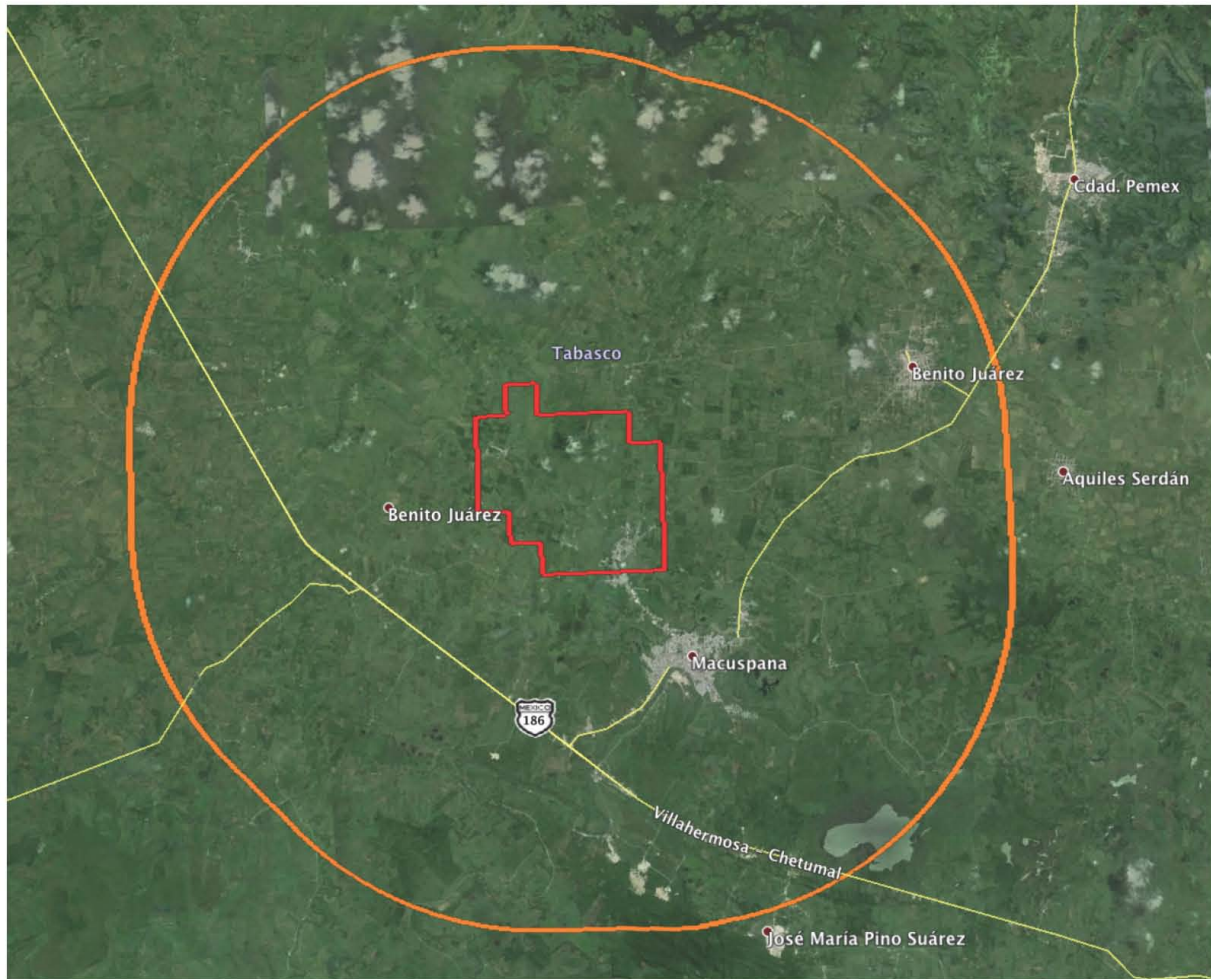
Con la finalidad de dar un contexto local de las fuentes externas de contaminación e Impacto Ambiental que pudieran tener un efecto sobre la calidad del área concesionada, se definió un área de influencia mayor a la poligonal de la concesión. Para ello se consideró que las fuentes de contaminación atmosférica adyacentes al campo serían las de mayor alcance, en función del transporte que los vientos pudieran ejercer sobre los

contaminantes. En este sentido, tomando como base los estudios de Benítez et al., 2014 y Cerón-Bretón et al., (2014a y b), quienes definen un área de influencia de 5 a 10km para fuentes fijas de contaminación atmosférica en el Golfo de México, se determinó un área de influencia para el campo Fortuna Nacional de 10km alrededor de la poligonal de la concesión (Fig. VI.1). Se hace hincapié que sólo el tema del Contexto Local usó el área de influencia como marco geográfico para su descripción y que el resto de los temas de la guía se restringieron a la poligonal concesionada.

**Tabla VI.1. Cartografía del Contexto Regional y el Contexto Local**

Tema	Mapas
Contexto regional	Provincias Fisiográficas
	Historial de Huracanes
	Isotacas
	Intensidad de Vientos
Contexto local; Área de Influencia	Provincias Bióticas
	Zonas Ecológicas
	Regiones Hidrográficas Prioritarias
	Regiones Marinas Prioritarias
	Regiones Terrestres Prioritarias
	Ecorregiones Terrestres
	Sitios Prioritarios Marinos Para la Conservación
	Sitios Prioritarios Terrestres Para la Conservación
	Sitios Ramsar
	Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves
	Regiones Económicas
	Límites de Áreas Naturales Protegidas
	Límites Municipales
	POE General del Territorio
	POE del Estado de Tabasco
	POE Marino del Golfo de México
	Uso del Suelo Serie I
	Uso del Suelo Serie II
	Uso del Suelo Serie III
	Uso del Suelo Serie IV
Población	
Aguas Residuales	
Consumo de agua	
Residuos Sólidos	





**Figura VI.1. Límites de los niveles jerárquicos para la descripción del contexto local. La línea naranja delimita el Área de Influencia y la línea roja el Área de Estudio.**

La cartografía contenida dentro del SIG para este segundo nivel de descripción se muestra en la Tabla VI.1 referida con anterioridad. Mediante el manejo de esta información dentro del SIG, se procedió a describir las características ambientales actuales y se realizó un análisis histórico a partir de censos de población, censos económicos y estadísticas ambientales para los años 1990, 2000 y 2010, así como las series I, II, III, IV y V de uso de suelo y vegetación del INEGI.

Utilizando la metodología descrita por Benítez et al., (2014) se calcularon los volúmenes de residuos sólidos y de aguas residuales generadas dentro del área de influencia multiplicando el número de habitantes de cada poblado por indicadores *per cápita* municipales, mientras que las fuentes de

contaminación atmosférica se estimaron a partir de las emisiones reportadas por el INE (2006) y una revisión de la literatura científica.

De igual forma se utilizó el análisis espacial y las herramientas del módulo "Land Change Modeler" de Idrisi (Benítez et al., 2001, Mishra et al., 2014), en ambiente ArcGis, para evaluar las tendencias de las actividades humanas entre las series II (1990s) y V (2011-2013) de INEGI. A partir del análisis de tendencias se simuló el escenario probable del área de influencia para el año 2050.

### Área de Estudio

El área de estudio para la determinación de la línea base quedó definida a partir de los vértices del Campo Fortuna Nacional proporcionados por la CNH (ver línea roja en Figura VI.1). Dentro de esta área se realizó la evaluación e identificación de los daños ambientales y daños preexistentes.

Con la finalidad de diagnosticar y predecir el comportamiento del área de estudio con o sin proyecto, se obtuvo una imagen satelital Quickbird actualizada (abril, 2016) de alta resolución (pixel de 50cm), para visualizar todas y cada una de las áreas en donde se realizarán las actividades a desarrollar. Con base en esta imagen se realizó un mapa de uso del suelo y vegetación que incluyó la localización de la infraestructura existente, así como capas complementarias sobre topografía y vías de acceso. El uso del suelo de la imagen del 2016 se sobrepuso a un grupo de orthofotos de INEGI del año 2000 para digitalizar las áreas donde habían ocurrido cambios de pérdida o ganancia de la vegetación. Al igual que en el área de influencia se usó el módulo "Land Change Modeler" de Idrisi para evaluar las tendencias del cambio de uso del suelo entre estos dos mapas de alta resolución (1995 y 2016). A partir del análisis de tendencias se simuló el escenario probable del campo en el año 2050.

De manera complementaria, mediante la información de censos económicos y trabajo de campo, se identificarán otras actividades humanas distintas a la petrolera que pudieran ser fuentes importantes de contaminación, tales como la ubicación de basureros a cielo abierto, rellenos sanitarios, almacenes de residuos y actividades industriales.



De igual forma, con la finalidad de determinar el impacto sobre la población local de los sitios que se encuentren potencialmente contaminados, se realizó un inventario de las fuentes de abastecimiento de agua, tales como pozos a cargo de la CONAGUA, pozos artesianos y jagüeyes. Esto se realizó a través de entrevistas con informantes clave de la zona de estudio. La cartografía generada para este tercer nivel de descripción puede verse en la Tabla VI.2.

**Tabla VI.2. Cartografía Considerada para la Descripción del Contexto Local; Área de Estudio.**

Contexto Local; Área de Estudio	Uso del Suelo 2016
	Uso del Suelo 2000
	Cambios Uso del Suelo 2000-2016
	Fuentes de Abastecimiento de Agua
	Basureros
	Rutas de Recolección de Basura

### VI.3. Identificación de infraestructura existente

#### Infraestructura Petrolera

A partir de la la información oficial proporcionada por la Comisión Nacional de Hidrocarburos, la cual fue verificada en campo, se realizó un inventario de la infraestructura actual que se encuentra dentro de la poligonal del Campo No. 9 Fortuna Nacional. De manera complementaria, se realizó el análisis de cartografía, imágenes de alta resolución, vuelos con Dron y visitas de campo para incluir infraestructura petrolera abandonada.

#### Infraestructura No-Petrolera

A partir de la cartografía oficial y su actualización con la imagen de alta resolución y visitas de campo, se realizó el inventario de líneas de transmisión eléctrica, líneas telefónicas, canales, acueductos y vías de comunicación.

#### Niveles de Ruido

Mediante el uso de sonómetros con mediciones en tiempo real se obtuvo el nivel basal de ruido en los sectores centrales del campo donde se localiza el mayor número de instalaciones petroleras. En estos sitios se definieron zonas críticas para las mediciones, las cuales se realizaron en horario diurno y nocturno (Fig. VI.2). Las mediciones estuvieron a cargo de un Laboratorio

Certificado, el cual utilizó equipos calibrados marca BSWA TECH y CASELLA (Tabla VI.3).

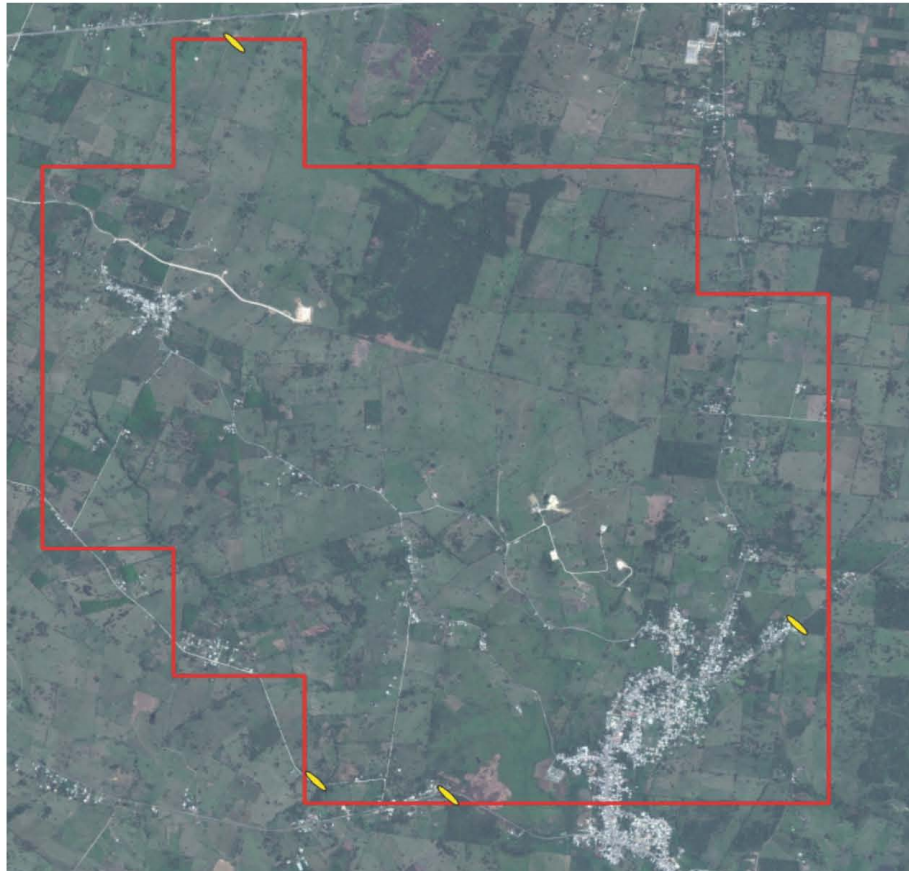


Figura VI.2. Ubicación de los sitios para la Medición de Ruido (elipses amarillas). Las coordenadas geográficas de los puntos pueden verse en el Anexo VI.3

Tabla VI.3. Equipo Utilizado para la Medición de Ruido

DATOS DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN( SONÓMETRO)				
CLASE O TIPO	MARCA	MODELO	No. DE SERIE	FECHA DE CALIBRACIÓN
2	BSWA TECH	BSWA 803	6298	20 de octubre de 2015
DATOS DEL INSTRUMENTO DE CALIBRACIÓN( CALIBRADOR ACUSTICO)				
CLASE O TIPO	MARCA	MODELO	No. DE SERIE	FECHA DE CALIBRACIÓN
2	CASELLA	CEL-120/2	2044892	12 de octubre de 2015

#### VI.4 Patrimonio arqueológico

A partir de recorridos de campo, revisión de la literatura y la Cartografía Oficial, se realizó la búsqueda de recursos culturales con valor patrimonial, antropológico, arqueológico e histórico, los cuales pudiesen verse afectados por el proyecto.

## **VI.5 Geología y Geomorfología**

A partir de la cartografía 1:250,000 del INEGI se realizó la descripción geológica del sitio del proyecto, considerando aspectos relevantes como las unidades morfológicas y características de morfogénesis. La delimitación de unidades geomorfológico-ambientales se realizó utilizando la imagen de alta resolución quickbird del 2016, la información edafológica y geológica de INEGI, siguiendo los criterios establecidos por Solís-Castillo et al., (2014) y Zavala-Cruz et al., (2016).

## **VI.6 Clima y meteorología**

Con base en la revisión bibliográfica y datos de las estaciones meteorológicas más cercanas al sitio de la CONAGUA se describieron los siguientes parámetros: Temperatura media anual, Temperatura media mensual, Precipitación media anual, Precipitación media mensual, Humedad relativa, Evaporación media anual, Nubosidad promedio anual. Por conveniencia de escala, los eventos extremos (Ciclones, Huracanes, tormentas y depresiones tropicales, etc.), así como los vientos dominantes, Velocidad y dirección de los vientos se describieron en el contexto regional.

## **VI.7 Hidrodinámica y batimetría**

Debido a que dentro del campo 9 no existen cuerpos de agua mayores a una hectárea y son de poca profundidad este apartado presentó únicamente un mapa de los cuerpos de agua visibles en la imagen satelital de alta resolución señalada con anterioridad, indicando las profundidades promedio.

## **VI.8 Erosión**

Con la intención de evaluar la tasa de erosión del suelo dentro de la poligonal del campo, se estimó la erosión laminar con base en la programación SIG realizada por Barrios y Quiñonez (2000), aplicando el modelo RUSLE (Wischmeier y Smith, 1978, y Renard et al., 1998), la cual se muestra a continuación:

$$A = R * K * L.S * C * P \quad (1)$$



donde:

- A: pérdida de suelo en Mg / ha.año,
- R: factor erosividad de la lluvia en (Mj.mm) / ( ha.h.año),
- K: factor erosionabilidad del suelo en ( Mg. ha. h ) / ( ha.Mj.mm ),
- L: factor longitud del terreno (adimensional),
- S: factor pendiente del terreno (adimensional),
- C: es el factor cobertura y manejo de la vegetación (adimensional), y
- P: es el factor prácticas de conservación (adimensional).

Los cálculos de cada factor se enlistan a continuación:

#### Factor R

A partir de registros mensuales de lluvia, se estimó de manera indirecta el valor del factor R en las estaciones climatológicas más cercana al campo. La distribución espacial de R dentro del campo se obtuvo por interpolación de los valores puntuales, mediante la aplicación del modulo Kriging del ArcGis.

#### Factor K

Se elaboró una cobertura SIG del factor K a partir de un mapa de unidades de suelo (INEGI, 1999), asignándose a cada unidad la erosionabilidad calculada con el Nomograma de Wischmeier y Smith (1978), correspondiente a los datos de granulometría, textura, permeabilidad y materia orgánica que se obtuvieron de las cartas de INEGI.

#### Factor LS

El factor LS se calculó aplicando las ecuaciones usadas en RUSLE (Renard et al., 1997) y teniendo como punto de partida un modelo digital de elevaciones (MDE), elaborado mediante imágenes Lidar de INEGI y su posterior rasterización e interpolación en ArcGis. El factor LS se calculó a partir del producto de los subfactores longitud (L) y pendiente (S) del terreno, los cuales se calcularon con las siguientes expresiones algebraicas (McCool et al., 1987 y 1989, y Foster et al., 1977):

$$L = (A / 22.13) m \quad (2)$$

$$m = 1 / (1 + b) \quad (3)$$

$$1 = \{(\text{sen } e / 0.0896) / [3.0 (\text{sen } e)0.8 + 0.56]\} * r \quad (4)$$

$$S = 10.8 \text{ sen } e + 0.03; \text{ para } p < 9\% \quad (5a)$$

$$S = 16.8 \text{ sen } e - 0.50; \text{ para } p \geq 9\% \quad (5b)$$

donde:

- A: longitud del terreno (m)
- m: exponente variable según 1 relación erosión en surco a erosión en entresurco
- e: ángulo de inclinación del terreno
- n: pendiente del terreno (%)
- r: coeficiente igual a: 0.5, en tierras forestales o pastizales; 1.0, en terrenos agrícolas; y 2.0, en sitios de construcción

La distribución espacial de L dentro de la poligonal del campo se determinó mediante el MDE de Lidar y aplicando la aproximación usada en CALSITE (Bolton et al., 1995), citado por Barrios (1999):

$$A = (\text{área acumulada de flujo} / 3.1416)^{0.5} \quad (6)$$

El área acumulada de flujo se calculó mediante el algoritmo de Biesemans (1997), el cual determina el área acumulada de drenaje hasta cada celda a partir del MDE de Lidar (Barrios, 1999). La distribución espacial de la pendiente del terreno (p) se derivó directamente del MDE usando el análisis de superficie en ArcGis.

Factor C

El factor C se determinó, de manera distribuida en el espacio para los escenarios de cobertura vegetal, asignando valores de C a cada tipo de vegetación siguiendo una simplificación de la metodología de Dissmeyer y Foster (1982).

Factor P

Se asignó un valor del factor P en función de las prácticas de conservación evaluadas por este factor en cada uso del suelo.

## VI.9 Infiltración

Para la medición de la infiltración en campo se utilizó el método de cilindros concéntricos, el cual es uno de los más utilizados por su simplicidad. El método consiste en dos cilindros de acero con un diámetro de 32 y 50 cm, los cuales se clavan en el suelo a una profundidad de al menos 10 cm. Estos cilindros presentan un espesor de 3 mm. El extremo superior de los anillos se les hace una pestaña de aproximadamente 13 mm de longitud, para

facilitar los golpes al introducirlos en el suelo. El extremo inferior se hace afilado para facilitar la penetración.

Para la realización de las pruebas se buscaron terrenos nivelados, con una superficie libre de objetos que favoreciera el normal desarrollo de la prueba. Al colocar los cilindros, se evitó dañar la estructura del suelo, asegurándose que los cilindros se mantuvieran verticales al momento de clavarlos.

Los cilindros se colocaron de manera concéntrica. Para iniciar la prueba se llenó con agua el espacio definido por los dos cilindros, para lo cual se dejó infiltrar el agua 10 minutos. Pasado este tiempo se llenó hasta una altura conocida del cilindro interno y se toman medidas de la lámina infiltrada a intervalos de tiempo regulares. Con estos datos pareados se construyó la gráfica Velocidad de infiltración vs. Tiempo, para obtener el valor de la infiltración básica.

Los sitios seleccionados para las pruebas fueron la superficies o peras de perforación, las áreas perturbadas por excavaciones y los terrenos naturales adyacentes a caminos.

## **VI.10 Calidad del aire**

La metodología original sometida a la ASEA proponía la medición de la calidad del aire en tres sitios. Sin embargo, debido a problemas de acceso causados por los sindicatos locales, el estudio comprendió únicamente la instalación de equipos automáticos de monitoreo atmosférico en dos sitios (Fig. VI.3). La ubicación de estos sitios fue definida de acuerdo con los siguientes criterios: suministro de corriente eléctrica para los equipos, el que no existieran estructuras tales como árboles y edificios altos que pudieran cubrir o inhibir el flujo de contaminantes y los vientos predominantes de la zona. Los parámetros medidos se enlistan en la Tabla VI.4. A continuación se da una breve descripción de los parámetros medidos, así como de los métodos usados en cada caso.





**Figura VI.3. Ubicación de los sitios para la Medición de Calidad del Aire (puntos verdes). Las coordenadas geográficas de los puntos pueden verse en el Anexo VI.3**

### **Monóxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)**

El método de muestreo se realizó de acuerdo a la NOM-034- SEMARNAT-1993 y el principio de análisis se realizó mediante Correlación por Filtro de Gas. El equipo de detección de Monóxido de Carbono, fue calibrado un día antes del muestreo. Las características de los equipos usados, su certificación y los fundamentos de la técnica se muestran en el Anexo VI.2.

### **Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>)**

El método de muestreo fue el estipulado en la NOM-037-SEMARNAT-1993, cuyo principio de análisis se basa en Quimioluminiscencia. Las características de los equipos usados, su certificación y los fundamentos de la técnica se muestran en el Anexo VI.2.

### **Bióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)**

El método de muestreo fue el de la NOM-038-SEMARNAT-1993, cuyo principio de análisis es la Fluorescencia. Las características de los equipos



usados, su certificación y los fundamentos de la técnica se muestran en el Anexo VI.2.

### **Hidrocarburos Totales**

Este parámetro se determinó por el método 25 Y 25<sup>a</sup> de EPA, basado en Ionización de Flama. Las características del los equipos usados, su certificación y fundamentos técnicos se muestran en el Anexo VI.2.

### **Ozono (O<sub>3</sub>)**

El método de muestreo corresponde al de la Norma Oficial Mexicana NOM-036- SEMARNAT-1993, cuyo principio de análisis es la Fotometría Ultravioleta. Las características del los equipos usados, su certificación y los fundamentos de la técnica se muestran en el Anexo VI.2.

### **Acido Sulfhídrico (H<sub>2</sub>S).**

Este elemento se analizó por Fluorescencia, cuyo principio se basa en que las moléculas de SO<sub>2</sub> se absorben luz Ultravioleta (UV) y llegan a ser excitadas a una determinada longitud de onda, después decaen a un estado de baja energía emitiendo luz UV a una diferente longitud de onda. Esta emisión fluorescente puede ser detectada por un tubo fotomultiplicador altamente sensible. Las características del los equipos usados, su certificación y los fundamentos de la técnica se muestran en el Anexo VI.2.

### **Partículas Suspendidas Totales (PST),**

El método de muestreo siguió lo estipulado en la NOM-035-SEMARNAT-1993, cuyo principio de análisis es Gravimétrico. Las características del los equipos usados, su certificación y los fundamentos de la técnica se muestran en el Anexo VI.2.

### **Partículas Menores a 10 Micras (PM-10) y Partículas Menores a 2.5 Micras (PM-2,5).**

El métodos de muestreo se basó en el *Code of Federal Regulations 40, Part 50, Apendix M, 2001*, cuyo principio de análisis es Gravimétrico. Las características del los equipos usados, su certificación y los fundamentos de la técnica se muestran en el Anexo VI.2.

**Tabla VI.4. Parámetros de Calidad del Aire Medidos en el Campo 9 Fortuna Nacional, de acuerdo a la Guía SEMARNAT/ASEA.**

Parámetro	Norma de referencia del laboratorio	Normatividad aplicable
Bióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	NOM-023-SSA1-1993 / NOM 037 SEMARNAT-1993	NOM-037-SEMARNAT-1993 / NOM- 023 -SAA1-1993
Óxido nítrico (NO)		
Óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> )		
Ozono (O <sub>3</sub> )	NOM-020-SSA1-1993 / NOM 036 SEMARNAT-1993	NOM-020-SSA1-2014
Oxido de carbono (CO)	NOM-021-SSA1-1993 / NOM 034 SEMARNAT-1993	NOM-021-SAA1-1993
Partículas suspendidas (PST)	NOM-035-SEMARNAT-1993	NOM-035-SEMARNAT-1993
PM <sub>10</sub> y PM <sub>2.5</sub>	NOM-025-SSA1-2014 Code of Federal Regulations 40, Part 50, Apéndice J	NOM-025-SSA1-2014
H <sub>2</sub> S	NOM-038-SEMARNAT-1993	
SO <sub>2</sub>	NOM-022-SSA1-1993 / NOM 038 SEMARNAT-1993	NOM-022-SSA1-1993 / NOM-038-SEMARNAT-1993
Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP)	US EPA 25 FEB 2000	
Hidrocarburos aromáticos policíclicos polinucleares (HAP)	EcoChem PAS 2000 CE	

### VI.11 Calidad de agua

Con la intención de vincular las actividades humanas actuales con la calidad del agua del área de estudio, las muestras fueron tomadas en cuerpos de agua y pozos artesianos localizados dentro de un rango de 150m alrededor de los pozos y/o de asentamientos humanos. Esta distancia fue establecida con base en mediciones empíricas del área de influencia que tienen las actividades petroleras, tales como la perforación de pozos y la construcción de ductos (PEMEX 2013, 2014 y 2016). La ubicación de los puntos de muestreo puede apreciarse en la figura VI.4, así como en el servidor de mapas del proyecto ([www.ecodatumsig.com](http://www.ecodatumsig.com).) y en el anexo VI.1.



**Figura VI.4. Sitios de Muestreo de Calidad del Agua para Cuerpos Dulceacuícolas y Pozos Artesianos. Las coordenadas geográficas pueden verse en el Anexo VI.3**

En todos los sitios (cuerpo dulceacuícola y pozos) las muestras fueron tomadas por laboratorio certificado para los parámetros marcados en la guía SEMARNAT/ASEA (Tabla VI.5).

**Tabla VI.5. Parámetros de Calidad del Agua Medidos en el Campo Fortuna Nacional. de acuerdo a la Guía SEMARNAT/ASEA.**

Parámetro	Norma de referencia del laboratorio	Normatividad aplicable
Potencial hidrógeno (pH)	NMX-AA-008-SCFI-2011	NOM-127-SSA1-1994 / NOM-001-SEMARNAT-1996
Temperatura	NMX-AA-007-SCFI-2013	NOM-001-SEMARNAT-1996
Sólidos suspendidos totales (SST)	NMX-AA-034-SCFI-2001	NOM-001-SEMARNAT-1996 / CE-CCA-001/89
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	NMX-AA-028-SCFI-2001	NOM-001-SEMARNAT-1996
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	NMX-AA-030/1-SCFI-2012	NOM-001-SEMARNAT-1996
Hidrocarburos totales de Petróleo (HTP)		NOM-143-SEMARNAT-2003
Fracción Ligera	EPA 8015 D-2003	



Fracción Media	EPA 8015 D-2003	
Fracción Pesada	EPA 3510C-1996 / EPA 1664-1999	
Zinc Total (Zn)	EPA 6010C-2007	NOM-127-SSA1-1994 / NOM-001-SEMARNAT-1996 / CE-CCA-001/89
Cadmio (Cd)	EPA 6010C-2007	NOM-127-SSA1-1994 / NOM-001-SEMARNAT-1996
Plomo (Pb)	EPA 6010C-2007	NOM-127-SSA1-1994 / NOM-001-SEMARNAT-1996 / CE-CCA-001/89
Cobre (Cu)	EPA 6010C-2007	NOM-127-SSA1-1994 / NOM-001-SEMARNAT-1996
Cromo Total (Cr)	EPA 6010C-2007	NOM-127-SSA1-1994 / NOM-001-SEMARNAT-1996 / CE-CCA-001/89
Mercurio (Hg)	NOM-117-SSA1-1994	NOM-127-SSA1-1994 / NOM-001-SEMARNAT-1996
Níquel (Ni)	EPA 6010C-2007	NOM-001-SEMARNAT-1996 / CE-CCA-001/89
Coliformes fecales	NMX-AA-042-2015	NOM-127-SSA1-1994 / NOM-001-SEMARNAT-1996 / CE-CCA-001/89
Coliformes totales	NMX-AA-042-2015	NOM-127-SSA1-1994 / NOM-001-SEMARNAT-1996 / CE-CCA-001/89
Salinidad	SM 2520-Ed.20th 1998	Internacionales de referencia* / CE-CCA-001/89
Oxígeno disuelto	NMX-AA-012-SCFI-2001	Internacionales de referencia* / CE-CCA-001/89
Turbidez	NMX-AA-038-SCFI-2001	NOM-127-SSA1-1994 / CE-CCA-001/89
Fluorescencia	Internacionales de referencia*	Internacionales de referencia*
Clorofila a	SM 10200H Ed 19 -1995	Strickland y Parsons
Hidrocarburos aromáticos policíclicos polinucleares (HAP)	EPA 8270 D-2007	Internacionales de referencia*
Hidrocarburos monoaromáticos BTEX	EPA 8260C-2006	Internacionales de referencia*
Amonio (NH4)	NMX-AA-026-SCFI-2010	NMX-AA-026-SCFI-2010
Nitritos (NO2)	NMX-AA-099-SCFI-2006 / EPA 353.2 - 1993	NOM-127-SSA1-1994 / CE-CCA-001/89
Nitratos (NO3)	NMX-AA-079-SCFI-2001 / EPA 353.2 - 1993	NOM-127-SSA1-1994 / CE-CCA-001/89



Fosfatos (PO <sub>4</sub> )	NMX-AA-029-SCFI-2001	Internacionales de referencia* / CE-CCA-001/89
Silicatos (H <sub>3</sub> SiO <sub>4</sub> )	Internacionales de referencia*	Internacionales de referencia* / CE-CCA-001/89
Hierro (Fe)	NOM-117-SSA1-1994	NOM-127-SSA1-1994 / CE-CCA-001/89
Bario	EPA 6010C-2007	NOM-127-SSA1-1994 / CE-CCA-001/89
Cobalto (Co)	EPA 6010C-2007	Internacionales de referencia*
Vanadio (V)	EPA 6010C-2007	Internacionales de referencia*
Estaño (Sn)	EPA 6010C-2007	Internacionales de referencia*

\*Los parámetros indicados no se encuentran regulados por la legislación mexicana vigente. Los resultados de estos análisis se comparan con estándares de referencia bibliográficos o internacionales.

## VI.12 Calidad de sedimento (en sistemas acuáticos)

Ante la ausencia de normas que establezcan los métodos de muestreo para sedimentos acuáticos, la toma de muestras se realizó de acuerdo al manual INECC-CCA (2010). Los muestreos se realizaron superficialmente (1-15cm), en los mismos sitios propuestos para calidad del agua (Fig. VI.4). La toma de muestras estuvo a cargo del mismo laboratorio que tomó las muestras de agua, el cual mantuvo la cadena de custodia y realizó la determinación de todos los parámetros de la Guía SEMARNAT/ASEA (Tabla VI.6).

**Tabla VI.6. Parámetros de Calidad del Sedimento Medidos en Fortuna Nacional**

Parámetro	Norma de referencia del laboratorio	Norma de referencia para LMP
Cadmio (Cd)	NOM-004-SEMARNAT-2002	NOM-147-SEMARNAT/SAA1-2004 / NOM-004-SEMARNAT-2002
Plomo (Pb)		NOM-147-SEMARNAT/SAA1-2004 / NOM-004-SEMARNAT-2003
Cromo Total (Cr)		NOM-147-SEMARNAT/SAA1-2004 / NOM-004-SEMARNAT-2004
Mercurio (Hg)		NOM-147-SEMARNAT/SAA1-2004 / NOM-004-SEMARNAT-2005

Níquel (Ni)		NOM-147-SEMARNAT/SAA1-2004 / NOM-004-SEMARNAT-2006
Vanadio	EPA 6010C-2007	NOM-147-SEMARNAT/SAA1-2004
Plata	EPA 6010C-2007	NOM-147-SEMARNAT/SAA1-2004
Bario	EPA 6010C-2007	NOM-147-SEMARNAT/SAA1-2004
Selenio	EPA 6010C-2007	NOM-147-SEMARNAT/SAA1-2004
Hierro (Fe)	EPA 6010C-2007	Internacionales de referencia*
Zinc Total (Zn)	NOM-004-SEMARNAT-2002	NOM-004-SEMARNAT-2002
Cobre (Cu)		
Argón	Internacionales de referencia*	Internacionales de referencia*
Litio	EPA 6010C-2007	Internacionales de referencia*
Manganeso	EPA 6010C-2007	Internacionales de referencia*
Molibdeno	EPA 6010C-2007	Internacionales de referencia*
Estaño	EPA 6010C-2007	Internacionales de referencia*
Materia orgánica (MO)	NOM-021-SEMARNAT-2000 7.1.7(Método AS-07)	NOM-021-SEMARNAT-2000
Carbono orgánico total	NOM-021-SEMARNAT-2000 (AS-07)	NOM-021-SEMARNAT-2001
Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP)	Internacionales de referencia*	Internacionales de referencia*
Fracción Ligera	NMX-AA-105-SCFI-2014	
Fracción Media	NMX-AA-145-SCFI-2008	Internacionales de referencia*
Fracción Pesada	NMX-AA-134-SCFI-2006	Internacionales de referencia*
Hidrocarburos aromáticos policíclicos polinucleares (HAP)	NMX-AA-146-SCFI-2008	Internacionales de referencia*
Granulometría	ASTM-E11-13	Internacionales de referencia*
Textura del sedimento	NOM-021-SEMARNAT-2000 7.3.24Método AS-09	NOM-021-SEMARNAT-2000
Contenido del oxígeno	SM 2710AB	Internacionales de referencia*
Redox	SM 2580 B Mod.	Internacionales de referencia*

\*Los parámetros indicados no se encuentran regulados por la legislación mexicana vigente. Los resultados de estos análisis se comparan con estándares de referencia bibliográficos o internacionales.

## **VI.13 Caracterización del Suelo**

### VI.13.1 Investigación Histórica

Con base en reportes oficiales de derrames o accidentes se realizó una investigación histórica para establecer las actividades que pudieran haber causado contaminación del suelo, el subsuelo y los mantos acuíferos. Entre las fuentes de información que se consultaron están las siguientes:

- a) PEMEX. Procedimiento Operativo para el Registro de Pasivos Ambientales (PO-AM-OP-0002-2015).
- b) PROFEPA. Denuncias de derrames o accidentes
- c) CONAGUA. Inventario de descargas y denuncias de contaminación.
- d) Protección Civil Municipal. Estudios de riesgos ambientales y denuncias de derrames o accidentes
- e) Entrevistas a Informantes Clave. Preguntas dirigidas a dueños de predios donde existan actividades petroleras o con manejo de residuos.

A partir de estas fuentes se integró la información referente a la ubicación, descripción y uso actual del sitio contaminado, incluyendo los cuerpos de agua que existan en el lugar y si la autoridad del agua fue informada de algún daño a los mismos. De igual forma se trató de determinar el tipo de contaminante, la cantidad aproximada de liberación, así como el área y volumen de suelo dañado.

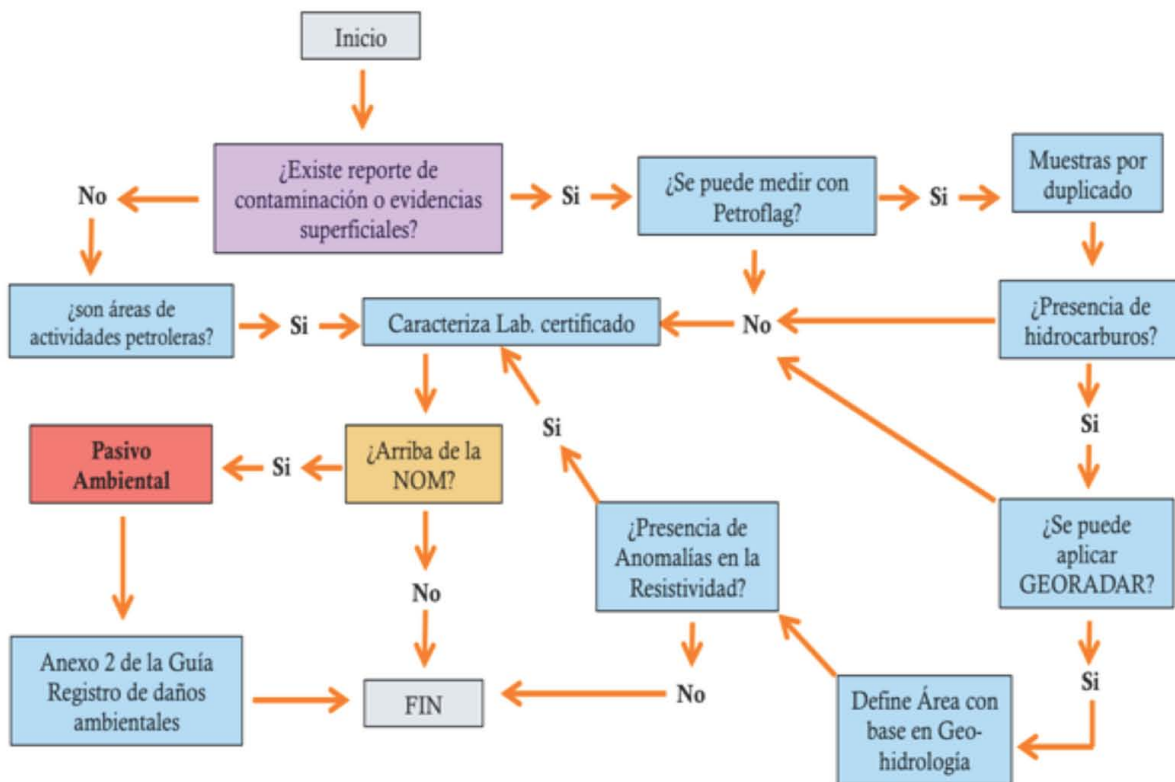
Para el caso de Bifenilos Policlorados se buscó evidencia histórica del uso y, en su caso, retiro y adecuada disposición de elementos que contuvieran estos compuestos (ej. transformadores).

### VI.13.2 Selección entre Métodos Indirectos y Directos

Los accidentes relacionados con derrames de hidrocarburos dentro del Área Contractual, encontrados como resultado de la investigación histórica documental y de otros medios (denuncias, encuestas, entrevistas, etc.), fueron inicialmente caracterizados con métodos indirectos y/o directos para determinar su grado de contaminación. Los métodos indirectos utilizados fueron los de Petroflag, la cual es una técnica rápida para determinar

hidrocarburos en suelo y Georadar, la cual identifica irregularidades de resistividad en el subsuelo que pueden estar asociadas a derrames de hidrocarburos. La descripción y el alcance de los métodos se describe en el Anexo VI. 4.

Los métodos de Petroflag y Georadar se complementan con el método directo de la toma de muestras de laboratorio certificado. El árbol de decisiones para la selección y secuencia de los métodos se muestra en la Figura VI.5.



**Figura VI.5. Árbol de decisiones para la aplicación de los métodos indirectos y directos en la identificación de daños pre-existentes**

### VI.13.3 Plan de Muestreo y Toma de Muestras

#### *Hidrocarburos.*

Tal y como se indica en la figura VI.4, las muestras de laboratorio certificado se utilizaron para identificar la presencia de hidrocarburos en instalaciones



petroleras, independientemente de si en estos sitios existían antecedentes de accidentes o se tenían evidencias de contaminación por los métodos indirectos. Al igual que en el factor agua, para la ubicación de los sitios de muestreo de suelo se definió un área de influencia inmediata a los sitios con actividades humanas, sobretodo las referentes a la industria petrolera (pozos y ductos). Para el caso de los pozos, a partir de la ubicación central de la válvula principal, se procedió a delinear la plataforma o pera de perforación, utilizando para ello una imagen de alta resolución (Fig. VI.6). Con base en la superficie de dicho polígono y la tabla 4 de la NOM-138-SEMARNAT-SS/2012, se determinó el número de puntos posible de muestreo. Este número de puntos se respetó en lo posible, añadiendo o eliminado algunos puntos con la finalidad de tener un muestreo en forma de retícula.

De los puntos de la retícula establecida, inicialmente se tomaron cuatro puntos alrededor de la válvula de cada pozo. Si los resultados de laboratorio identificaban presencia de hidrocarburos, pero estos estaban por debajo de la NOM, se ampliaba el numero de muestras desde el centro de la válvula a la periferia, repitiendo el proceso hasta que las muestras no detectaran presencia de hidrocarburos. Si las primeras cuatro muestras no indicaban presencia de contaminantes, se daba por terminada la caracterización. Si cualquiera de las muestras presentaba contaminantes por encima de la NOM se procedía a tomar el número de muestras que correspondía a la superficie afectada de acuerdo a la NOM-138.



**Fig. VI.6. Delineación del área de influencia en pozos petroleros para la toma de muestras de suelo. Ubicación de la válvula del pozo (punto rojo), delimitación de la plataforma de perforación (línea azul) y ubicación de los puntos de muestreo (puntos naranja). Las coordenadas geográficas de los puntos pueden verse en el Anexo VI.3**

Además de la toma de muestras de suelo en áreas cercanas actividades humanas, se tomarán muestras superficiales en sitios con baja o nula perturbación antropogénica. Estos puntos de sitios "libres de contaminación" sirvieron para establecer el nivel de fondo de los hidrocarburos medidos en sitios contaminados. En cada uno de los sitios se tomaron muestras a 0.3 y 0.5m, determinándose en todas las muestras los parámetros marcados en la guía SEMARNAT/ASEA (Tabla VI.7). Siguiendo los lineamientos de la NOM, el laboratorio certificado tomo los duplicados que correspondieron en función del número de muestras.

**Tabla VI.7. Hidrocarburos y BTEX Medidos en Suelo del Campo Fortuna Nacional**

Parámetro	Norma de referencia del laboratorio	Norma de referencia para LMP
Hidrocarburos de Fracción Ligera	NMX-AA-105-SCFI-2014	NOM-138-SEMARNAT/SAA1-2012
Hidrocarburos de Fracción Media	NMX-AA-145-SCFI-2008	
Hidrocarburos de Fracción Pesada	NMX-AA-134-SCFI-2006	
HAPs	NMX-AA-146-SCFI-2008	
BTEX	NMX-AA-141-SCFI-2014	

### Metales Pesados

La toma de muestras de metales pesados siguió un esquema similar que el de hidrocarburos, con la excepción que para estos contaminantes no se usaron métodos indirectos y la norma de referencia para el muestreo fue la NOM-147. Al igual que con hidrocarburos, se tomaron muestras a dos niveles (0.3 y 0.5m), lo cual se realizó en las peras de los pozos, así como en áreas sin influencia antropogénica para establecer el factor de enriquecimiento de metales pesados. El listado de metales y el método empleado por el laboratorio certificado se muestra en la Tabla VI.8.

### Nota sobre Muestras de Suelos en Ductos.

Como resultado de la prospección de campo y la reconstrucción histórica, se sabe que en los ductos de Fortuna Nacional no existen reportes de accidentes. Aunado a lo anterior, debido a la dureza del terreno se requería de maquinaria pesada para la toma de muestras a la profundidad que se ubican dichos ductos. Por tal motivo, a diferencia de lo marcado en la metodología original, se decidió tomar solo cinco muestras de suelo

asociadas a los ductos, a una profundidad de 4m. Este cambio metodológico fue consultado y aprobado por la autoridad en la reunión realizada el 19 de septiembre del 2016, en las oficinas de la ASEA, para la presentación de los avances de la línea base.

**Tabla VI.8. Metales Pesados Medidos en Suelo del Campo Fortuna Nacional**

Análisis	Método
Arsénico	NOM 147 SEMARNAT/SSA1- 2004
Bario	
Berilio	
Cadmio	
Cromo Hexavalente	
Mercurio	
Níquel	
Plata	
Plomo	
Selenio	
Talio	
Vanadio	
pH	

#### VI.14 Biota terrestre

En la metodología original aprobada por la ASEA se propuso al estudio de tres unidades ambientales características. Sin embargo, debido a la falta de acceso causada por problemas entre la compañía y los sindicatos, se realizaron los siguientes ajustes. En el área de mayor concentración de pozos (Letra M en la Fig. VI.7), solo se pudieron realizar prospecciones visuales, mientras que en los sitios M1 y M2 de la misma figura se realizó la identificación, ubicación, y distribución de las especies como base para un análisis de abundancia y diversidad comparada entre sitios, enfatizando aquellas especies encontradas en alguna categoría de conservación.

Este acercamiento simplificado para la biota se justificó por las siguientes razones: a) la biota terrestre y acuática ha sido ampliamente descrita para el sitio en otros trabajos, b) La variaciones en la distribución, diversidad y abundancia deben medirse en ciclos largos (1-3 años) para obtener una línea base adecuada, c) más del 85% de la superficie del campo ha cambiado su estado natural por otros usos del suelo y d) los cambios en estas



variables bióticas son muy difíciles de vincular directamente a la industria petrolera o a cualquier otra actividad humana.

Para llevar a cabo la comparación entre sitios se calcularon diferentes índices ecológicos, como el de diversidad de Margalef y el de Shannon-Weaver, para cada grupo taxonómico. En primera instancia se compararon los datos obtenidos entre los sitios de muestreo. En segundo lugar, se realizó una comparación entre lo encontrado dentro del área contractual y lo reportado en la literatura especializada para la planicie de Tabasco. Para saber si las especies registradas se encuentran en alguna categoría de amenaza se consultará la NOM-059-2010 (2010), que establece las siguientes categorías: sujetas a protección especial (Pr), amenazada (A) y en peligro de extinción (P).

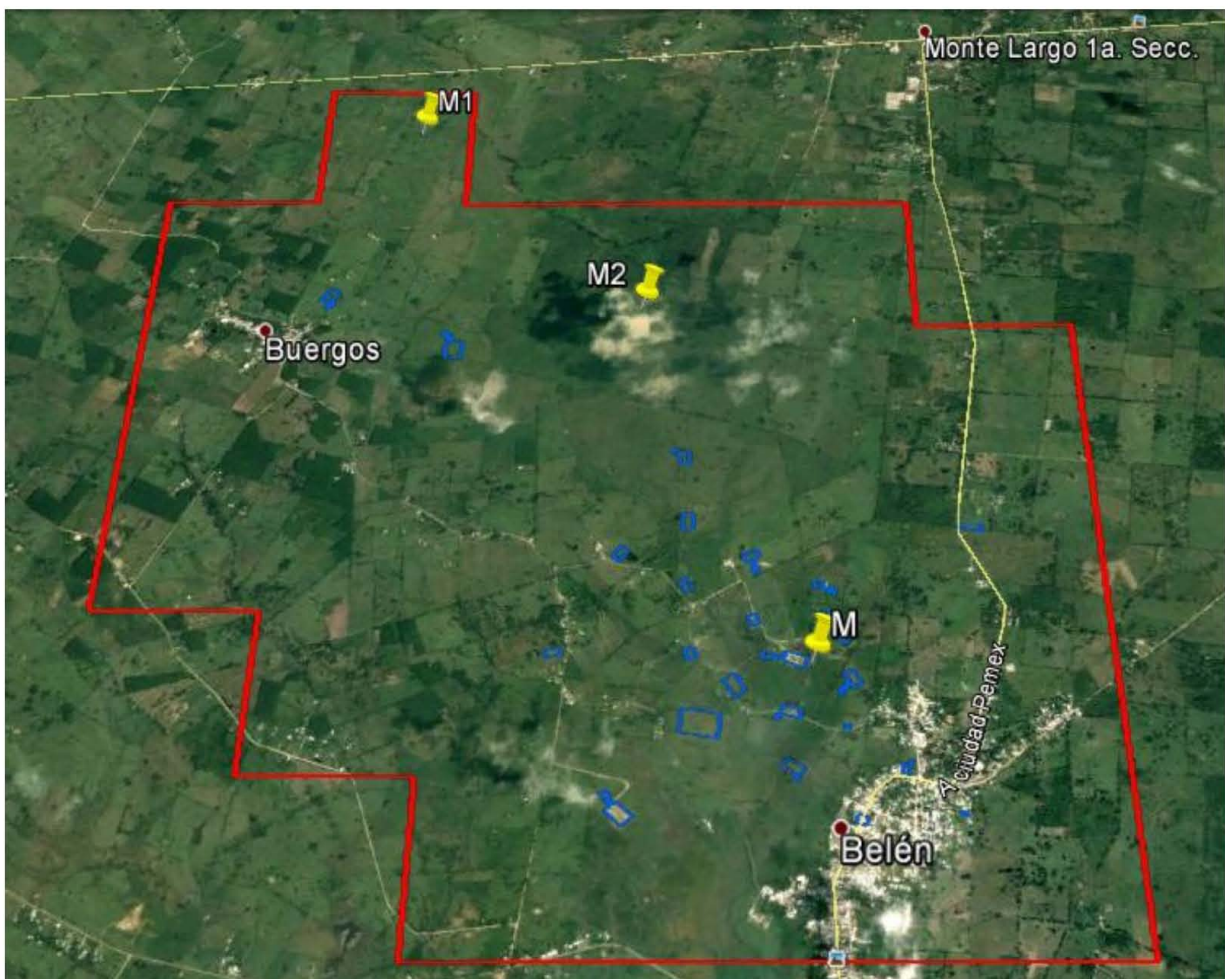


Figura VI.7. Sitios Seleccionados para el Muestreo de Flora y Fauna.



#### VI.14.1 Muestreo de Flora

Para la caracterización de la vegetación, se realizó un levantamiento florístico en los principales usos del suelo del área de estudio. Para tal fin se realizaron colectas e identificaciones *in situ* del material florístico utilizando claves taxonómicas especializadas. La caracterización de la vegetación se realizó mediante muestreos estandarizados de acuerdo con el método propuesto por A. Gentry (1982), utilizando un inventario de plantas leñosas en un área de 0.1 ha dentro de cada tipo de vegetación natural identificada. Dentro de esta área se midieron los siguientes parámetros:

*Altura.* Se midió de manera cuantitativa, mediante estadal o clinómetro.

*Diámetro* (área basal). Consistió en determinar la longitud de la recta que pasa por el centro del círculo y termina en los puntos en que toca toda la circunferencia (Romahn de la Vega et al., 1994). Esta medida sirvió, a su vez, para medir el área basal y el volumen del tronco de los árboles. El diámetro de los árboles se midió a una altura de 1.3 m de la superficie del suelo (DAP=diámetro a la altura del pecho) utilizando una cinta diamétrica, con una forcípula o con una cinta métrica. Este parámetro se usa generalmente en los estudios forestales, puesto que, con otros parámetros, como la densidad y altura, brindan un estimado del rendimiento maderable de un determinado lugar.

*Densidad.* Es un parámetro que permite conocer la abundancia de una especie o una clase de plantas. La densidad (D) es el número de individuos (N) en un área (A) determinada:  $D = N/A$ .

*Frecuencia.* Se define como la probabilidad de encontrar una especie en una unidad muestral y se mide en porcentaje. El cálculo se realizó mediante el registro de la presencia o ausencia de cada especie en cada línea de muestreo. La frecuencia absoluta, en este caso, fue el número total de registros de una especie en cada unidad muestral y la frecuencia relativa fue la relación de los registros absolutos de una especie y el número total de registros de todas las especies.

*Índice de Valor de Importancia (IVI).* Se calculó con base a tres parámetros principales: frecuencia, densidad y dominancia relativa de las especies leñosas, como una forma de ilustrar la composición de la flora (Stiling, 1999; Lamprecht, 1990). El máximo valor del IVI es de 300 e indica la importancia

estructural de una especie en particular respecto a la comunidad florística muestreada:

$$IVI = DeR + DoR + FR$$

De esta manera, cada valor relativo (Densidad, Dominancia y Frecuencia) es un porcentaje que varía entre 0 y 100, por lo tanto, la escala osciló entre 0 - 300. Si una especie presenta un valor de importancia = 300, querrá decir que en la comunidad únicamente se encuentra esa especie y que aprovecha la mayor parte de los recursos disponibles en el sitio.

*Perfiles vegetativos:* Para determinar la distribución espacial de la vegetación se elaboraron perfiles verticales y horizontales por cada tipo de vegetación natural del Área de Estudio.

*Riqueza florística.* La riqueza se refiere al número de especies pertenecientes a un determinado grupo de plantas en un área determinada.

*Diversidad florística.* La diversidad de especies considera tanto número de especies, como número de individuos (abundancia) de cada especie. Para calcular la diversidad florística del Área de Estudio, se utilizaron los índices de diversidad de especies y la riqueza de especies.

El inventario florístico del área del proyecto se obtuvo durante los muestreos sistemáticos, complementando con recorridos en el área de estudio para incluir aquellas especies de escasa ocurrencia y que probablemente no fueron contabilizadas en los muestreos. La identificación de las especies vegetales se realizó en campo, utilizando como material de apoyo guías botánicas ilustradas, claves dicotómicas, entre otras publicaciones para la región donde se ubica el proyecto. De las especies que no se identificaron en campo, se realizaron colectas con dos muestras como mínimo para su posterior identificación en herbario.

Como ya se mencionó con anterioridad, para evaluar el estatus de vulnerabilidad de las especies presentes en el área contractual, se revisó la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, "Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo", con la finalidad de establecer un plan de acción para el rescate y reubicación de las mismas.

#### VI.14.2 Muestreo de Fauna

Al igual que en el caso de flora, el muestreo de fauna se realizó en dos sitios con características propias (Fig. VI.7): a) EL área M1 con alta perturbación y caracterizada por la presencia de áreas agropecuarias y b) El área M2 caracterizada por la presencia de selva en buen estado de conservación. Aunado a lo anterior, se realizó un recorrido por el área de los pozos petroleros (denominado M) donde solo se inventarió la avifauna de manera visual, debido a que no contó con el permiso del sindicato local, ni de los dueños de los predios para la instalación de redes, ni trampas.

#### *Anfibios y Reptiles*

Los anfibios y reptiles se muestrearon a través del método de transectos lineales aleatorios con extensión variable y duración de tiempo de búsqueda de 30 min (Brower y Zar 1979). Además, se realizó la búsqueda intensiva en todas aquellas áreas donde se detectó actividad de cualquier individuo de ambos grupos (Fig. VI.8). Los muestreos para los anfibios se realizarán de preferencia al atardecer, mientras que para los reptiles se realizarán en la noche y en las mañanas a partir de las 09:00 h. Los anfibios y reptiles capturados y observados fueron identificados con base en las claves dicotómicas y guías de campo de Lee (1996); Flores-Villela y Canseco (2004) y Cedeño-Vázquez et al. (2006).

#### *Avifauna*

En cada unidad ambiental definida (M1 y M2) se realizaron observaciones *ad libitum* con binoculares, para registrar el mayor número de especies que estaban haciendo uso del área de estudio. El segundo día de trabajo en cada polígono se realizaron conteos desde el amanecer hasta aproximadamente las 10:00 h, ya que diferentes autores han demostrado que este es el período de mayor actividad de las aves (Salinas-Melgoza y Rentón 2005). Se empleó el método de parcela circular de radio fijo de 50m (Hutto et al. 1986) y entre parcelas se estableció una distancia de 250 m en el sitio M1 y de 300 m en el sitio M2, para lograr la independencia de los datos. Se trabajó en 10 parcelas y en cada una se anotaron todos los individuos vistos u oídos durante 10 min de observación. Todos los conteos se realizaron por parte de dos observadores entrenados para la identificación de las aves presentes en el área.



En cada unidad ambiental se utilizaron seis redes de niebla de 12 m de largo en los sitios M1 y M2 (Fig. VI.8), que se colocaron en los puntos que cumplieran con las condiciones necesarias (que pudieran enmascararse entre la vegetación y que estuviesen seguras para evitar su pérdida por robo o por roturas por impacto con ganado principalmente). Las redes se colocaron a una distancia de 50 m entre sí y se expusieron en dos horarios, en la tarde entre las 17:00–20:00 h y en las mañanas de 06:30–11:00 h. Las redes se utilizaron como un método complementario, para poder detectar a algunas especies de aves que no se logran observar o escuchar durante los muestreos. En todos los casos para la identificación de las aves se utilizaron las guías de campo de Howell y Webb (1995), Peterson y Chalif (1998), MacKinnon (2013) y la experiencia personal. El arreglo sistemático se basó en A.O.U. (2009). Para saber si las especies registradas se encontraban en alguna categoría de amenaza se consultó la NOM-051-2010 (2010), que establece las siguientes categorías: sujetas a protección especial (Pr), amenazada (A) y en peligro de extinción (P).



**Figura VI.8. Búsqueda intensiva de reptiles (a la izquierda) y colocación de redes (a la derecha) en la localidad de Monte Largo 1a. Sección, en el Municipio de Macuspana del Estado de Tabasco, durante el mes de agosto de 2016.**

### *Mamíferos*

Para el muestreo de los mamíferos de talla mediana, se usaron seis trampas Tomahawk distribuidas dentro de vegetación. Estas trampas fueron cebadas con sardina y se mantuvieron activas desde las 17:00 h y revisadas a la mañana siguiente. Aunado a lo anterior, se emplearon 80 trampas Sherman para la captura de roedores, las cuales fueron cebadas cada tarde a partir de las 16:00 h con avena y vainilla (Fig. VI.9). También se efectuaron



transectos cercanos al sitio con el fin de registrar rastros como huellas y excretas.

Para el caso los murciélagos, se utilizaron las mismas redes empleadas para la captura de aves en un horario de 19:30 a 24:00 h aproximadamente. Con la finalidad de registrar aquellas especies de murciélagos difíciles de capturar en redes, se empleó una técnica de Detección Acústica, utilizando un detector de murciélagos conocido como Batlogger (© Elekon AG). El detector se utilizó en ambos sitios de muestreo iniciando a grabación de sonidos ultrasónicos a partir de las 19:30 h y finalizando a las 20:30 h que es el período de mayor actividad de murciélagos. Las grabaciones se hicieron a una tasa de muestreo de 300 kHz. Los archivos obtenidos durante estas grabaciones se revisaron y analizaron mediante el software BatExplorer v. 1.11.3 (© Elekon AG).

Otra técnica utilizada fue la búsqueda de rastros y la observación de animales de forma azarosa. Adicionalmente se hicieron búsquedas intensivas de refugios diurnos usados por murciélagos, los cuales pueden ser troncos huecos, follaje, estructuras artificiales como alcantarillas, drenajes, construcciones, etc. La identificación taxonómica de los sonidos obtenidos se basó en bibliografía especializada, mientras que para la identificación de las especies de mamíferos se usaron guías de campo y claves dicotómicas (Aranda, 2000; Ceballos y Oliva, 2005; Medellín et al., 2008, Reid, 2008).



**Figura VI.9. Colocación de trampas para la captura de mamíferos pequeños y medianos en la localidad de Monte Largo 1a. Sección, en el Municipio de Macuspana del Estado de Tabasco, durante el mes de agosto de 2016. A la izquierda trampa Sherman y a la derecha trampa Tomahawk.**

Tal y como se mencionó al inicio de este apartado, para realizar la evaluación relativa entre sitios (M1 y M2), en primera instancia se compararon los datos obtenidos por cada grupo taxonómico (anfibios, reptiles, aves y mamíferos). Posteriormente se tomó en cuenta el total de especies que han sido reportadas de cada grupo taxonómico para el estado de Tabasco y se contrastó con el total de especies registradas en los alrededores de los sitios muestreados en Fortuna Nacional. En los casos que fue pertinente y los datos obtenidos lo permitieron se calculó el índice de diversidad Shannon-Weaver.

### **VI.15 Efectos biológicos**

Todos los contaminantes que rebasaron la Normatividad Mexicana o los estándares internacionales en agua, sedimento y/o suelo, fueron investigados a través de la bibliografía científica para describir su potencial tóxico en el ambiente, los organismos y la población humana.

### **VI.16 Áreas sensibles**

A partir del mapa de uso del suelo y vegetación 2016 del área contractual, se delimitaron las unidades ambientales que por su grado de conservación o protección resultaron prioritarias. A este mapa se superpusieron dos capas: a) el análisis de tendencias de cambio de uso del suelo (ver apartado VI.2) y b) las áreas donde se identificaron contaminantes por arriba de la NOM, junto con las áreas actuales con actividad petrolera. Con esta superposición se identificaron las áreas más sensibles o vulnerables del Campo.

### **VI.17 Paisaje**

A partir de recorridos de campo, la revisión de la literatura y la Cartografía Oficial se analizará el paisaje considerando su valor estético espacial, ambiental, social y territorial, de acuerdo al modelo Rojas y Kong (1988).

### **VI.18 Daños ambientales**

Con base en los resultados obtenidos en los apartados anteriores, se realizó una evaluación individual por cada uno de los temas desarrollados en la línea base, relacionándolo con la normatividad aplicable, para determinar el

efecto sobre los ecosistemas para identificar la existencia o no de daños pre-existentes o daño ambiental.

### **Identificación del daño ambiental.**

En forma similar al formato de una Manifestación de Impacto Ambiental convencional, para la identificación y evaluación de los daños ambientales se aplicaron los siguientes pasos metodológicos:

- La caracterización y diagnóstico ambiental a partir de la línea base, para determinar los indicadores ambientales o de estado.
- Determinación de las relaciones causa-efecto entre las acciones y los factores del medio, para determinar indicadores de presión.
- Definición del área de influencia, su posterior descripción y estudio del mismo.
- Elaboración de matrices de efectos y de la matriz de importancia.
- Determinación de la magnitud del impacto sobre cada factor.
- Estimación cuantitativa de impactos sobre los factores del medio y valoración final de los impactos que la actividad produce en su conjunto.
- Conclusiones.

### Indicadores de Impacto.

A fin de determinar cuáles son los indicadores de presión antropogénica sobre el sistema ambiental se consideró la metodología del modelo Presión Estado Respuesta (PER), promovido por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE 1977). A continuación se realiza una breve descripción del método PER, mismo que comprende los siguientes tres tipos de indicadores:

- Indicadores de presiones ambientales causadas por el hombre.
- Indicadores de las condiciones o calidad del ambiente y los recursos naturales.
- Indicadores de las respuestas de la sociedad a las presiones sobre el ambiente.



El modelo PER se basa en las causas que dan origen a la situación, presupone relaciones de acción y respuesta entre la actividad económica y el medio ambiente, y trata de responder preguntas simples como:

- ¿Qué está afectando el ambiente?
- ¿Cuál es el estado actual del medio ambiente?
- ¿Qué estamos haciendo para mitigar o resolver los problemas ambientales?

Los indicadores de presión describen las presiones ejercidas sobre el ambiente por las actividades humanas. Estos indicadores se clasifican en dos grupos: de presión directa y de presión indirecta sobre el ambiente. Los primeros corresponden a las externalidades creadas por las actividades humanas, como por ejemplo el volumen de residuos generados y la emisión de contaminantes atmosféricos. Los segundos corresponden a tendencias en las actividades que crean externalidades ambientales, como por ejemplo las características de la planta vehicular e industrial (OCDE 1996, Salazar 1999).

Los indicadores de estado se refieren a la calidad del ambiente, así como a la cantidad y estado de los recursos naturales. Este tipo de indicadores incluye los efectos a la salud de la población y a los ecosistemas causados por el deterioro de la calidad ambiental. Finalmente, los indicadores de respuesta presentan los esfuerzos realizados por la sociedad o por las autoridades para reducir o mitigar la degradación del ambiente. Estos indicadores son de los que menos avance se tiene, ya que la complejidad de medir cuantitativamente cómo una acción de respuesta contribuye a la solución de un problema ambiental (SEMARNAP 1999).

#### *Clasificación de los indicadores por Niveles.*

El Instituto de Recursos Internacionales (WRI por sus siglas en inglés), propone para la determinación de los indicadores, dividirlos en tres tipos (Hammond *et al.* 1995):

- Los que analizan la oferta ambiental, es decir, que permiten detectar la existencia de recursos.
- Los que analizan la sensibilidad o vulnerabilidad ambiental, es decir, que detectan procesos de degradación ambiental.

- Los que analizan la producción, es decir, que establecen los problemas de rendimiento cuando se analizan los procesos naturales con base en recursos naturales.

Asimismo, para la determinación de indicadores, se tomó en cuenta las recomendaciones que propone la OCDE (1996), los cuales deben de tener características que les permitan ser funcionales, entendibles y aplicables a cuestiones prácticas:

- Proporcionar una visión de las condiciones ambientales, presiones ambientales o respuestas de la sociedad.
- Ser sencillo y fácil de interpretar y capaz de mostrar las tendencias a través del tiempo.
- Ser aplicable a escala nacional o regional, según sea el caso.
- Proporcionar una base para las comparaciones internacionales.
- Debe existir un valor de referencia contra el cual se pueda comparar el valor del indicador, facilitando así su interpretación en términos relativos.
- Debe tener congruencia teórica y consistencia científica.
- Debe basarse en consensos internacionales.
- Debe ser capaz de relacionarse con modelos económicos.
- Los datos utilizados deben generarse con una "razonable" relación costo/beneficio.
- Los datos utilizados deben ser de calidad, estar bien documentados y validados
- Los datos utilizados deben poder actualizarse a intervalos regulares.

De acuerdo a las características de los indicadores, se establece un orden jerárquico, el cual discrimina las relaciones entre las categorías establecidas, y permite determinar la tipología del ecosistema, manifestándose por la interacción de indicadores a diferentes niveles (Salazar 1999). Estos niveles son:

#### *Indicadores de Tercer Nivel.*

Son los indicadores macros: abióticos, bióticos y socioeconómicos; son conocidos como subcomponentes del sistema ambiental.

*Indicadores de Segundo Nivel.*

Son indicadores que definen patrones de importancia en el área estudiada y agrupan indicadores específicos de primer nivel, son conocidos como los diferentes factores de cada uno de los subcomponentes. Los indicadores de segundo nivel son elementos clave de los medios geológico, geomorfológico, climatológico, hidrológico edáfico, de la vegetación y fauna, así como de los medios social, económico, cultural, demográfico y paisajístico, que tienen interacción directa con el proyecto.

*Indicadores de Primer Nivel o Específicos.*

Son cuantificables y calificables, se caracterizan porque determinan patrones espaciales y funcionales de los ecosistemas, definiendo unidades ecológicas y de paisaje. A estos indicadores se les debe hacer un análisis de influencia- dependencia, con el objeto de identificar cuáles son los más importantes y cuáles son los más vulnerables dentro del ecosistema. La tabla VI.9 esquematiza los componentes o indicadores de tercer nivel hasta llegar a los indicadores específicos o de primer nivel.

Existen diferentes métodos para poder determinar qué indicadores son los que tienen una mayor influencia en el medio en estudio (matriz del ecosistema, análisis influencia-dependencia, etc.). Sin embargo, en todos los casos se requiere que esta información esté sustentada en valores cuantificables, con una metodología estandarizada y que se cuente con la información base, que permita realizar un seguimiento durante la realización y operación del proyecto en estudio (Salazar 1999).

**Tabla VI.9. Clasificación de Indicadores por Niveles**

Componentes (Nivel III)	Factores (Nivel II)	Indicadores (Nivel I) "Daño Ambiental"
Medio Abiótico	Suelo	Erosión Contaminación
	Agua	Contaminación
	Aire	Contaminación Niveles de Ruido



Medio Biótico	Flora	Cobertura Índice de diversidad. Especies Protegidas
	Fauna	Índice de diversidad. Especies Protegidas
	Paisaje	Calidad Fragilidad

Considerando lo anterior, en el presente estudio, se consideraron indicadores de Nivel II (Salazar, 1999) basados en la información medioambiental, pasando posteriormente a indicadores de Nivel I dentro de la misma metodología de Evaluación de Impacto Ambiental. Toda esta información fue tomada de los diferentes temas del estudio de línea ambiental. Los indicadores Nivel I proporcionaron un escenario o un esquema fino del daño causado por cada factor.

La aproximación de indicadores por nivel así realizada tuvo congruencia con la guía SEMARNAT/ASEA, la cual propone de manera enunciativa más no limitativa los componentes y factores ambientales de la Tabla VI.10, para ejemplificar y tipificar los posibles daños ambientales.

**Tabla VI.10 Factores Ambientales Ejemplificados en la Guía SEMARNAT/ASEA**

Componente	Factores	Daño ambiental
Edafología	Cantidad de suelos	Erosión en suelos
	Calidad de suelos	Contaminación del suelo por residuos sólidos, líquidos y/o sustancias peligrosas.
Geomorfología	Geoformas	Alteración de geoformas

Componente	Factores	Daño ambiental
	Estabilidad del relieve	Pérdida de la estabilidad del relieve
Hidrología Superficial	Calidad	Contaminación los cuerpos de agua presentes
	Escorrentías superficiales	Alteración en el flujo del patrón hidrológico superficial
Hidrología Subterránea	Infiltración de agua	Acuíferos sobreexplotados
Vegetación	Cobertura vegetal	Pérdida de cobertura vegetal originaria
	Individuos de especies vegetales	Evidencia de la pérdida de individuos de especies vegetales
	Individuos de especies en alguna categoría de la NOM- 059- SEMARNAT-2010	Evidencia de la pérdida de individuos de especies vegetales dentro de la NOM-059-SEMARNAT- 2010
	Biodiversidad	Evidencia de la pérdida de la biodiversidad
Fauna	Individuos de especies animales	Evidencia de la pérdida de individuos de especies animales
	Individuos de especies dentro de la NOM-059- SEMARNAT- 2010	Evidencia de la pérdida de individuos de especies animales dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010
	Hábitats	Reducción de hábitats
	Biodiversidad	Pérdida de la biodiversidad
	Corredores biológicos	Pérdida de corredores biológicos

### Criterio y metodologías de Evaluación del Daño Ambiental.

Como ya se mencionó con anterioridad, para la evaluación del Daño Ambiental se realizó una aproximación similar a la que se usa en los estudios de Impacto Ambiental Convencionales, donde se aplican criterios de valoración que posteriormente son sumados y ponderados.

#### Criterios.

Para evaluar la importancia de los impactos que se derivarán del proyecto, se aplicaron los criterios que proponen Conesa-Vitora (1993), los cuales se describe a continuación:

**Naturaleza** (Na): Considera si el impacto es negativo (-), positivo (+) o neutro.

**Intensidad** (I): Grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa. (Los valores pueden estar comprendido entre 1 a 12):

*Baja* (1).

*Media* (2).

*Alta* (4).

*Muy alta* (8).

*Total* (12).

**Efecto** (Ef): Se refiere a la relación causa efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de una acción:

*Indirecto* (secundario) (1).

*Directo* (4).

**Extensión** (Ex): Área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno de la actividad:

*Puntual* (1), si la acción produce un efecto muy localizado

*Total* (8), si tiene una influencia generalizada

*Parcial* (2), considera situaciones intermedias entre puntual y total.

*Extenso* (4) si el efecto se produce en un lugar crítico.

**Momento** (Mo): Plazo en que se manifiesta el impacto. Alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto:



*Largo Plazo* (1).

*Mediano Plazo* (2).

*Inmediato* (4).

*Critico* (8).

**Persistencia** (Pe): Se refiere al tiempo en que permanecerá el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción produce:

*Fugaz* (menor a un año), el valor es de (1).

*Temporal*, si dura entre 1 y 10 años, se le asigna un valor de (2).

*Permanente*, si la duración del efecto es superior a los 10 años, el valor es de (4).

**Reversibilidad** (Rv): Es la posibilidad de que una vez producido el impacto, el sistema afectado pueda volver a su estado inicial, ya sea de manera natural o aplicando medidas de mitigación:

*Corto Plazo*, se le asigna un valor (1).

*Medio Plazo* (2).

*Irreversible* o *Reversible* se le asigna el valor (4).

**Recuperabilidad** (Rc): Se refiere a las posibilidades de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del proyecto es decir, la posibilidad de retomar a las condiciones existentes previas a la actuación por medio de la intervención humana (introducción de medidas correctivas):

*Recuperable de Manera Inmediata*, se le asigna valor de (1).

*Recuperable a Mediano Plazo* se le asigna valor de (2).

*Mitigable*, toma un valor de 4.

*Irrecuperable* (alteración imposible de reparar por la acción natural, como por la humana, se da el valor de (8).

**Periodicidad** (Pr): La periodicidad se refiere a la regularidad de manifestaciones del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrencia (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular) o constante en el tiempo (efecto continuo):

*Irregular* o *aperiódico* y *discontinuo* (1).

*Periódico* (2).

*Continuo* (4).

**Sinergia** (Si): Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples:

*Sin Sinergismo* simple el valor se torna en (1),

*Sinérgico* (2).

*Altamente Sinérgico* (3).

**Acumulabilidad** (Ac): Es el incremento progresivo de la manifestación del efecto. Cuando una acción no produce efectos acumulativos, se valora como (1); Si el efecto es acumulativo el valor es de (4).

**Magnitud** o Importancia (Ma): De acuerdo a los criterios antes señalados y una vez realizada una lista de verificación "Check list", así como una matriz general de impactos ambientales (ver siguiente tabla) se procedió a la aplicación del siguiente algoritmo:

$$Ma = na (i + Ex + Mo + Pe + Rv + Si + Ac + Ef + Pr + Rc).$$

Una vez aplicado el algoritmo, se obtuvo el valor o magnitud que tuvo cada impacto sobre cada factor ambiental, de acuerdo con los siguientes criterios:

- Para el presente estudio el método seleccionado comprendió valores dentro del intervalo de 0 a 55. A partir de este rango se establecieron las siguientes categorías de impacto.
- Los que se mantuvieron con valores inferiores a 13 se consideraron **impactos irrelevantes o compatibles**.
- Los **impactos moderados** fueron aquellos en los que el cálculo de la importancia dio cifras entre 14 y 25.
- Se consideraron **impactos severos** aquellos que tuvieron cifras de importancia comprendidas entre los números 26 y 40
- Se establecieron como **impactos críticos** a todos aquellos, cuyo valor de importancia fue superior a 41.

No obstante que la calificación de los indicadores arriba mencionados se realizó con base en criterios técnico-científicos, la valoración final de cada uno de ellos tuvo un sesgo metodológico, ya que el algoritmo creado para su cálculo esta en función del grado de manifestación cualitativa de los

atributos que en él intervienen y a todos los atributos se les da la misma importancia. Aunado a lo anterior, esta aproximación metodológica evalúa los criterios pero no toma en cuenta la distribución espacial de ellos dentro de los límites de la concesión. Para compensar estos dos inconvenientes, la evaluación de la magnitud de los impactos se realizó realizando un análisis multicriterio y realizando el análisis dentro del Sistema de Información Geográfica del proyecto.

### *Integración Mediante Sistema de Información Geográfica*

En relación con el párrafo anterior, con la finalidad del que el daño evaluado tuviera una representación espacial dentro del área de concesión y, por ende, permitiera establecer áreas prioritarias de atención, el método convencional de evaluación de impacto ambiental descrito con anterioridad se realizó dentro de un Sistema de Información Geográfica. Para ello, se generó un mapa para cada uno de los indicadores de daño ambiental.

A partir de los mapas de los indicadores, se crearon los mapas de valores asignando los criterios de daño ambiental referidos en páginas anteriores (intensidad, persistencia, sinergia, etc.). La sumatoria de estos valores dio como resultado el mapa integral de daño ambiental. Dicha sumatoria se realizó utilizando el módulo de álgebra de mapas de ArcGis. Con la finalidad de evitar sesgos en la valoración, a cada mapa se le asignó un valor ponderando su importancia. Esta asignación se realizó a través de un análisis multicriterio realizado por el panel de expertos multidisciplinario que participó en la elaboración de la línea base. Las metodologías del análisis multicriterio en ambiente SIG pueden consultarse en Malczewski (1999). Los detalles del análisis se describen en la sección de resultados.

### **Descripción de los daños ambientales**

Una vez calculado el valor del impacto sobre los factores ambientales, se realizó una descripción de los daños encontrados, de manera tal que quedó establecido con esa valoración los daños ambientales presentes en el área.

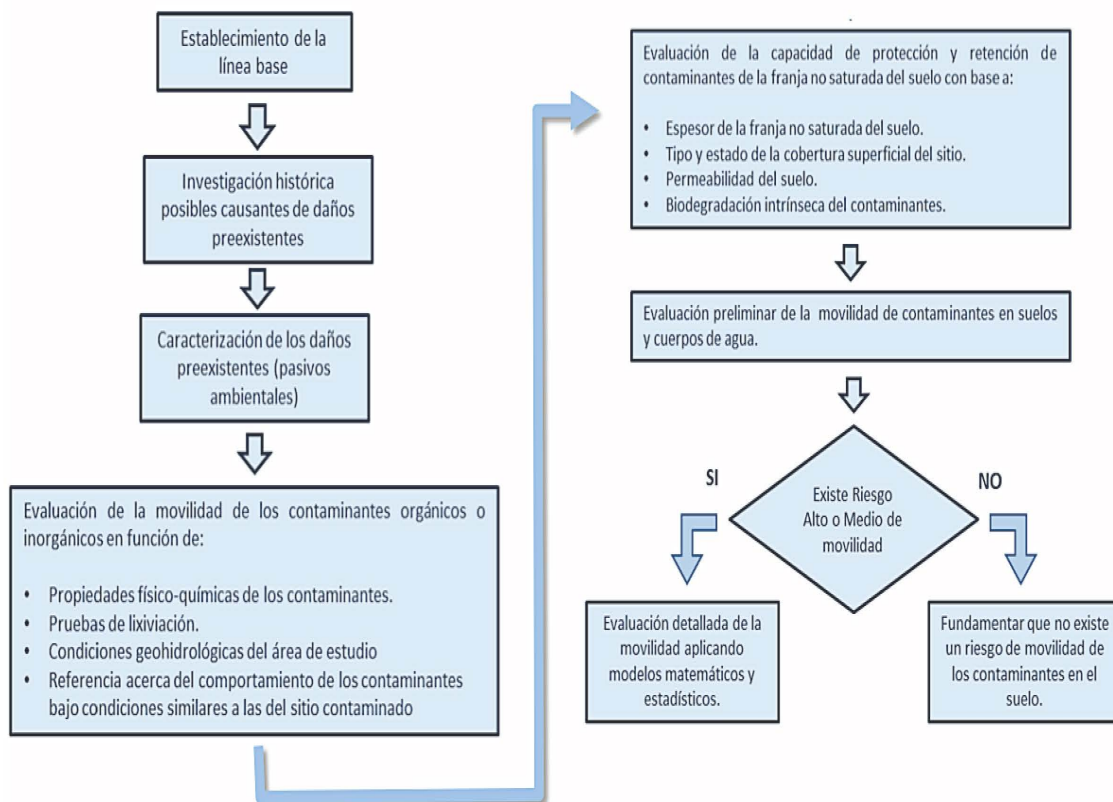


### VI.19 Daños Preexistentes

Para la identificación de los Daños Persistentes se siguieron las recomendaciones y pasos establecidos en la guía SEMARNAT/ASEA (Fig. VI.10), aplicando las adecuaciones pertinentes en función de los resultados de la línea base. Los apartados de este procedimiento se describen a continuación:

#### Investigación Histórica

Con la finalidad de identificar las posibles causantes del daño preexistente, así como enfocar el esfuerzo del muestreo y caracterización se realizó la recopilación documental de los sucesos que condujeron a la contaminación del suelo, el subsuelo y los mantos acuíferos, las condiciones geo-hidrológicas que prevalecieron en el sitio, así como la relación de quienes hubieren sido poseedores y de los usos que haya tenido el predio o predios en los cuales se localice el sitio contaminado.



**Figura VI.10. Diagrama Conceptual Sobre los Pasos para la Determinación de Daños Preexistentes (Tomado de la guía SEMARNAT/ASEA).**

Como ya se mencionó en la metodología del tema de caracterización de suelos, entre las fuentes de información con la que se realizó la investigación histórica están:

- a) PEMEX. Procedimiento Operativo para el Registro de Pasivos Ambientales (PO-AM-OP-0002-2015).
- b) PROFEPA. Denuncias de derrames o accidentes
- c) CONAGUA. Inventario de descargas y denuncias de contaminación.
- d) Protección Civil Municipal. Estudios de riesgos ambientales y denuncias de derrames o accidentes
- e) Entrevistas a Informantes Clave. Preguntas dirigidas a dueños de predios donde existan actividades petroleras o con manejo de residuos.

A partir de estas fuentes se integró la información referente a la ubicación, descripción y uso actual del sitio contaminado, incluyendo los cuerpos de agua que existan en el lugar y si la autoridad del agua fue informada de algún daño a los mismos. De igual forma se trató de determinar el tipo de contaminante, la cantidad aproximada de liberación, así como el área y volumen de suelo dañado.

También fue necesario conocer los antecedentes del sitio; si ha habido quejas por parte de la población o demandas, y establecer la relación, o negarla, de la contaminación con efectos adversos negativos reportados por la población. De igual forma fue necesario conocer la ocurrencia de decesos debido a la contaminación, tanto en animales como en seres humano, así como conocer la existencia de estudios previos del sitio para establecer la evolución de la contaminación.

#### Ubicación, descripción y uso actual del sitio contaminado

Dentro de los datos recabados para este apartado están el nombre de la instalación, así como su propietario y la ubicación del sitio con coordenadas geográficas y UTM. Así mismo, el tiempo de operación de la obra causante de la contaminación fue importante para poder realizar los cálculos de migración de los contaminantes en el sitio, así como los posibles daños causados a la población y el medio ambiente en el período que dejó de

operar y que fue abandonado (Vázquez 2007). De acuerdo con este mismo autor, se requirió conocer si el terreno presentaba barreras físicas y/o biológicas, para determinar las posibilidades y la facilidad que ha tenido la población o la fauna cercana al sitio de ingresar al sitio contaminado, y exponerse a la contaminación.

#### El tipo de contaminante y cantidad aproximada de liberación al ambiente.

Se recabó además la información necesaria para conocer el tipo de contaminante, la cantidad de ellos que están presentes en el sitio, su concentración, su estado de agregación, su mecanismo de transporte, su volumen aproximado y si el contaminantes se encuentra etiquetado, envasado y/o empacado.

#### El área y volumen de suelo dañado.

Como parte de la evaluación se estimó el área y volumen de sustrato contaminado, a partir de los resultados de concentración del contaminante, la extrapolación espacial de dichos datos (kriging) y la topografía del sitio. Aunado a lo anterior, utilizando los resultados del modelo BIOSCREEN4 se estimó el área y volumen potencial impactado.

#### El plan de muestreo establecido en las normas oficiales mexicanas

Tal y como se describió en el apartado de caracterización de suelos, el plan de muestreo estuvo basado en la NOM-138-SEMARNAT-SS/2012, la cual establece los lineamientos para la remediación de suelos contaminados por hidrocarburos. Sin embargo, dicho plan presentó ajustes en función de los resultados de la investigación histórica, atrayendo criterios de otras normas tales como la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, La NOM-021-RCNAT-2000, la NMX-AA-132-SCFI-2006, entre otras.

#### Toma de muestras de suelo

La ubicación de los sitios de muestreo y la toma de las muestras fueron descritos en el apartado VL.13 de caracterización de suelos.

#### La descripción de la metodología a aplicar para cada tipo de pruebas de campo o laboratorio.

La descripción de la metodología específica para cada contaminante esta descrita en los apartados VI.13 del presente documento



### Los resultados de las determinaciones analíticas de los contaminantes

Todos los resultados de los niveles de concentración de contaminantes fueron expresados en unidades convencionales que permitan su comparación con las Normas Nacionales e Internacionales. Los resultados oficiales de laboratorio se anexan en forma digital al documento final de la línea base.

### La descripción de las condiciones geológicas, geo-hidrológicas e hidrológicas, basada en los resultados obtenidos en el muestreo y pruebas de campo

Las características hidrológicas de los sitios contaminados fue de gran importancia para conocer la cercanía o lejanía que se tienen de la fuente de contaminación hacia las fuentes de agua subterránea. De igual forma, con la caracterización geológica y geohidrológica fue posible realizar simulaciones sobre la dispersión y/o migración de los contaminantes en el sitio, a través del modelo utilizado. Todas estas condiciones ambientales se abordan en detalle en el apartado VI.5.

### La descripción de las condiciones climáticas y físicas que afecten el comportamiento de los contaminantes.

La descripción de las condiciones climáticas fueron de especial importancia debido a que algunos contaminantes volátiles pueden crear vapores si la temperatura es elevada. De igual forma, los datos de precipitación fueron útiles para establecer relaciones de posibles infiltraciones de los contaminantes, así como de lavado del terreno y de posibles inundaciones. La dirección del viento, así como su velocidad fueron de utilidad para establecer la dispersión de polvos o gases contaminados a otros sitios. Aunado a lo anterior, fue necesario conocer si el terreno ha sufrido erosión debido a que los contaminantes que se encuentran en la superficie, pueden ser desplazados por el viento, o arrastrados y disueltos por el agua. En los apartados de clima y meteorología (VI.6), de erosión (VI.8) e infiltración (VI.9) del presente documento se describe la metodología para la determinación de estos parámetros.

La determinación de la distribución y el comportamiento de los contaminantes en el suelo, subsuelo y en los acuíferos con base en los resultados obtenidos.

A partir de los resultados de la concentración de los contaminantes, se aplicó el modelo BIOSCREEN4 para determinar cómo y hacia dónde se ha extendido la contaminación, y cómo ha afectado o podrá afectar al medio ambiente y a la población cercana. Ver más adelante el apartado de movilidad de los contaminantes.

La memoria fotográfica de los trabajos efectuados.

Todos los trabajos de campo referentes a la identificación de daños preexistentes fueron documentados con fotografía y video. Este material fue debidamente inventariado y georeferenciado en el SIG del proyecto, con la finalidad de dar respaldo a los trabajos y observaciones de campo. Entre los equipos a utilizar para este fin se usaron cámaras a nivel del terreno y/ó montadas en Drones.

La comparación de los resultados obtenidos vs los límites máximos permisibles establecidos en la normatividad nacional o a falta de ellos en estándares internacionales.

Todas las concentraciones de los contaminantes se compararon con los límites máximos permisibles establecidos por las NOM con el fin de establecer la peligrosidad y la prioridad de la remediación del sitio.

Movilidad de los contaminantes.

Para proporcionar información respecto a la movilidad de los contaminantes encontrados, se aplicó el modelo BIOSCREEN, el cual está diseñado para simular la biodegradación por ambas reacciones aeróbicas y anaeróbicas. Esta herramienta permite identificar los sitios donde es más probable que deban realizarse acciones de protección de la salud humana y el medio ambiente.

El software esta programado en el entorno de hoja de cálculo de Microsoft Excel y se basa en el modelo de transporte de solutos analítica Domenico y tiene la capacidad de simular advección, dispersión, adsorción, y la descomposición aeróbica, así como reacciones anaeróbicas que se han demostrado ser los procesos de biodegradación dominantes en muchos sitios de liberación de petróleo.

## VII. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN



## VII.1.1. Contexto Regional

En este apartado se realizó una descripción de la región, de manera bibliográfica y a macro-escala, que incluyó los temas de provincias fisiográficas, vientos dominantes, tormentas tropicales y huracanes, así como las rutas de migración de aves. La información cartográfica de estos temas puede visualizarse en el SIG del proyecto (DVD Anexo VII.1 SIG y Geodatabase), así como a través del portal [www.ecodatumsig.com](http://www.ecodatumsig.com).

### **Provincias Fisiográficas**

El campo Fortuna Nacional se ubica sobre la provincia fisiográfica "Llanura Costera del Golfo Sur" (subprovincia Llanuras y Pantanos Tabasqueños), la cual abarca la región costera de Tabasco. Limita al este con la Provincia Karst y Lomerios de Campeche, al Oeste con la Provincia Llanura Costera Veracruzana, al norte con la Plataforma del Golfo de México y al sur con las Provincias Sierras del Norte de Chiapas, Sierra Lacandona y Sierras Bajas del Petén (Fig. VII.1.1.1). Esta zona se caracteriza por poseer superficies inundadas e inundables la mayor parte del año principalmente con agua dulce y en ocasiones con agua salada (por ejemplo la zona norte de Cárdenas ensalitrada por el agua de mar debido a la apertura de la "Boca de Panteones"). Fisiográficamente se caracteriza por presentar un relieve cóncavo y un drenaje natural deficiente, y no tiene salida para el agua excedente. Por otro lado estas áreas se ubican en las partes más bajas del estado, de hecho se les denomina regionalmente como las "Ollas de la Chontalpa y de los Ríos", algunas áreas se encuentran por debajo del nivel del mar

En esta Provincia abundan suelos profundos formados por materiales depositados por los ríos, pues en esta región desembocan algunos de los más caudalosos de México, como el Grijalva, el Usumacinta. Al norte de Chiapas y al oriente de Tabasco se tienen grandes zonas inundables con abundancia de pantanos permanentes.

La llanura esta formada por grandes cantidades de aluvión acarreado por el río Tonalá, el cual atraviesa la provincia para desembocar en la parte sur del Golfo de México. Las corrientes en esta zona son maduras, formando sus





caracterizan por alcanzar velocidades de viento entre 63 y 118 Km/h. Los huracanes presentan velocidades mínimas de 119 Km/h. La duración de estos fenómenos es muy variada, sin embargo, en algunos casos suelen afectar por más de diez días una sola región sin disiparse o trasladarse a otro lugar (CENAPRED, 1992).

Los huracanes que se han presentado y/o que han afectado las zonas costeras de Tabasco en el periodo 1970-2012, se muestran en la Tabla VII.1.11. Existe un promedio de 9 huracanes al año y tienen un diámetro cuya variación se ha medido entre 180 y 930 Km. De los ciclones tropicales que se han presentado en la costa del Golfo de México, el 46 % ha afectado a la Península de Yucatán, y 4 % a Tabasco (Fig. VII.1.1.2)

En los meses de octubre a marzo, la precipitación es producto de frentes fríos originados por el choque de los nortes con los vientos alisios. Durante esta época se presentan diversos fenómenos meteorológicos en la zona, como son la neblina y las tormentas eléctricas con intensidades de bajas a media sin afectar de manera significativa la zona del proyecto.

### **Vientos Dominantes**

A nivel de mesoescala, el viento dominante para el Golfo de México es del noreste, con una velocidad media de 14.8 Km/h. Lo cual explica porque los vientos dominantes (agente de dispersión de contaminantes atmosféricos) son hacia tierra adentro del proyecto.

Debido a su ubicación, durante el invierno el Golfo es influenciado por las masas de aire frío y seco que provienen del continente (Canadá, Estados Unidos de América y México) las cuales al encontrarse con las masas de aire propias del Golfo, de origen marítimo y tropical, provocan fuerte frontogénesis o frentes fríos principalmente de Octubre a Abril (Tapánes y González- Coya 1980: 337). La presencia de un frente frío en el Golfo produce vientos que soplan de Norte a Sur, conocidos localmente como Nortes. El frente frío genera vientos intensos y descenso de temperatura del aire que al encontrarse con las masas de aire cálido y húmedo forman nubes que pueden provocar lluvias invernales.



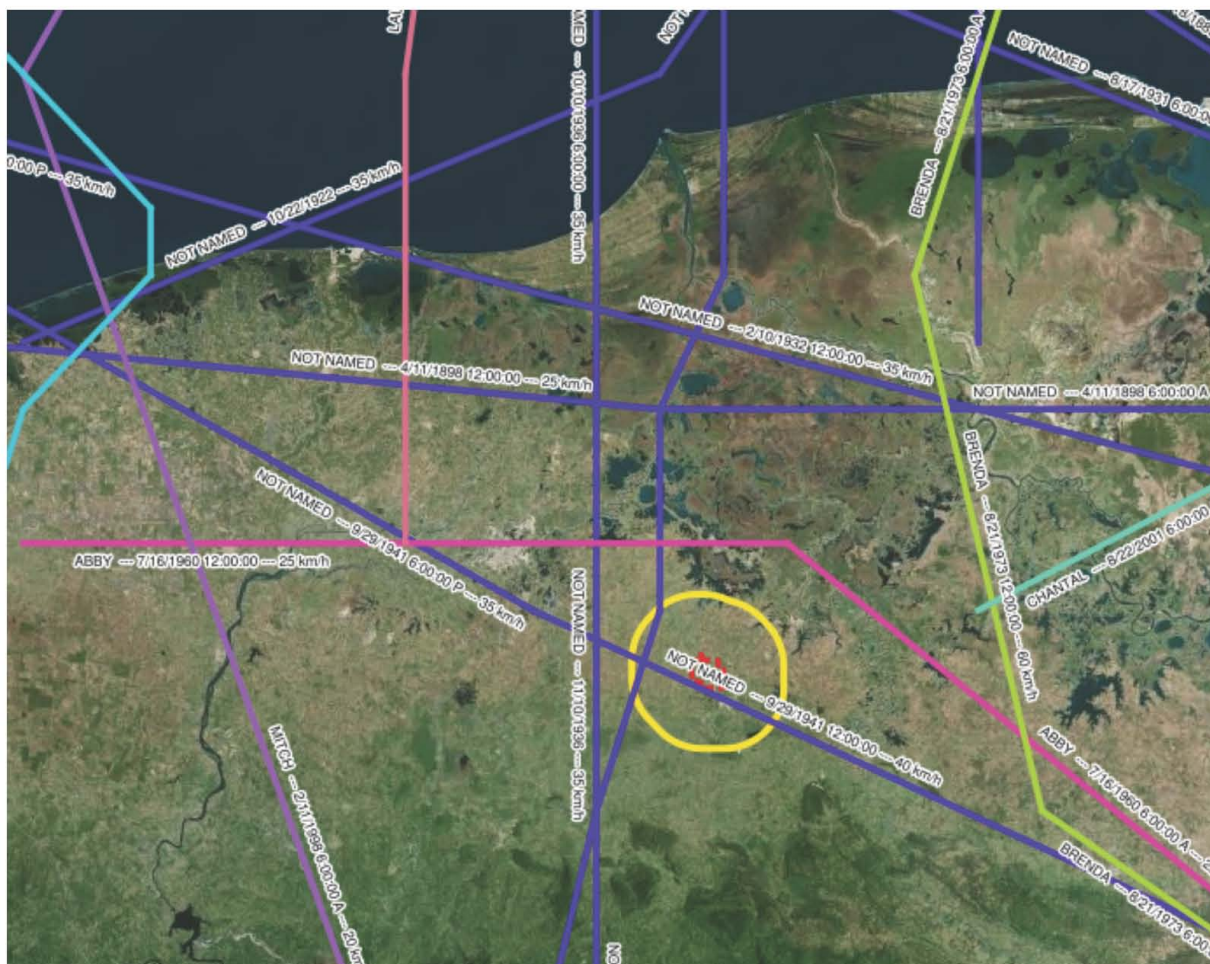


Figura VII.1.1.2. Ocurrencia de Tormentas y Huracanes en la Zona Costera de Tabasco.

Tabla VII.1.1.1. Tormentas, Depresiones y Huracanes del periodo 1970-2012 (Servicio Meteorológico Nacional, 2013).

Año	Nombre	Período (inicio y fin)	Categoría*	Vientos* Km/hr
1970	Greta	26 Sep al de 05 Oct.	Depresión Tropical	45-55
1971	Edith	05-18 de Septiembre	Tormenta Tropical	85-110
1973	Brenda	18-22 de Agosto	Depresión Tropical	93-148
1974	Carmen	29 Ago-10 de Sep.	Huracán	222
1980	Hermine	20-26 de Septiembre.	Tormenta Tropical	100-110
1984	Eduardo	13-15 de Septiembre.	Tormenta Tropical	65
1988	Debby	31 Agosto al 8 Sep.	Huracán	120
	Gilbert	08-17 de Septiembre.	Huracán	215-287
1990	Diana	04-08 de Agosto.	Tormenta Tropical	110-158
1993	Gert	14-21 de Septiembre	Tormenta Tropical	65-148
1995	Opal	27 Sep-02 de Octubre	Depresión Tropical	55
	Roxanne	08-20 de Octubre	Huracán	45-185
1996	Dolly	19-24 Agosto	Huracán	110-130
1998	Mitch	21 de Oct. al 5 de Nov.	Depresión Tropical	45-65

Año	Nombre	Período (inicio y fin)	Categoría*	Vientos* Km/hr
1999	Katrina	28 de Oct. al 1 Nov.	Depresión Tropical	45
2000	Keith	28 Sep al 6 de Octubre.	Tormenta Tropical	75-148
	Gordon	14-18 Septiembre.	Depresión Tropical	55
2001	Chantal	15-22 Agosto.	Tormenta Tropical	85
2002	Isidore	18-25 Septiembre.	Huracán	205
2003	Larry	01-06 Octubre.	Tormenta Tropical	95
2005	Emily	10-21 Julio.	Huracán	205-215
	Wilma	17 Octubre	Huracán	295
	Stan	01-05 Octubre.	Tormenta Tropical	75-130
2007	Dean	13-23 Agosto	Huracán	260-155
2008	Arthur	31 Mayo al 2 de Junio	Tormenta Tropical	65
2009	Ida	5-28 noviembre	Huracán	180
2010	Alex	25 junio-19 julio	Tormenta Tropical	65
2011	Nate	7-11 septiembre	Tormenta Tropical	60
2012	Ernesto	2-9 agosto	Huracán	184

\*Intensidad al momento de impacto en tierra, no a la intensidad en mar abierto.

La extensión de los Nortes varía de un año a otro, principalmente entre años "normales" y años con presencia del fenómeno de El Niño. Durante los años que se hace presente dicho fenómeno, los Nortes son menos frecuentes, más intensos y llegan más al sur. En el verano el Golfo es influenciado por tormentas tropicales, de las cuales el 60,00 % alcanza intensidad de huracán. En general, Septiembre es el mes que presenta el mayor número de tormentas. Estas características meteorológicas sobre el Golfo de México influyen no solamente la zona costera, debido a la descarga de agua dulce, sino que modifican también la posición de la termoclina haciéndola más profunda e influyen en la circulación en general (Exequiel Ezcurra, 2004).

La velocidad media con la que se presentan, se encuentra dentro del intervalo de los 4 a 5 m/seg, mientras que la energía del viento dominante es de 80 a 160 watts/m<sup>2</sup>(Figs. VII.1.1.3 y 4).

### Rutas Migratorias

Casi la mitad de las 418 especies de aves terrestres de Canadá, los Estados Unidos y México, dependen de hábitat presentes en al menos dos de los tres países. Más de 200 especies, las cuales incluyen más del 80% de todos los individuos de aves terrestres, habitan en los tres países al menos en alguna época del año.





Figura VII.1.1.3. Velocidad Media del Viento (m/seg)

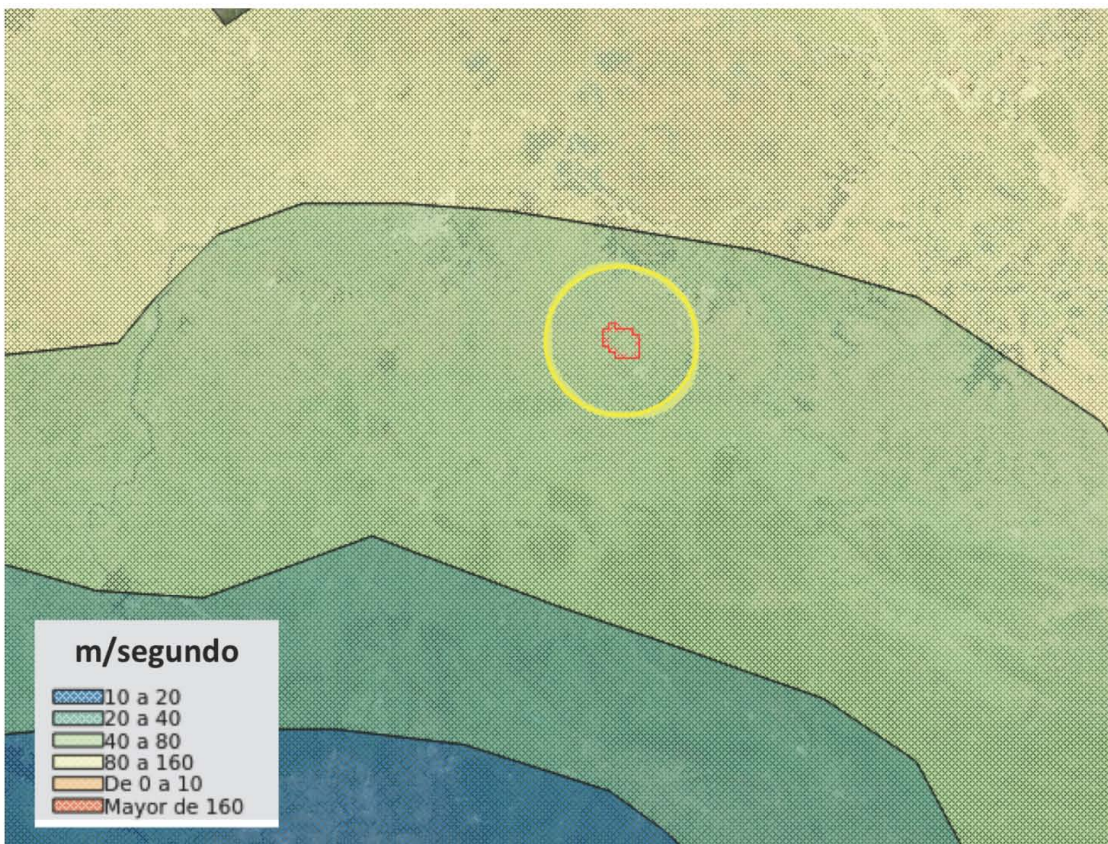


Figura VII.1.1.4. Energía del Viento Dominante (watts/m<sup>2</sup>)



En el Golfo de México convergen las cuatro rutas migratorias de Norte América, teniendo mayor importancia la del Centro, la del Misisipí y la del Atlántico (Gallardo del Ángel et al., 2004). En el mes de septiembre cientos de miles de ejemplares de aves migratorias Neárticas Neotropicales de 226 especies provenientes de países como Estados Unidos y Canadá, llegan a la Península de Yucatán y áreas adyacentes (Pronatura, 2012).

Las selvas tropicales en México son hábitat de suma importancia para estas especies migratorias compartidas (Berlanga et al., 2010). Para el caso de muchas especies de aves migratorias acuáticas y terrestres las rutas por donde se desplazan han sido propuestas a través de observaciones a través de radares, el uso de transmisores y por la experiencia y datos tomados en campo durante largos períodos de tiempo (Berlanga et al., 2010; DUMAC, 2016). Las rutas del Golfo (Mississippi) y la del Atlántico son las que permiten la entrada del mayor número de especies migratorias acuáticas a Tabasco y al área de estudio (DUMAC, 2016; Figura VII.1.1.4).

Las lagunas costeras que se encuentran a lo largo del Golfo de México son especialmente importantes para ciertos grupos de aves acuáticas migratorias, como para los patos, cercetas y gansos de la familia Anatidae (DUMAC, 1999). Entre las especies que más comúnmente se pudieran observar en el estado y en las áreas donde se trabajó están la Cerceta Alas Azules (*Anas discors*), el Pato Cucharón Norteño (*Anas clypeata*) y el Pato Golondrino (*Anas acuta*). También son comunes ciertas especies de playeritos y agachonas (Scolopacidae) (Gallardo del Ángel et al., 2004).

Entre los playeritos destacan el Chorlito Tildío (*Charadrius vociferus*), el Playero Alzacolita (*Actitis macularius*) o la Monjita Americana (*Himantopus mexicanus*). Algunas especies, principalmente de las rutas del Golfo (Mississippi) y del Atlántico, migran cruzando las aguas del Golfo, como lo hacen algunos chipes (Curson et al. 1994). Entre las especies de chipes que se pudieran observar en los sitios de estudio están el Chipe Amarillo (*Setophaga petechia*), el Pavito Migratorio (*Setophaga ruticilla*), la Mascarita Común (*Geothlypis trichas*) o el Chipe Encapuchado (*Setophaga citrina*).

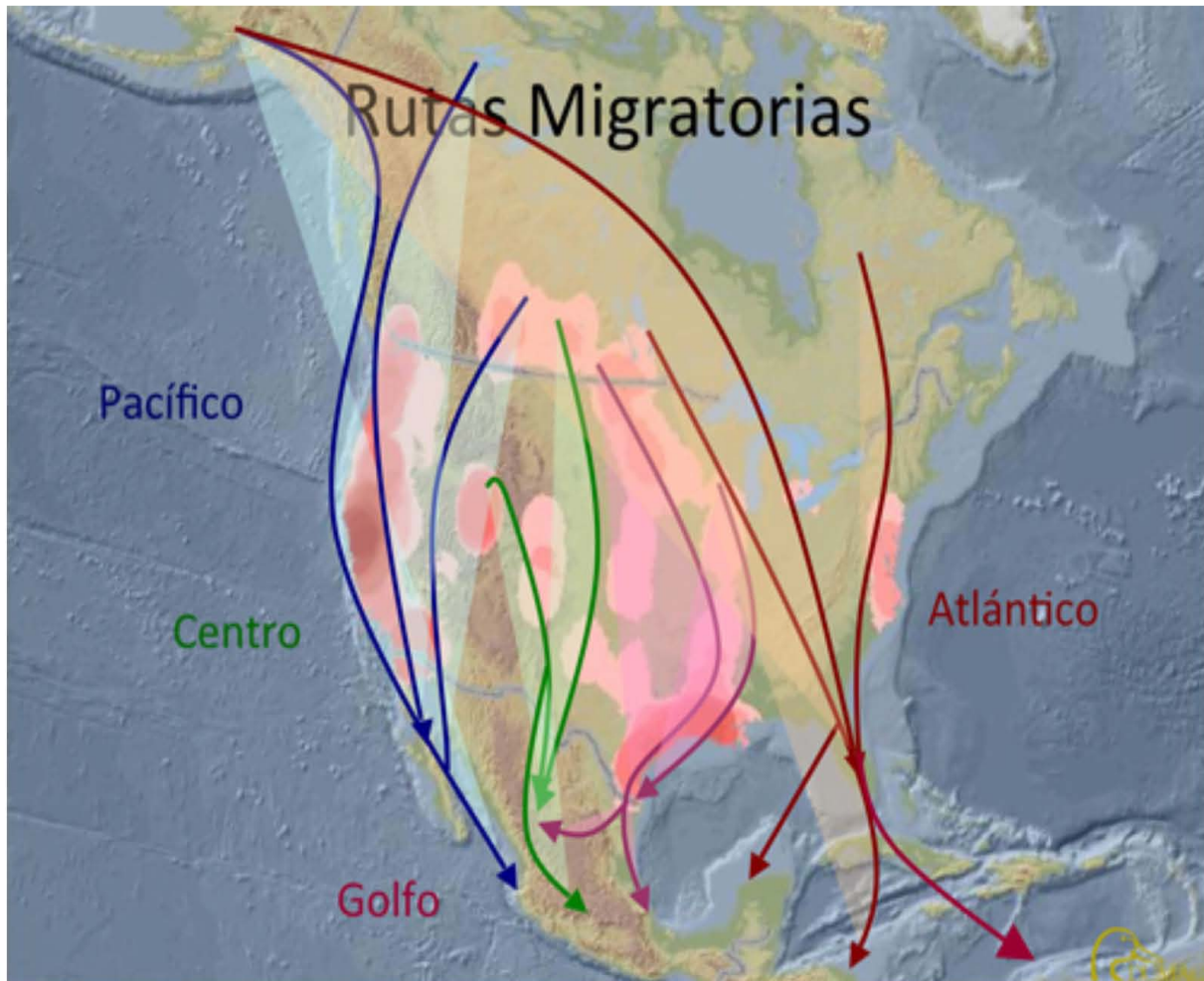


Figura VII.1.1.5. Rutas de las aves acuáticas migratorias hacia el interior de la República mexicana. Las rutas del Golfo (Mississippi) y la del Atlántico son las que permiten la mayor entrada de estas especies al estado de Tabasco y en particular al campo Fortuna Nacional. Tomada de Dumac (2016).

## VII.1.2. Contexto Local

El segundo nivel de información general del campo lo conformó el contexto local, el cual se realizó a dos escalas, Área de Influencia y Área de estudio. La información cartográfica de estos temas puede visualizarse en el SIG del proyecto (DVD anexo VII.1), así como a través del portal [www.ecodatumsig.com](http://www.ecodatumsig.com).

### Área de Influencia

La relación de mapas y la sub-provincia o región donde cae el Campo Fortuna Nacional se muestra en la tabla VII.1.2.1, mientras que las figuras VII.1.2.1-18, ilustran el contexto de estos mapas.

**Tabla VII.1.2.1. Sub-Provincias o Regiones Ecológico-Administrativas donde se ubica el Campo Fortuna Nacional.**

Mapas	Sub-provincia o Región
Provincias Bióticas	Campechano-Petenense
Zonas Ecológicas	Tropical subhúmeda
Regiones Hidrográficas Prioritarias	Río Tulijá-Altos de Chiapas y Laguna de Términos-Pantanos de Centla
Regiones Marinas Prioritarias	Laguna de Términos-Pantanos de Centla
Regiones Terrestres Prioritarias	NA
Ecorregiones Terrestres	Planicie costera y Lomeríos Húmedos del Golfo de México
Sitios Prioritarios Marinos Para la Conservación	NA
Sitios Prioritarios Terrestres Para la Conservación	NA
Sitios Ramsar	NA
Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves	NA
Regiones Económicas	VII Veracruz-Tabasco
Limites de Áreas Naturales Protegidas	NA
POE General del Territorio	Aprovechamiento
POE del Estado de Tabasco	Prioritarias de Conservación; Conservación
POE Marino del Golfo de México	NA



### *Provincias Bióticas*

De acuerdo con Morrone (2005), en México podemos caracterizar 3 componentes bióticos principales, cada uno con una combinación diferente de elementos bióticos: a) El componente Neártico (región Neártica) incluye las áreas áridas subtropicales del norte del país, en las provincias biogeográficas de California, Baja California, Sonora, Altiplano Mexicano y Tamaulipas; b) El componente Transicional (Zona de Transición Mexicana) incluye las áreas básicamente montañosas del centro del país, que se asignan a las provincias biogeográficas de la Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental, Eje Volcánico Transmexicano, Cuenca del Balsas y Sierra Madre del Sur.; c) El componente Neotropical (región Neotropical) incluye áreas tropicales húmedas y subhúmedas del sur de México, asignadas a las provincias biogeográficas de la Costa Pacífica Mexicana, Golfo de México, Chiapas y Península de Yucatán. Esta es la unidad donde se ubica la zona de estudio (Fig. VII.1.2.1), la cual se caracteriza por la dominancia del elemento Mesoamericano Tropical, aunque también presenta los elementos Neártico y Antillano. Los eventos asociados con la evolución biótica del componente Neotropical se relacionan con el desarrollo de los istmos de Tehuantepec y Panamá y la inundación de las tierras bajas de Nicaragua y de la Península de Yucatán.

### *Zonas Ecológicas*

De acuerdo con Toledo y Ordoñez (1998), al correlacionar la vegetación con los principales tipos de climas, se pueden definir grandes unidades ambientales o zonas ecológicas para los hábitat terrestres de México. En este contexto, el área de estudio se localiza dentro de la Zona Tropical Húmeda (Fig. VII.1.2.2), la cual abarca 9 estados del sur y sureste. Cubre entre un 6% a un 12.8% de la superficie del país (11 % de acuerdo a Rzedowski), lo que representa una superficie de 20.15 millones de hectáreas. Se caracteriza por tener un clima caliente húmedo con temporada de secas muy corta o ausente, una temperatura media anual por encima de los 22° C, precipitación anual de 2,000 mm y una cubierta original de selvas medianas a altas y sabanas. Desde el punto de vista de biodiversidad, esta zona es abundante en especies pero no en endemismos de plantas vasculares y animales. Se ha calculado que a partir de 1970 entre un 40 y 90 % de esta área ha sido drásticamente deforestada a causa de actividades agrícolas y

ganaderas, sobre todo en los estados de Veracruz, Tabasco, Oaxaca y Chiapas.



**Figura VII.1.2.1. Provincias Bióticas. La línea punteada roja marcar los límites del campo Fortuna Nacional (área de estudio), mientras que la línea amarilla delimita el área de Influencia.**

#### *Regiones Hidrológicas Prioritarias (RGP)*

La preocupación creciente sobre el mantenimiento de la biodiversidad de las aguas epicontinentales y los esfuerzos por reducir los riesgos que enfrentan muchas especies están basados en evidencias sobre la pérdida de hábitats (degradación, cambios en la calidad y fragmentación), de especies, así como en la sobreexplotación e introducción de especies exóticas.

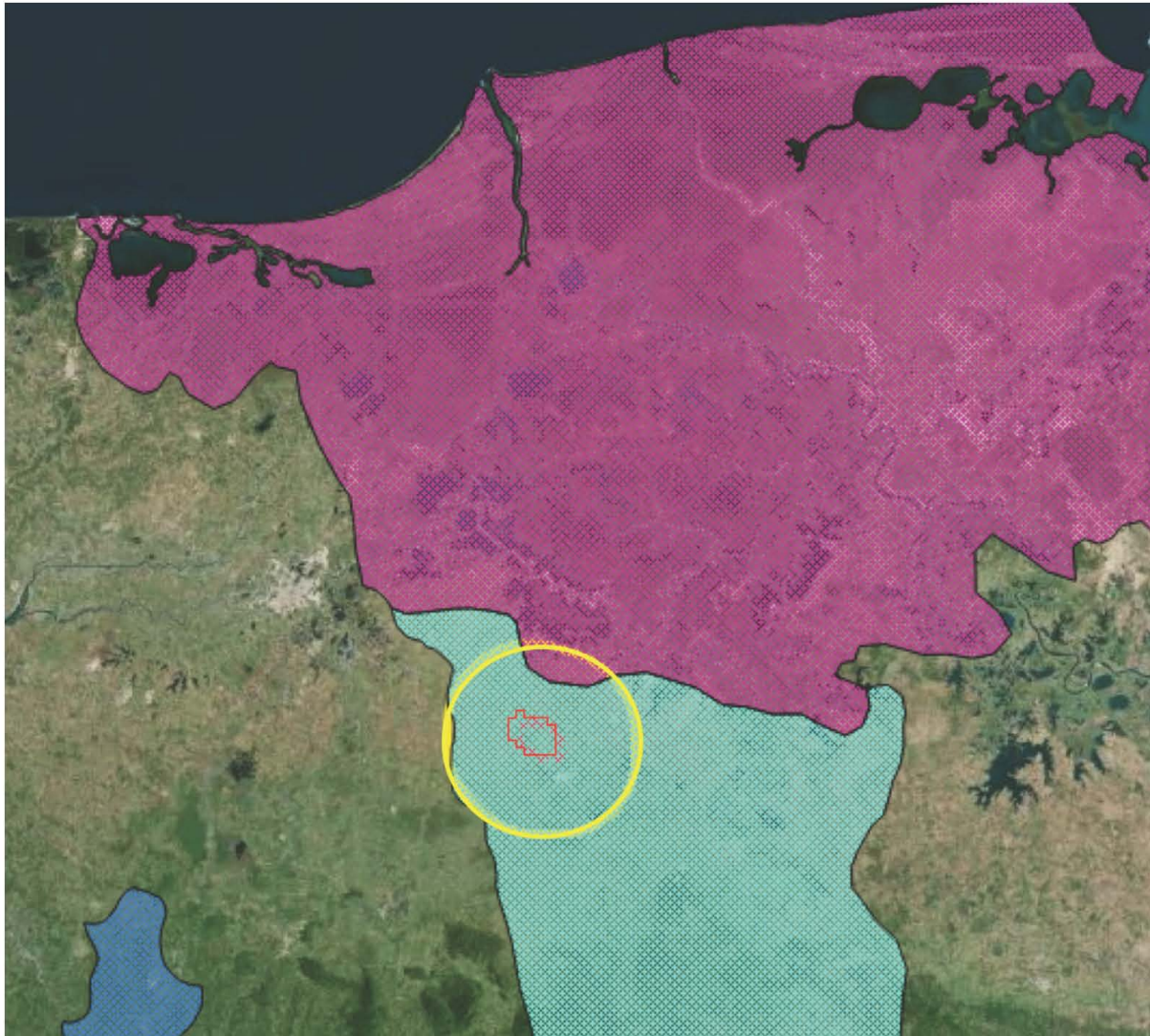




**Figura VII.1.2.2. Zonas Ecológicas.**

Bajo estos criterios, en 1998 se revisó el estatus de la información sobre la diversidad y el valor biológico de las cuencas hidrológicas, además de evaluar las amenazas directas e indirectas sobre los recursos y el potencial para su conservación y manejo adecuado. De esta manera, con la participación de especialistas y personal académico, se definieron las regiones hidrológicas prioritarias y biodiversidad de México. El resultado final fue una lista con 110 regiones hidrológicas prioritarias (Fig. VII.1.2.3). El campo Fortuna Nacional se localiza dentro de la RHP Río Tulijá-Altos de Chiapas, mientras que el área de influencia incluye una parte de la RHP Laguna de Términos-Pantanos de Centla.





**Figura VII.1.2.3. Regiones Hidrográficas Prioritarias.**

#### *Regiones Marinas Prioritarias (RMP)*

Bajo una perspectiva similar a la de las regiones hidrográficas prioritarias, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) instrumentó el Programa de Regiones Marinas Prioritarias de México. Para ello se llevó al cabo una clasificación regional, considerando criterios ambientales (e.g., integridad ecológica, endemismo, riqueza, procesos oceánicos, etc.), económicos (e.g., especies de importancia comercial, zonas pesqueras y turísticas importantes, recursos estratégicos, etc.) y de amenazas (contaminación, modificación del entorno, efectos a distancia, especies introducidas, entre otras variables).



Como resultado se identificaron, delimitaron y caracterizaron 70 áreas costeras y oceánicas consideradas prioritarias por su alta diversidad biológica, por el uso de sus recursos y por su falta de conocimiento sobre biodiversidad (Fig. VII.1.2.4). De la misma forma, se identificaron las amenazas al medio marino de mayor incidencia o con impactos significativos en nuestras costas y mares, de acuerdo con las cuales se hicieron recomendaciones para su prevención, mitigación, control o cancelación. El área concesionada de Fortuna Nacional no se encuentra dentro de ninguna región marina prioritaria.



**Figura VII.1.2.4. Regiones Marinas Prioritarias.**

#### *Regiones Terrestres Prioritarias*

Debido a la acelerada pérdida y modificación de los sistemas naturales que ha presentado México durante las últimas décadas se vio la necesidad de identificar las regiones con alta biodiversidad que deberían de estar sujetas a políticas específicas de conservación. En este contexto, el Programa



Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad de la Conabio se ha orientado a la detección de áreas, cuyas características físicas y bióticas favorezcan condiciones particularmente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad.

El Proyecto Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), en particular, tiene como objetivo general la determinación de unidades estables desde el punto de vista ambiental en la parte continental del territorio nacional, que destaquen la presencia de una riqueza ecosistémica y específica comparativamente mayor que en el resto del país, así como una integridad ecológica funcional significativa y donde, además, se tenga una oportunidad real de conservación. Aunque el área de estudio no se encuentra particularmente dentro de una de las regiones terrestres prioritarias, si se localiza muy cerca de la que corresponde a los pantanos de Centla (Fig. VII.1.2.5).

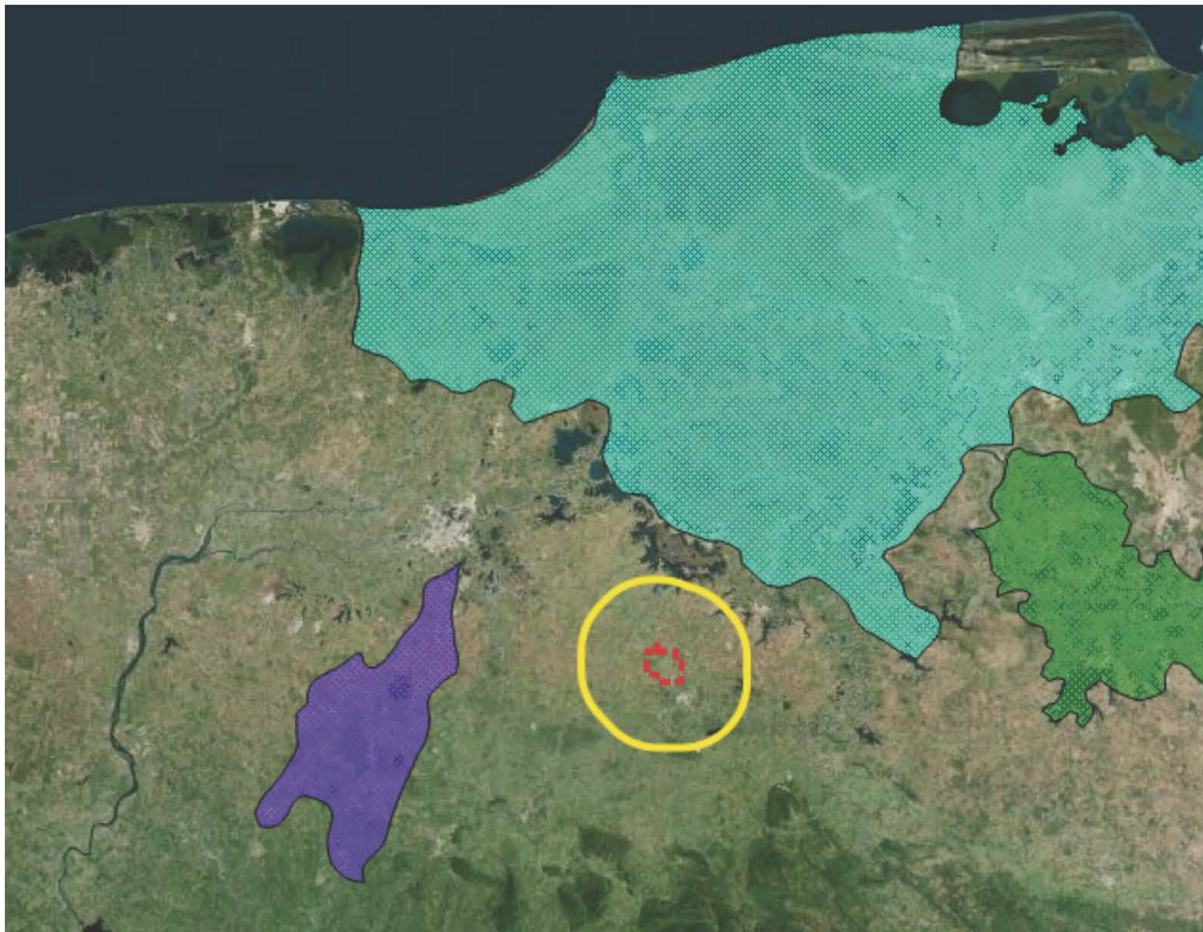


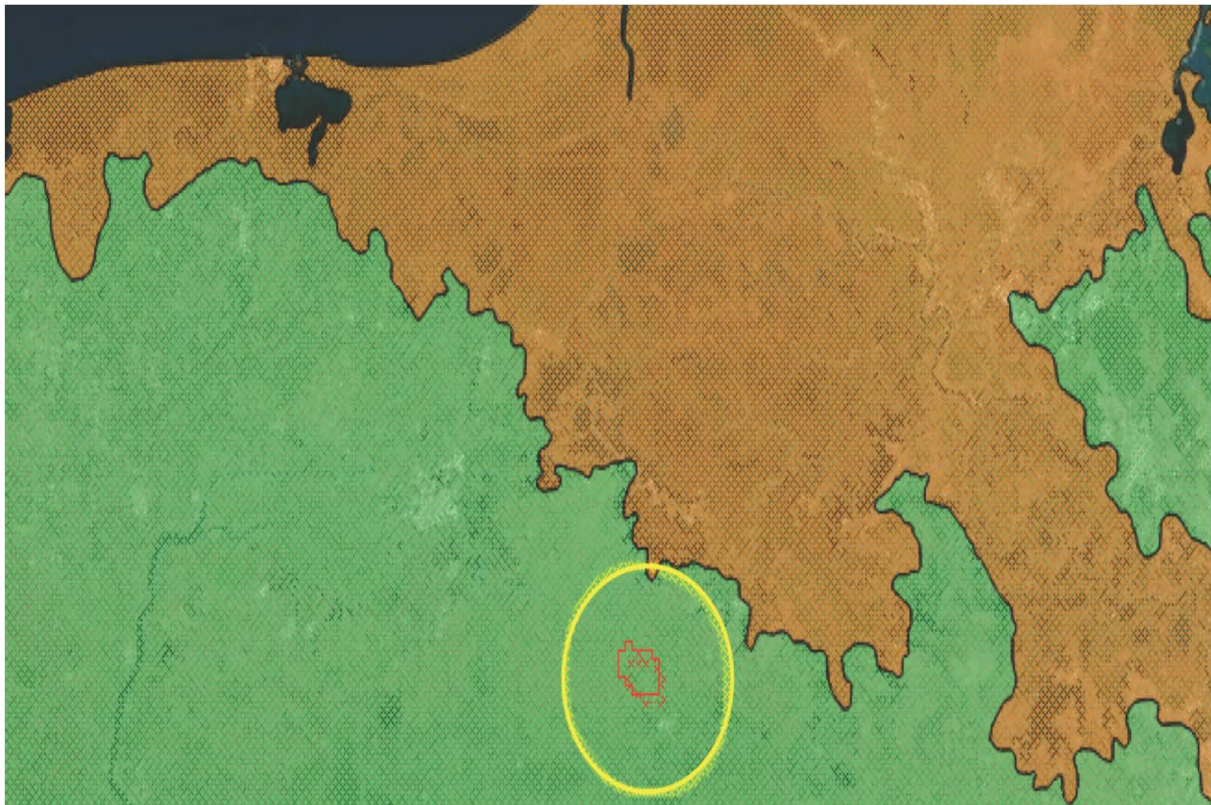
Figura VII.1.2.5. Regiones Terrestres Prioritarias.



### *Ecorregiones Terrestres (ET)*

A nivel de ecosistemas, México es considerado un país megadiverso. Para ello existen diversos criterios e indicadores para caracterizar este nivel de organización de la biodiversidad. Uno de los más empleados es el reconocimiento de comunidades vegetales, también referido en forma más amplia como tipos de vegetación, que se definen utilizando criterios primordialmente fisonómicos y estructurales de la comunidad, los cuales están determinados por factores climatológicos, geológicos y edafológicos.

En este sentido, recientemente se ha utilizado una categorización ecorregional, que consiste en definir áreas que contienen un conjunto geográficamente distintivo de comunidades naturales que comparten la gran mayoría de sus especies y dinámicas ecológicas, así como condiciones ambientales similares, e interactúan ecológicamente de manera determinante para su subsistencia a largo plazo (Fig. VII.1.2.6). El campo Fortuna Nacional y su área de influencia caen dentro de la ET Planicie costera y Lomeríos Húmedos del Golfo de México.



**Figura VII.1.2.6. Ecorregiones Terrestres.**

### *Sitios Prioritarios Marinos Para la Conservación (SPMPC)*

Para la identificación de los sitios prioritarios para la conservación se compiló información de diversas fuentes, tales como bases biológicas y geográficas, ejercicios previos de planeación para la conservación marina. Estos insumos se utilizaron para identificar 105 sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad marina de México utilizando cartografía temática digital, bases de datos de ejemplares georreferenciados de especies de flora y fauna marinas y una lista de objetos de conservación.

En una primera aproximación se delimitaron los sitios prioritarios por grupos taxonómicos, así como de las características generales físicas, químicas, biológicas y geológicas de cada sitio. Posteriormente, se detectaron coincidencias, se redefinieron los sitios y se denominaron con base en una revisión detallada según el conocimiento de expertos regionales. Un refinamiento posterior de los sitios se obtuvo a partir de la validación y, en su caso, de la delimitación más precisa de cada sitio usando cartografía temática digital sobre batimetría, cuerpos de agua costeros y tipos de vegetación, entre otros atributos espaciales (Fig. VII.1.2.7). El campo Fortuna Nacional no queda incluido dentro de los SPMPC.

### *Sitios Prioritarios Terrestres Para la Conservación (SPTPC)*

Las áreas protegidas, se han reconocido por la importancia que tienen para la conservación de la biodiversidad. Sin embargo, en México como en muchos otros países, las primeras áreas protegidas que se decretaron con base en criterios estéticos, recreativos y de oportunidad. Actualmente, considerando que uno de los principales objetivos de estas áreas es la protección de la biodiversidad, es necesario revisar su funcionamiento, conectividad y representatividad, ya que aunque la red de áreas protegidas ha crecido en los últimos años y han aumentado las capacidades de gestión de las mismas, la pérdida de la diversidad biológica continúa.

Con el objetivo de crear y mantener sistemas de áreas protegidas nacionales y regionales completos, eficazmente gestionados y ecológicamente representativos que contribuyan a la conservación de la biodiversidad, México. Bajo este criterio, se realizó el análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad para los ambientes terrestres, marinos y acuáticos, lo que dio como resultado la identificación de los sitios prioritarios



(Fig. VII.1.2.8). El campo Fortuna Nacional no queda incluido dentro de los SPTPC).

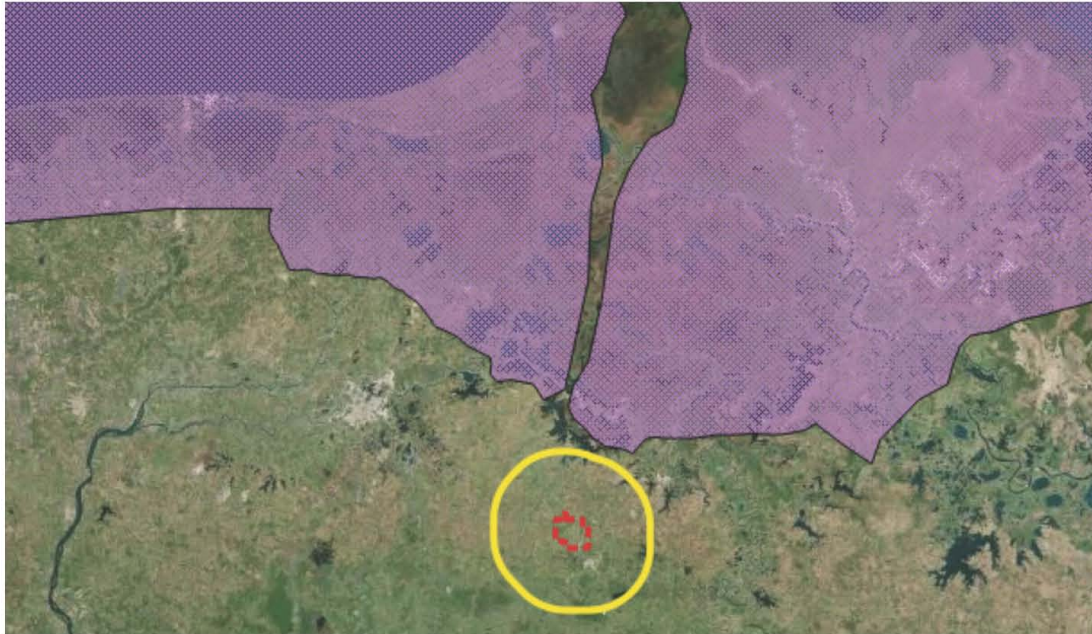


Figura VII.1.2.7. Sitios Prioritarios Marinos Para la Conservación.

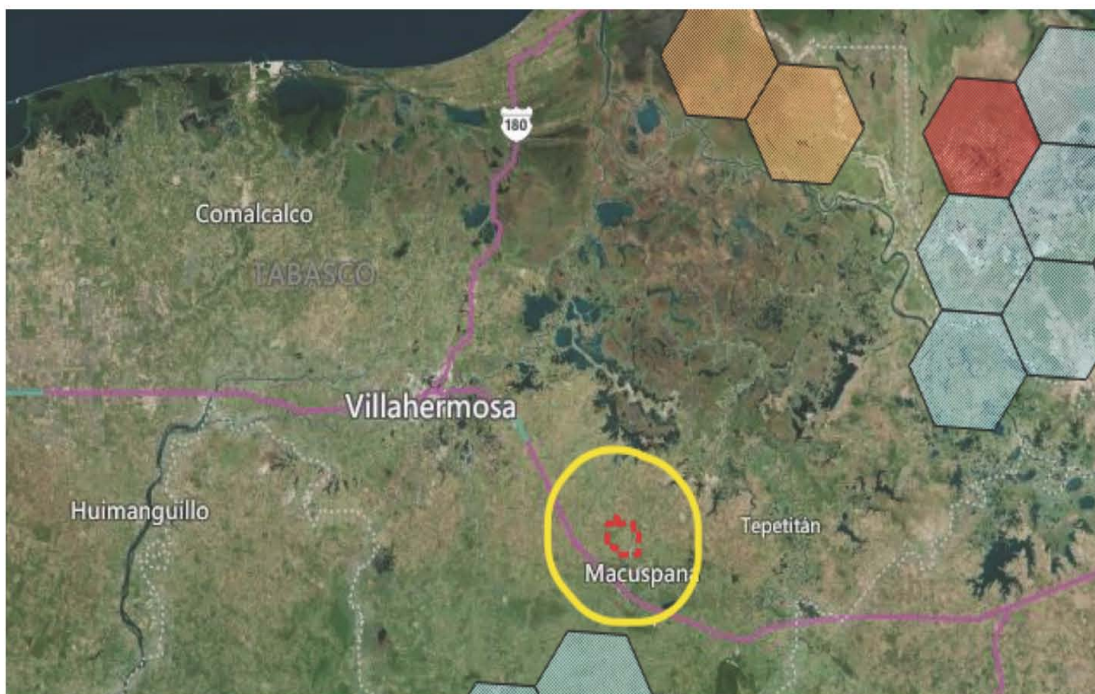


Figura VII.1.2.8. Sitios Prioritarios Terrestres Para la Conservación.



## Sitios Ramsar

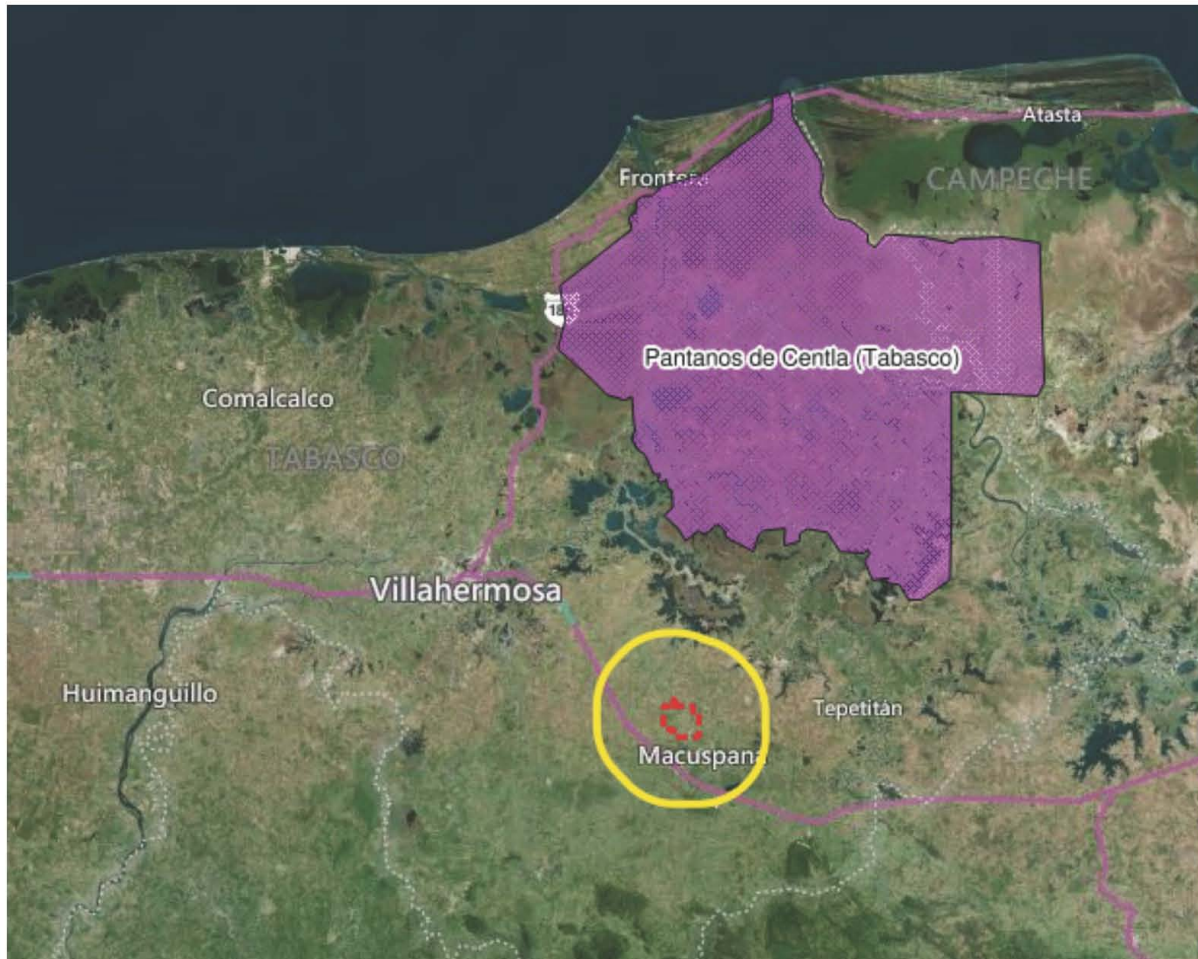
La Convención sobre los Humedales, llamada la Convención de Ramsar, es un tratado intergubernamental que sirve de marco para la acción nacional y la cooperación internacional en pro de la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos.

Los sitios Ramsar se designan porque cumplen con los Criterios para la identificación de Humedales de Importancia Internacional. El primer criterio se refiere a los sitios que contienen tipos de humedales representativos, raros o únicos, y los otros ocho abarcan los sitios de importancia internacional para la conservación de la diversidad biológica. Estos criterios hacen énfasis en la importancia que la Convención concede al mantenimiento de la biodiversidad.

En la actualidad, la Lista de Ramsar es la red más extensa de áreas protegidas del mundo. Hay más de 2.200 sitios Ramsar que abarcan más de 2,1 millones de kilómetros cuadrados en los territorios de las 169 Partes Contratantes de Ramsar en todo el mundo. Hasta el 1 de agosto de 2016 México lleva declarados un total de 142 sitios Ramsar que protegen un total de 8 643 581,51 ha entre los que se cuentan varias zonas que tienen además la consideración de Parques nacionales y/o de Reservas de la Biósfera. El campo Fortuna Nacional no se sobrepone a ningún sitio Ramsar (Fig. VII.1.2.9).

## *Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS)*

El programa de las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS) surgió como una idea conjunta de la Sección Mexicana del Consejo Internacional para la preservación de las aves (CIPAMEX) y BirdLife International. Inició con apoyo de la Comisión para la Cooperación Ambiental de Norteamérica (CCA) con el propósito de crear una red regional de áreas importantes para la conservación de las aves. A partir de este esfuerzo se han identificado un total de 230 AICAS, las cuales quedaron clasificadas dentro de alguna de las 20 categorías definidas con base en criterios de la importancia de las áreas en la conservación de las aves.



**Figura VII.1.2.9. Sitios Ramsar.**

Cada área o AICA (Fig. VII.1.1.10) contiene una descripción técnica que incluye descripción biótica y abiótica, un listado avifaunístico que incluye las especies registradas en la zona, su abundancia (en forma de categorías) y su estacionalidad en el área. El listado completo de las AICAS incluyen más de 26,000 registros de 1,038 especies de aves (96.3% del total de especies para México según el American Ornithologist's Union). Adicionalmente, se incluye en al menos un área, al 90.2% de las especies listadas como amenazadas por la ley Mexicana (306 de 339 especies) y al 100 % de las especies incluidas en el libro de Collar et al. (1994, Birds to Watch 2). De las 95 especies endémicas de México todas están registradas en al menos un área. El campo Fortuna Nacional no coincide con ninguna AICA (Fig. VII.1.2.10).





**Figura VII.1.2.10. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves.**

### *Regiones Económicas*

Las regiones geoeconómicas de un país se forman tomando en cuenta diversos factores que incluyen el medio físico, la importancia de la naturaleza en la vida del hombre y en sus actividades productivas y la acción de los factores económicos que son producto del trabajo humano y su influencia transformadora sobre la naturaleza.

En la última distribución de las regiones geoeconómicas de México, se observan ocho grandes regiones, considerándose los siguientes factores para la creación de éstas: Factor físico, Recurso natural y Factor demográfico (Fig. VII.1.2.11). Algunas comparaciones y particularidades entre las regiones son las siguientes:



La superficie de la región norte, es una de las zonas de mayor importancia por su extensión, ya que comprende una tercera parte del país, sigue el noroeste y luego el sur, las extensiones de las otras regiones no rebasan el 10% del país y el mas pequeño se encuentra el oriente (centro sur) con sólo 3.73% del país. Así como existe una desigualdad en la proporción de la población, también la densidad de población presenta otra, esta vez la región centro-este que agrupa más del 30% de la población del país.

El campo Fortuna Nacional queda incluida dentro de la región económica VII Veracruz-Tabasco (Fig. VII.1.2.11).

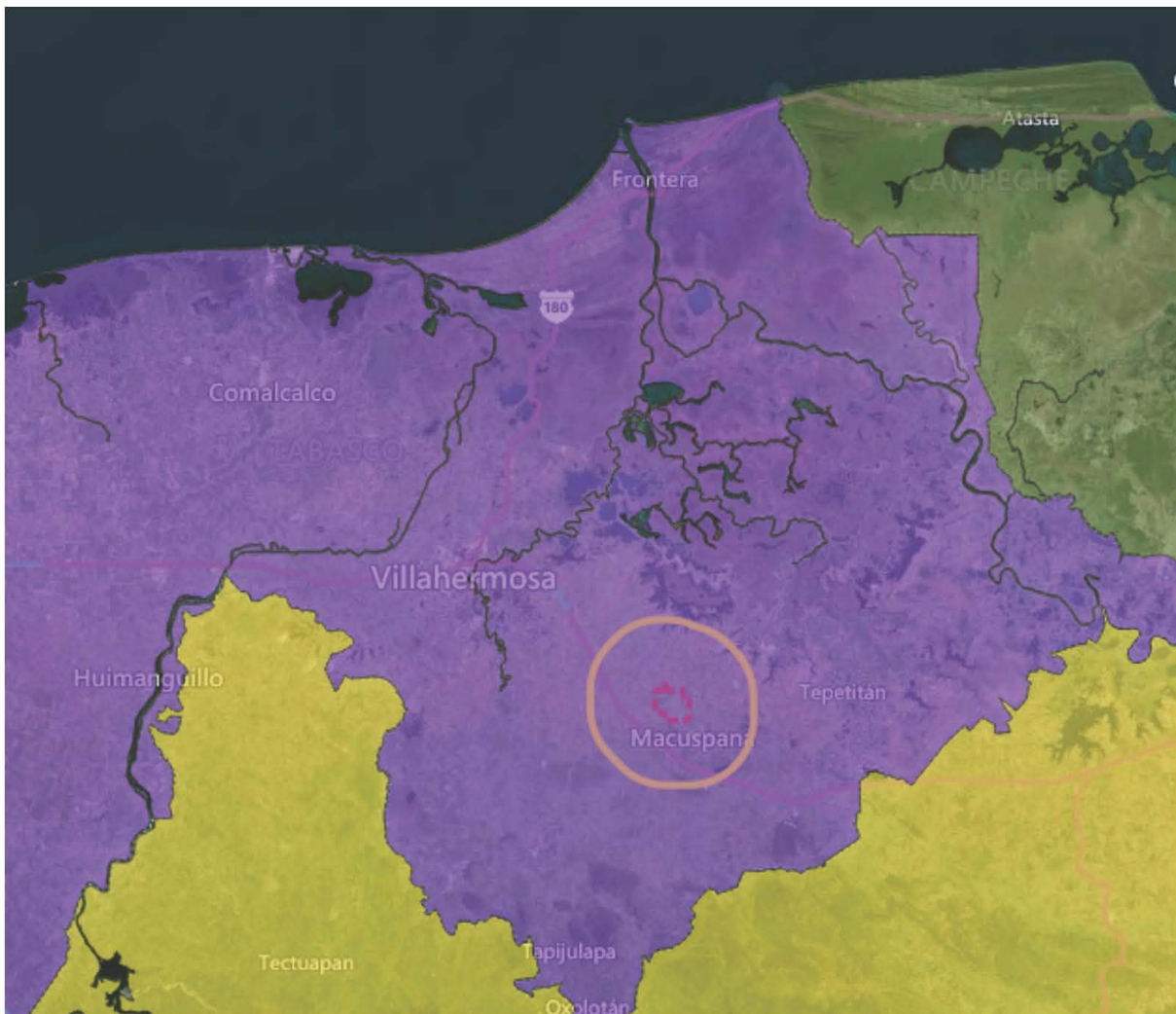


Figura VII.1.2.11. Regiones Económicas.

### Áreas Naturales Protegidas (ANP)

Las Áreas Naturales Protegidas son las zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas.

Las ANP se crean mediante un decreto presidencial y las actividades que pueden llevarse a cabo en ellas se establecen de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, su Reglamento, el programa de manejo y los programas de ordenamiento ecológico. Están sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo, según categorías establecidas en la Ley. La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas administra actualmente 176 áreas naturales de carácter federal que representan más de 25,394,779 hectáreas. Y están divididas en Nueve Regiones en el país. El campo Fortuna Nacional no se traslapa con ninguna ANP (Fig. VII.1.2.12).

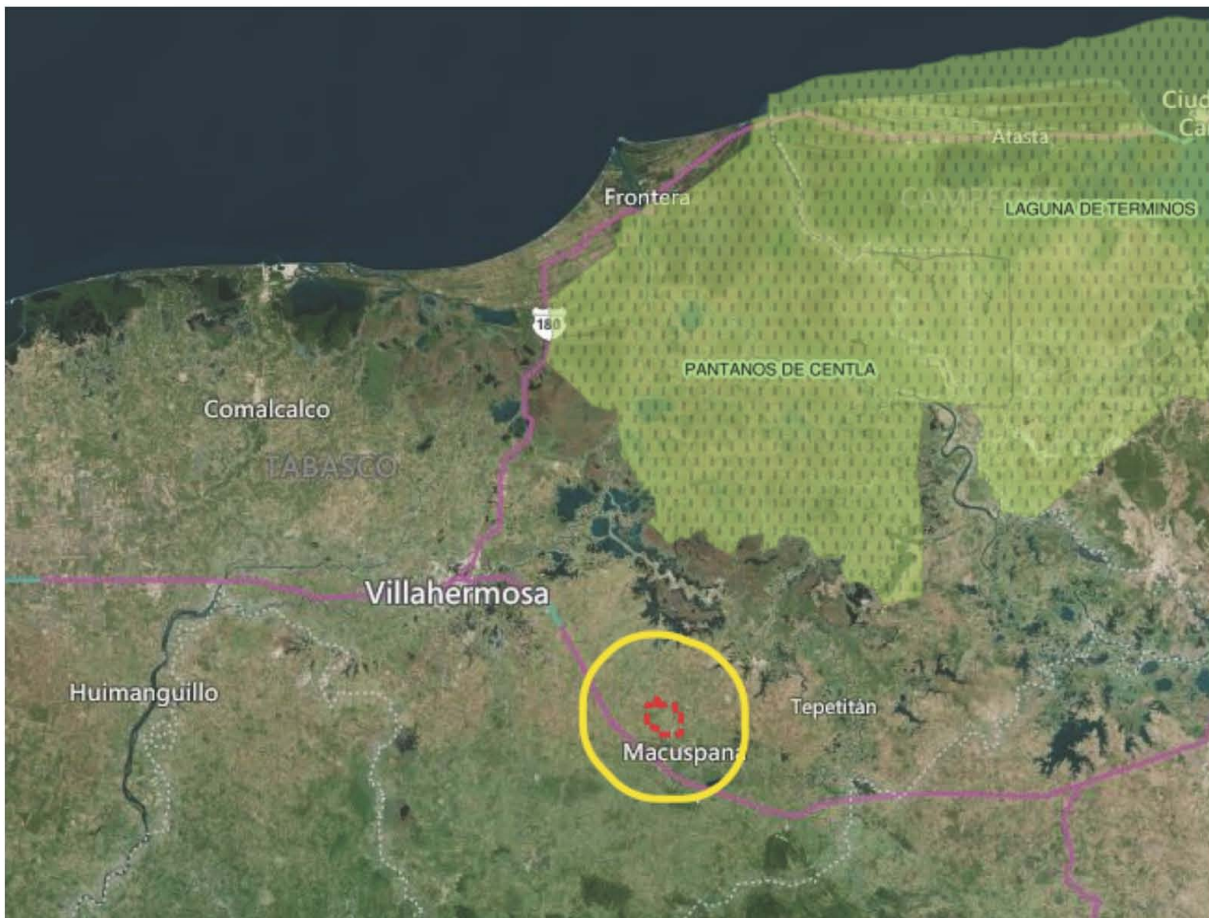


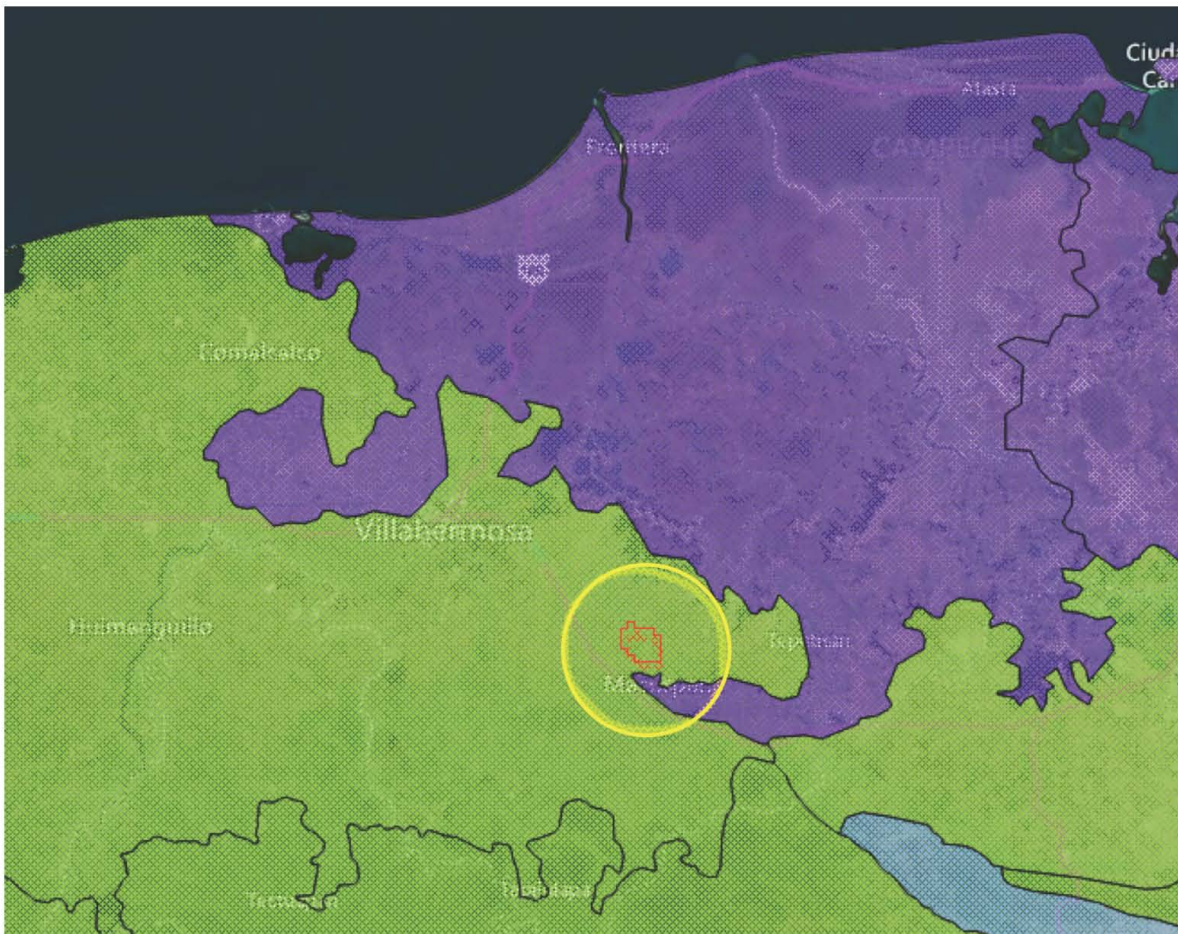
Figura VII.1.2.12. Límites de Áreas Naturales Protegidas



### *Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)*

El POEGT es un documento concebido por la ley como instrumento de política ambiental que tiene por objeto inducir el uso del suelo y las actividades productivas, para que, considerando las tendencias de deterioro y las potencialidades del aprovechamiento de los recursos naturales, contribuyan a su preservación y la protección del ambiente.

Este programa es uno de los cuatro tipos de instrumentos de ordenamiento ecológico a que se refiere la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), junto con los regionales, locales, y marinos (Fig. VII.1.2.13). A partir de un ejercicio que dividió el territorio nacional en 145 unidades ambientales biofísicas (UAB), el Programa define 80 regiones ecológicas en las que se despliega el paquete de estrategias "ecológicas" previstas para el logro de los objetivos ambientales que se propone. El campo Fortuna Nacional cae dentro de la Unidad de Aprovechamiento.



**Figura VII.1.2.13. POE General del Territorio.**



### Programa de Ordenamiento Ecológico Estatal (POEET)

La Ley de Protección Ambiental del Estado de Tabasco define al POEET como el instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos y se orienta, entre otros aspectos, al conocimiento de los problemas ambientales, a la formulación de los criterios ecológicos y estrategias de planificación al nivel federal, estatal, regional o municipal.

El ordenamiento se considera para la regulación del aprovechamiento de los recursos naturales, la identificación y recuperación de terrenos degradados, la reubicación y construcción de plantas o establecimientos industriales, comerciales o de servicios, la creación de reservas territoriales y de nuevos centros de población (Fig. VII.1.2.14). En concordancia con el POEET, el campo Fortuna Nacional cae en la Unidad de Aprovechamiento.

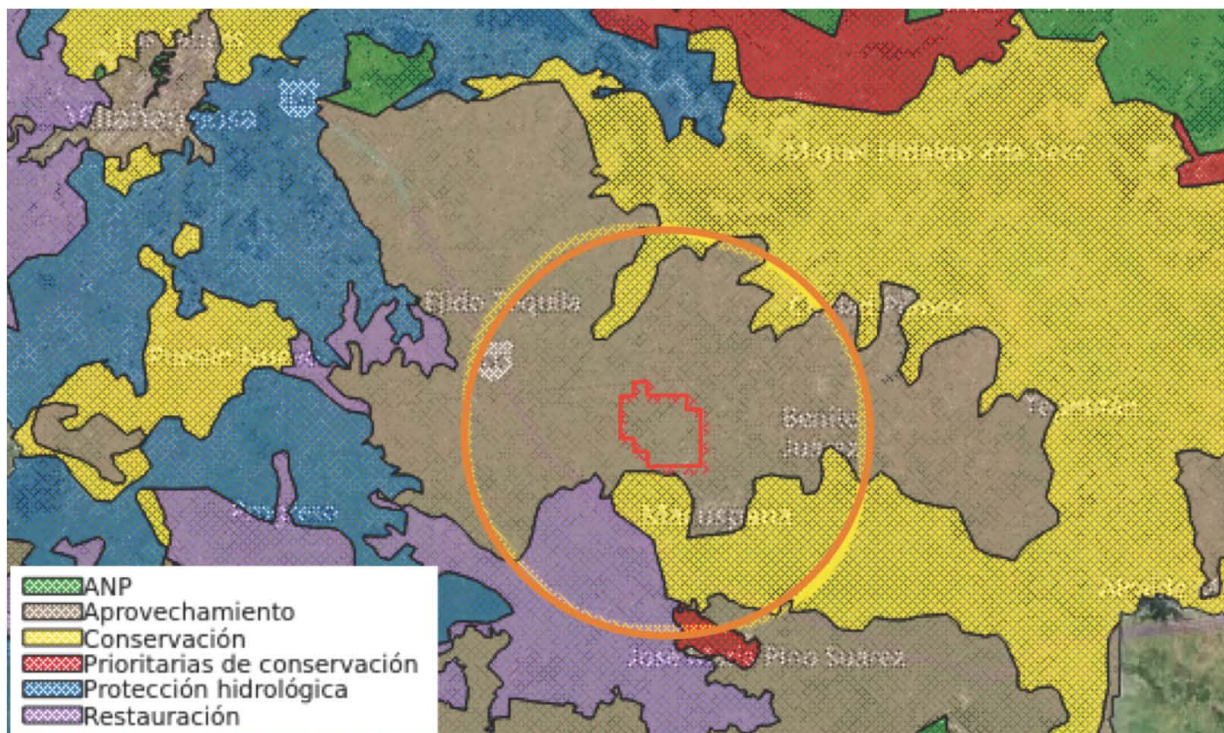


Figura VII.1.2.14. POE del Estado de Tabasco.



*Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMyRGMMyMC),*

El POEMyRGMMyMC es el instrumento de política ambiental que permitirá regular e inducir los usos del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos. El POEMyRGMMyMC identifica, orienta y enlaza las políticas, programas, proyectos y acciones de la administración pública que contribuyan a lograr las metas regionales que en él se plantean y optimizar el uso de los recursos públicos de acuerdo con la aptitud del territorio (Fig. VII.1.2.15). El área concesionada del campo Fortuna Nacional no queda incluido en el POEMyRGMMyMC.



**Figura VII.1.2.15. POE Marino del Golfo de México**



### Uso del Suelo a Nivel del Área de Influencia

En términos de cambio de uso del suelo, el campo Fortuna Nacional y su área de influencia han sufrido una profunda transformación antropogénica. Con las excepción de pequeños manchones de selva, la gran mayoría del área concesionada se ha convertido en zonas agropecuarias, urbanas e industriales (Fig. VII.1.2.16).

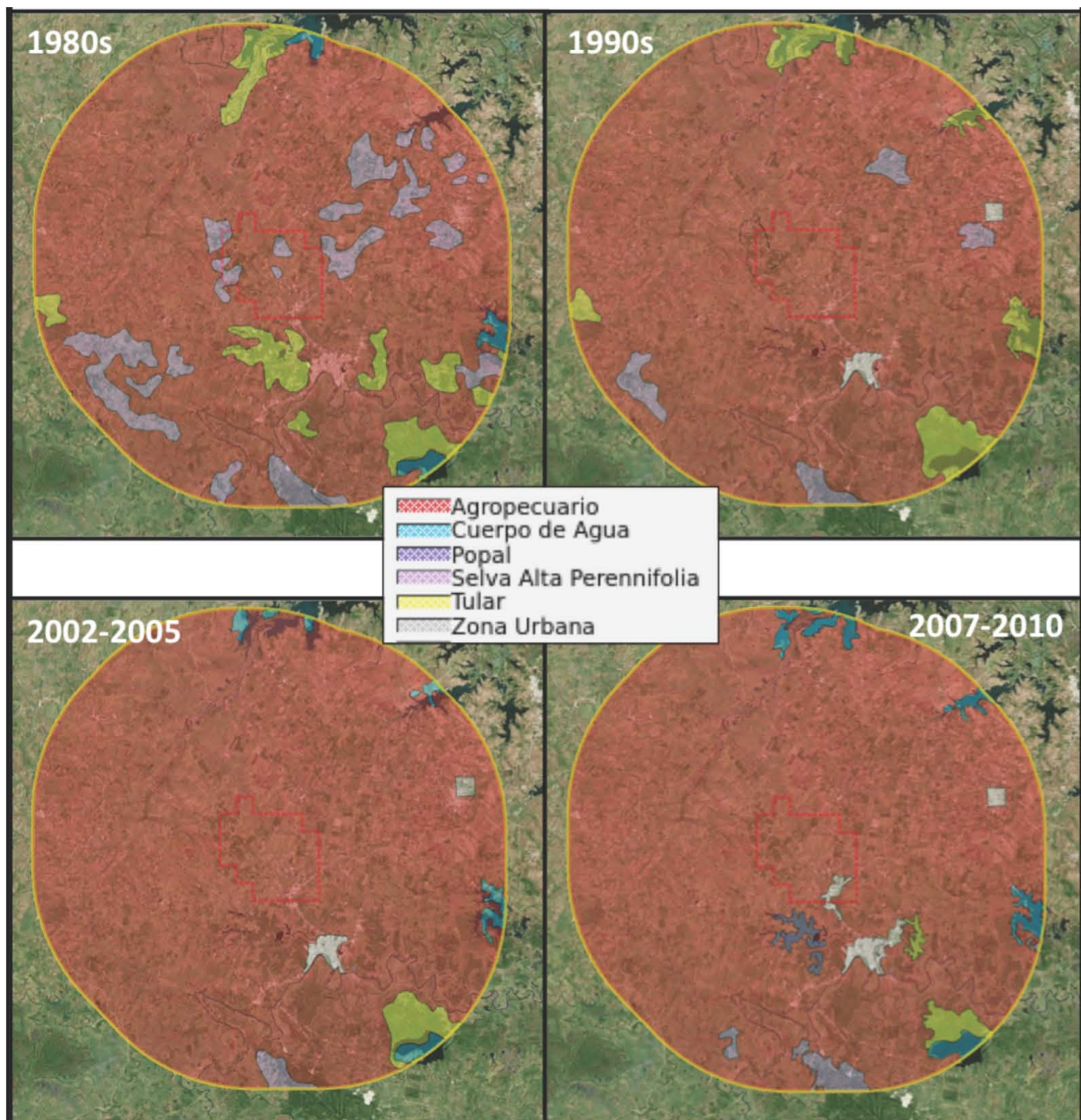


Figura VII.1.2.16. Uso del Suelo de las Series I, II, III y IV de INEGI.



### Consumo de Agua, Aguas Residuales y Residuos Sólidos

El aumento poblacional de la región, no solo ha transformado el paisaje natural sustituyendo la vegetación nativa por cultivos y asentamientos humanos, sino que ha generado una gran demanda de recursos (consumo de agua), así como ha generado una gran cantidad de aguas residuales y desechos sólidos (Figs. VII.1.2.17-19).

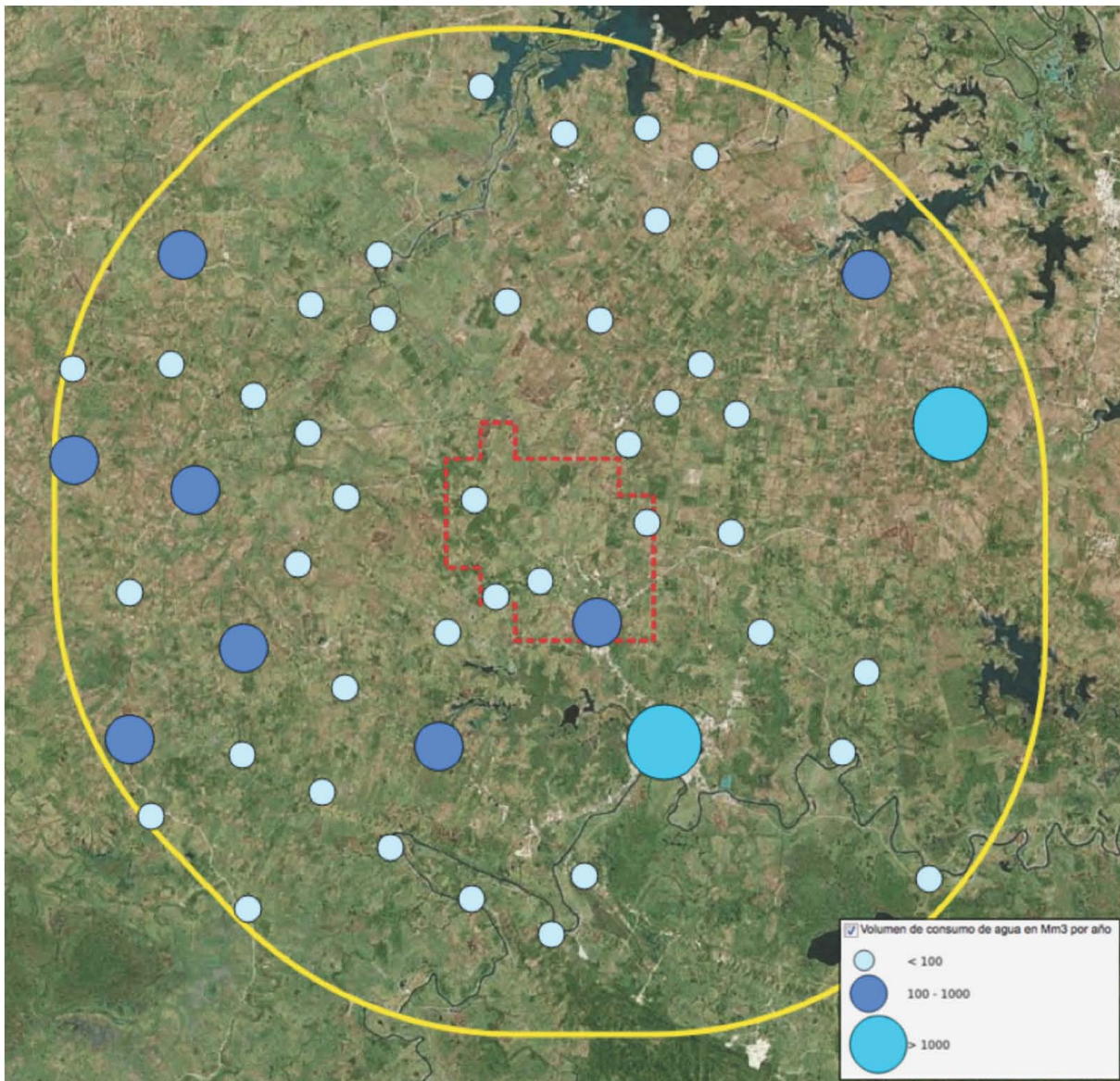


Figura VII.1.2.17. Consumo Anual de Agua (miles de m<sup>3</sup>)



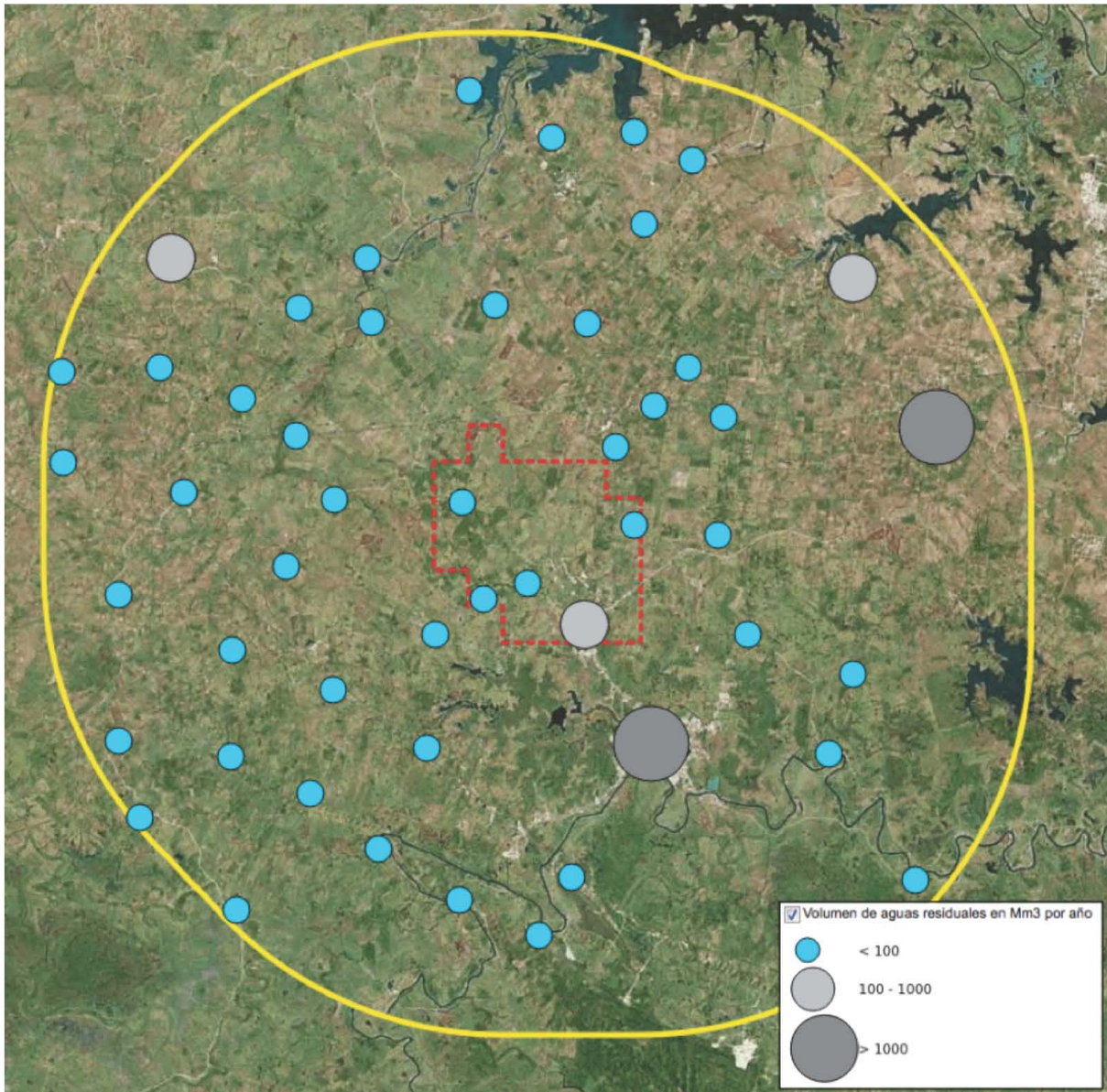


Figura VII.1.2.18. Generación Anual de Aguas Residuales (miles de m<sup>3</sup>)



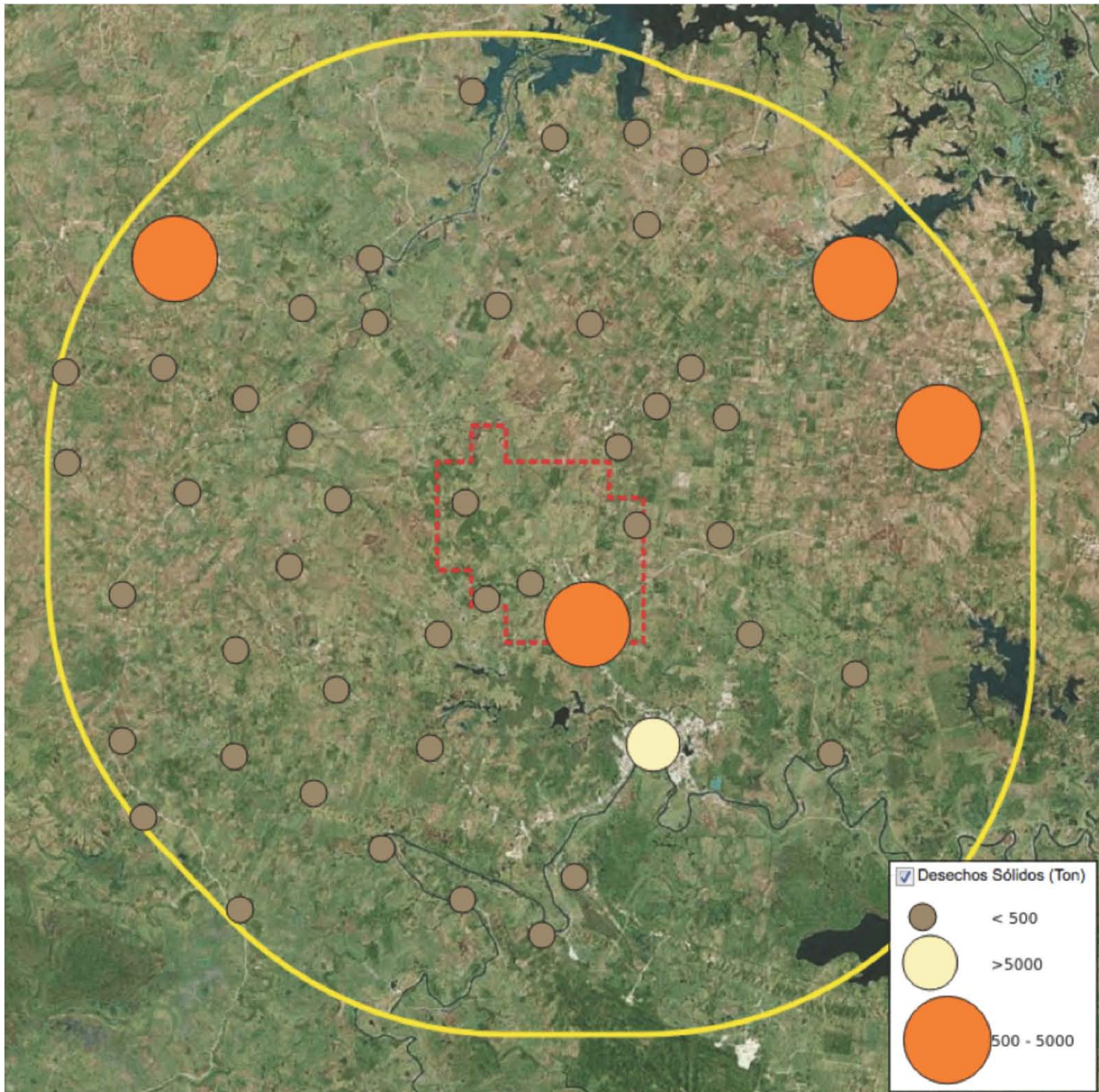


Figura VII.1.2.19. Generación Anual de Residuos Sólidos (toneladas)



## Área de Estudio

Dentro de esta área se realizó la evaluación e identificación de los daños ambientales y daños preexistentes.

### Uso del Suelo y Vegetación

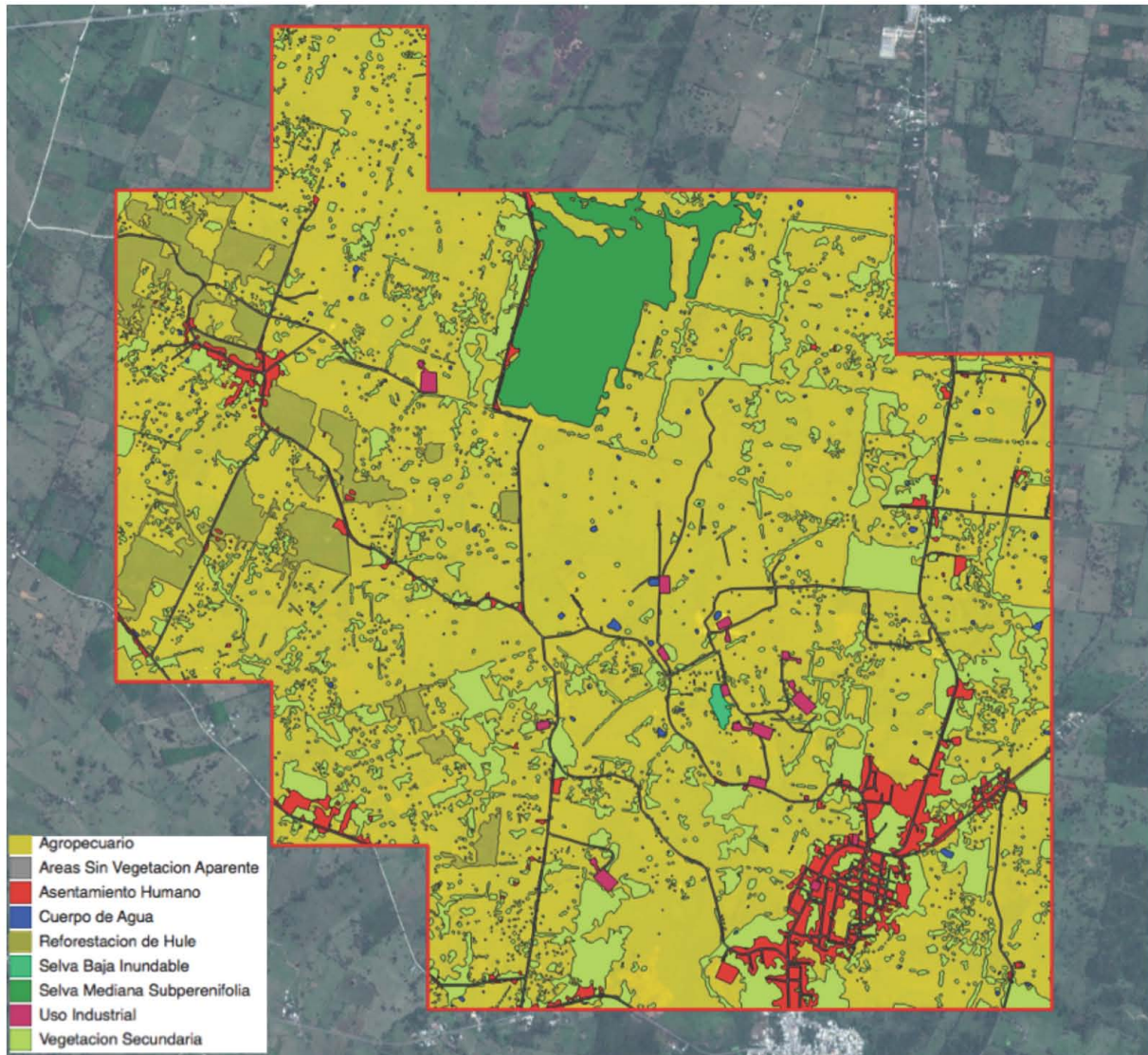
Con base en el análisis de la imagen satelital reciente (2016), 70% del campo tiene un uso agropecuario y 16% corresponde a vegetación secundaria, 4.4% esta dedicado a la plantación de hule, 3% son áreas urbanas y alrededor del 2% son áreas sin vegetación aparente (vías de comunicación; Tabla VII.1.2.2, Fig. VII.1.2.20). Esto significa que alrededor del 95% del campo ha tenido intervención humana, eliminando o transformando la vegetación original.

**Tabla VII.1.2.2. Uso del Suelo y Vegetación 2016 del Campo fortuna Nacional**

<b>Descripción</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Agropecuario</b>	<b>1,552.5</b>	<b>70.3</b>
<b>Asentamiento Humano</b>	<b>66.3</b>	<b>3.0</b>
<b>Cuerpo de Agua</b>	<b>5.2</b>	<b>0.2</b>
<b>Reforestación de Hule</b>	<b>98.2</b>	<b>4.4</b>
<b>Selva Baja Inundable</b>	<b>1.7</b>	<b>0.1</b>
<b>Selva Mediana Subperenifolia</b>	<b>88.3</b>	<b>4.0</b>
<b>Vegetación Secundaria</b>	<b>353.6</b>	<b>16.0</b>
<b>Áreas Sin Vegetación Aparente</b>	<b>36.3</b>	<b>1.6</b>
<b>Uso Industrial</b>	<b>7.7</b>	<b>0.3</b>

Las únicas áreas con vegetación natural, que aún guardan una estructura similar a los ecosistemas nativos son pequeños manchones de selva mediana subperenifolia y selva baja inundable.

LA categoría e uso industrial, donde se localiza la estación de recolección y los pozos, cubre alrededor del 0.3%. Sin embargo, considerando los derechos de vía de los ductos que corren bajo la superficie, el área cubierta es de alrededor del 1%, localizándose tal infraestructura en la Proción centro-sur del campo.



**Figura VII.1.2.20. Uso del Suelo y Vegetación.**

*Tendencias de Cambio*

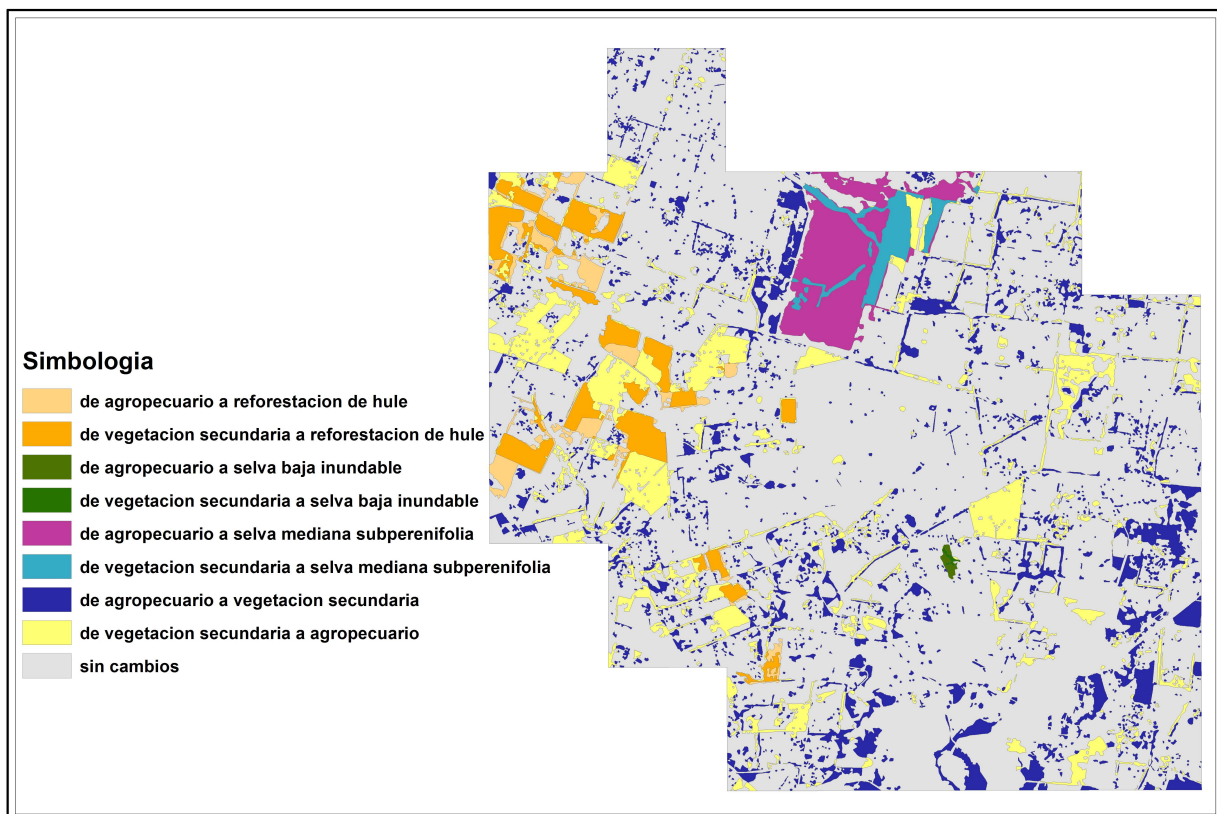
Al comparar la imagen del 2016 con orto-fotos del año 2000, se observa que 74% de la superficie ha permanecido sin cambios y que dicha área corresponde principalmente a áreas agropecuarias y asentamientos humanos (Fig. VII.1.2.21).

Otro cambio importante en la última década es la alternancia que se ha dado entre áreas agropecuarias y acahuales, las cuales han cambiado de manera casi proporcional. En el periodo de análisis, 9.5% de áreas agropecuarias han sido abandonadas y convertidas en acahuales, mientras



que 8.3% de los acahuales presentes en el 2000 se han incorporado a las actividades agropecuarias en el 2016. Este intercambio puede deberse a la rotación de terrenos que realizan los dueños de los predios con la intención de dar descanso a las áreas muy erosionadas.

En el mismo periodo 2000-2016 se observó un aumento de las áreas forestales dedicadas al cultivo de hule, las cuales crecieron en un 4% a partir de antiguas áreas agropecuarias y de acahuales. De igual forma, antiguas áreas ganaderas y de acahuales dejaron de tener uso humano al norte del campo, dando lugar al manchón de selva mediana subperenifolia.



**Figura VII.1.1.21. Tendencias de Cambio 2000-2016.**

### *Uso de Agua*

Colonia Belén. Con base en las entrevistas a informantes clave se sabe que el agua potable del servicio municipal de la zona es escasa y pocas personas tienen pozos propios ya que para ello es necesario excavar más de 30m, lo que resulta costoso. El agua potable es bombeada desde la



cabecera municipal hasta una pila o tanque de almacenamiento ubicada en el sitio llamado "El resbalón", esta pila es llenada cada 10 o 15 días y de la misma se bombea agua al poblado de Belén, así como hacia las pilas de la Colonia Playas y Buergos (Figs. VII.1.2.22 y 23).

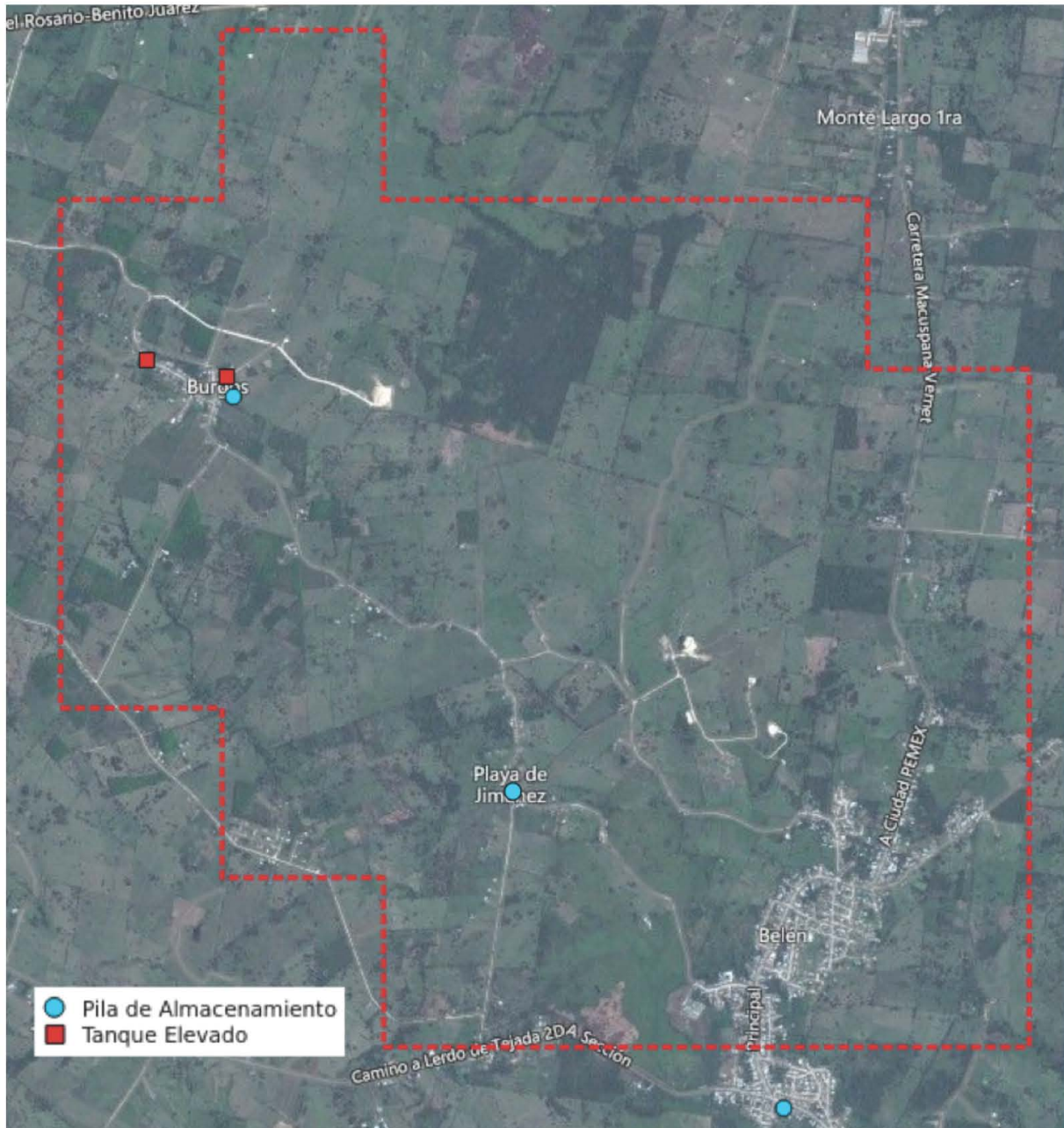


Figura VII.1.1.22. Fuentes de Abastecimiento de Agua del Campo Fortuna Nacional.

De acuerdo con las entrevistas realizadas, el desarrollo poblacional y el atraso de urbanización por parte del ayuntamiento han ocasionado que el líquido y la infraestructura sea insuficiente para abastecer a toda la comunidad. Es común que el agua falte hasta 3 o 4 días, por lo cual los habitantes necesitan reciclarla y almacenarla en tanques de 200 litros. El gobierno municipal utiliza eventualmente pipas de 10 mil litros de agua para el abasto, pero es insuficiente.



**Figura VII.1.1.23. Pilas y Tanques de Almacenamiento de Agua.**

Comunidad de Buergos. En esta comunidad el agua potable se abastece desde una pila localizada a las faldas de la comunidad, la cual es llenada desde Macuspana y la colonia Belén cada 10 o 15 días. Existen 2 tanques elevados a parte de la pila de almacenamiento, pero estos no se encuentran funcionando ya que las perforaciones a los pozos no abastecen agua. Al igual que en la colonia Belén, los habitantes de Buergos ocupan contenedores de 200 litros para almacenar el agua que llega por parte del municipio y también el agua de lluvia. Actualmente el ayuntamiento se



encuentra excavando un pozo profundo con la finalidad de abastecer de agua a las pilas y tanques elevados de la comunidad.

### *Manejo de Residuos Sólidos*

En la zona de Belén, la recolección de basura se hace solo por las calles principales de la comunidad (Fig. VII.1.1.24)., cada 2 o 3 días, sin días específicos de la semana para realizarlo. Por otro lado, en la comunidad de Burgos, dicha recolección ocurre cada 10 o 15 días lo cual ocasiona que la basura quede sobre la vía pública muchos días. Dentro del campo Fortuna Nacional no se encontraron tiraderos a cielo abierto. Si embargo, se reportó que la mayoría de la gente quema su basura en el patio de sus casas.



**Figura VII.1.1.24. Ruta Municipal de Recolección de Basura (línea punteada roja).**



## VII.1.3. Identificación de Infraestructura Existente

### Infraestructura Petrolera.

De acuerdo a la información oficial proporcionada por la Comisión Nacional de Hidrocarburos, la infraestructura actual que se encuentra dentro de la poligonal del Campo No. 9 Fortuna Nacional (tablaVII.1.3.1; figura VII.1.3.1) es la siguiente: 28 pozos petroleros (8 exploratorios y 20 de desarrollo), una estación de recolección, un oleoducto, un oleogasoducto, un gasoducto y 13 líneas de descarga (CNH, 2016).

**Tabla VII.1.3.1. Vértices del Campo No. 9 Fortuna Nacional**

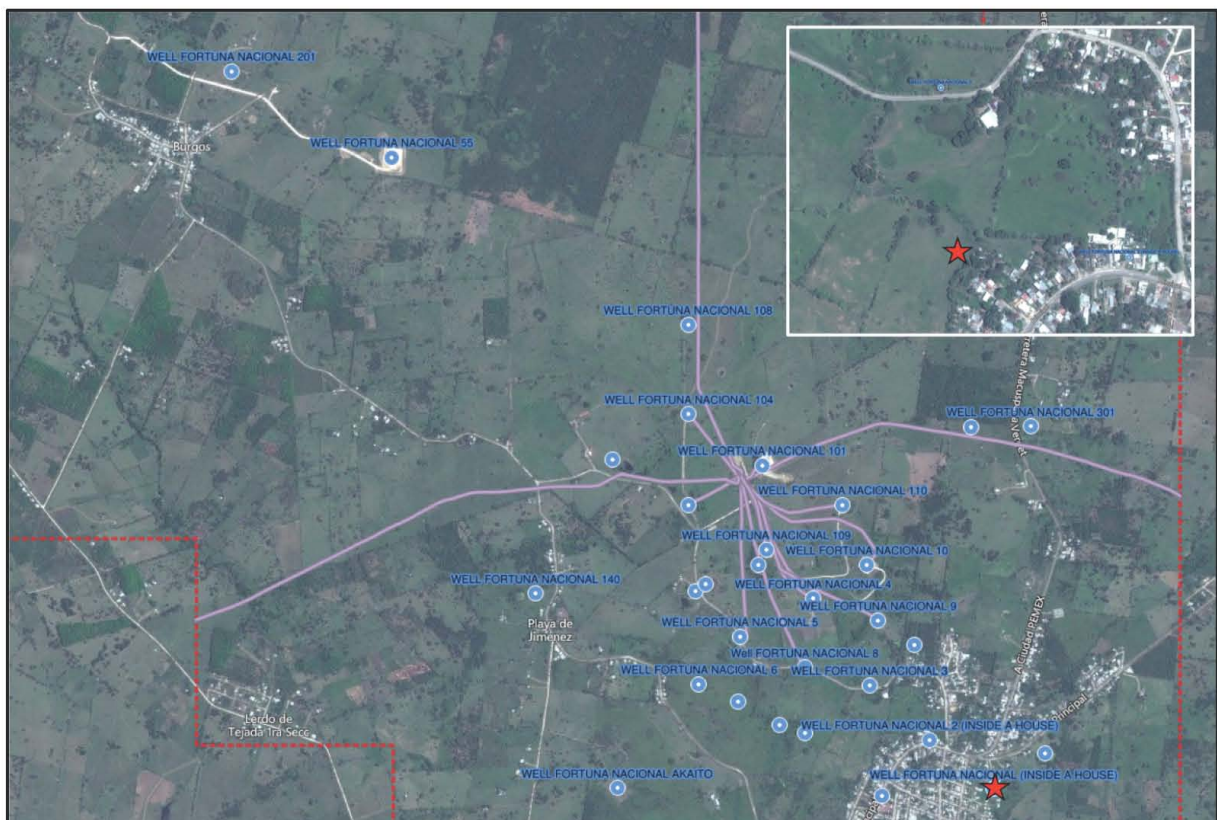
VÉRTICE	ZONA UTM	X	Y
1	15Q	538,853	1,971,784
2	15Q	538,855	1,970,862
3	15Q	539,738	1,970,864
4	15Q	540,621	1,970,866
5	15Q	541,504	1,970,868
6	15Q	541,506	1,969,946
7	15Q	542,389	1,969,948
8	15Q	542,391	1,969,026
9	15Q	542,393	1,968,104
10	15Q	542,395	1,967,182
11	15Q	542,397	1,966,260

VÉRTICE	ZONA UTM	X	Y
12	15Q	541,513	1,966,258
13	15Q	539,747	1,966,254
14	15Q	538,864	1,966,253
15	15Q	538,862	1,967,175
16	15Q	537,979	1,967,173
17	15Q	537,977	1,968,095
18	15Q	537,094	1,968,093
19	15Q	537,092	1,969,015
20	15Q	537,090	1,969,937
21	15Q	537,088	1,970,859
22	15Q	537,972	1,970,861
23	15Q	537,970	1,971,783
24	15Q	538,853	1,971,784
25	15Q	539,747	1,966,254

En el Campo No. 9 Fortuna Nacional los pozos petroleros son denominados 201, 55, 108, 104, 106, 140, 101, 107, 105, 101A, 301, 110, 109, 10, 6, 5, 4, 4D, 4T, 9, 8, 11, 3, 2, 1, 11A, Belen-1, y Akaito 1, los cuales se encuentran dentro de un radio de aproximadamente 1.6 km de la Estación de Recolección de Fortuna Nacional, a excepción de los Pozos Fortuna Nacional 201 y 55, que se encuentran hacia la parte NNE, cerca de la localidad de Burgos (CNH, 2016).

En cuanto a los ductos, se tiene un oleogasoducto con una longitud de 11,410 metros, que inicia en el TDE Batería Vernet y termina en la TDR Fortuna Nacional, por lo que solo el 22% (2,500 metros) de este ducto, se localiza dentro del Campo No. 9 Fortuna Nacional (CNH, 2016). También se tiene otro oleoducto con una longitud de 7,941 metros, que inicia en la Estación de Recolección de Fortuna Nacional y termina en la Estación de Recolección Gas y Aceite Shishito, por lo que solo el 31% (2,500 metros) de este ducto, se localiza dentro del Campo No. 9 Fortuna Nacional (CNH, 2016).

Existe también un gasoducto con una longitud de 4,888 metros que inicia en la Trampa de Diablo Macuspana y termina en ER Fortuna Nacional, encontrándose el 40% (2,000 metros) dentro del Campo No. 9 Fortuna Nacional (CNH, 2016). En el caso de las líneas de descarga, todas se localizan en un radio de 900 metros, a partir la Estación de Recolección Fortuna Nacional dentro del Campo No. 9 Fortuna Nacional.



**Figura VII.1.3.1. Infraestructura Petrolera, Los puntos azules corresponden a pozos, la línea morada los ductos. Se han marcado con una estrella roja los pozos No Identificados en los registros de la CNH.**



Durante los trabajos de campo y la supervisión de la imagen satelital se localizó infraestructura petrolera abandonada la cual no se reporta en los registros de CNH. Esta infraestructura corresponde a dos pozos llamados No Identificado "A" y "B." (Fig. VII.1.3.2 y 3). Ambos sitios se reportan como potenciales pasivos preexistente en la sección VII.5 de la presente línea base.



**Figura VII.1.3.2. Infraestructura Petrolera Abandonada. Pozo Taponado No Identificado "A".**



**Figura VII.1.3.3. Detalle del Pozo No Identificado "B," localizado dentro de una casa habitación del Poblado de Belén.**

Por fuera de la Poligonal del Campo, 14km al suroeste, se localiza Cd. Pemex donde se ubica el Complejo Procesador de Gas Cd. PEMEX, el cual cuenta con cuatro plantas endulzadoras de gas, dos plantas de azufre y dos plantas criogénicas. Las actividades principales de este complejo son las de tratar el gas húmedo amargo para eliminar los contaminantes y separar sus componentes, mediante tres procesos industriales: endulzamiento de gas amargo, recuperación de azufre y recuperación de licuables del gas natural (etano + pesados y propano + pesados).

### Infraestructura No Petrolera

Dentro de los límites de la concesión prácticamente no existe infraestructura diferente a la petrolera. Lo único que puede mencionarse son las vías de comunicación y la línea de transmisión de la CFE (Fig. VII.1.3.4). Mayor detalle de la infraestructura petrolera y no petrolera puede apreciarse en la Memoria Fotográfica (Anexo VII.2.2).

### Niveles de Ruido

Mediante el uso de sonómetros con mediciones en tiempo real se obtuvo el nivel basal de ruido en los sectores adyacentes al campo (ver figura VI.2 en la sección VI). Los niveles de ruido encontrado se enlistan en la tabla VII.1.3.2. Ante la falta de actividades industriales todos los puntos medidos presentaron niveles de ruido por debajo de la NOM.

**Tabla VII.1.3.2. Resumen de resultados de Ruido en el Campo fortuna Nacional**

Puntos	ZC1/ R-Fuente		ZC1/ R-Fondo		Nivel Corregido por Ruido de Fondo db (A)	Límite Máximo Permissible dB (A)
	Hora inicial	Hora final	Hora inicial	Hora final		
Zona 1	10 h 00	10 h 36	10 h 30	14 h 00	54.46	68.0
Zona 2	11 h 20	11 h 45	10 h 30	14 h 00	40.57	68.0
Zona 3	12 h 43	13 h 07	10 h 30	14 h 00	39.59	68.0
Zona 4	13 h 40	13 h 57	10 h 30	14 h 00	36.06	68.0



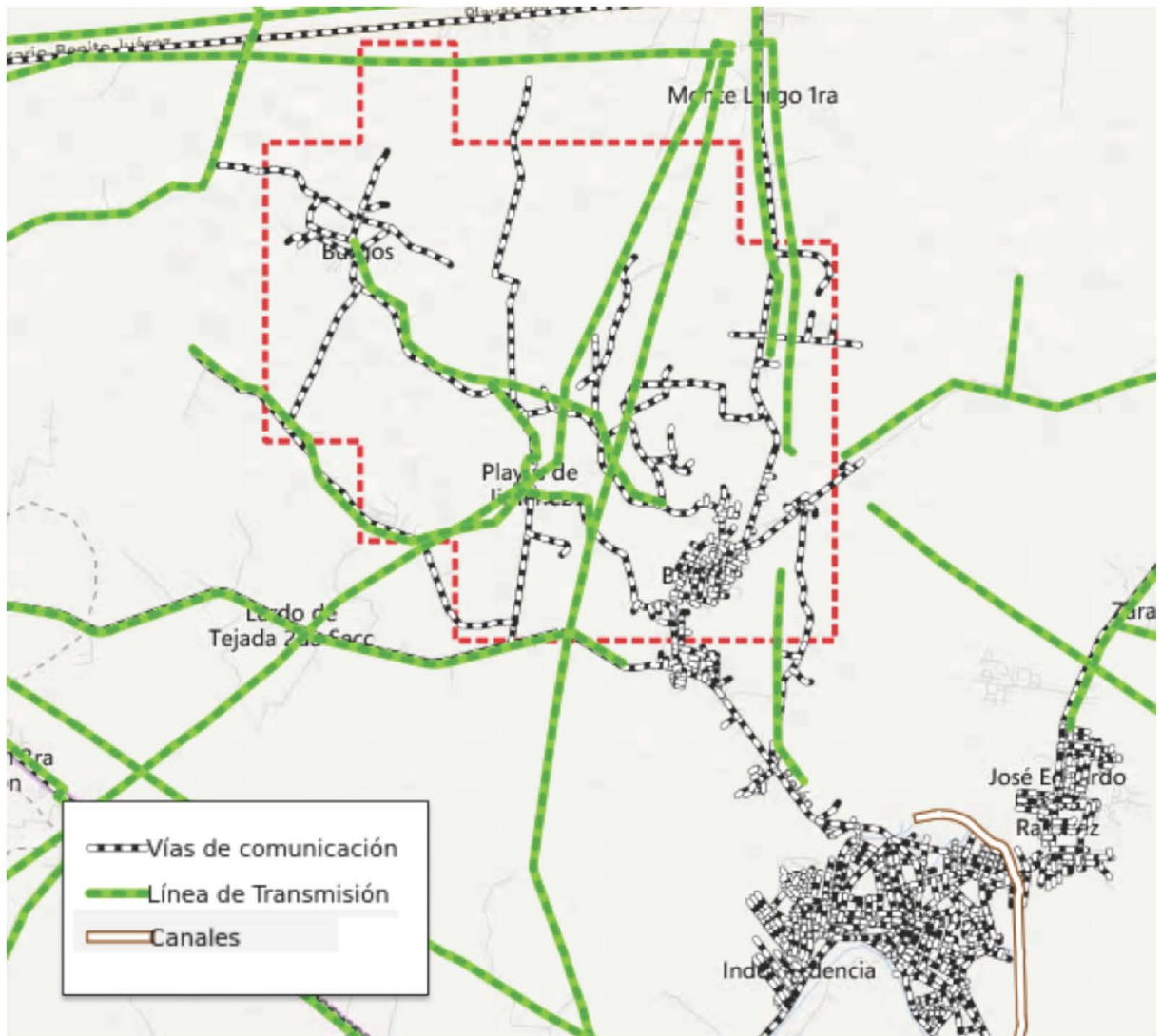


Figura VII.1.3.4. Infraestructura No Petrolera del Campo fortuna Nacional.

## VII.1.4. Patrimonio Arqueológico

No se encontró ningún patrimonio arqueológico del campo Fortuna Nacional.



## VII.2.1. Geología y Geomorfología

### Geología

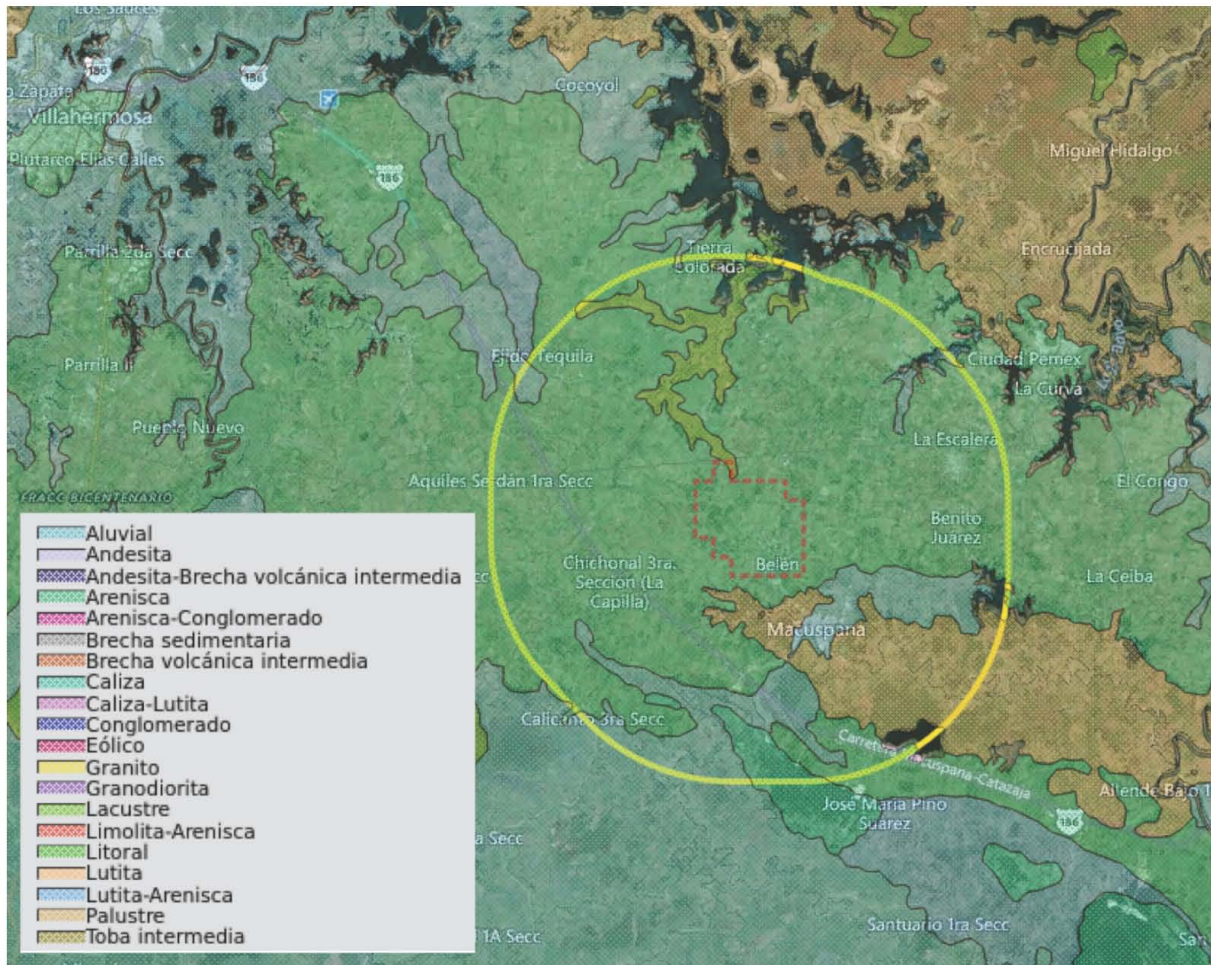
A escala regional, la mayor parte del territorio de Tabasco, se ubica dentro de la provincia fisiográfica "Llanura Costera del Golfo Sur". Una menor proporción del territorio se encuentra en la provincia denominada "Sierras de Chiapas y Guatemala" (INEGI, 1986).

La primera es una planicie de composición sedimentaria cuyo origen está relacionado con la regresión del Océano Atlántico, iniciada desde el Terciario Inferior, y el relleno gradual de la cuenca oceánica donde hasta nuestros días se acumulan grandes volúmenes de material detrítico que proviene del continente. La erosión de los depósitos marinos y continentales provocó que éstos tengan poca elevación y se manifiestan en forma de lomeríos constituidos de areniscas y calizas. Ocupa el 94.16% del territorio de Tabasco (INEGI, 2001).

La segunda es producto de factores geológico-estructurales como el tectonismo, que en sus fases de plegamiento del Terciario llevó a la dislocación y levantamiento de este paquete rocoso. La llanura costera está conformada por el relleno de cuencas marinas y lacustres por una compleja red de corrientes superficiales en la llanura costera (INEGI, 1986). Estos han dado lugar a la formación del gran complejo deltáico formado por los ríos Grijalva- Mezcalapa-Usumacinta y también dieron origen a la planicie fluviodeltaica del río Tonalá. El complejo deltáico tabasqueño está sujeto a subsidencia debido a la acumulación de grandes cantidades de sedimentos, que se compactan y propician un hundimiento generalizado de esta porción de la llanura costera. Su paisaje está constituido sobre todo por valles, cañones y sierras plegadas donde predominan rocas sedimentarias marinas del Mesozoico, con ejes estructurales orientados E-O en su mayoría y afectadas por fallamiento de tipo normal y lateral; son sierras relativamente bajas pues la mayoría de sus cumbres son inferiores a 2000 m de altitud y otras a los 1000 m. Esta provincia está representada en Tabasco por el 5.84% del territorio del estado (INEGI, 2001).

El campo Fortuna Nacional descansa sobre una terraza de rocas sedimentarias, de arenisca, de la era cenozoica y del sistema neógeno (Fig. VII.2.1.1). La terraza esta conformada por un paisaje de lomeríos suaves

resultantes de procesos denudatorios erosivos con una amplitud de relieve de 20 a 50 m. Para el Servicio Geológico Mexicano, en su Carta Geológico-Minera escala 1:250,000 clave E15-8 del año 2005, el área de estudio se localiza sobre Areniscas y Lutitas con clave TmQptAr-Lu.

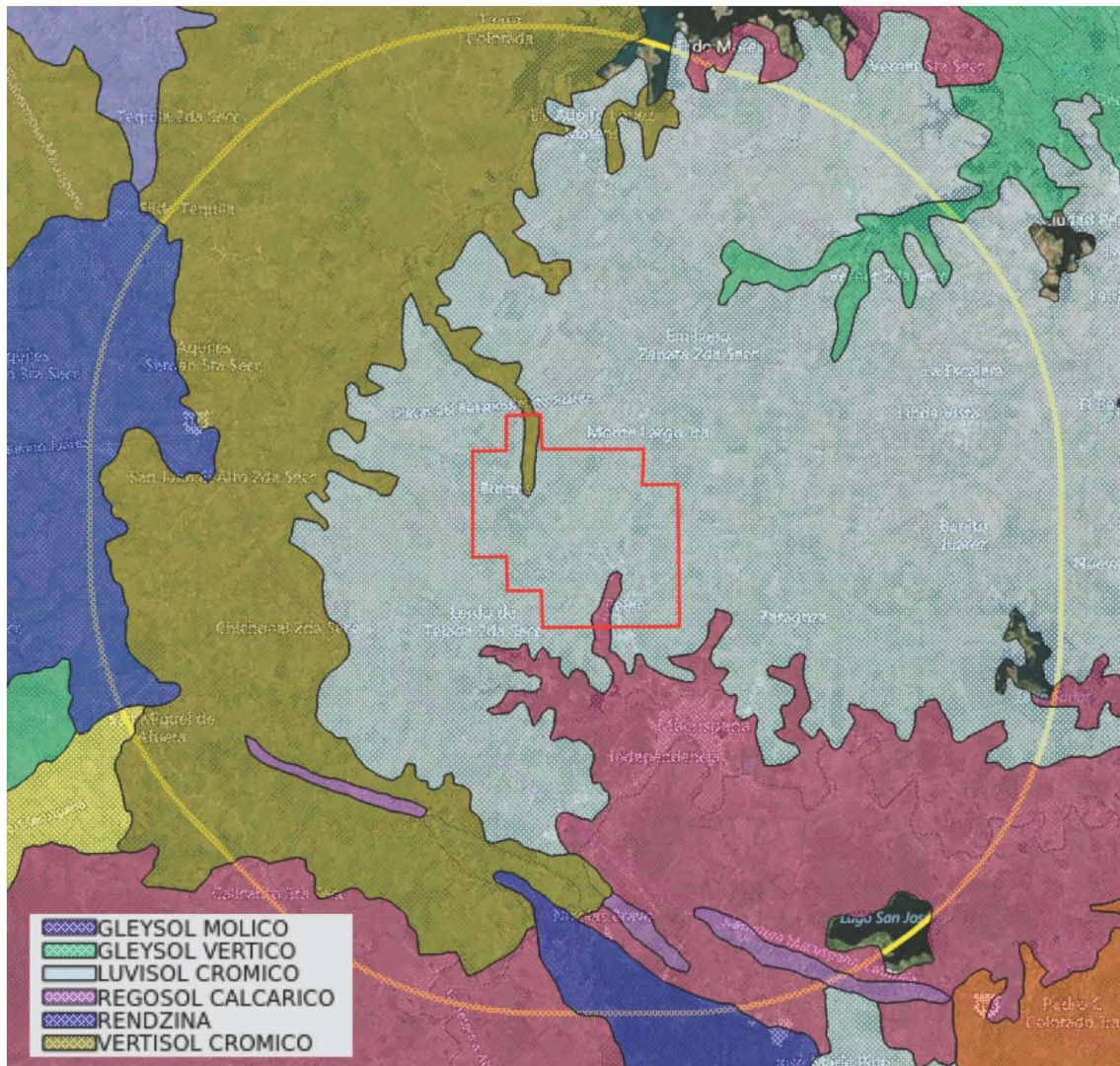


**Figura VII.2.1.1. Geología del Campo Fortuna Nacional y su Área de Influencia**

### Edafología

Los suelos del campo Fortuna Nacional son en su mayoría Luvisoles Crómicos, los cuales se caracterizan por el lavado de arcilla de los horizontes superiores para acumularse en una zona más profunda y la mayor parte del horizonte B tiene un matiz de 7.5 YR y una pureza en húmedo mayor de 4, o un matiz más rojo que 7.5 YR. Otros tipos de suelo presentes en el campo son Gleysol Eútrico y Vertisol Crómico (Fig. VII.2.1.2).





**Figura VII.2.1.2. Edafología del Campo Fortuna Nacional y su Área de Influencia**

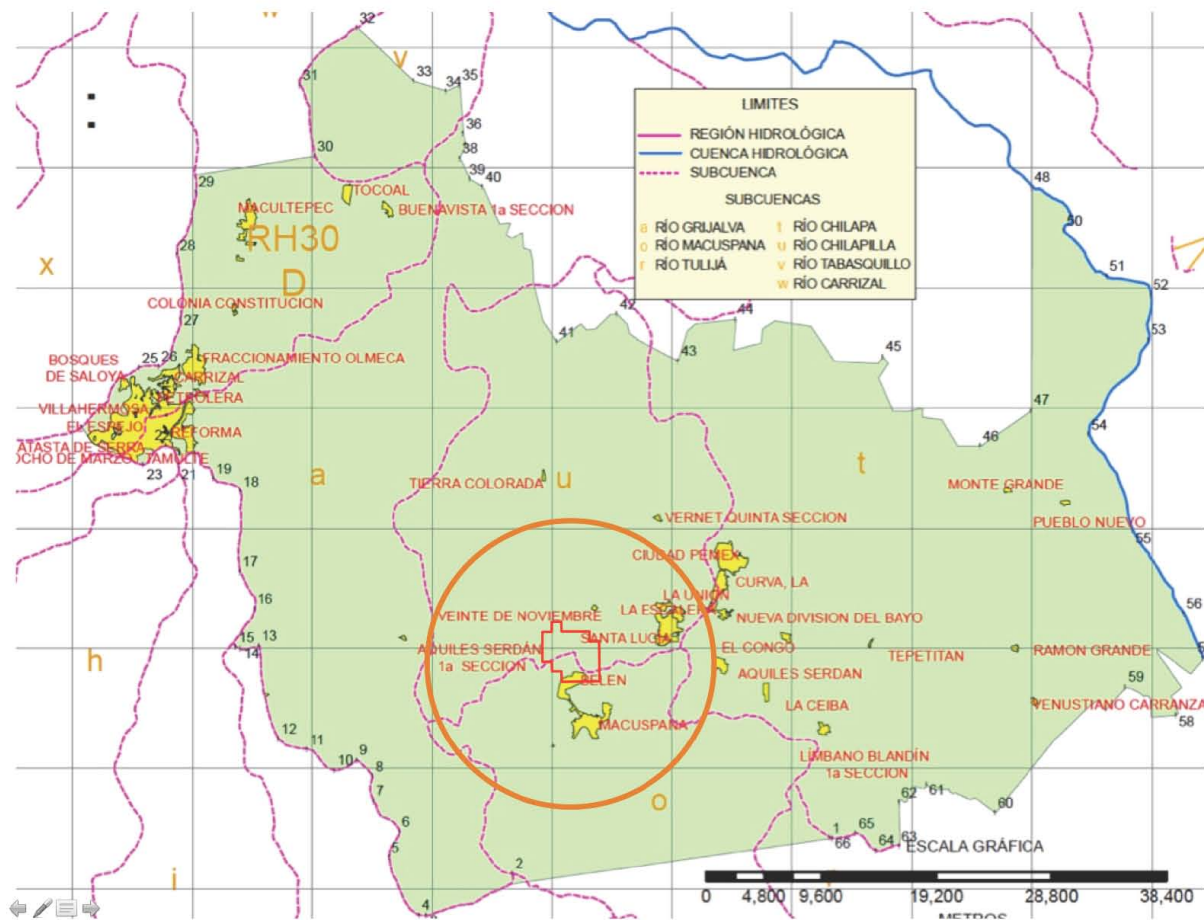
### Topografía

Topográficamente, la Terraza de Macuspana presenta una pendiente general de sur a norte, debido al plegamiento y afallamiento del terreno que ocasiona elevaciones hacia la parte sur de la zona de estudio. Las elevaciones varían desde 300m en el cerro El Tortuguero hasta menos de 10msnm de acuerdo con el INEGI. Estas estructuras dan un relieve ondulado hacia la parte sur del área de estudio, definiendo una zona de lomeríos suaves.



## Hidrología

La zona de estudio se encuentra dentro de la Región Hidrológica número 30, dentro de la cuenca D -Río Grijalva Villahermosa-. Comprende parte de las subcuencas Río Grijalva, Río Macuspana, Río Tullijá, Río Chilapa, Río Chilapilla, Río Tabasquillo y Río Carrizal (Fig. VII.2.1.3).



**Figura VII.2.1.3. Cuencas y subcuencas en el Área del Proyecto**

A nivel de cuenca, La geología (topografía) en esta zona controla la dirección del flujo superficial, hacia el norte del área de estudio, los cauces se hacen meándricos. Hacia la parte central del área de estudio, Ciudad Pemex, se localizan las zonas con cuerpos perennes principales, que se extienden en dirección noroeste. Para toda la cuenca de Macuspana se identifican dos direcciones de escurrimiento superficial, hacia el oeste, el río Tapa que tributa al Río Grijalva, y hacia el este, el Río Tepetitán-Chilapa, que

deriva al río Chilapilla y río Bitzal. Estos dos escurrimientos convergen al noroeste del área de estudio, fuera de ella, en el poblado Chilapa. En su trayecto, estos cauces abastecen los diferentes cuerpos lagunares de la zona.

Es importante señalar que el micro relieve, como consecuencia de los procesos geológicos, determina la distribución de las aguas. Las redes de drenaje se comunican entre sí, conduciendo y transportándola, algunos de estos funcionan como intermitentes, son cauces abandonados como meandros debido al cambio de curso de las aguas., aunque dado que varios cauces inician en la cuenca comprendida, funcionan como intermitentes en los tramos en los cuales el agua captada es producto de la escorrentía de la época de lluvias, mientras que el cauce localizado en zonas aguas abajo, conduce agua derivado de la captación del agua subterránea (flujo base).

La subcuenca Chilapilla donde cae el campo Fortuna Nacional (letra "u" en la figura VII.2.1.3), presenta una densidad hídrica del tipo dendrítico con una gran cantidad sistemas lénticos, aunque predominan más los sistemas lótics principalmente los cauces con un ancho no mayor a 15 metros. La corriente principal es el río Chilapilla el cual presenta meandros irregulares e inicia el este de la subcuenca con una dirección de flujo hacia el noroeste, con un ancho menor al cauce del cual se originó (Fig. VII.2.1.4).

### **Hidrogeología**

Administrativamente, el área de estudio se encuentra dentro del Acuífero Macuspana, con clave CONAGUA, 2706, que se encuentra subexplotado, actualmente existe volumen disponible de 1,557'738,151 m<sup>3</sup> anuales. La recarga total media anual es de 1663 Mm<sup>3</sup>/año y el total de descarga o explotación es de 1.966 Mm<sup>3</sup>/año, con una descarga natural comprometida de 107.285 Mm<sup>3</sup>/año. De acuerdo con los resultados del censo realizado en 2002 por CONAGUA, se censaron un total de 32 aprovechamientos, de los cuales 81% son de uso Público urbano y 19% Domestico. INEGI en 1999 en su carta de Agua Subterránea reporta 15 pozos en la zona de Macuspana.



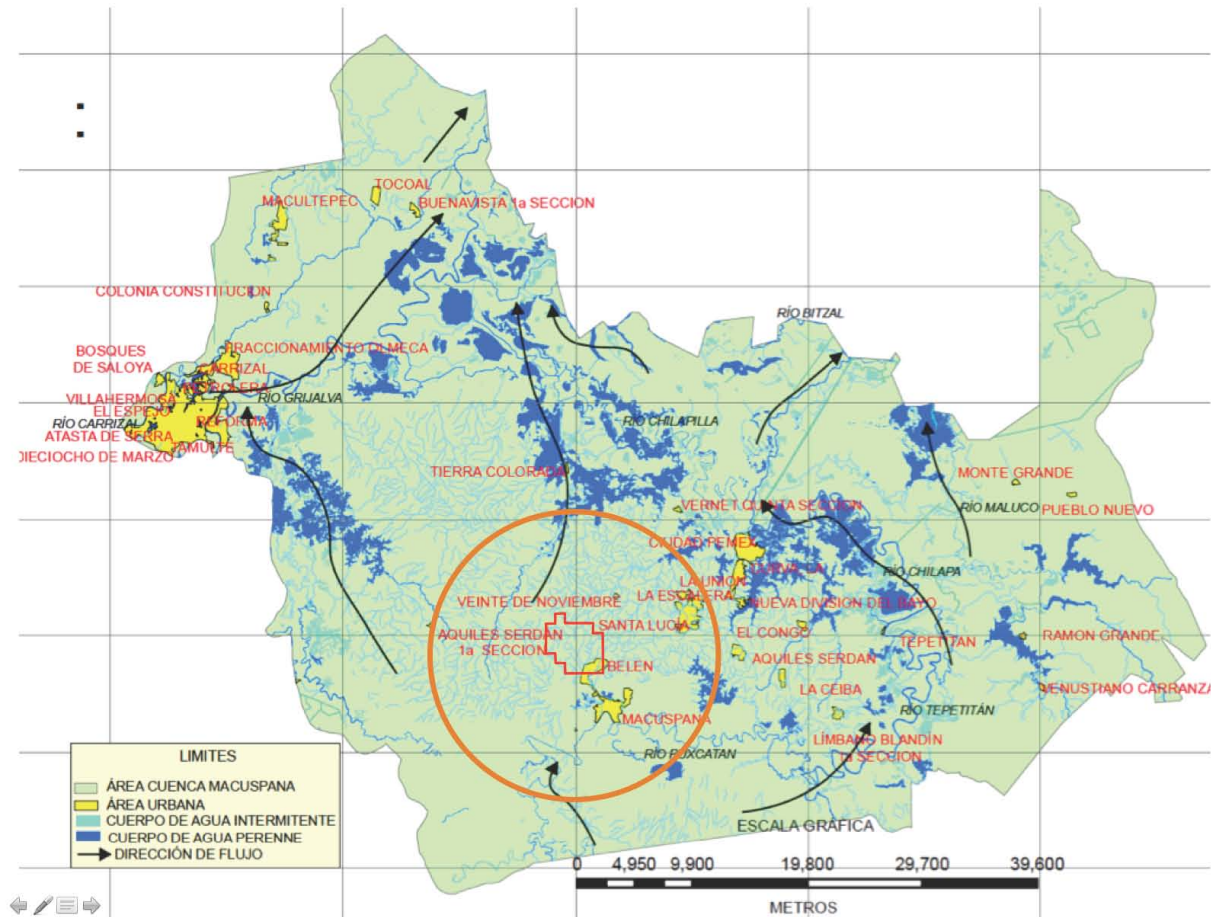


Figura VII.2.1.4. dirección del Flujo Superficial

Localmente en el área de estudio se clasifica como un acuífero intergranular de tipo confinado, con una dirección de flujo SSW-NNE , con una elevación del nivel estático de 6.8 msnm, profundidad del nivel estático promedio de 8.5 m. La Plataforma de la Pera de Lanzamiento se desplanta sobre la capa confinante, cabiendo la posibilidad de que a profundidad se encuentre un acuitardo en materiales limo arcillosos y que se presente un comportamiento de tipo fisural en sedimentos consolidados.

En cuanto a la calidad de agua subterránea, se tiene reportada salinidad (CONAGUA; 2015). Las concentraciones varían entre 800 ppm en la zona de Buonavista hasta 100 ppm al SE de Macuspana. Esta tendencia a incrementarse la salinidad es común en los acuíferos libres costeros. La familia de aguas dominante es la Bicarbonatada-Sódica, seguida por la Bicarbonatada-Cálcica, con algunas muestras de la facies Clorurada-Sódica, la mayor parte de las cuales se encuentran cercanas a la costa, con



excepción de un punto anómalo cercano a Macuspana. La tabla VII.2.1.1 muestra las unidades hidrogeológicas para la columna estratigráfica del acuífero de Macuspana.

**Tabla VII.2.1.1. Columna estratigráfica del acuífero Macuspana**

EDAD	FORMACIÓN	CARACTERÍSTICAS	CONDICIONES
R E C I E N T E		Depósitos de ríos y pantanos con morfología de llanura inundable, constituida tanto de arenas arcillosas como de arcillas orgánicas (material turboso).	UNIDAD ALUVIAL. - Zona altamente inundable con cuerpos de agua y escaso drenaje superficial, presenta tanto zonas permeables como impermeables. Contienen agua subterránea en partes contaminada.
	ALUVIAL	Llanura aluvial con cursos de ríos inestables en donde se observan depósitos de meandros constituidos por arenas y arcillas o una mezcla de ellas.	UNIDAD ALUVIAL. - Zona de permeabilidad media con agua subterránea que se recargan principalmente por los escurrimientos superficiales.
		Llanura formada por depósitos de litoral y eólicos constituido por arenas pobremente graduadas.	UNIDAD ALUVIAL. - Zona altamente permeable que contiene agua subterránea de calidad salobre por su cercanía al litoral.

PLEISTOCENO	TIERRA COLORADA	Lomeríos formados por sedimentos continentales que incluyen a arcillas inorgánicas y una mezcla de arcillas arenosas, arcillas con grava y arcillas limosas.	UNIDAD DE SEDIMENTOS ARCILLOSOS. – Por sus características granulométricas se considera de baja permeabilidad y puede ser confinante superior de algunas formaciones permeables que están en el subsuelo.
	TRES PUENTES	Lomeríos formados por sedimentos marinos y lacustres de diferente granulometría y cohesión que se presentan en capas plegadas y fracturadas. Arcilla, arena turba, zonas carbonosas y yeso en las fracturas.	UNIDAD DE SEDIMENTOS ARENOSOS Y ARCILLOSOS. – Ésta unidad presenta tanto zonas permeables como impermeables mostrando variaciones en la permeabilidad lateralmente y en profundidad, en virtud de las características de las diferentes formaciones y por la presencia de numerosas y frecuentes fallas.
T E R C I A R I O	BELEN	Arcillas, capas de arenas y restos fósiles.	Éstas características señalan condiciones de confinamientos de los acuíferos que se encuentran principalmente en las formaciones Belen y Encajonada.

	ZARGAZAL	Arenas y arcillas, tiene restos fósiles y yeso.	La presencia de Turba y Yeso eventualmente demeritan la calidad del agua subterránea
	ENCAJONADO	Capas de margas arenas compactas y gravilla.	
	AMATE	Lutitas y margas masivas con yeso.	

### Geomorfología

Las características geomorfológicas de la Llanura Costera del Golfo de México, se relacionan principalmente con el desarrollo de las llanuras aluviales de los ríos Grijalva-Usumacinta Tonalá y Carrizal y han estado influenciadas por las variaciones glacio-eustáticas pleistocénicas del nivel del mar. En la zona que corresponde a la planicie de la región se presenta un depósito de materiales elásticos continentales aportados hacia la llanura costera, desde el Terciario que han dado lugar a la acreción de amplios sistemas deltáicos, situados en una costa que, genética y morfológicamente, es de tipo primario y tectónicamente, puede ser considerada como de mares marginales. El origen del grupo de lagunas del área, se debe tanto al aporte de sedimentos terrígenos, a los movimientos laterales de los ríos Grijalva y Grijalva-Carrizal (Ortiz-Pérez et al., 2005). Los sistemas deltáicos de llanos fluviales que no presentan fallas evidentes, pertenecen al Cuaternario reciente y están sujetos a inundaciones de ríos con ambientes mixtos (continentales y marinos), de relieve aluvial, litoral y estuarino. Esta zona esta surcada por una importante cantidad de cursos activos y de lechos abandonados. La inestabilidad de la trayectoria de los lechos fluviales es evidente en toda la planicie deltáica en donde se observan cursos de muy diferentes orientaciones producto de las modificaciones continuas de las trayectorias. Los desbordes acumulan sedimentos gruesos a los lados de los lechos fluviales. Formando bordos y riberas. En la zona de terrazas que forma





## VII.2.2. Clima y Meteorología

El clima en el área de estudio es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano Af(m), la temperatura media anual para la zona de estudio es de 27.19°C y una precipitación media anual de 2,269 mm, con una evapotranspiración de 903 mm anuales.

El régimen de lluvias de la Cuenca Macuspana presenta la regularidad estadística corriente en las zonas tropicales húmedas, aunque solamente con un ciclo anual. La variabilidad de las precipitaciones anuales es moderada, con un coeficiente de variación de solamente 0.21. Las relaciones entre frecuencia de las precipitaciones anuales y su magnitud son prácticamente lineales para un rango amplio. El año hidrológico se caracteriza por un máximo de precipitación durante el mes de septiembre, una época de precipitaciones mínimas desde enero a mayo, y un período lluvioso que va de junio a diciembre.

Tomando en cuenta las estaciones meteorológicas cercanas al campo fortuna Nacional (Tabla VII.2.2.1; Fig. VII.2.2.1), puede decirse que el ciclo de lluvias es de Junio a Noviembre, con valores máximos de 397.58 mm para el mes de Septiembre y mínimos de 50.84 mm para el mes de Marzo (Fig. VII.2.2.2). Las mayores temperaturas se registran en el mes de Mayo (30.89 °C), siendo que el mes de Enero es el más frío (23.28°C; Fig. VII.2.2.3). La Evapotranspiración ronda entre los 886 y 926 mm/año, presentándose los valores más altos durante el mes de Mayo (Fig. VII.2.2.4).

**Tabla VII.2.2.1. Estaciones Meteorológicas cercanas al Campo Fortuna Nacional.**

CLAVE	NOMBRE	X_UTM	Y_UTM	hp (mm/año)	T (°C)	ETR (mm/año)
27092	PLAYAS DEL ROSARIO	507416.44	1974078.43	2139.258	26.5755833	886.702464
27049	TEQUILA	520527.14	1959218.43	2027.357	27.33275	893.289879
27030	MACUSPANA	541872.98	1963312.13	2365.525	26.8525	905.068403
27071	AQUILES SERDAN	554759.87	1968598.71	2127.04	28.6859167	926.286373



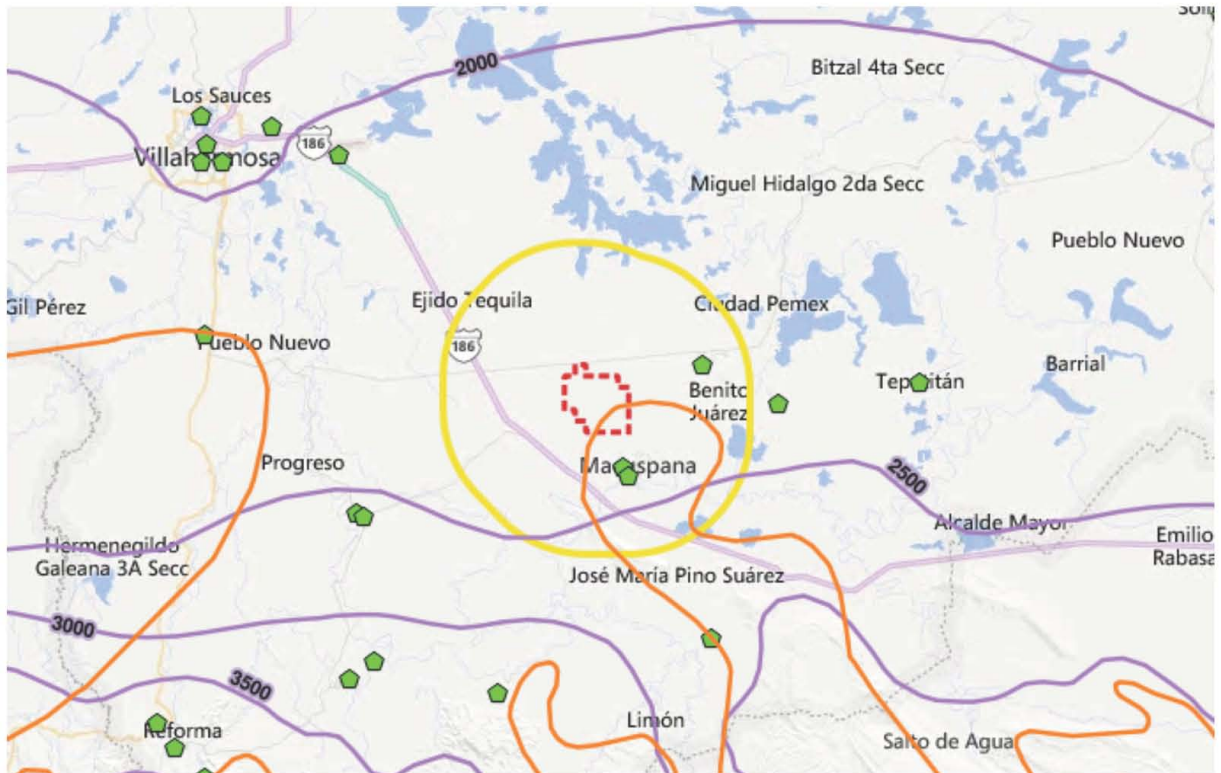


Figura VII.2.2.1. Isotermas (líneas naranjas), Isoyetas (líneas moradas) y estaciones meteorológicas cercanas al Campo Fortuna Nacional.

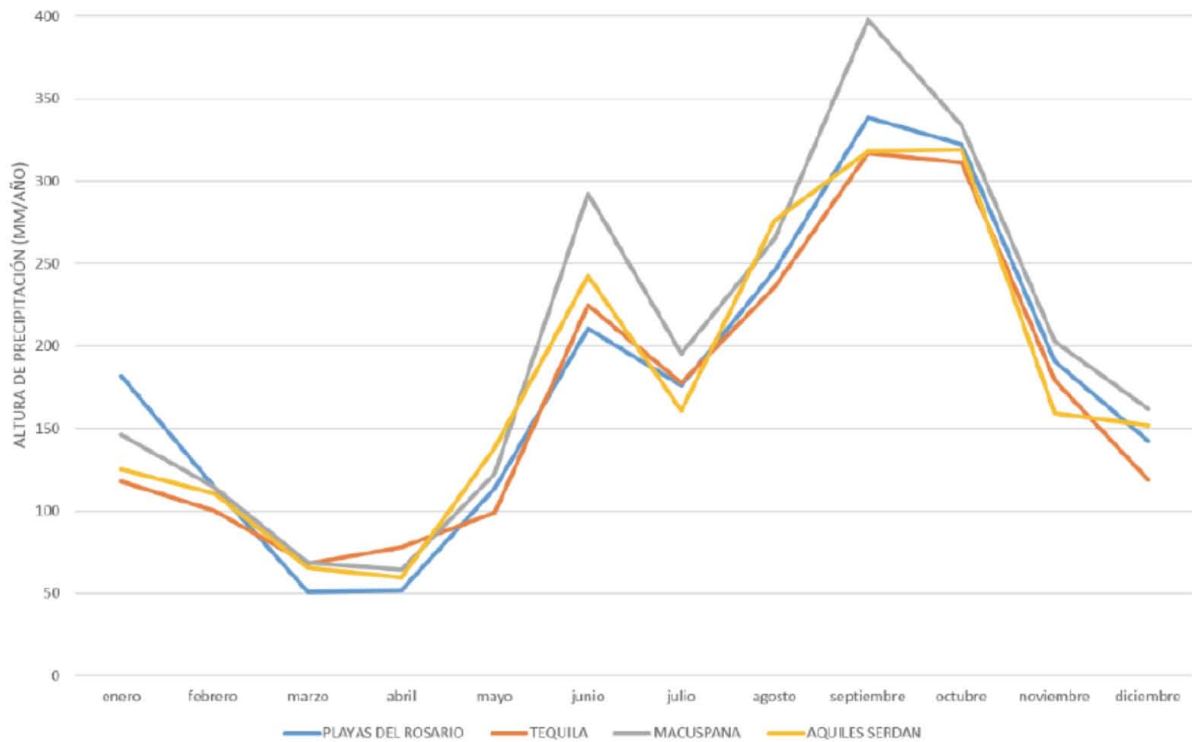


Figura VII.2.2.2. Hietograma de las Estaciones Cercanas al Campo Fortuna Nacional



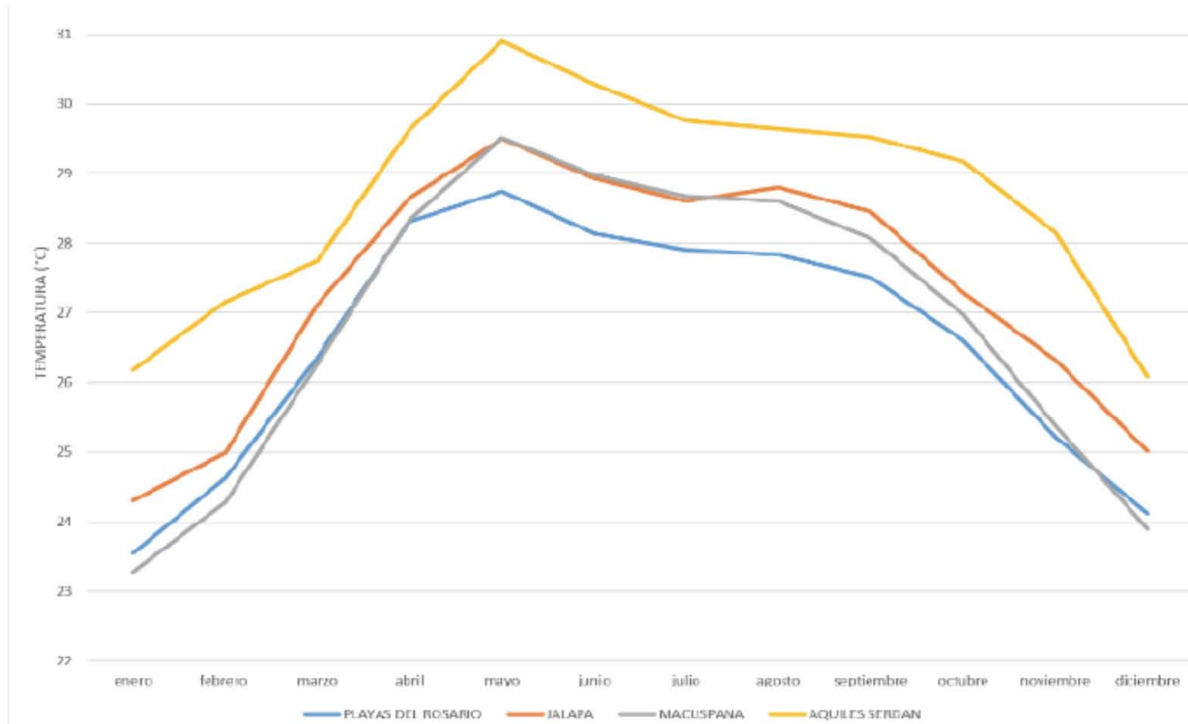


Figura VII.2.2.3. Temperatura Media Mensual en las Estaciones Cercanas al Campo Fortuna Nacional.

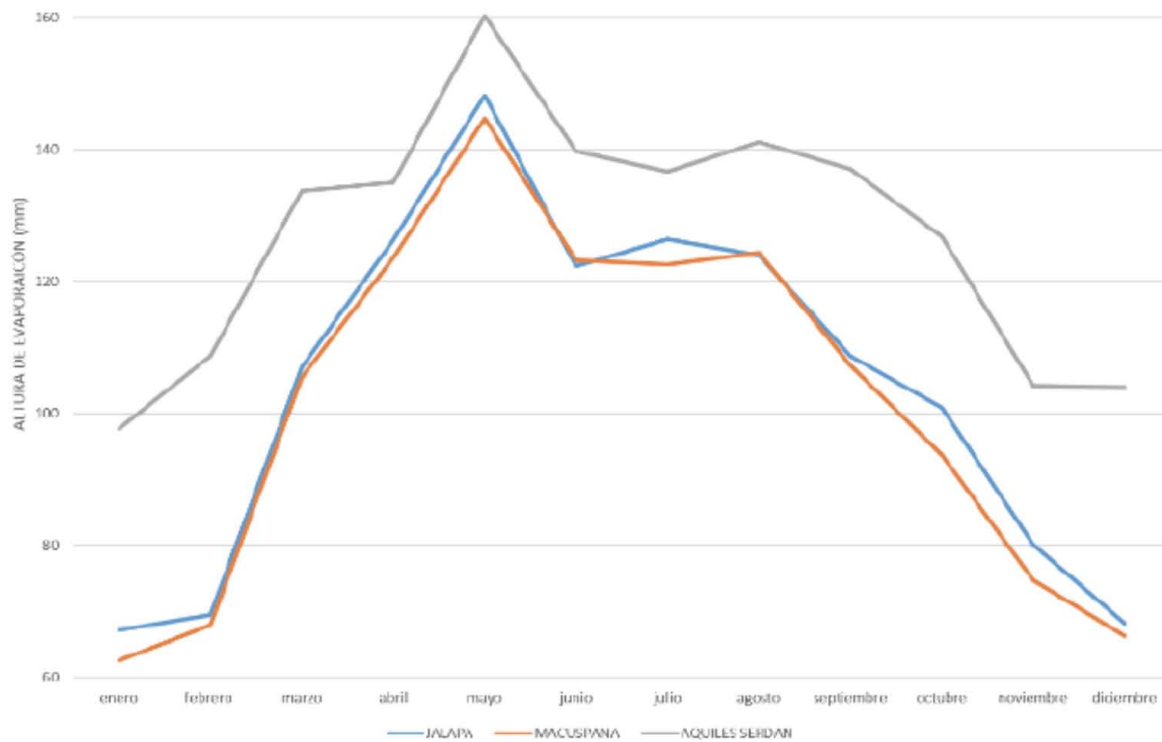


Figura VII.2.2.4. Evaporación Media Mensual en las Estaciones Cercanas al Campo Fortuna Nacional

La humedad relativa promedio anual se estima en 83%, con máximas de 88% en los meses de enero y febrero, y mínima de 76% en los meses de mayo y junio. La radiación solar en la región se estima es de 400 cal/cm<sup>2</sup>/día. Los estudios realizados por Ruíz-Álvarez et al. (2012), sobre balance hídrico climático, indican que el estado de Tabasco tiene regiones con excesos todo el año, con déficit bajo, con déficit moderado y con déficit alto (Fig. VII.2.2.5.). Estos mismos autores, a partir de los excesos, déficits y evapotranspiración de referencia, obtuvieron los índices de humedad y realizaron la clasificación climática con el método de Thornthwaite (Thornthwaite 1948); encontrándose que en Tabasco existen cinco diferentes tipos de clima, cuatro con la categoría de húmedo, que se diferencian por el valor del índice y un perhúmedo. (VII.2.2.6).

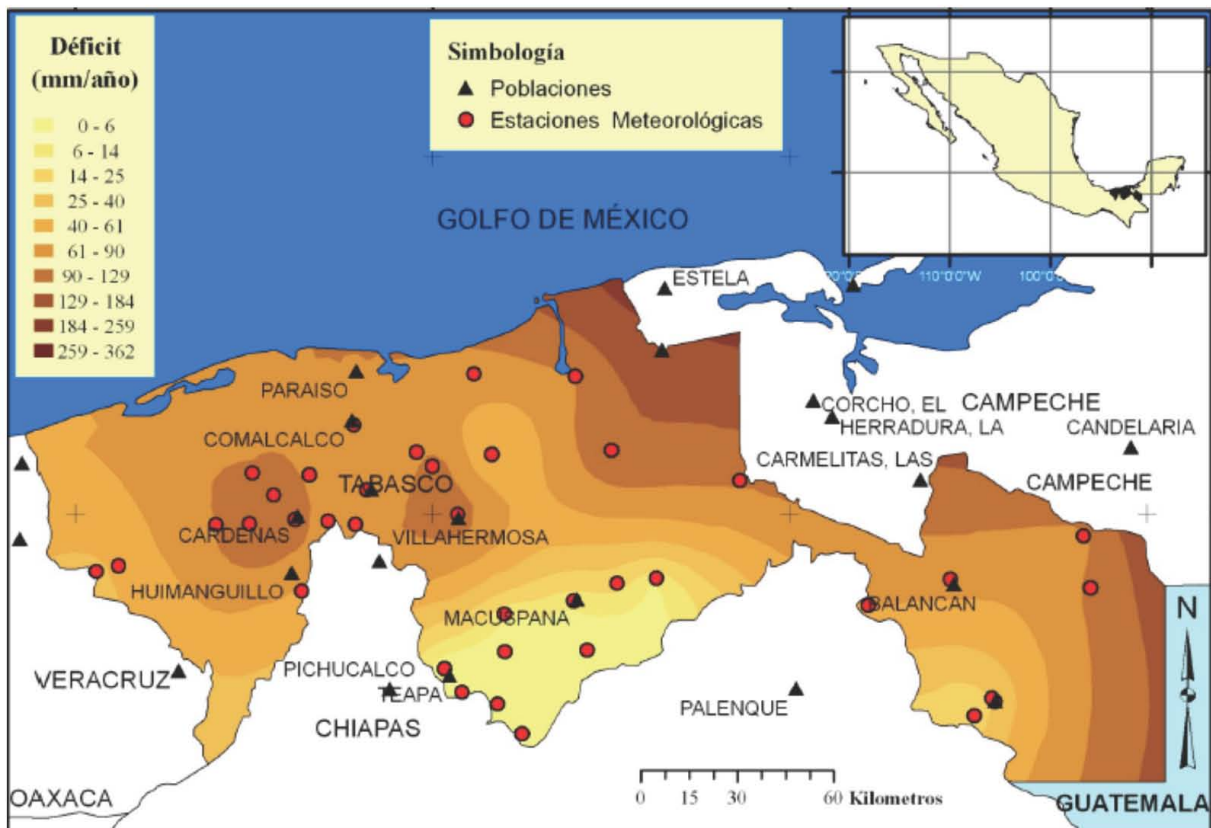


Figura VII.2.2.5. Distribución espacial de los déficits en Tabasco

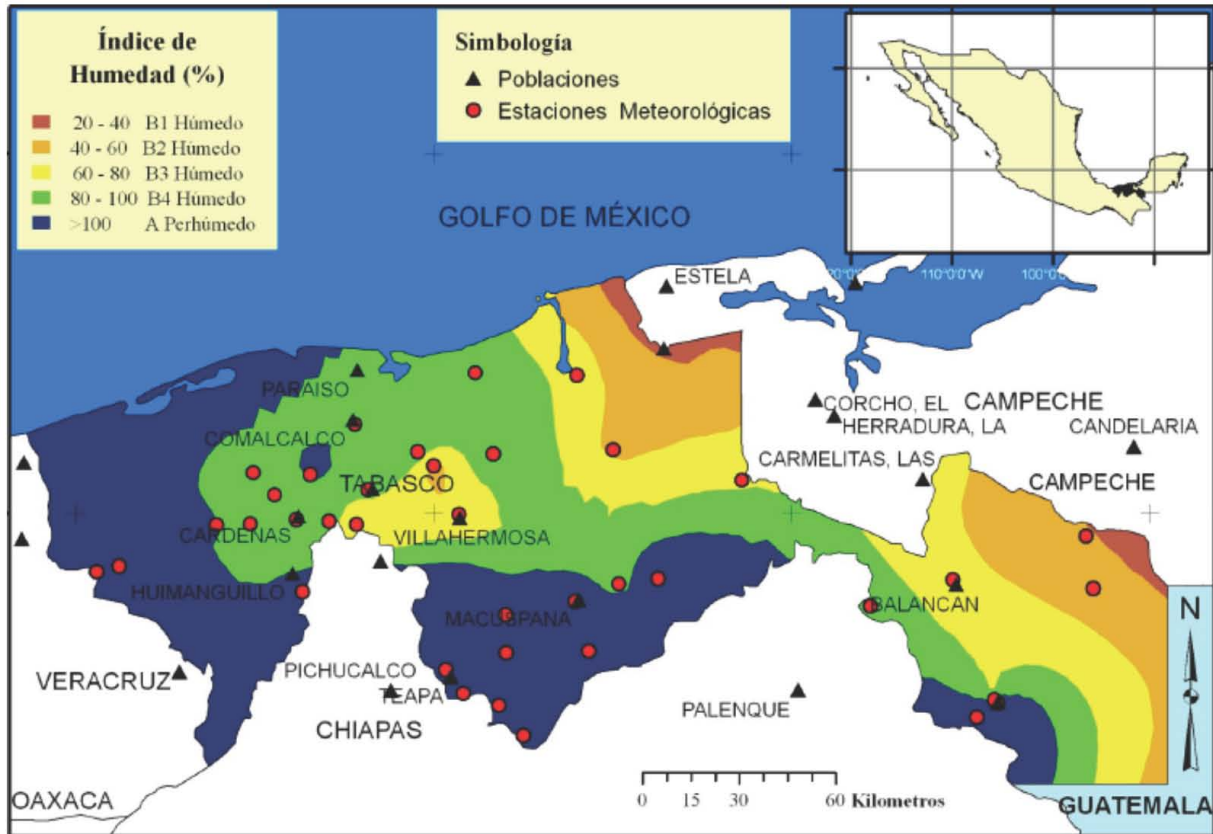


Figura VII.2.2.6. Distribución espacial de los climas de Tabasco

### VII.2.3. Hidrodinámica y batimetría

En el campo Fortuna Nacional no existen cuerpos de agua superficiales mayores de 0.2 ha, por lo que este apartado de la Guía de la ASEA no aplica al presente estudio de línea base.



## VII.2.4. Erosión

El mapa de susceptibilidad a la erosión elaborado, esta basado en la aplicación del modelo RUSLE en ambiente SIG. Estos datos son producto, entre otros factores, del cruzamiento de datos de pendientes y precipitación. Las áreas resultantes pueden variar en una pequeña escala debido a que están en relación a los mapas fuente que tienen diferentes fechas. Las mayor parte del área de estudio presenta una tasa de erosión baja (0.01-0.04 tons/ha/año), con muy pequeñas áreas de erosión moderada sobre las pendientes más pronunciadas del terreno (Fig. VI.2.4.1). Los valores de erosión pixel a pixel pueden observarse en el servidor de mapas del proyecto o en el anexo VII.1.

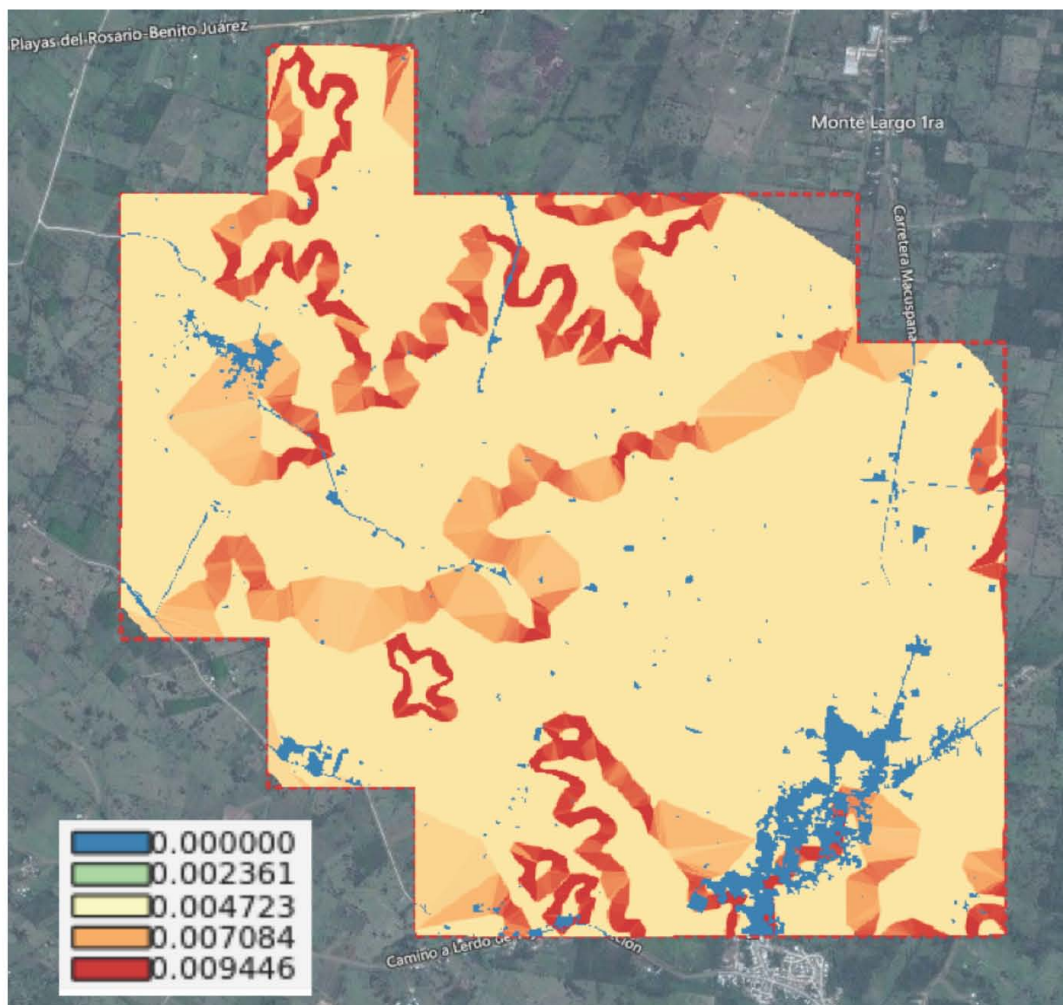


Figura VII.2.4.1. Tasa de Erosión dentro de los límites de Concesión del Campo Fortuna Nacional (valores en toneladas/hectárea/año).

La tasa de erosión depende en gran medida de las características geomorfológicas y edáficas que se presentan en el territorio, donde las diversas actividades antrópicas desarrolladas juegan un papel especialmente en el uso del suelo. Por su capacidad de uso, estos suelos se clasifican como 11, 111, IV, V, VII por lo que es necesario poner especial atención a la recomendación de prácticas de protección de suelos, mejoramiento de la permeabilidad y mejoramiento de la fertilidad natural (Tabla VI.2.4.1).

**Tabla VI.2.4.1. Clases de capacidad de uso de los suelos de Tabasco.**

Clases	Características
II	Son suelos con algunas limitaciones que reducen la selección de cultivos o requieren de algunas prácticas de conservación fácilmente aplicables con el fin de prevenir el posible deterioro al iniciar la preparación de la tierra. Estos suelos pueden destinarse a cultivos, frutales, pastos, bosques o vida silvestre.
III	Son suelos con severas limitaciones para su uso porque reducen la selección de cultivos, requieren de prácticas especializadas de conservación, las cuales son difíciles de aplicar y mantener. Esta clase de suelos puede usarse para agricultura, pastizales, bosques o vida silvestre.
IV	Son suelos con limitaciones muy severas que restringen la selección de cultivos y/o requieren de un manejo muy cuidadoso. Las prácticas de manejo y conservación son más difíciles de aplicar y mantener. Son aptos para pastos, bosques, en algunos casos frutales y ornamentales.
V	Son suelos prácticamente sin problemas de erosión, pero presentan limitaciones por inundación frecuente, pedregosidad o por el clima. Tales características hacen que su uso se limite a pastos, árboles o vida silvestre.
VII	Son suelos con limitaciones tan severas que los hacen inadecuados para los cultivos y su uso es restringido a pastos, árboles o vida silvestre. Por medio de prácticas de manejo es posible aprovecharlos para pastoreo, producción de maderas o combinaciones de estos usos. Algunas áreas necesitan sembradíos o plantaciones permanentes como protección para prevenir el daño a áreas vecinas.

Para el caso específico del Campo Fortuna Nacional, las áreas menos susceptibles a la erosión fueron las áreas urbanizadas, las carreteras asfaltadas, los caminos y las peras de los pozos. Mientras que las áreas con mayor susceptibilidad a la erosión fueron las áreas agropecuarias y los terrenos con pendientes pronunciadas. En términos generales los valores de erosión fueron bajos, menores a las 0.05 ton/ha/año. Sin embargo, esta erosión no considera la pérdida de suelo por infiltración a través de grietas, cárcavas, movimiento de masas, túneles y pozos. En este sentido, Geissen et al. 2008, aplicando la metodología propuesta por DVWK (1996), localizó dentro del municipio de Macuspana áreas susceptibles a la erosión.

De acuerdo con estos autores, la deforestación en la zona ha causado cambios en el balance hídrico y descenso en el nivel freático. Por lo tanto la infiltración del agua de lluvia es un factor muy importante, debido a que al entrar en contacto más cantidad de agua con la roca, la disolución de la caliza es más alta. En este sentido, la poca profundidad de los Leptosoles réndzicos facilita el acceso del agua hasta la roca madre. Esto explica la formación de pozos en el área de Macuspana después de la deforestación en los últimos 40 años.



## VII.2.5. Infiltración

### Introducción

La infiltración es el paso del agua a través de la superficie o capas superficiales del suelo, hasta el punto en el que se alcancen las condiciones de saturación.

Inicialmente la infiltración depende de la succión, que a su vez depende del contenido de humedad del suelo, mientras que el potencial de gravedad apenas influye. Esto explica que al comenzar el proceso de infiltración el valor de infiltración es alto, decreciendo más tarde cuando aumenta el contenido de humedad hasta alcanzar un valor constante. Por ello en suelos secos el agua se infiltra más rápido que en suelos húmedos.

Al comienzo, el proceso de entrada del agua en el suelo sigue condiciones de régimen variable, ya que el contenido de humedad y por tanto la succión varían. A medida que el proceso continúa, el gradiente de succión en la parte alta del perfil decrece (sigue siendo máximo en el frente de humectación), hasta llegar a ser despreciable, por lo que la gravedad es la única fuerza por la masa del agua que permite el movimiento de agua en la parte más superficial del perfil. Cuando el gradiente llega a ser la unidad, la infiltración tiende a ser constante e igualar a la conductividad hidráulica vertical, que es el factor limitante del proceso. En efecto, la infiltración depende de la humedad, pero en mayor escala de la conductividad hidráulica.

Una vez que el proceso de infiltración ha comenzado, se inicia la redistribución de la humedad en el perfil del suelo.

En cuanto al cálculo de la infiltración, existen varias fórmulas que pretenden expresar matemáticamente el fenómeno. Existen pocas deductivas como la de Philips, que presenta el inconveniente de ser solamente aplicable en casos especiales, por lo que no resulta práctica. Al respecto, se ha optado por el uso de ecuaciones empíricas cuyos parámetros se deducen con base a datos experimentales, algo similar a

encontrar el orden de reacción de una función en fenómenos químicos y/o biológicos.

De las fórmulas empíricas más utilizadas se encuentra la de Kostiako, la cual ajusta los datos experimentales bastante bien, particularmente para períodos de tiempo relativamente cortos. Es muy simple, y se recomienda su uso, pero para cuestiones de riego de cultivos, ya que los ajustes con coeficientes de correlación altos los presenta en períodos de unas pocas horas, además se invalida su uso cuando se llegan a las condiciones de saturación. Considerando todo lo anterior, tal y como se mencionó en la sección de la metodología, se utilizó el método del infiltrómetro de doble anillo o cilindros concéntricos.

En el estudio de infiltración en el Campo Fortuna Nacional se realizaron mediciones en ocho diferentes lugares distribuidos alrededor y dentro de las peras de los pozos (Fig. VII.2.5.1).

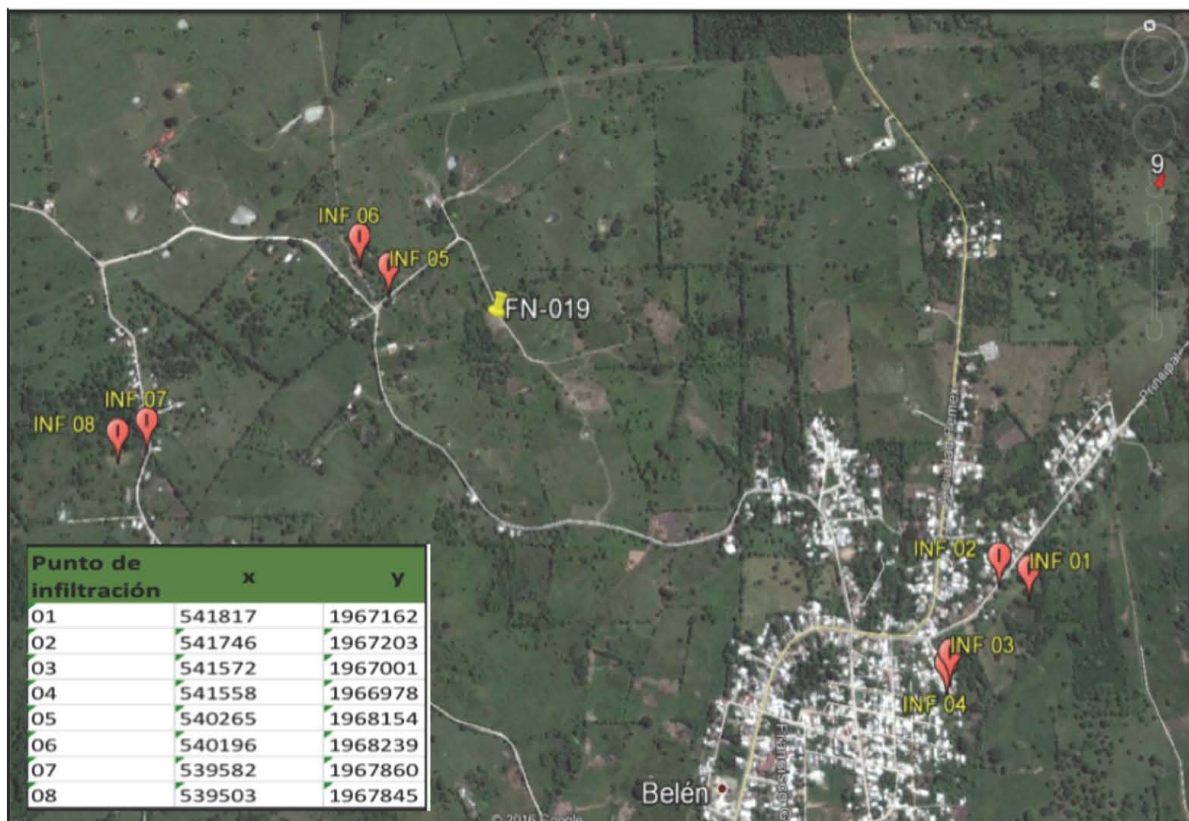


Figura VII.2.5.1. Distribución de los puntos donde se realizaron las pruebas *in situ* de infiltración dentro del campo Fortuna Nacional.

## Resultados

En las Tablas VII.2.5.1-VII.2.5.8 se muestran los datos completos de los ocho sitios de infiltración, en donde las determinaciones *in situ* fueron el tiempo en minutos y la altura en mm. Estos datos se utilizaron para la cuarta y quinta columna que corresponden al tiempo acumulado y a la altura acumulada. Así, la infiltración en mm/min resulta de dividir la altura acumulada sobre el tiempo acumulado y al final se obtiene el promedio que corresponde a la infiltración promedio de cada uno de los sitios en.

Los resultados tanto en mm/hr como en ft/yr (unidades requeridas para el modelado de contaminantes en apartado VII.6) se muestran en cada una de las Tablas VII.2.5.1-8 y en la Tabla VII.2.5.9 se sintetizan los resultados de la infiltración, además de incluir la ubicación geográfica de cada uno de los sitios.

Como se mencionó al principio del presente informe, la infiltración tiene que ir disminuyendo conforme transcurre el tiempo, dado que se acerca a la zona saturada en la que se observa un valor asintótico. Esto sugiere un comportamiento exponencial con pendiente negativa.

Para corroborar que los datos medidos *in situ* y los calculados sean correctos, se graficó precisamente la infiltración en función del tiempo.

La gráfica de la Figura VII.2.5.3 muestra la curva de dicho fenómeno del sitio 6 (a manera de ejemplo por terminar exactamente en una hora), en la que se puede observar el comportamiento característico de una función logarítmica negativa, es decir, que el decaimiento es exponencial y se aprecia claramente un comportamiento asintótico desde los 40 minutos.

El comportamiento asintótico representa el tiempo en el que se alcanzó la zona saturada. En el caso del sitio 6 esta zona se alcanzó desde los primeros 40 minutos (Figura VII.2.5.1).



Tabla VII.2.5.1. Datos para determinar la infiltración en el sitio 1, así como los cálculos realizados para determinación de la misma en la parte inferior de la tabla

N° Lectura	t (minutos)	Altura (mm)	t acumulado (minutos)	INFILTRACIÓN CALCULADA			
				Diferencial altura (mm)	(mm/min)	ft/yr	mm/hr
	0.0000	102	0.5000	3	6.0000	10346.33	360.00
1	0.1667	99	0.1667	1	6.0000	10346.33	360.00
2	0.3333	98	0.5000	2	4.0000	6897.55	240.00
3	0.5000	96	1.0000	2	2.0000	3448.78	120.00
4	0.6667	94	1.6667	1	0.6000	1034.63	36.00
5	0.8333	93	2.5000	3	1.2000	2069.27	72.00
6	1.0000	90	3.5000	1	0.2857	492.68	17.14
7	1.1667	89	4.6667	2	0.4286	739.02	25.71
8	1.3333	87	6.0000	2	0.3333	574.80	20.00
9	1.5000	85	7.5000	3	0.4000	689.76	24.00
10	1.6667	82	9.1667	2	0.2182	376.23	13.09
11	1.8333	80	11.0000	2	0.1818	313.53	10.91
12	2.0000	78	13.0000	1	0.0769	132.65	4.62
13	2.1667	77	15.1667	1	0.0659	113.70	3.96
14	2.3333	76	17.5000	1	0.0571	98.54	3.43
15	2.5000	75	20.0000	1	0.0500	86.22	3.00
16	2.6667	74	22.6667	1	0.0441	76.08	2.65
17	2.8333	73	25.5000	3	0.1176	202.87	7.06
18	3.0000	70	28.5000	1	0.0351	60.50	2.11
19	3.1667	69	31.6667	1	0.0316	54.45	1.89
20	3.3333	68	35.0000	1	0.0286	49.27	1.71
21	3.5000	67	38.5000	1	0.0260	44.79	1.56
22	3.6667	66	42.1667	0	0.0000	0.00	0.00
23	3.8333	66	46.0000	1	0.0217	37.49	1.30
24	4.0000	65	50.0000	2	0.0400	68.98	2.40
25	4.1667	63	54.1667	1	0.0185	31.83	1.11
26	4.3333	62	58.5000	1	0.0171	29.48	1.03
27	4.5000	61	63.0000	1	0.0159	27.37	0.95
28	4.6667	60	67.6667	1	0.0148	25.48	0.89
29	4.8333	59	72.5000	1	0.0138	23.78	0.83
30	5.0000	58	77.5000	58	0.7484	1290.51	44.90
				<b>PROMEDIO</b>	<b>0.57</b>	<b>981.22</b>	<b>34.141444</b>

Tabla VII.2.5.2. Datos para determinar la infiltración en el sitio 2, así como los cálculos realizados para determinación de la misma en la parte inferior de la tabla

N° Lectura	t (min)	t acumulado (min)	INFITRACIÓN CALCULADA			
			Diferencial de altura (mm)	(mm/min)	ft/yr	mm/hr
	0	0.5	1	2.0000	3448.78	120.0000
1	2	2	1	0.5000	862.19	30.0000
2	4	6	0	0.0000	0.00	0.0000
3	6	12	1	0.0833	143.70	5.0000
4	8	20	0	0.0000	0.00	0.0000
5	10	30	1	0.0333	57.48	2.0000
6	12	42	0	0.0000	0.00	0.0000
7	14	56	0	0.0000	0.00	0.0000
8	16	72	0	0.0000	0.00	0.0000
9	18	90	1	0.0111	19.16	0.6667
10	20	110	0	0.0000	0.00	0.0000
11	22	132	0	0.0000	0.00	0.0000
12	24	156	0	0.0000	0.00	0.0000
13	30	186	1	0.0054	9.27	0.3226
14	35	221	1	0.0045	7.80	0.2715
15	40	261	1	0.0038	6.61	0.2299
			<b>PROMEDIO</b>	<b>0.0428</b>	<b>73.75</b>	<b>2.57</b>

Tabla VII.2.5.3. Datos para determinar la infiltración en el sitio 3, así como los cálculos realizados para determinación de la misma en la parte inferior

t (min)	Altura (mm)	t acumulad	Diferencial de altura	INFITRACIÓN CALCULADA		
				(mm/min)	ft/yr	mm/hr
0.00	155.00	0.17	2.00	12.00	20692.66	720.00
0.17	153.00	0.33	2.00	6.00	10346.33	360.00
0.33	151.00	0.67	1.00	1.50	2586.58	90.00
0.50	150.00	1.17	1.00	0.86	1478.05	51.43
0.67	149.00	1.83	0.00	0.00	0.00	0.00
0.83	149.00	2.67	1.00	0.38	646.65	22.50
1.00	148.00	3.67	0.00	0.00	0.00	0.00
1.17	148.00	4.83	2.00	0.41	713.54	24.83
1.33	146.00	6.17	1.00	0.16	279.63	9.73
1.50	145.00	7.67	1.00	0.13	224.92	7.83
1.67	144.00	9.33	0.00	0.00	0.00	0.00
1.83	144.00	11.17	1.00	0.09	154.42	5.37
2.00	143.00	13.17	1.00	0.08	130.97	4.56
2.17	142.00	15.33	1.00	0.07	112.46	3.91
2.33	141.00	17.67	1.00	0.06	97.61	3.40
2.50	140.00	20.17	0.00	0.00	0.00	0.00
2.67	140.00	22.83	1.00	0.04	75.52	2.63
2.83	139.00	25.67	0.00	0.00	0.00	0.00
3.00	139.00	28.67	1.00	0.03	60.15	2.09
3.17	138.00	31.83	0.00	0.00	0.00	0.00
3.33	138.00	35.17	0.00	0.00	0.00	0.00
3.50	138.00	38.67	1.00	0.03	44.60	1.55
3.67	137.00	42.33	0.00	0.00	0.00	0.00
3.83	137.00	46.17	1.00	0.02	37.35	1.30
4.00	136.00	50.17	1.00	0.02	34.37	1.20
4.17	135.00	54.33	0.00	0.00	0.00	0.00
4.33	135.00	58.67	1.00	0.02	29.39	1.02
4.50	134.00	63.17	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	133.00	77.67	0.00	0.00	0.00	0.00
5.17	133.00	82.83	1.00	0.01	20.82	0.72
5.33	132.00	88.17	0.00	0.00	0.00	0.00
5.50	132.00	93.67	1.00	0.01	18.41	0.64
5.67	131.00	99.33	1.00	0.01	17.36	0.60
5.83	130.00	105.17	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00	130.00	111.17	1.00	0.01	15.51	0.54
6.17	129.00	117.33	1.00	0.01	14.70	0.51
6.50	128.00	130.17	0.00	0.00	0.00	0.00
6.67	128.00	136.83	1.00	0.01	12.60	0.44
7.33	126.00	165.17	0.00	0.00	0.00	0.00
16.00	106.00	386.17	2.00	0.01	8.93	0.31
17.00	104.00	403.17	2.00	0.00	8.55	0.30
18.00	102.00	421.17	2.00	0.00	8.19	0.28
19.00	100.00	440.17	1.00	0.00	3.92	0.14
20.00	99.00	460.17	1.00	0.00	3.75	0.13
			PROMEDIO	0.14	247.74	8.62



Tabla VII.2.5.4. Datos para determinar la infiltración en el sitio 4, así como los cálculos realizados para determinación de la misma en la parte inferior

PUNTO DE INFILTRACIÓN 04			INFITRACIÓN CALCULADA				
N° Lectura	t (min)	Altura (mm)	t acumulado	Diferencial altura (mm)	(mm/min)	ft/yr	mm/hr
1	0	150	0	2			
2	2	148	2	1	0.50	862.19	30.00
3	4	147	6	2	0.33	574.80	20.00
4	6	145	12	1	0.08	143.70	5.00
5	8	144	20	1	0.05	86.22	3.00
6	10	143	30	1	0.03	57.48	2.00
7	12	142	42	2	0.05	82.11	2.86
8	14	140	56	1	0.02	30.79	1.07
9	16	139	72	2	0.03	47.90	1.67
10	18	137	90	2	0.02	38.32	1.33
11	20	135	110	1	0.01	15.68	0.55
12	22	134	132	1	0.01	13.06	0.45
13	24	133	156	1	0.01	11.05	0.38
14	26	132	182	2	0.01	18.95	0.66
15	28	130	210	2	0.01	16.42	0.57
16	30	128	240	2	0.01	14.37	0.50
				<b>PROMEDIO</b>	<b>0.08</b>	<b>134.20</b>	<b>4.670</b>

Tabla VII.2.5.5. Datos para determinar la infiltración en el sitio 5, así como los cálculos realizados para determinación de la misma en la parte inferior

PUNTO DE INFILTRACIÓN 05			INFITRACIÓN CALCULADA				
N° Lectura	t (minutos)	Altura (mm)	t acumulado	Diferencial altura (mm)	(mm/min)	ft/yr	mm/hr
1	0.5	155	0.5	8	16.00	27590.22	960.00
2	1	147	1	1	1.00	1724.39	60.00
3	2	146	3	16	5.33	9196.74	320.00
4	3	130	6	5	0.83	1436.99	50.00
5	4	125	10	6	0.60	1034.63	36.00
6	5	119	15	7	0.47	804.71	28.00
7	6	112	21	6	0.29	492.68	17.14
8	7	106	28		0.00	0.00	0.00
9	0	160	28	6	0.21	369.51	12.86
10	1	154	29	8	0.28	475.69	16.55
11	2	146	31	6	0.19	333.75	11.61
12	3	140	34	6	0.18	304.30	10.59
13	4	134	38	5	0.13	226.89	7.89
14	5	129	43	5	0.12	200.51	6.98
15	6	124	49	5	0.10	175.96	6.12
16	7	119	56	5	0.09	153.96	5.36
17	8	114	64	3	0.05	80.83	2.81
18	9	111	73	5	0.07	118.11	4.11
19	10	106	83	5	0.06	103.88	3.61
20	11	101	94	1	0.01	18.34	0.64
				<b>PROMEDIO</b>	<b>0.53</b>	<b>907.99</b>	<b>31.59</b>

**Tabla VII.2.5.6. Datos para determinar la infiltración en el sitio 6, así como los cálculos realizados para determinación de la misma en la parte inferior**

PUNTO DE INFILTRACIÓN 06					INFITRACIÓN CALCULADA		
N° Lectura	t (minutos)	Altura (mm)	t acumulado	Diferencial de altura	(mm/min)	ft/yr	mm/hr
1	0	150	0.5	3	6.00	10346.33	360.00
2	1	147	1	0	0.00	0.00	0.00
3	2	147	3	1	0.33	574.80	20.00
4	4	146	7	0	0.00	0.00	0.00
5	6	146	13	0	0.00	0.00	0.00
6	8	146	21	1	0.05	82.11	2.86
7	10	145	31	1	0.03	55.63	1.94
8	12	144	43	0	0.00	0.00	0.00
9	14	144	57	1	0.02	30.25	1.05
10	20	143	77	1	0.01	22.39	0.78
11	30	142	107	1	0.01	16.12	0.56
12	42	141	149	1	0.01	11.57	0.40
13	60	140	209	1	0.00	8.25	0.29
<b>PROMEDIO</b>					<b>0.50</b>	<b>857.50</b>	<b>29.84</b>

**Tabla VII.2.5.7. Datos para determinar la infiltración en el sitio 7, así como los cálculos realizados para determinación de la misma en la parte inferior**

PUNTO DE INFILTRACIÓN 07					INFITRACIÓN CALCULADA		
N° Lectura	t (minutos)	Altura (mm)	t acumulado	Diferencial altura (mm)	(mm/min)	ft/yr	mm/hr
1	0	159	0	0			
2	5	159	159	0	0.00	0.00	0.00
3	10	159	169	1	0.01	10.20	0.36
4	20	158	189	1	0.01	9.12	0.32
5	40	157	229	0	0.00	0.00	0.00
6	60	157	289	1	0.00	5.97	0.21
7	90	156	379	1	0.00	4.55	0.16
8	120	155	499	1	0.00	3.46	0.12
<b>PROMEDIO</b>					<b>0.00</b>	<b>4.76</b>	<b>0.16552</b>

**Tabla VII.2.5.8. Datos para determinar la infiltración en el sitio 8, así como los cálculos realizados para determinación de la misma en la parte inferior**

PUNTO DE INFILTRACIÓN 08					INFILTRACIÓN CALCULADA		
N° Lectura	t (minutos)	Altura (mm)	t acumulado	Diferencial de altura	(mm/min)	ft/yr	mm/hr
1	0	150	0	2			
2	2	148	1	1	1.00	1724.39	60.00
3	4	147	5	0	0.00	0.00	0.00
4	5	147	10	2	0.20	344.88	12.00
5	10	145	20	1	0.05	86.22	3.00
6	15	144	35	1	0.03	49.27	1.71
7	20	143	55	1	0.02	31.35	1.09
8	25	142	80	2	0.03	43.11	1.50
9	30	140	110	1	0.01	15.68	0.55
10	35	139	145	1	0.01	11.89	0.41
11	40	138	185	0.5	0.00	4.66	0.16
12	45	137.5	230	0.5	0.00	3.75	0.13
13	50	137	280	1	0.00	6.16	0.21
14	55	136	335	1	0.00	5.15	0.18
15	60	135	395	1	0.00	4.37	0.15
<b>PROMEDIO</b>					<b>0.10</b>	<b>166.49</b>	<b>5.79</b>

**Tabla VII.2.5.9. Síntesis de resultados de infiltración para los ocho sitios en donde se realizaron las determinaciones dentro del Campo Fortuna Nacional**

Punto de infiltración	x	y	(mm/min)	ft/yr	mm/hr
01	541817	1967162	0.569	981.219	34.141
02	541746	1967203	0.043	73.748	2.566
03	541572	1967001	0.144	247.739	8.620
04	541558	1966978	0.078	134.203	4.670
05	540265	1968154	0.527	907.995	31.594
06	540196	1968239	0.497	857.496	29.837
07	539582	1967860	0.003	4.757	0.166
08	539503	1967845	0.097	166.490	5.793



## VII.2.6. Calidad del Aire

### Resultados

Los resultados de calidad del aire obtenidos para el campo Fortuna Nacional se muestran en la Tabla VII.2.6.1. Cabe mencionar que se utilizó el separador decimal reportado en los informes por el laboratorio certificado para diferenciar entre la parte entera y la parte fraccional (decimal), donde se sustituyó la coma por el punto para separar los decimales, además los números mayores a cuatro dígitos se escribieron sin espacio entre cifras haciendo referencia a los miles. Como se puede observar en dicha Tabla, los sitios de muestreo ubicados fueron Estación de recolección Fortuna Nacional y Pozo Akaito 1. La interpretación de estos resultados se describe a continuación.

**Tabla VII.2.6.1. Calidad del Aire dentro del Campo Fortuna Nacional.**

Puntos de Muestreo	Monóxido de Carbono [CO] (ppm)	Ácido Sulfhídrico [H <sub>2</sub> S] (ppm)	Hidrocarburos Totales [HT] (ppm)		Bioxido de Nitrógeno [NO <sub>2</sub> ] (ppm)	Ozono [O <sub>3</sub> ] (ppm)	Partículas Menores a 2.5 Micras [PM-2.5] (µg/m <sup>3</sup> )	Partículas Menores a 10 Micras [PM-10] (µg/m <sup>3</sup> )	Partículas Suspensas Totales [PST] (µg/m <sup>3</sup> )	Bioxido de Azufre [SO <sub>2</sub> ] (ppm)
			METANO	NO-METANO						
Estación de Recolección FN	2.013	0.0000	0.0000	0.0000	0.0057	0.037	6	14	17	0.001
Pozo Acahito 1	0.306	0.0027	0.0000	0.0000	0.0040	0.087	8	15	22	0.010

### Monóxido de carbono

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro e inodoro con una gran estabilidad y vida media en la atmósfera de aproximadamente 3 meses (Pérez-Salazar, 2004; Wark y Wagner, 2004). A pesar de que el CO prácticamente no ocasiona daños a plantas superiores, existen muchos estudios que demuestran que las concentraciones de CO pueden causar cambios fisiológicos y patológicos e incluso la muerte (a partir de concentraciones de 750 ppm) por interactuar en los tejidos de la sangre desplazando al oxígeno por presentar mayor afinidad por parte de la hemoglobina.

Los valores de CO en el presente estudio fueron de 2,03 ppm para la Estación de recolección y de 0,306 ppm en el Pozo Akaito 1, ambos muy por debajo del límite máximo permisible (LMP) estipulado por la NOM-021-SSA1-1993 que es de 11,0 mg, tal y como se indica en la Figura VII.2.6.1. En los lineamientos de esta norma se considera el valor máximo del promedio móvil de 8 horas, que son justo los que se reportaron para ambos sitios de muestreo.

## Ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S)

El ácido sulfhídrico o sulfuro de hidrógeno, es un gas que no tiene tanta regulación en la calidad del aire a diferencia de las formas oxidadas del azufre, por la menor relación que tiene con la precipitación ácida. Entre sus principales daños abióticos, se encuentran los relacionados con el efecto corrosivo hacia las estructuras metálicas o compuestos como pinturas que contengan metales.

En cuestiones toxicológicas, el principal daño radica en su toxicidad ya que presenta múltiples vías de exposición (inhalación, ojos y dérmica) y su peligro es tanto a corto como mediano plazo. Los daños que ocasiona a concentraciones que oscilan entre 50 y 100 ppm (consideradas como bajas) son irritación ocular, náuseas, vómitos y mareos. A concentraciones altas, estimadas a partir de 1000 ppm, las afectaciones radican en desmayos seguidos de la muerte si no se atienden (OSHA, 2005).

No existe normativa en materia aplicable que establezca LMP de sulfuro de hidrógeno, por lo que se consideran las concentraciones que causan efectos nocivos a la salud como referencia. A pesar de esto, los registros durante el monitoreo de calidad del aire en el área de influencia de Fortuna Nacional, indicaron ausencia de sulfuro de hidrógeno en el sitio Estación de recolección, mientras que en el Pozo Akaito 1 se registraron 0.027 ppm tal y como se aprecia en la Figura 2.6.1. Este último valor, no se encuentra normado, pero se sabe que se encuentra en el nivel más bajo del rango reportado como efecto no nocivo pero detectable en cuanto a olor del compuesto (OSHA, 2005).

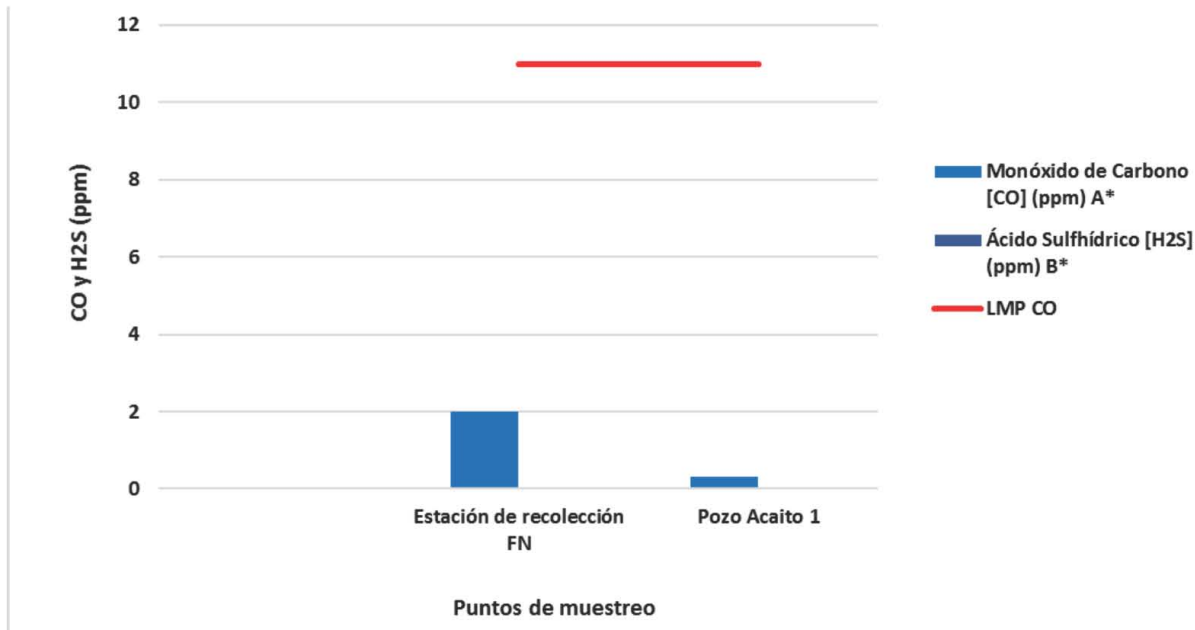


Figura VII.2.6.1 Valores promedio de dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y ozono registrados en el campo Tajón

## Hidrocarburos totales

A pesar de que no existe regulación acerca de los hidrocarburos totales (HT) en el aire, su presencia en dicha matriz ambiental es evidente por las presiones de vapor tan bajas que presentan, aunque inmediatamente serán objetos de dispersión en la masa de aire.

El principal riesgo de los HT en el aire es que promueven el aumento en la concentración de  $\text{NO}_2$  y  $\text{O}_3$ . Esto es porque, en presencia de oxígeno, los hidrocarburos se transforman en radicales libres RO y HCO. Éstos, siguen reaccionando con el oxígeno molecular para formar radicales peróxidos (ROO), los cuales oxidan fácilmente a los NO y a los  $\text{O}_2$  formando  $\text{NO}_2$  y  $\text{O}_3$  respectivamente.

En el presente estudio no se registraron valores de HT, por lo que no existe evidencia de contaminación del aire en lo que respecta a estos compuestos.

Como valores de referencia en estudios previos realizados en Ciudad del Carmen, Campeche, se han registrado entre 0,0545 y 0,0773 ppm de compuestos carbonilos (Cerón-Bretón et al., 2014).



## Dióxido de nitrógeno

El dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) es un gas pardo rojizo y es muy visible cuando se encuentra en cantidades altas. Una concentración de 1 ppm de  $\text{NO}_2$  sería detectable a simple vista, por ello la norma nacional de calidad del aire es de 0,21 ppm en México (NOM-023-SSA1-1993). El riesgo ambiental del  $\text{NO}_2$  se encuentra asociado principalmente con efectos en los pulmones. Individuos sanos expuestos a concentraciones entre 0,7 y 5,0 ppm durante 10 a 15 minutos han manifestado daños en los alveolos (Wark y Warner, 2004).

En el presente estudio, los resultados indicaron como valor mínimo de  $\text{NO}_2$  el registrado en el sitio Pozo Akaito 1 con 0,0057 ppm y un valor máximo en Estación de recolección con 0,004 ppm, el cual se encuentra por debajo del LMP descrito anteriormente en la NOM-023-SSA1-1993 sin representar riesgo alguno. En la Figura VII.2.6.2 se puede apreciar la distribución espacial del  $\text{NO}_2$  en el área de estudio.

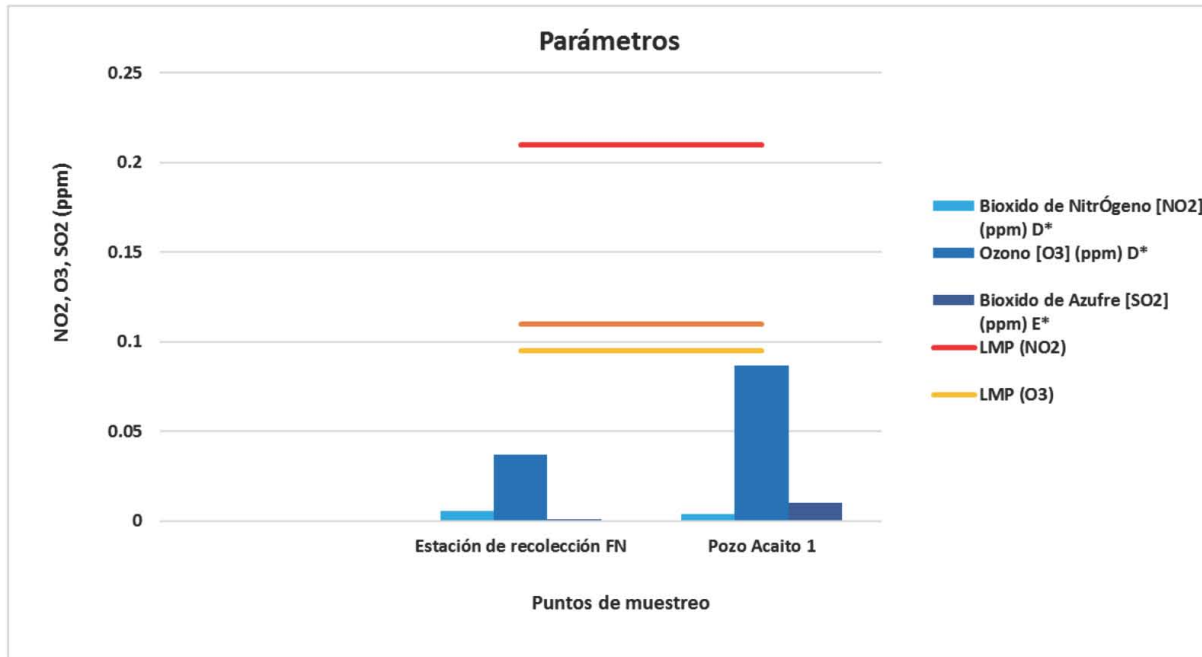
En cuanto a otros estudios similares, Ramadan (2010) reporta valores de  $\text{NO}_2$  de 0,025 ppm como promedio anual en áreas tropicales del continente americano.

## Ozono

El ozono tiene efectos considerables sobre la vegetación que resultan consecutivos. Esto es, debilita a los organismos autótrofos a nivel celular y posteriormente reacciona en la atmósfera con compuestos de nitrógeno y azufre dando lugar a la lluvia ácida afectando los sustratos de la vegetación previamente debilitada.

En cuanto a salud pública, se observan daños del sistema respiratorio incluido el deterioro de la actividad pulmonar con concentraciones alrededor de  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . En consecuencia, la OMS indica como valor máximo para la exposición humana  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Por su parte, la NOM-020-SSA1-2014 establece como LMP 0,095 ppm equivalente a  $186 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

En el presente estudio, los valores de ozono en el campo Fortuna Nacional fueron de 0,037 y 0,087 ppm, tal y como se muestra en la Figura VII.2.6.2, por lo que no existen riesgos ambientales ni de salud pública al respecto.



**Figura VI.2.6.2 Valores promedio de dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y ozono registrados en el campo Tajón**

### Dióxidos de azufre

El dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) es un importante precursor de la lluvia ácida y las partículas suspendidas. En la atmósfera reacciona con el radical oxhidrilo (OH) en presencia de oxígeno y agua, formando ácido sulfúrico que es un ácido fuerte capaz de acidificar el agua de lluvia. El ácido sulfúrico reacciona también con otros gases en la atmósfera, como el amonio, para formar partículas suspendidas.

El SO<sub>2</sub> se caracteriza por ser un gas irritante y tóxico, ya que causa desde irritaciones en las vías respiratorias hasta la agudización de síntomas de enfermedades respiratorias o cardiovasculares existentes. Ante esto, la NOM-022-SSA1-2010 establece concentraciones menores a 0,11 ppm como promedio máximo de 24 horas.

En el presente estudio, los sitios relacionados con el área de influencia del Campo Fortuna Nacional exhibieron valores de SO<sub>2</sub> muy por debajo del LMP, ya que se registraron 0,001 en la Estación de Recolección y 0,01 en el Pozo Akaito 1 (Figura VII.2.6.2), por lo que no existe riesgo ambiental por la presencia de este compuesto.

Por otra parte, existen estudios en diferentes ambientes tropicales donde se han detectado valores de  $\text{SO}_2$  de  $12,5 \mu\text{g/L}$  que equivalen a  $0,0047 \text{ ppm}$  (He et al., 2014)

## **Partículas suspendidas totales**

Las partículas suspendidas totales (PST) se refieren a las concentraciones de los contaminantes en masa, determinadas a través de un filtro que capta las partículas superiores a  $25 \mu\text{m}$ , dependiendo de la velocidad del viento.

En zonas con suelos erosionados o sin cubierta vegetal, el viento provoca la suspensión de las partículas, dando lugar a este contaminante. Así, las partículas suspendidas tienen una diversidad de fuentes y composición. Su tamaño va desde algunas fracciones de milímetros hasta algunos nanómetros (Harrison, 2003).

Las PST son emitidas de manera natural o por actividades antropogénicas y también se pueden formar en la atmósfera por reacciones químicas (Wark y Wagner, 2004). En efecto, durante la temporada seca, los incendios forestales generan grandes cantidades de partículas en suspensión derivadas de la combustión además de precursores de aerosoles. Además, la quema de combustibles fósiles en los automóviles y en la industria, generan carbono negro, partículas ultrafinas y gases que se condensan en forma de partículas líquidas.

Las partículas suspendidas representan el principal problema de salud pública no tanto por su toxicidad, sino por la diversidad y magnitud de compuestos que caben dentro de la categoría de partículas suspendidas. En efecto, sus efectos dependen de la concentración, composición química y tamaño. A menor tamaño, el riesgo es mayor por la facilidad de incorporarse a los tejidos.

En relación a lo arriba mencionado, la Legislación mexicana e internacional establecen límites máximos permisibles (LMP) para las partículas suspendidas con diámetros menores a  $2.5 \mu\text{m}$  y menores a  $10 \mu\text{m}$  (de  $2.6$  a  $10 \mu\text{m}$ ).

En lo que respecta a las partículas menores a  $2.5$  micras ( $\text{PM}_{2.5}$ ), corresponden las partículas sólidas por debajo de  $2.5 \mu\text{m}$  de diámetro o más



fino. La peligrosidad de estas sustancias se encuentra en función de la facilidad que tienen para incorporarse al sistema respiratorio por simples inhalaciones e irse acumulando en los órganos importantes u obstruyendo conductos que reducen la calidad de vida. Al respecto, la NOM-025-SSA1-2014 establece límites de  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y de  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para promedios anuales y de 24 horas respectivamente.

En el presente estudio, los resultados PM<sub>2.5</sub> indican que en la estación de recolección se registraron  $6,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de este tipo de contaminante, mientras que en el Pozo Akaito 1 se obtuvieron  $8,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valores que se encuentran por debajo de lo establecido en la normativa citada (Figura VII.2.6.3).

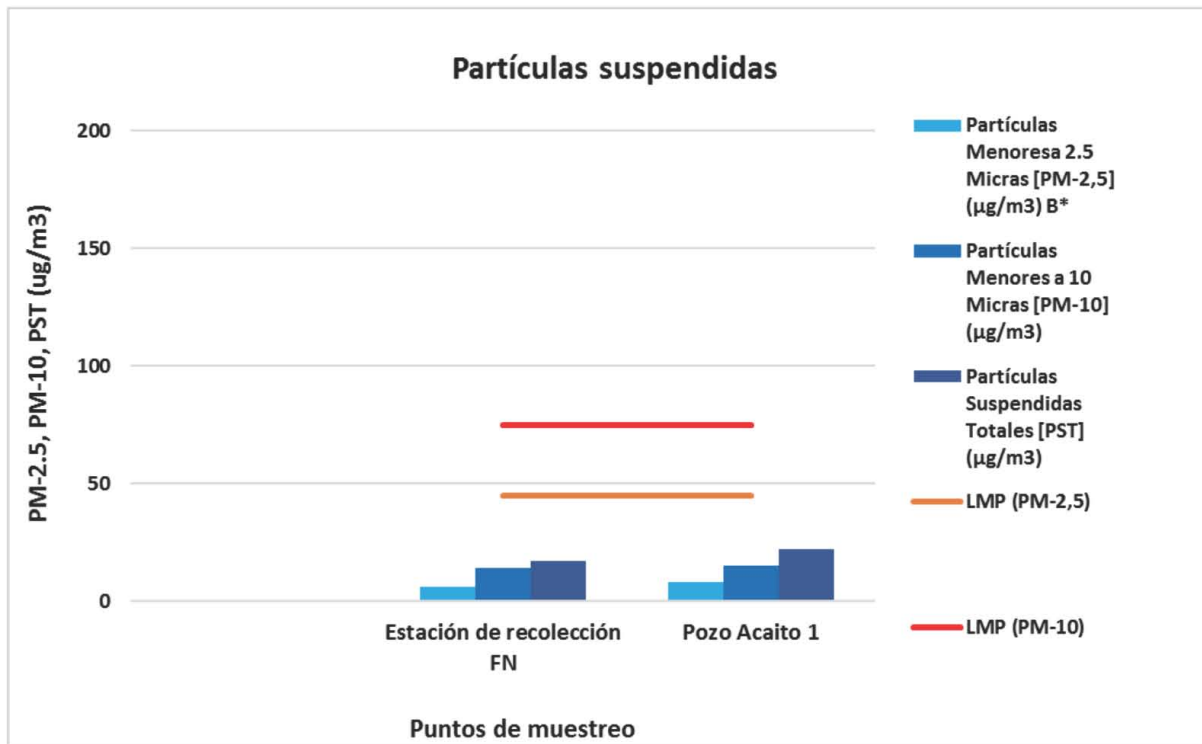
En cuanto a las partículas menores a  $10 \mu\text{m}$  (PM<sub>10</sub>) se agrupan todas aquellas partículas sólidas por debajo de un diámetro aerodinámico de  $10 \mu\text{m}$  pero mayores a  $2,5 \mu\text{m}$ .

En el presente estudio los valores de PM<sub>10</sub> fueron de  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la Estación de recolección y de 15 en el Pozo Akaito 1, valores por debajo del LMP de la norma en materia vigente que es de  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Figura VI.2.6.3).

Estudios similares en ecosistemas tropicales han reportado valores más altos tanto de PM<sub>10</sub> como de PM<sub>2.5</sub>, pero que también se encuentran por debajo de los LMP establecidos por la NOM-025-SSA1-2014. En efecto, Pillai et al. (2002) reportan valores entre  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en estaciones de monitoreo costeras para PM<sub>10</sub> y de  $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para PM<sub>2.5</sub>.

Por su parte, Latha y Badarinath (2010) registraron valores promedio de  $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> respectivamente.

Finalmente, se realizaron las mediciones de las PST a pesar de que no existe normativa que establezca límites máximos permisibles y de que las normas nacionales e internacionales tienden a agrupar los contaminantes sólidos suspendidos en PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>. Esto se hizo con la finalidad de englobar el impacto ambiental hacia la atmosfera en caso de que se presente, ya que fisicoquímicamente existen partículas suspendidas que tienden a formar aerosoles combinándose con metales pesados, incrementando aún más el riesgo a la salud y que no se cuantifican en PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> (Pérez-Salazar, 2004).



**Figura VII.2.6.3 Valores promedio de partículas suspendidas registrados en el campo Tajón**

En el presente estudio, las concentraciones tanto de PM10 como de PM25 estuvieron muy debajo del LMP, por lo que las PST no constituyen un riesgo ambiental. En efecto, en la gráfica VI.2.6.3 se pueden observar los valores de las PST en la estación de recolección con 17 µg/m³ y en el Pozo Acaito 1 con 28 µg/m³ valores que, como ya se indicó, no se encuentran regulados, pero sí pueden compararse con los LMP de las PM10 y PM2.5, estando aún por debajo de éstos, por lo que se puede concluir que no existe daño ambiental en materia de partículas suspendidas totales.

### Fuentes externas de Contaminación del Aire

Tal y como se describió en la sección de la metodología, como parte de la discusión de resultados de la calidad del aire dentro del campo Tajón, se realizó un análisis documental de las fuentes externas que eventualmente podrían afectar este sustrato ambiental. En este sentido, el inventario de las emisiones para los Estados costeros del Golfo de México realizado por Benítez et al. (2014), señalan que debido a las actividades ligadas a la industria del petróleo, la zona costera de Tabasco presenta emisiones del orden de 227,

Gg año<sup>-1</sup> (Tabla VII.2.6.2). Una de las fuentes más cercanas de contaminación atmosférica para el campo Fortuna Nacional, los constituye el Complejo Procesador de Gas (CPG) de Ciudad PEMEX. Dicho complejo se localiza aproximadamente 14 km al noreste del Área de Concesión.

**Tabla VII.2.6.2. Emisiones de contaminantes Atmosféricos en la costa del Estado de Tabasco (INE 2006).**

Fuente	Emisiones Gg año <sup>-1</sup>					
	CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>	COV
Estacionaria	22.98	8.99	145.45	10.06	18.21	21.88

El Complejo Procesador de Gas Ciudad Pemex inició operaciones en el año de 1958, con una planta de absorción, actualmente fuera de servicio, procesando gas natural húmedo producido en los campos de José Colomo, Chilapilla y Hormiguero, cuyas reservas justificaron su instalación.

Para aprovechar el gas natural seco se construyó un gasoducto de 24" de diámetro por 780 km. de longitud de Ciudad Pemex hacia la ciudad de México. En la actualidad, el complejo cuenta con cuatro plantas endulzadoras de gas, dos plantas de azufre y dos plantas criogénicas. Las actividades principales de este complejo son las de tratar el gas húmedo amargo para eliminar los contaminantes y separar sus componentes, mediante tres procesos industriales: endulzamiento de gas amargo, recuperación de azufre y recuperación de licuables del gas natural (etano + pesados y propano + pesados). Aunado a lo anterior, el 29 de marzo del 2008 inició operaciones la planta de Eliminación de Nitrógeno (NRU) cuya función principal es remover el nitrógeno del gas natural seco producido en las plantas criogénicas (Tabla VII.2.6.3).

Debido a que la dirección dominante de los vientos es hacia el sureste (ver sección VII.2.6.2), la contaminación atmosférica del CPG-Cd. PEMEX tiende a dirigirse de manera natural hacia el campo Fortuna Nacional. Aunque durante el monitoreo atmosférico de la presente línea base no fue detectada dicha contaminación, en caso de que ocurriera un accidente o evento mayor en el complejo CPG, la carga de contaminantes liberada puede afectar la calidad del aire dentro del área de concesión.



**Tabla VII.2.6.3. Capacidad instalada plantas de proceso CPG Ciudad Pemex (Fuente PEMEX 2014)**

Proceso	Cantidad	Capacidad total
Endulzamiento de gas	4	1290 MMpcd
Recuperación de azufre	2	816 td
Criogénico	2	915 MMpcd
Eliminación de nitrógeno	1	630 MMpcd

## VII.2.7. Calidad del Agua

Los muestreos se efectuaron en los cuerpos de agua existentes en cada pozo del Campo Fortuna Nacional, tales como:

- Antiguas fosas de quema
- Cárcamos de colección de agua
- Contención de los pozos de aprovechamiento de hidrocarburos
- Aguadas y Jagüeyes

Los análisis de cada uno de estos sitios se solicitaron al laboratorio con acreditación vigente ante EMA, llevándose a cabo monitoreo de parámetros fisicoquímicos, hidrocarburos, metales pesados y nutrientes.

Los resultados incluyen los análisis realizados en los pozos identificados como: FN-01, FN-017, FN-018 A, FN-018B, FN-019, FN-20, FN-08, FN-015, FN-09A, FN-09B, FN-12, FN-13, FN-11, FN-21, FN-16, FN-23, FN-22, FN-24, FN-02,, FN-003, FN-05, FN-14, FN-04, FN-20, FN-25, FN-26, FN-27, FN-28, FN-29, FN-30, FN-34, FN-35, FN-36, FN-37, FN-38. Los resultados obtenidos para los parámetros fisicoquímicos, contaminantes y nutrientes se muestran en las tablas VII.2.7.1, VII.2.7.2a-b, VII.2.7.3, respectivamente. La descripción de los resultados su muestran a continuación. Cabe mencionar que se utilizó como separador decimal la coma (,), para homogenizar la presentación de resultados con el laboratorio certificado, además que se apega a lo establecido por la NOM-008-SCFI -2002. Asimismo, los número mayores a cuatro dígitos se escribieron sin espacio entre cifras. La interpretación de estos resultados se describe a continuación.

### RESULTADOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

#### *Turbidez*

La turbidez es un parámetro que se relaciona directamente con la presencia de sólidos suspendidos en columna de agua (Boyd, 2015).

El valor promedio de turbidez fue de 89,337UTN, registrándose el valor mínimo en pozo identificado como FN-09A, con valores de 0,83 UTN, y el máximo en el pozo FN-018 con valor de 1224,97 UTN (Figura VII.2.7.1). La

turbidez no se encuentra normada a través de límites máximos permisibles (LMP), al igual que en estándares internacionales debido a que regulan los sólidos suspendidos totales (SST), y existe una alta correlación con estos compuestos. Esto a diferencia de las fuentes del abastecimiento de uso público urbano en las que sí se encuentra normado el LMP para la turbidez, que es de 10 UNT (Comisión Nacional del Agua 2016).

Por consiguiente, el valor promedio en el presente estudio estuvo arriba por 89,337 UNT del límite permisible. Sin embargo, Las antiguas fosas de quema, que actualmente son cuerpos de agua utilizadas como bebedero de ganado vacuno, no son consideradas una fuente de abastecimiento de agua de uso humano, por lo que estos valores elevados no tienen relevancia. Cabe mencionar que los valores elevados de turbidez suelen ser consecuencia del alto contenido de materiales en suspensión. En la figura VII.2.7.1 se observa la distribución espacial de los valores de turbidez obtenidos en los puntos de muestreo referidos. Dicha distribución es muy homogénea con valores alrededor de la media de 89,337 UNT y en los sitios 05, 06 y 10 el valor oscila alrededor de 20 UNT.

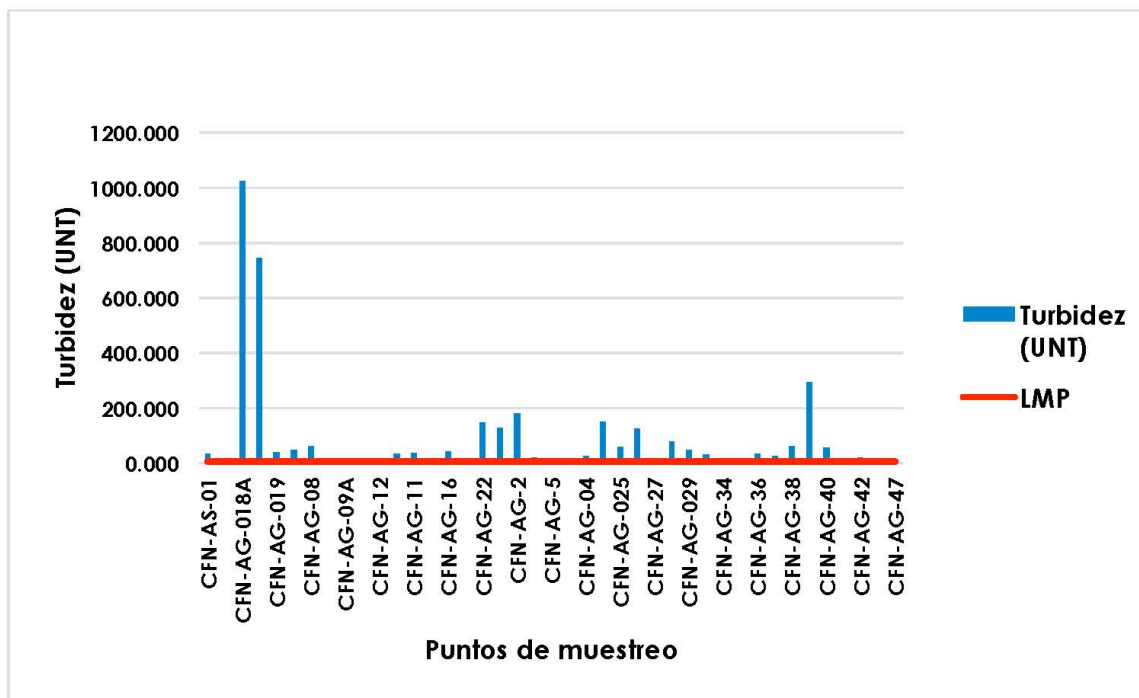


Figura VII.2.7.1. Variación de turbidez en muestras de agua en Campo Fortuna Nacional.



**Tabla VII.2.7.1. Resultados de los Parámetros Fisicoquímicos en la los puntos de muestreo.**

Parámetro	Puntos	Turbidez (UNT)	SST (mg/L)	pH (U. de pH)	Temperatura (°C)	CE (µS/cm)	Salinidad (UPS)	OD (mg/L)
Fisicoquímicos (NOM-127-SSA1-1994 Y NOM-001-SEMARNAT-1996)	CFN-AS-01	34,510	58,00	5,01	32,03	421,00	0,20	1,75
	CFN-AG-017	2,920	10,00	6,87	25,75	80,00	0,40	2,49
	CFN-AG-018A	1024,97	540,00	7,24	28,17	211,00	0,10	5,10
	CFN-AG-018B	744,97	540,70	7,28	27,44	82,00	0,40	4,17
	CFN-AG-019	39,17	60,00	-	-	-	-	-
	CFN-AG-020	48,57	37,00	9,20	30,98	173,00	0,80	6,41
	CFN-AG-08	59,27	64,00	7,88	33,55	122,00	0,12	4,81
	CGN-AG-15	9,890	10,00	7,99	24,90	182,00	0,80	4,17
	CFN-AG-09A	0,83	10,00	7,22	15,90	629,00	0,30	3,47
	CFN-AG-09B	2,87	10,00	6,87	27,45	374,00	0,18	2,69
	CFN-AG-12	3,72	300,50	6,71	28,63	206,00	0,14	3,37
	CFN-AG-13	35,87	23,00	6,17	29,12	146,00	0,70	3,70
	CFN-AG-11	37,77	31,50	6,71	39,47	206,00	0,11	6,55
	CFN-AG-21	16,47	16,20	8,00	39,18	349,00	0,26	3,87
	CFN-AG-16	42,07	90,00	7,99	31,99	217,00	0,11	3,77
	CFN-AG-23	13,57	18,00	7,95	32,58	236,00	0,17	3,57
	CFN-AG-22	146,97	224,00	7,99	32,63	317,00	0,11	3,41
	CFN-AG-24	127,908	34,00	6,57	31,85	1317,00	0,64	2,76
	CFN-AG-2	180,908	32,00	6,24	32,40	315,00	0,15	4,76
	CFN-AG-003	18,140	84,000	7,24	31,50	284,00	0,13	4,47
	CFN-AG-5	13,53	10,00	7,56	29,68	237,00	0,11	4,25
	CFN-AG-14	8,79	23,00	7,17	33,90	371,00	0,18	3,17
	CFN-AG-04	26,23	28,10	7,01	35,70	379,00	0,18	4,47
	CFN-AG-20	148,93	250,00	9,20	30,98	173,00	0,80	5,17
	CFN-AG-025	59,17	78,00	6,80	28,39	1800,00	0,02	4,50
	CFN-AG-026	124,96	163,00	6,77	26,19	470,00	0,02	5,92

Parámetro	Puntos	Turbidez (UNT)	SST (mg/L)	pH (U. de pH)	Temperatura (°C)	CE (µS/cm)	Salinidad (UPS)	OD (mg/L)
	CFN-AG-27	13,07	10,00	6,83	23,58	1130,00	0,05	6,73
	CFN-AG-028	78,07	57,00	6,58	29,11	640,00	0,31	3,61
	CFN-AG-029	48,07	30,00	6,42	27,66	222,00	0,10	71,40
	CFN-AG-030	31,17	30,00	6,78	28,27	510,00	0,02	4,00
	CFN-AG-34	6,96	10,00	6,62	24,71	302,00	0,14	4,38
	CFN-AG-35	14,06	18,00	6,78	28,61	125,00	0,01	6,54
	CFN-AG-36	33,76	52,00	6,45	26,70	930,00	0,04	6,45
	CFN-AG-37	24,72	28,00	6,51	27,63	102,00	0,05	3,29
	CFN-AG-38	59,92	20,00	7,19	27,52	430,00	0,01	6,90
	CFN-AG-39	293,95	950,00	7,41	27,80	984,00	0,48	2,49
	CFN-AG-40	55,05	94,00	6,15	26,93	197,00	0,09	2,62
	CFN-AG-41	3,34	18,00	7,02	27,46	297,00	0,14	1,03
	CFN-AG-42	21,26	38,00	6,96	28,62	240,00	0,11	5,98
	CFN-AG-46	3,51	10,00	6,86	29,88	1456,0	0,72	6,34
	CFN-AG-47	2,92	12,00	6,93	27,65	132,0	0,01	5,62

Tabla VII.2.7.2a. Resultados de los contaminantes en la los puntos de muestreo.

Parámetro	Puntos	HC_ligera	HC_media	HC_pesada	Benceno	Etilbenceno	Tolueno	m,p-Xileno	o-Xileno	B(a) antraceno	B(a) pireno	B(b) Fluoranteno	B(k) Fluorante no	D(a,h) antraceno	I(1,2,3-cd) pireno
Contaminantes NOM-001-SEMARN AT-1996 y NOM-127-SSA1-1994  PARTE I	CFN-AS-01	0,300	0,500	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-017	0,300	0,500	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-018A	0,300	0,500	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-018B	0,300	0,500	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-019	0,300	17,620	7,21	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-020	0,300	0,500	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-08	0,300	0,500	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CGN-AG-15	0,300	0,500	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-09A	0,300	0,800	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-09B	0,300	1,350	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-12	0,300	0,500	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-13	0,300	0,500	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-11	0,300	0,500	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-21	0,300	0,500	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-16	0,300	0,500	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-23	0,300	0,500	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-22	0,300	0,500	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-24	0,300	17,15	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-2	0,300	0,500	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-003	0,300	0,500	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
CFN-AG-5	0,300	0,500	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	



Parámetro	Puntos	HC_ligera	HC_media	HC_pesada	Benceno	Etilbenceno	Tolueno	m,p-Xileno	o-Xileno	B(a) antraceno	B(a) pireno	B(b) Fluoranteno	B(k) Fluorante no	D(a,h) antraceno	I(1,2,3-cd) pireno
	CFN-AG-14	0,300	0,500	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-04	0,300	0,500	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-20	0,300	0,500	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-025	0,300	2,05	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-026	0,300	0,50	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-27	0,300	0,50	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-028	0,300	0,50	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-029	0,300	0,50	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-030	0,300	0,50	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-34	0,300	0,50	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-35	0,300	0,50	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-36	0,300	0,54	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-37	0,300	0,58	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-38	0,300	0,50	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-39	0,300	0,50	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-40	0,300	0,55	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-41	0,300	0,50	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-42	0,300	0,50	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-46	0,300	0,50	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CFN-AG-47	0,300	0,50	5,00	0,005	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

**Tabla VII.2.7.2b. Resultados de los contaminantes en la los puntos de muestreo.**

Parámetro	Puntos	Coli. Fecales (NMP/100mL)	Coli. Totales (NMP/100mL)	DBO	DQO	Bario	Cadmio	Cromo	Plomo	Cobalto	Vanadio	Cobre	Níquel	Estaño	Zinc	Mercurio	Hierro
Contaminantes antes NOM-001-SEMARN AT-1996 y NOM-127-SSA1-1994  PARTE 2	CFN-AS-01	2400,0	2400,0	8,10	49,59	1,127	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,076	0,001	2,362
	CFN-AG-017	9300,0	46000,0	4,60	34,35	0,059	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,050	0,001	0,145
	CFN-AG-018A	9300,0	9300,0	4,00	53,29	0,050	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,050	0,001	13,610
	CFN-AG-018B	46000,0	46000,0	2,00	74,36	0,190	0,020	0,161	0,050	0,020	0,050	0,050	0,140	0,100	0,058	0,001	22,190
	CFN-AG-019	400,0	400,0	19,20	246,03	0,093	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,050	0,001	0,757
	CFN-AG-020	900,0	2300,0	4,20	29,64	0,105	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,050	0,001	1,215
	CFN-AG-08	900,0	2300,0	10,20	87,10	1,485	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,091	0,001	5,691
	CGN-AG-15	90,0	90,0	4,90	28,19	0,310	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,050	0,001	0,294
	CFN-AG-09A	3,00	90,0	1,00	38,27	0,072	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,087	0,001	0,097
	CFN-AG-09B	3,00	230,0	1,40	47,87	0,330	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,055	0,001	0,241
	CFN-AG-12	4600,0	4600,0	1,30	26,59	0,620	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,050	0,001	0,460
	CFN-AG-13	24000,0	110000,0	4,10	71,83	0,050	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,050	0,001	1,804
	CFN-AG-11	1500,0	1500,0	3,70	58,25	0,403	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,075	0,001	0,920
	CFN-AG-21	90,0	230,0	3,20	33,99	0,050	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,050	0,001	0,446
	CFN-AG-16	430,0	430,0	9,90	68,10	4,465	0,020	0,056	0,056	0,020	0,050	0,050	0,110	0,100	0,160	0,001	20,500
	CFN-AG-23	930,0	930,0	1,10	27,74	0,061	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,077	0,001	0,396
	CFN-AG-22	3,00	930,0	1,30	26,62	0,127	0,020	0,077	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,055	0,001	9,651
	CFN-AG-24	430,0	430,0	14,10	448,86	1,210	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,051	0,001	14,080
	CFN-AG-2	930,0	11000,0	5,10	67,12	1,610	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,110	0,001	8,625
	CFN-AG-003	230,0	11000,0	1,800	31,210	0,769	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,060	0,001	0,740
CFN-AG-5	200,0	2100,0	2,10	53,29	1,460	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,050	0,001	2,055	
CFN-AG-14	2400,0	2400,0	8,10	61,81	0,760	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,050	0,001	1,120	
CFN-AG-04	90,0	2400,0	2,20	25,50	0,106	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,050	0,001	0,944	

Parámetro	Puntos	Coli. Fecales (NMP/100mL)	Coli. Totales (NMP/100mL)	DBO	DQO	Bario	Cadmio	Cromo	Plomo	Cobalto	Vanadio	Cobre	Níquel	Estaño	Zinc	Mercurio	Hierro
	CFN-AG-20	930,0	930,0	38,70	135,89	0,370	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,050	0,001	5,759
	CFN-AG-025	1800,0	1800,0	6,90	94,41	0,962	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,075	0,050	0,100	0,050	0,001	3,040
	CFN-AG-026	1800,0	1800,0	10,80	108,76	0,823	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,050	0,001	7,973
	CFN-AG-27	1800,0	1800,0	2,50	39,74	0,842	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,173	0,050	0,100	0,050	0,001	2,868
	CFN-AG-028	1800,0	1800,0	6,30	59,31	0,862	0,020	0,072	0,050	0,020	0,050	0,169	0,050	0,100	0,067	0,001	3,138
	CFN-AG-029	1800,0	1800,0	4,10	14,54	1,090	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,220	0,050	0,100	0,066	0,001	3,353
	CFN-AG-030	1800,0	1800,0	2,30	10,00	0,920	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,074	0,050	0,100	0,790	0,001	0,798
	CFN-AG-34	1800,0	1800,0	1,50	14,83	0,312	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,050	0,001	0,730
	CFN-AG-35	920,0	1800,0	1,90	23,32	1,292	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,050	0,001	0,988
	CFN-AG-36	1600,0	1800,0	5,40	87,06	1,605	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,050	0,001	2,305
	CFN-AG-37	1600,0	1800,0	7,60	44,74	1,052	0,020	0,097	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,050	0,001	3,038
	CFN-AG-38	1800,0	1800,0	2,20	21,83	0,866	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,132	0,001	1,564
	CFN-AG-39	1800,0	1800,0	8,00	114,00	1,098	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,053	0,056	0,100	0,082	0,001	16,540
	CFN-AG-40	1800,0	1800,0	9,70	176,57	0,591	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,050	0,001	1,416
	CFN-AG-41	1600,0	1600,0	2,50	51,64	0,148	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,050	0,001	0,702
	CFN-AG-42	540,0	540,0	2,40	32,43	0,951	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,050	0,050	0,100	0,050	0,001	2,264
	CFN-AG-46	1800,0	1800,0	1,90	12,53	0,050	0,020	0,050	0,050	0,020	0,050	0,119	0,050	0,100	0,050	0,001	0,114
	CFN-AG-47	540,0	1800,0	2,00	10,00	0,225	0,020	0,163	0,050	0,020	0,050	0,173	0,050	0,100	0,071	0,001	0,146



**Tabla VII.2.7.3. Resultados de nutrientes en la los puntos de muestreo.**

Parámetro	Puntos de Muestreo	Nitratos (mg/L)	Nitritos (mg/L)	Amonio (mg/L)	Fosfatos (mg/L)	Clorofila a (mg/m <sup>3</sup> )	Clorofila b (mg/m <sup>3</sup> )	Clorofila c (mg/m <sup>3</sup> )	Sílice (mg/L)
Nutrientes NOM-127- SSA1-1994	CFN-AS-01	0,040	0,015	7,219	1,282	53,30	0,50	4,16	8,8896
	CFN-AG-017	0,230	0,020	0,834	2,293	8,19	5,49	7,63	3,072
	CFN-AG-018A	0,380	0,020	0,486	1,159	6,69	44,50	0,50	62,506
	CFN-AG-018B	0,530	0,050	0,869	1,465	112,91	7,42	172,42	179,552
	CFN-AG-019	0,110	0,015	0,355	2,224	581,31	198,06	0,50	7,743
	CFN-AG-020	0,080	0,020	0,359	0,940	25,18	35,15	0,50	11,328
	CFN-AG-08	0,120	0,020	0,708	0,834	138,45	1,48	190,68	10,147
	CGN-AG-15	0,080	0,015	0,100	0,222	49,91	3,81	29,90	1,4930
	CFN-AG-09A	0,200	0,080	0,783	8,769	8,13	1,28	12,04	16,3976
	CFN-AG-09B	0,080	0,030	0,510	2,021	6,94	3,90	5,21	10,3100
	CFN-AG-12	0,220	0,040	1,846	0,295	31,07	0,50	0,50	8,5090
	CFN-AG-13	0,190	0,050	0,211	1,384	46,66	0,50	69,10	28,4102
	CFN-AG-11	0,130	0,030	0,206	0,238	38,29	11,67	0,50	8,4234
	CFN-AG-21	0,500	0,019	0,430	0,153	13,81	18,75	2,79	5,7411
	CFN-AG-16	0,230	0,017	0,293	1,135	41,05	2,48	9,44	14,7463
	CFN-AG-23	0,080	0,019	0,102	0,123	9,08	0,50	24,12	3,7093
	CFN-AG-22	0,090	0,016	0,254	0,371	17,62	0,50	5,04	16,5473
	CFN-AG-24	0,100	0,040	11,277	3,025	10,20	0,50	2,21	34,8358
	CFN-AG-2	0,130	0,050	0,342	0,548	12,71	43,85	0,50	19,2767
	CFN-AG-003	0,080	0,020	0,120	0,233	10,30	5,19	6,46	11,1442
CFN-AG-5	0,080	0,040	0,461	0,180	15,36	5,72	14,02	13,3559	
CFN-AG-14	0,050	0,020	0,289	0,476	289,24	113,58	21,43	7,4394	

Parámetro	Puntos de Muestreo	Nitratos (mg/L)	Nitritos (mg/L)	Amonio (mg/L)	Fosfatos (mg/L)	Clorofila a (mg/m <sup>3</sup> )	Clorofila b (mg/m <sup>3</sup> )	Clorofila c (mg/m <sup>3</sup> )	Sílice (mg/L)
	CFN-AG-04	0,090	0,020	0,234	0,162	11,65	3,09	17,86	8,5903
	CFN-AG-20	0,050	0,020	0,698	1,744	16,33	17,53	0,50	25,3728
	CFN-AG-025	0,050	0,020	1,094	0,270	30,60	24,51	0,50	8,9667
	CFN-AG-026	0,160	0,020	1,871	1,095	41,88	27,10	0,50	14,5623
	CFN-AG-27	0,350	0,015	0,514	0,541	18,65	21,08	0,50	13,3688
	CFN-AG-028	0,390	0,060	0,975	0,556	18,31	24,22	0,50	26,0102
	CFN-AG-029	0,360	0,015	4,636	0,366	6,63	26,04	0,50	36,5127
	CFN-AG-030	3,050	0,020	ND	0,182	7,05	23,42	0,50	28,9278
	CFN-AG-34	0,390	0,015	0,024	0,107	9,93	9,37	7,04	36,2646
	CFN-AG-35	0,140	0,015	0,303	0,133	29,09	5,73	10,44	7,6797
	CFN-AG-36	0,050	0,015	0,632	0,983	28,19	14,37	30,09	10,7335
	CFN-AG-37	0,040	0,015	0,487	1,086	11,40	28,04	24,14	8,3678
	CFN-AG-38	0,770	0,040	0,084	1,649	20,24	13,96	0,50	12,9623
	CFN-AG-39	0,104	0,040	0,241	2,504	48,93	32,80	20,30	81,9665
	CFN-AG-40	0,142	0,020	0,309	2,059	19,89	8,68	17,99	46,3307
	CFN-AG-41	0,169	0,020	0,215	0,122	13,63	4,43	9,83	13,1677
	CFN-AG-42	0,161	0,020	0,188	0,229	14,03	8,50	12,21	10,2586
	CFN-AG-46	1,130	0,015	0,509	0,279	1,92	0,05	6,20	10,3656
	CFN-AG-47	0,530	0,015	0,438	0,143	1,48	2,19	5,49	13,6212

### **Sólidos suspendidos totales**

Los sólidos suspendidos son pequeñas partículas con alrededor de 1  $\mu\text{m}$ . Aunque en realidad lo que provoca que estén suspendida es su densidad menor a la del agua (Crites & Tchobanoglous, 2000). Tienen una gran importancia ambiental, ya que dentro de los contaminantes de interés, han sido clasificadas las partículas que se consideran como sólidos suspendidos. Según su naturaleza, pueden ser orgánicos (sólidos suspendidos volátiles) como las bacterias y microalgas e inorgánicos (sólidos suspendidos fijos) como las arcillas y metales en suspensión (Harrison, 2003). La principal afectación en los cuerpos de agua es la disminución en el ingreso de la luz solar hacia la columna de agua, lo cual da lugar una menor fotosíntesis y por ende menor cantidad de oxígeno disuelto para ser utilizado por los microorganismos aerobios que degradan la materia orgánica (Master y Ela, 2008).

Es un indicador indirecto de la cantidad de microorganismos y material particulado de lenta o nula sedimentación (WEF, 2003). En este sentido, la alta concentración en estos compuestos indica una baja calidad del agua, tanto por efectos de los microorganismos que pueden ser patógenos, como para efectos de sedimentación requerida en sistemas de tratamiento de agua (Harrison, 1999).

Los sólidos suspendidos totales fueron evaluados en cada uno de los 41 sitios de muestreo, los cuales registraron valores muy por arriba de 40 mg/L, valor máximo permitido por la NOM-001-SEMARNAT-1996. El valor mínimo registrado fue en los sitios FN-017, FN-09A, FN-09B, FN-15, FN-34, FN-27, FN-046 con 10,00 mg/L y el valor máximo en el sitio FN-39 con 950,00 mg/L (Figura VII.2.7.2). Así, el valor promedio de la distribución espacial fue de 100,74 mg/L.

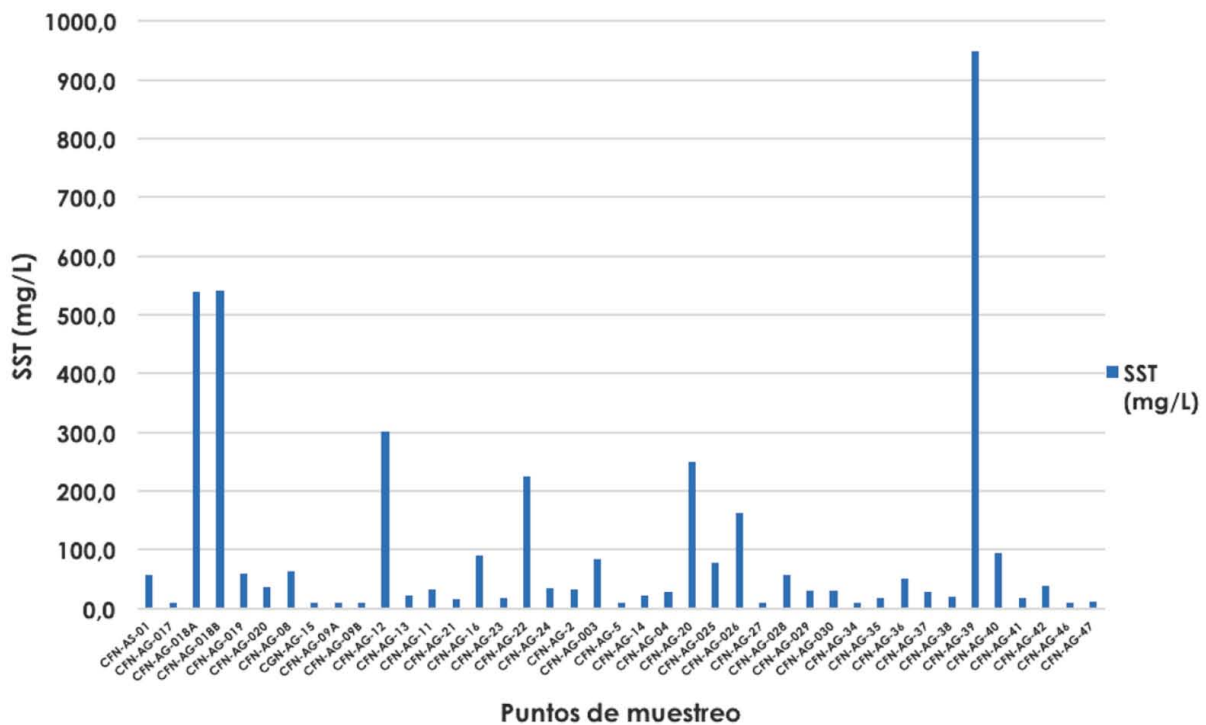
Es importante el continuo monitoreo de los SST para evaluar un aumento potencial causado por descargas residuales. Los LMP de sólidos suspendidos totales estipulados por la norma fueron excedidos en los 10 sitios de muestreo del Campo Fortuna Nacional.

### **Potencial de hidrógeno (pH)**

El pH del agua se debe al equilibrio carbónico y a la actividad vital de los microorganismos acuáticos. La secuencia de equilibrios de disolución de  $\text{CO}_2$  en el agua, y la subsiguiente disolución de carbonatos e insolubilización de



bicarbonatos, alteran drásticamente el pH de cualquier agua. Asimismo, la respiración de los organismos heterótrofos en el agua produce dióxido de carbono modificando el pH del medio acuático (Álvarez *et al.*, 2006). A valores extremadamente altos o bajos de pH, tales como mayor a 9,6 o menor a 4,5, el agua se convierte en medio inadecuado para la mayoría de los organismos (Hill *et al.*, 2005).



**Figura VII.2.7.2. Sólidos Suspendedos Totales en Campo Fortuna Nacional**

Los valores registrados en el presente estudio estuvieron dentro de un rango normal, con pH de 5,01 a 7,99. El valor promedio fue de 7,08, el cual corresponde para agua neutra a ligeramente alcalina, siendo característico de los cuerpos dulces y salobres (Figura VII.2.7.3). La Comisión Nacional del Agua (2016), menciona que el rango de pH es de 6,5 a 8,5 para protección. En consecuencia, los valores que se obtuvieron en el presente informe fueron valores normales para este tipo de ecosistemas, además de encontrarse dentro de los LMP establecidos por la normativa mexicana. Con excepción del punto FN-020 con un valor de de pH 9.20, encontrándose ligeramente por arriba del LMP superior establecido.

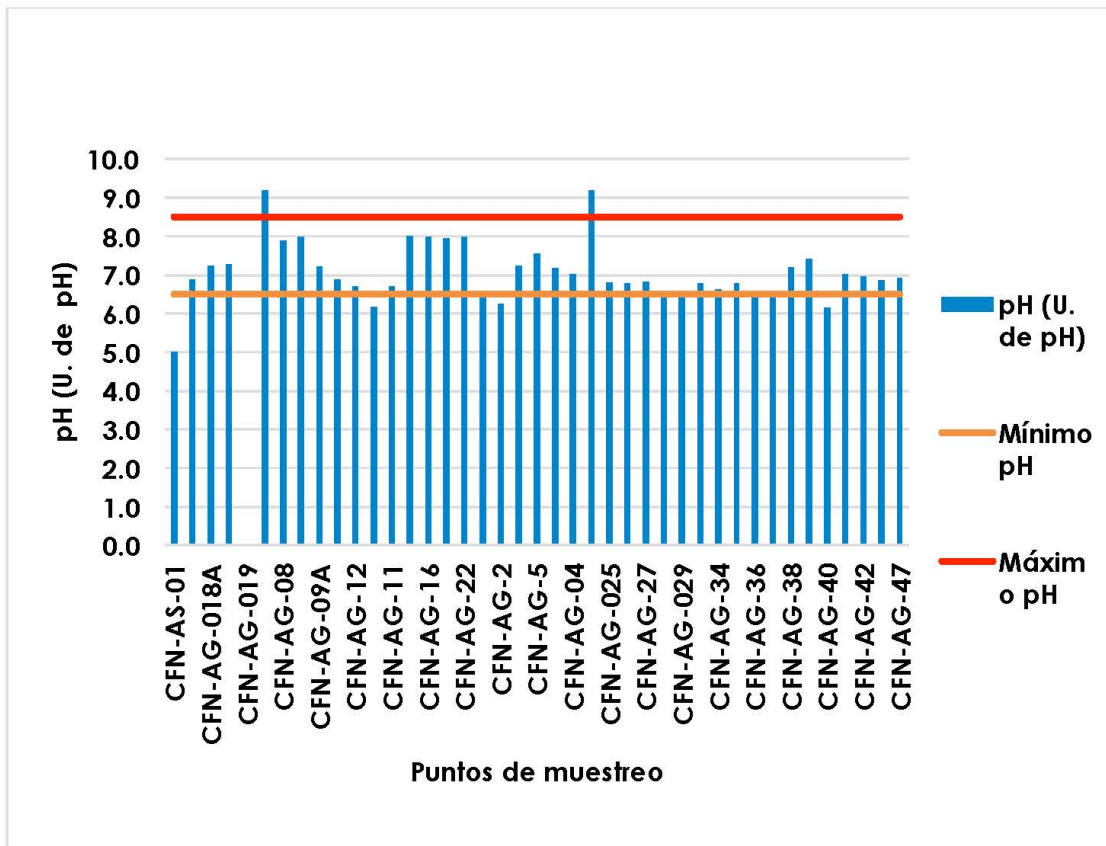


Figura VII.2.7.3. Variación de pH en los sitios de muestreo

### Temperatura

La temperatura es un parámetro que se relaciona con todos los demás, tanto fisicoquímicos como biológicos. (Master y Ela, 2008). Otro efecto importante, es que la concentración de oxígeno en el sistema, y por ende de DBO<sub>5</sub>, dependen de la temperatura; a mayor temperatura menor concentración de oxígeno disuelto.

El valor promedio de temperatura registrado fue de 30,58 °C, con un valor mínimo de 15,90 °C en el sitio FN-09A y un valor máximo de 39,47 °C en el sitio FN-11. Todos los puntos de muestreo se encontraron por debajo del límite máximo permisible (LMP) estipulado por NOM-001-SEMARNAT-1996, En la figura VII.2.7.4 se muestran los valores cuantificados en cada sitio de muestreo.

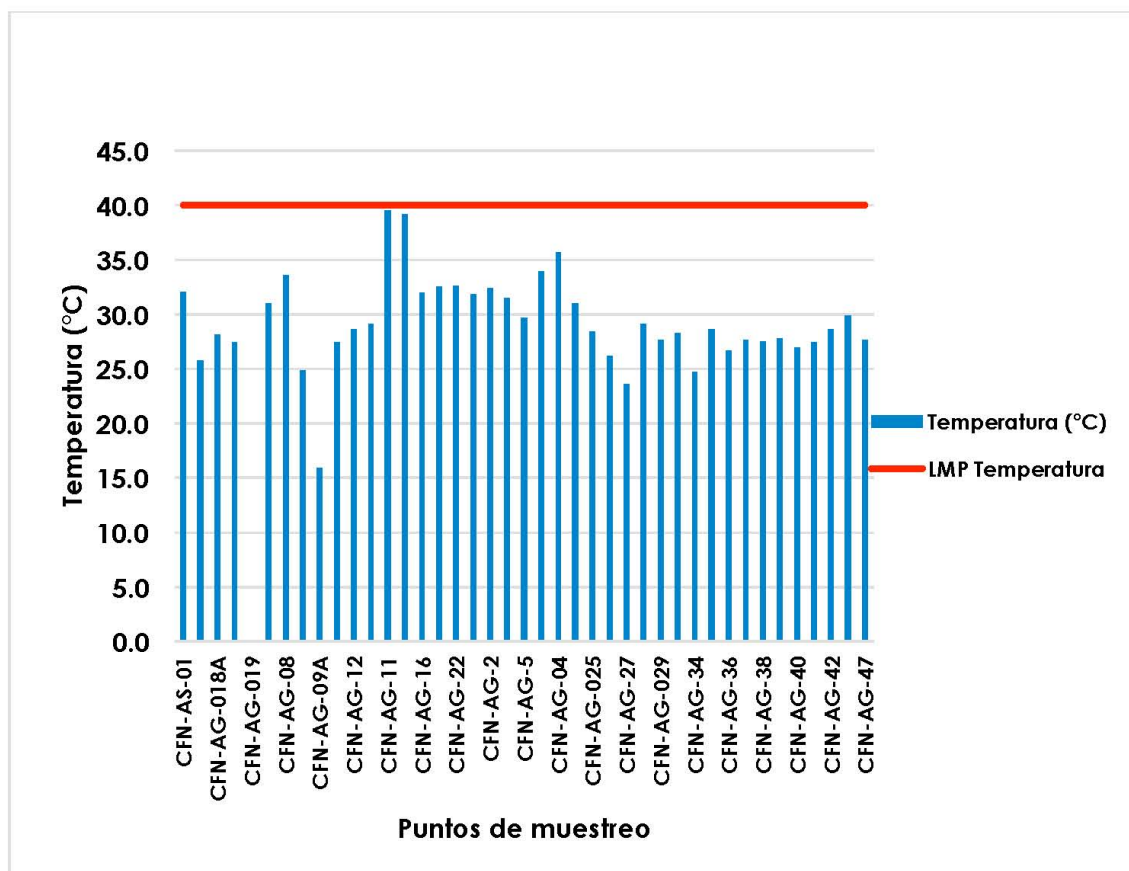


Figura VII.2.7.4. Variación de temperatura en muestras de agua. El límite máximo permisible es estipulado por NOM-001-SEMARNAT-1996.

### Conductividad eléctrica

La conductividad se define como la capacidad que posee el agua para conducir la corriente eléctrica. Este parámetro físico se ve afectado por el grado de disociación de los iones, la carga eléctrica de cada ión, la movilidad iónica y por la temperatura (Chapman, 1992).

El mínimo valor obtenido fue en el sitio FN-017 con un valor de 80,00  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y un valor máximo en el sitio FN-046, con valores de 1456,60  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . El valor promedio fue de 424,85  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Figura VII.2.7.5). En la actualidad, no existe norma mexicana que estipule el límite máximo permisible, por esa razón se utiliza el estándar estipulado por la *Environmental Protection Agency* (2001), el cual es de 2500,00  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Por lo que, todos sitios de muestreo se encuentran por encima del LMP. Sin embargo, esto no tiene significancia ya que el agua del sitio no es utilizada para consumo humano.



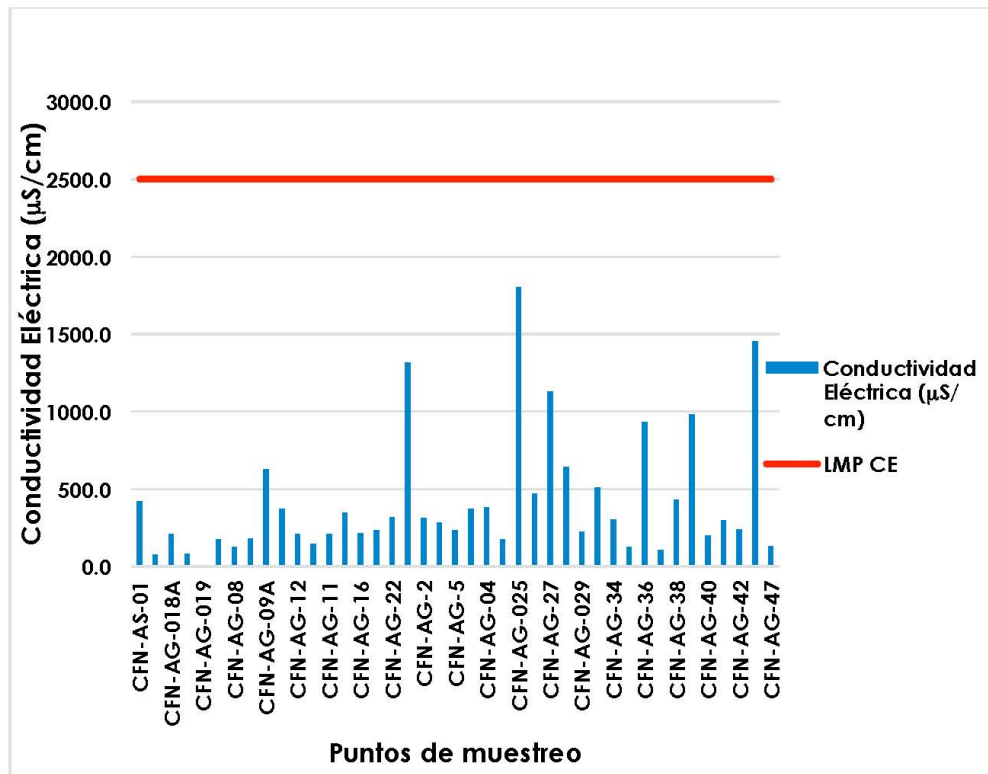


Figura VII.2.7.5. Variación de la conductividad en los puntos de muestreo en Campo Fortuna Nacional.

### Salinidad

La salinidad es un factor relevante ya que ejerce una notable influencia sobre varias respuestas de los organismos e interfiere en los análisis químicos, además, las concentraciones de sales disueltas desplazan al oxígeno disuelto de la solución, reduciendo los niveles de este elemento pudiendo incrementar la DBO<sub>5</sub> (Chapman, 1992). EL valor promedio de la distribución espacial fue de 0,24 UPS, con un valor mínimo de 0,01 UPS en el sitio FN-47 y un valor máximo de 0,8 UPS en el sitio FN-15. Actualmente no existe normatividad que estipule el límite permisible para salinidad.

### Oxígeno Disuelto

La solubilidad del oxígeno disuelto (OD) en el agua es afectada por la temperatura y las concentraciones de sales disueltas. Así pues, la solubilidad del oxígeno disminuye para altas temperaturas y elevadas concentraciones de sales. Para la mayoría de los peces una concentración inferior a 3,00 mg/L es letal, por lo que en casi todas las legislaciones determinan que la concentración mínima admisible es de 4 a 6 mg/L (Jiménez, 2001).

El valor promedio de la distribución espacial fue de 6,00 mg/L, con un valor mínimo de 1,03 mg/L en el sitio FN-041 y un valor máximo de 6,41 mg/L en el sitio FN-20 (Figura VII.2.7.6). El acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de Calidad del Aguas, CE-CCA-001/89, para la fuente abastecimiento de agua potable, menciona que el valor mínimo permisible es de 4,00 mg/L.

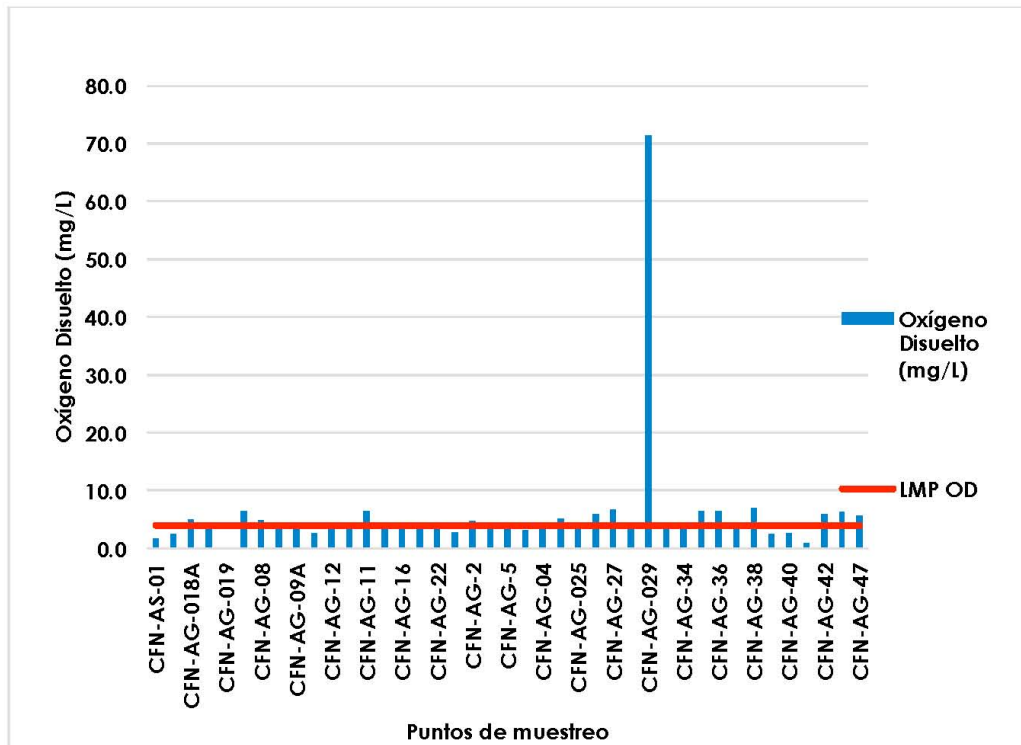


Figura VII.2.7.6. Valores de muestra oxígeno disuelto en Campo Fortuna Nacional.

## RESULTADOS NUTRIENTES

### Nitritos y Nitratos

El nitrógeno inorgánico en el medio ambiente se produce en una gama de estados de oxidación como nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), el ion amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y nitrógeno molecular ( $\text{N}_2$ ) (UNESCO/WHO/UNEP, 1996).

El nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) se encuentra en bajas concentraciones, especialmente en aguas oxigenadas, pero en medios hipóxicos su concentración aumenta notablemente. Bajo escasez del ion amonio y nitrato, el fitoplancton puede tomar nitritos e incorporarlos a sus células, pero en altas concentraciones los nitritos son muy tóxicos (Roldán, 2008).

El valor promedio de nitrito en el presente estudio fue 0,026 mg/L y de nitrato 0,289 mg/L. los valores mínimos fueron 0,04 mg/L y 0,05 mg/L, y los valores máximos 0,770 mg/L y 0,530 mg/L, respectivamente. En relación a lo anterior, el LMP para nitratos es 10,00 mg/L estipulado por NOM-127-SSA1-1994, agua para uso y consumo humano (Figura VII.2.7.7). Por consiguiente, los valores promedios se encuentran por debajo del límite permisible, lo que indica adecuados procesos de nitrificación y desnitrificación, así como reflejaron la ausencia de descargas de aguas residuales de origen doméstico, además de que no superaron el límite para fuentes de abastecimiento para uso público urbano.

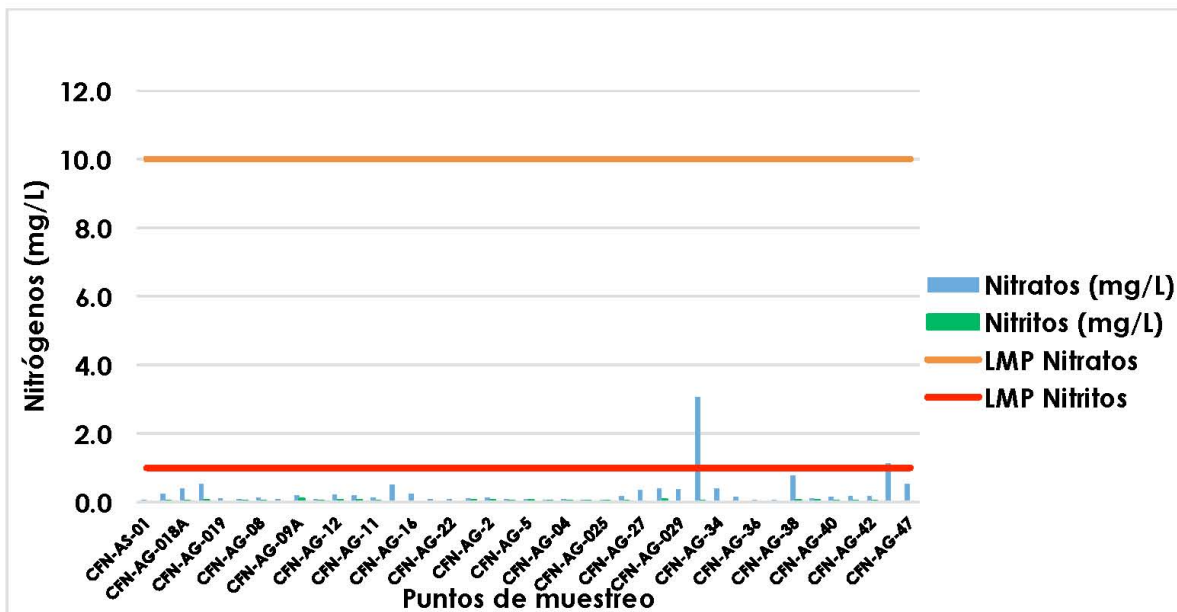


Figura VII.2.7.7. Valores de nitrito y nitrato. La línea roja y naranja representan el límite máximo permisible por NOM-127-SSA1-1994.

### Amonio

La forma más reducida de los nutrientes del nitrógeno es el amonio. Su permanencia es constante a lo largo del ciclo anual en lagunas, ya que es un producto del nitrógeno orgánico antes de ser nitrificado. Desde el punto de vista ecológico, el nitrógeno amoniacal es esencial para los productores primarios y para los microorganismos degradadores de la materia orgánica para su síntesis de proteínas (Novotny, 1994).

El valor promedio de amonio encontrado en este estudio fue 1,038 mg/L, el valor mínimo fue de 0,024 mg/L y valor máximo alcanzó 11,277 mg/L. Las



normatividades mexicanas carecen de límites máximos permisibles para el amonio, por lo que la *Environmental Protection Agency* (2001) menciona que el valor permisible de amonio es de 4,000 mg/L (Figura VII.2. 7.8). En general, desde el punto de vista las concentraciones habituales de amonio, el agua de la zona se considera de buena calidad, ya que los valores en los diferentes sitios de muestreo se encuentran por debajo del límite permisible. A excepción por el valor determinado en el FN-24, donde el valor rebasa lo establecido por la EPA, lo que es indicativo de un agua donde los microorganismos no llevan de manera adecuada la degradación de la materia orgánica.

### **Fosfatos**

El fósforo es un nutrimento esencial que se encuentra en forma disuelta (90%) y particulada (3-7%). Las fuentes naturales del fósforo generalmente son la intemperización de las rocas y la descomposición de la materia orgánica. Las aguas residuales industriales y fertilizantes contribuyen al aumento de su concentración en las aguas superficiales. En agua naturales y aguas residuales, el fósforo inorgánico se presenta principalmente en forma de ortofosfatos y polifosfatos, así como fósforo orgánico (Chapman, 1992).

La importancia de fósforo radica en el papel que desempeña en los fenómenos de eutrofización (exceso de enriquecimiento de nutrientes) de lagos y, en menor medida, ríos. El fósforo, junto con el nitrógenos, promueve el crecimiento de algas y materia orgánica, cuya oxidación reduce los niveles de oxígeno disuelto y crea la mortandad de los organismos (EPA, 2001). La alta concentración de fosfatos puede indicar la presencia de contaminación y son en gran parte responsable de las condiciones eutróficas.

El valor promedio de fosfatos fue de 1.063 mg/L, el valor mínimo fue 1,123 mg/L en el sitio FN-23 y máximo 8,769 mg/L en el sitio FN-09A (Figura VII.2.7.8). El valor máximo permisible de fosfatos es 0,100 mg/L para fuente abastecimiento de agua potable por CE-CCA-001/89. Sin embargo, la *Environmental Protection Agency* (2001) menciona que el valor permisible de fosfatos es de 0,70 mg/L. En todos los casos, la totalidad de los puntos muestreados excede el límite permisible, siendo el mismo caso para el valor promedio de la distribución espacial.

### Sílice

La sílice en agua se encuentra en estados disueltos, suspendidos y coloidales. Tanto la sílice disuelta ( $\text{SiO}_2$ ) como los silicatos ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ) reactivos surgen principalmente de la erosión química de minerales silíceos. Estas formas oxidadas del silicio son un elemento esencial para ciertas plantas acuáticas (principalmente diatomeas). Es absorbido durante el crecimiento celular y se libera durante la descomposición y la decadencia, dando lugar a fluctuaciones estacionales en concentraciones, especialmente en lagos. A altos valores de este nutriente principalmente se relaciona con la contaminación por aguas de escorrentía en zonas deforestadas (UNESCO/WHO/UNE, 1996).

El valor promedio de sílice fue 21,893 mg/L en las muestras, con valor mínimo fue de 1,4930 mg/L y el valor máximo fue de 179,542 mg/L para el sitio FN-018B. Normas mexicanas carecen de límite máximo permisible para sílice, por lo que se consideró el valor de 30 mg/L estipulado por UNESCO/WHO/UNEP (1996). Por consiguiente, el valor promedio arrojado por la distribución espacial se encuentra por debajo del límite máximo, siendo los sitios FN-018B, FN-24, FN-39 y FN-40 los que rebasan el LMP (Figura VII.2.7.8).

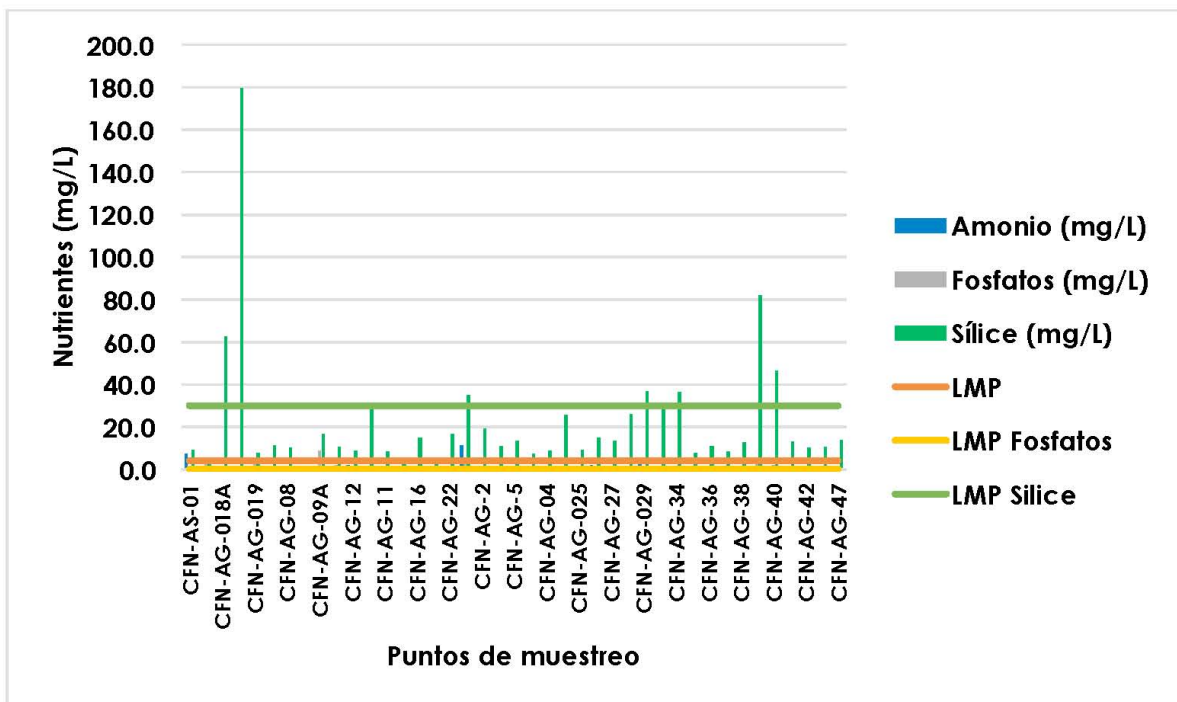


Figura VII.2.7.8. Valores de amonio, fosfatos y sílice.

### Clorofilas

Existen tres principales pigmentos de clorofila que se encuentran comúnmente en el fitoplancton: *a*, *b* y *c*, pero la clorofila *a* es medida con mayor frecuencia. Este pigmento ayuda a la asimilación de los nutrientes en la biomasa celular mediante el aprovechamiento de la energía de la luz solar. Su concentración está relacionada con la cantidad de carbono celular (Bartram & Ballance, 1996).

En el presente estudio, el valor promedio de clorofilas *a* fue de 45,762 mg/m<sup>3</sup>, clorofila *b* 19,523 mg/m<sup>3</sup> y clorofila *c* 18,177 mg/m<sup>3</sup>. Los valores mínimos fueron de 1,48 mg/m<sup>3</sup> para el sitio FN-47, 0,50 mg/m<sup>3</sup> y 0,50 mg/m<sup>3</sup> respectivamente (estos últimos como límites de detección analítica), y los valores máximos fueron de 581,31 mg/m<sup>3</sup>, 198,06 mg/m<sup>3</sup> y 172,42 mg/m<sup>3</sup>, respectivamente (Figura VII.2.7.9).

Debido a que normatividades mexicanas están exentas de estipular valores límites para clorofilas, la *Environmental Protection Agency* (2016) concluyó que la probabilidad media relativa de efecto agudo para la salud de clorofila *a* es de 50 mg/m<sup>3</sup>. Observando que varios sitios rebasan el límite referido, presuponiendo que en su composición se encuentra una gran cantidad de carbono celular.

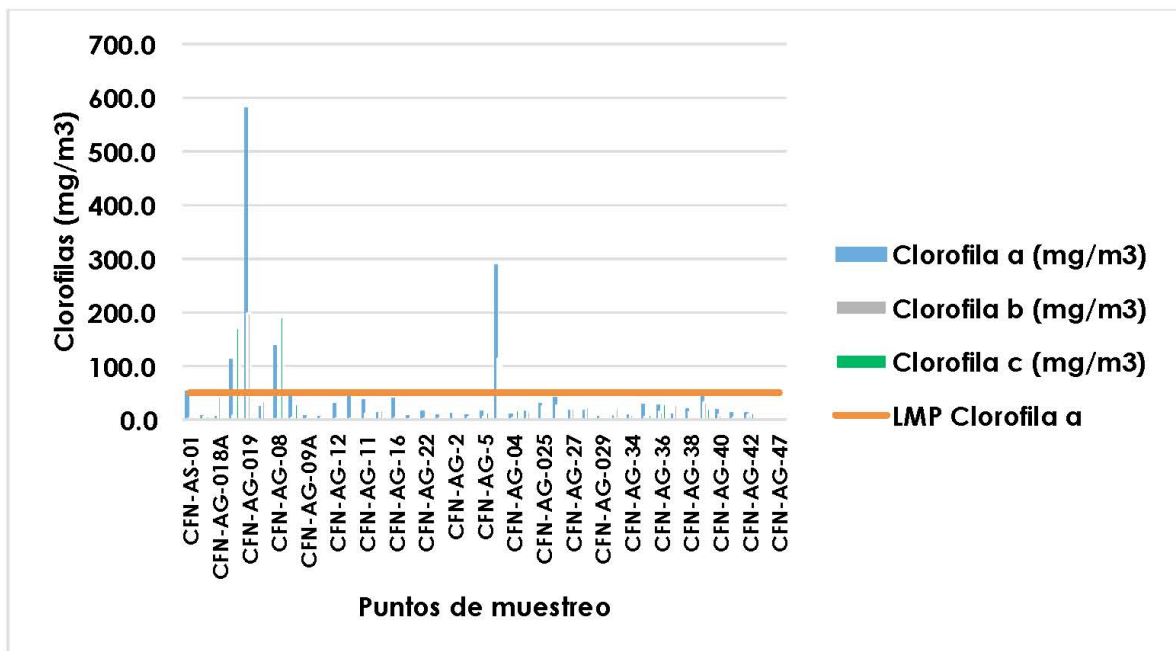


Figura VII.2.7.9. Valores de clorofilas en calidad de agua.



## RESULTADOS DE CONTAMINANTES

### *Hidrocarburos*

Los hidrocarburos del petróleo consisten en compuestos saturados de cadena lineal (alcanos), compuestos acíclicos (cicloalcanos) y compuestos aromáticos conteniendo cuando menos un anillo bencénico en su estructura molecular (Vázquez-Botello, 2005). Todos estos compuestos, son en mayor o menor grado tóxicos para los seres vivos inhibiendo funciones enzimáticas de órganos principales. A nivel ecológico, si los microorganismos no pueden degradarlos, reducen la proporción de materia orgánica asimilable por los organismos autótrofos e incluso ser bioacumulados por los cultivos (Fetter, 1999).

En el presente estudio, todos los puntos de muestreo registraron valores de hidrocarburos de fracción ligera menores a 0,300 mg/L, en el caso de hidrocarburos de fracción media la mayoría de los sitios de muestreo registraron valores menores a 0,500 mg/L. Sin embargo, en el sitio FN-19 y FN-24, se registraron valores del orden de 17,620 y 17,150 respectivamente, siendo éstas las concentraciones más elevadas encontradas.

En el caso de hidrocarburos de fracción pesada, la mayoría de los sitios, registró valores menores a 5,00 mg/L, con excepción del sitio FN-019 que arrojó un valor de 7,21 mg/L. Destacando que en México no existe legislación aplicable, y la única que podría usarse como referencia es la NOM-001-SEMARNAT-1996 aunque no de manera directa pero sí relacionada químicamente, menciona que el valor límite permisible para grasas y aceites de uso en riego agrícola y uso público urbano es de 15 mg/L. Los hidrocarburos en sus diferentes fracciones de densidad, son de los contaminantes más importantes a considerar por su riesgo ambiental.

### ***Benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (BTEX)***

BTEX es un acrónimo que significa benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos. La contaminación del agua como resultado de derrames de petróleo terrestres y fugas de tanques es un grave problema ambiental. Los componentes benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (BTEX) de productos derivados del petróleo son de particular interés debido a su toxicidad y son compuestos relativamente solubles, por tanto migran con el agua subterránea afectando finalmente a los suministros de agua potable. A pesar

de que el catabolismo de organismos superiores posee rutas de destoxificación, la exposición continua termina siendo muy tóxica por su ser bioacumulables. Al respecto se han reportado daños renales y hepáticos en asentamientos humanos aledaños a fuentes de BTEX (Lovley, 1997).

En el presente estudio, en todos los sitios de muestreo, los valores registrados de benceno, tolueno, etilbenceno, o-xileno y m,p-xileno se encontraron por debajo del límite de detección analítica que son por debajo del límite de detección del equipo con 0,005 mg/L para los tres primeros y de 0,010 mg/L para m,p-xileno. Esto significa que se cumple cualquier norma referente a estos compuestos del petróleo en aguas superficiales. Por ejemplo, la NOM-127-SSA1-1994, agua para uso y consumo humano determina que el valor límite permisible para benceno es 20 mg/L, tolueno 300 mg/L, etilbenceno 700 mg/L y xilenos 500 mg/L. Por otro lado, la *Environmental Protection Agency* (2005) menciona que los valores correspondientes son 175 mg/L para benceno, 535 mg/L tolueno, 152 mg/L etilbenceno y 198 mg/L xilenos. Por lo tanto, todos los valores se encuentran por debajo de los límites permisibles.

### **HAP's**

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos o polinucleares (HAP's) son compuestos cancerígenos de alta persistencia y riesgo ambiental. Sus principales fuentes incluyen emisiones de combustión incompleta por la quema de carbón, leña o basura; incendios forestales; emisiones de automóviles y plantas generadoras de energía (González *et al.*, 2013). Los HAP's se caracterizan por su baja solubilidad y de baja a moderada volatilidad y varía su vida media de 1 semana a 2 meses para ambientes acuáticos (Kalf *et al.*, 1997). Existen numerosos estudios donde se bajas concentraciones de estos compuestos se correlaciona directamente con índices carcinogénicos.

Los valores obtenidos en el presente estudio de benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, dibenzo(a,h)antraceno y indeno (1,2,3-cd)pireno fueron menores a 0,001 mg/L, valores por debajo del límite de cuantificación analítica. En este sentido, Verbruggen (2012), en un estudio sobre los límites de riesgo ambiental para hidrocarburos aromáticos policíclicos, menciona que no observó toxicidad de estos compuestos en concentraciones de 0,157 mg/L

para benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno y indeno (1,2,3-cd)pireno y 0,016 para benzo(a)pireno y dibenzo(a,h)antraceno. Por esa razón, los valores obtenidos en el presente estudio se consideran sin problemas de toxicidad.

### ***Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)***

Un indicador clave de la calidad del agua es la demanda bioquímica de oxígeno, o el oxígeno consumido por los microorganismos en descomposición de materia orgánica en el agua. El aumento en heterótrofos es directamente al aumento de la demanda bioquímica de oxígeno y conduce a una disminución del oxígeno disuelto (Mallin, 2000).

En el presente estudio, el valor promedio de DBO<sub>5</sub> fue 5,71 mg/L, valores mínimos de 1,00 mg/L, sitio FN-09, por debajo del límite de cuantificación del equipo, y un valor máximo 14,10 mg/L (FN-24). Así, todos los valores se encontraron por debajo del límite permisible estipulado por la NOM-001-SEMARNTA-1996, el cual es de 30 mg/L para uso público urbano. (Figura VII.2.7.10).

### ***Demanda Química de Oxígeno***

La demanda química de oxígeno (DQO) se define como la cantidad de oxígeno, presente en el dicromato de potasio, que se requiere para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua. A diferencia de la DBO<sub>5</sub>, la DQO indica la cantidad de materia orgánica oxidable total y no sólo la biodegradable por los microorganismos. En este orden de ideas los resultados siempre son mayores porque "detecta" la materia orgánica proveniente de hidrocarburos, plaguicidas, colorantes u otros compuestos persistentes (Manahan, 2007).

El promedio de la demanda química de oxígeno (DQO) en el presente estudio fue de 66,86 mg/L, con un valor mínimo de 10,00 mg/L y un máximo de 448,86 mg/L (Figura VII.2.7.10). En relación a estos valores, normatividades mexicanas carecen de límites permisibles para DQO, por lo que la *Environmental Protection Agency* menciona que el límite para DQO es 40,00 mg/L.



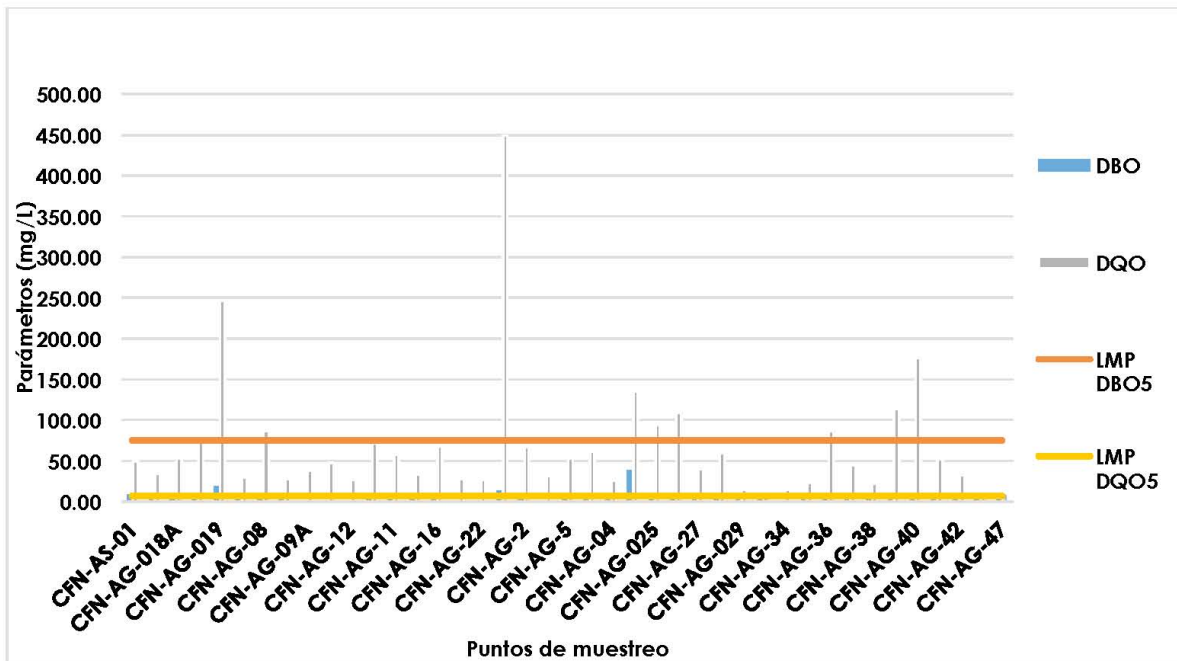


Figura VII.2.7.10. Valores de DBO<sub>5</sub> y DQO en los diferentes sitios de muestreo. La línea roja representa los valores límite máximo permisible por NOM-001-SEMARNTA-1996.

### Coliformes Fecales

La determinación de coliformes fecales es muy importante ya que se toma en cuenta como indicador de los patógenos presentes en el agua. En el presente estudio, el valor promedio de coliformes fecales fue 3235,6 NMP/100mL, con valores mínimos 0,30 NMP/100mL, y valores máximos de 24000,00 NMP/100mL, sitio FN (Figura VII.2.7.11). En relación a lo anterior, el límite máximo permisible por la Comisión Nacional del Agua (2016) de 1000 NMP de coliformes fecales por cada 100 mL. Por consiguiente, los sitios de muestreo en algunos casos lo rebasan, posiblemente por la existencia de ganado en las inmediaciones.

### Coliformes Totales (CT)

En el presente estudio el valor promedio registrado de Coliformes Totales fue 7003,2 NMP/100mL, con un valor mínimo de 90,00 NMP/100mL y un valor máximo de 110000,00 NMP/100mL (Figura VII.2.7.11). En relación a lo anterior, la NOM-127-SSA1-1994 agua para uso y consumo humano, estipula que Los organismos coliformes totales no deben ser detectables en ninguna muestra de 100 mL. Sin embargo, en todos los sitios de muestreo se obtuvieron valores positivos muy variados y teniendo algunos con concentraciones muy altas de coliformes totales, por lo que se recomienda realizar estudios futuros, en

conjunto con coliformes fecales, sobre orígenes y destinos ambientales para establecer métodos de saneamiento.

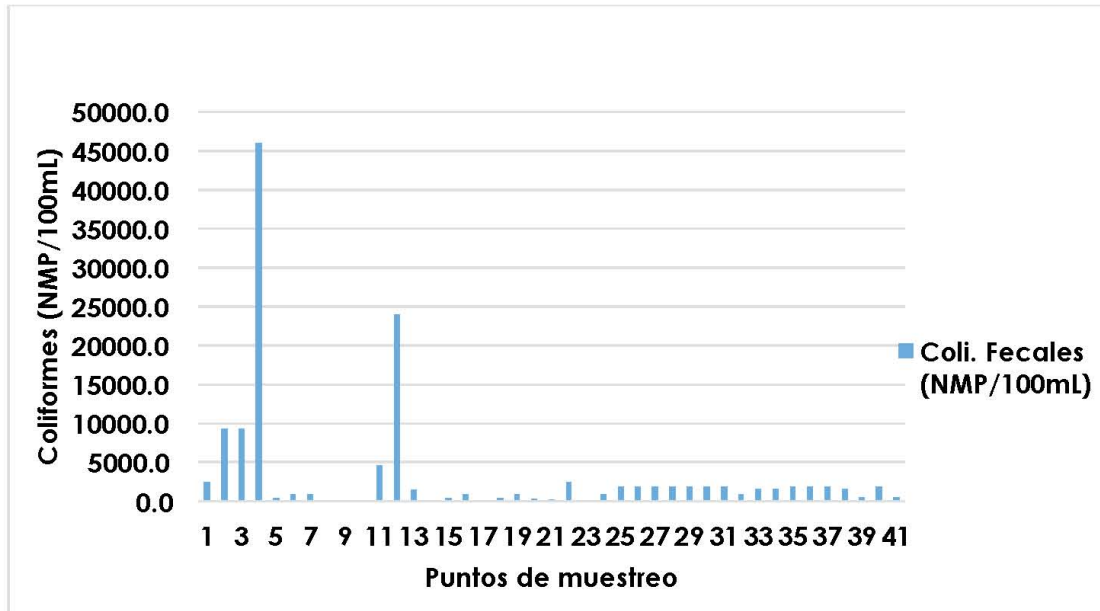


Figura VII.2.7.11. Valores de Coliformes fecales y totales en los sitios de muestreo.

### Metales Pesados

Los metales pesados constituyen a los contaminantes inorgánicos de mayor preocupación por su alta toxicidad. Esto se debido a que en concentraciones muy bajas, dañan los ecosistemas y la salud humana (Fu y Wang, 2011). Aunado a esto, una de las principales preocupaciones es que, debido a su naturaleza inorgánica, no pueden ser degradados por los microorganismos y una vez vertidos en los cuerpos de agua empiezan a interactuar con el medio acuoso y los sedimentos en función de los cambios de pH y potencial redox, presentando gran movilidad e ingresando a la cadena trófica donde además alcanzan a bioacumularse y bioconcentrarse.

Para el presente estudio se consideraron los metales pesados establecidos para su cumplimiento por la NOM-001-SEMARNAT-1996 y sobre todo que estén relacionados con las actividades petroleras como el cadmio, mercurio y plomo, ya que son agentes químicos de diferentes sustancias durante la explotación y mantenimiento, además de que es necesario considerarlos por alguna posible depositación atmosférica dada la cercanía con el área de las plataformas.

### **Bario**

En el presente estudio, el valor promedio de Bario fue 0,72 mg/L, con un valor mínimo 0,050 mg/L, el cual se encontró por debajo del límite de cuantificación analítica, y un máximo de 4,465 mg/L. El límite máximo permisible estipulado por la NOM-127-SSA1-1994, agua para uso y consumo humano es de 0,700 mg/L. Por lo tanto, la mayoría de los valores en los diferentes sitios de muestreo se encuentran por encima del promedio del límite máximo permisible de la Norma mexicana.

### **Cobalto**

El valor de cobalto en todos los sitios de muestreo fue menor a 0,020 mg/L que es el límite de cuantificación analítica, garantizando que se encuentra por debajo de cualquier normativa aplicable. Las normatividades mexicanas restan de límites máximos permisibles para cobalto, por lo tanto, el *Ministry of Environment* (2004), menciona que el límite máximo permisible para cobalto es de 0,110 mg/L. Todo lo anterior indica que todos los sitios de muestreo presentaron valores por debajo del límite máximo permisible.

### **Vanadio**

En todos los sitios de muestreo el valor para vanadio fue menor a 0,050 mg/L y se encontró por debajo del límite de detección analítica. Por lo tanto, se encuentra por debajo de cualquier normativa aplicable, En México, se carece de límites máximos permisibles para vanadio. En relación a lo anterior, la *Environmental Protection Agency* (2016) determina que el límite máximo permisible de este metal en agua es 0,021 mg/L, por lo que los valores encontrados se consideran sin riesgo para uso humano. Por otro lado, Vázquez Botello (2005), menciona que el vanadio y níquel son los elementos metálicos más abundantes en el petróleo, y en ocasiones alcanzan concentraciones cercanas a las mil partes por millón, lo cual equivale aproximadamente a 100 mg/L. Por lo que, las bajas concentraciones encontradas en este estudio no dan evidencia de derrames recientes de hidrocarburos.

### **Estaño**

Los valores en los sitios de muestreo fueron menores a 0,100 mg/L, lo cual se encontraron por debajo del límite de detección analítica, asegura que se encuentra por debajo de cualquier normatividad. En este sentido, aunque la normatividad mexicana no establece un valor máximo para este metal, la



National Environment Agency (2016) menciona que el límite máximo permisible para estaño es de 10,0 mg/L. En consecuencia, todos los puntos de muestreo obtuvieron valores por debajo de dicho estándar internacional límite permisible.

### **Cobre**

La toxicidad de este metal es atribuida principalmente al ion Cu (II), el cual forma complejos fácilmente con una gran variedad de sustancias que se hallan tanto en aguas limpias y contaminadas. Este metal también es absorbido con cierta facilidad por el material suspendido (oxidihidróxido de hierro y manganeso, los minerales arcillosos, la materia orgánica, entre otros (Páez, 2005).

En la mayoría de los sitios de muestreo del presente estudio se presentaron valores menores a 0,050 mg/L, siendo el límite de cuantificación analítica, sin embargo algunos otros puntos, mostraron valores que van desde 0,74 mg/L como mínimo hasta 0,173 mg/L como máximo, que están por debajo de cualquier normativa aplicable. En relación a lo anterior, la NOM-127-SSA1-1994, que es para uso y consumo humano, estipula que el límite máximo permisible para cobre es de 2,0 mg/L. Por lo tanto, todos los valores se encuentran por debajo del LMP.

### **Níquel**

Los valores obtenidos en el presente estudio fueron menores al límite de cuantificación analítica, 0,050 mg/L, con excepción del sitio FN-16 que arrojó un valor 0,110 mg/L, sin embargo, a pesar de ello se encuentra de bajo el rango de normativas aplicables. En relación a lo anterior, la NOM-001-SEMARNAT-1996 estipula que el límite máximo permisible para uso público urbano es de 2,00 mg/L. De manera que, todos los sitios de muestreo obtuvieron valores menores al límite permisible.

### **Zinc**

El zinc forma parte integral de ciertas enzimas como la anhidrasa carbónica, carboxipeptidasa y varias hidrogenasas. Entre los metales, al Zn se le considera de relativa baja toxicidad para los invertebrados acuáticos (Páez, 2005).

En la mayoría de los sitios de muestreo del presente estudio se presentaron valores menores a 0,050 mg/L, siendo el límite de cuantificación analítica, sin embargo algunos otros puntos, mostraron valores que van desde 0,55 mg/L como mínimo hasta 0,79 mg/L como máximo. En este sentido, el límite máximo permisible para zinc es de 5 mg/L por la NOM-001-SEMARNAT-1996 para uso y consumo humano. Por consiguiente, todos los valores se encontraron por debajo del LMP.

### **Cromo**

Las altas concentraciones de cromo en el ambiente se deben a las emisiones industriales, las descargas de efluentes industriales, los lodos de perforación, la combustión de combustibles fósiles, y la incineración de los sólidos municipales (Páez, 2005).

En la mayoría de los sitios de muestreo del presente estudio se presentaron valores menores a 0,050 mg/L, siendo el límite de cuantificación analítica, sin embargo, algunos otros puntos mostraron valores que van desde 0,056 mg/L como mínimo hasta 0,163 mg/L (Figura VII.2.7.12). El límite máximo permisible es de 0,050 mg/L estipulado por la NOM-127-SSA1-1994 agua para uso y consumo humano, por lo que este metal rebasa el LMP para este uso.

### **Plomo**

Todos los sitios de muestreo presentaron valores menores a 0,050 mg/L, siendo el límite de cuantificación analítica que se encuentra por debajo de normatividad aplicable (Figura VII.2.7.12). El límite máximo permisible es de 0,500 mg/L marcado por la NOM-001-SEMARNAT-1996 para uso público urbano.

### **Hierro**

El valor promedio de hierro en agua del presente estudio fue de 4,03 mg/L, con un valor mínimo 0,097 mg/L, y un valor máximo de 22,190 mg/L (Figura VII.2.7.12). El límite máximo permisible es de 0,30 mg/L por la NOM-127-SSA1-1994, agua para uso y consumo humano. Ante esta contaminación, considerando que es sólo un sitio de muestreo y el único metal que se encontró por arriba de la norma en materia aplicable, resulta conveniente realizar estudios posteriores enfocado a los orígenes de la contaminación, variabilidad temporal y, en su caso, medidas de mitigación.



Figura VII.2.7.12. Valores de hierro en los diferentes sitios de muestreo. La línea roja representa el límite máximo permisible por NOM-127-SSA1-1994.

### Cadmio

El cadmio es ampliamente distribuido en niveles muy bajos en el medio ambiente y se considera un metal no esencial para los humanos, plantas y animales. Aun cuando se encuentre en cantidades bajas, sus características recalcitrantes y su consiguiente persistencia en cuerpos de agua implican, que a través de procesos naturales como la biomagnificación, su concentración puede llegar a ser tóxica, reportándose desórdenes renales y relación carcinogénica en organismos superiores (Páez, 2005).

En el presente estudio, los sitios de muestreo tuvieron valores menores a 0,020 mg/L, considerado como el límite de cuantificación analítica. En relación a lo anterior, El límite permisible es de 0,200 mg/L determinado por la NOM-001-SEMARNAT-1996 para uso en riego agrícola y uso público urbano. Por lo que los resultados encontrados se consideran inofensivos.

### Mercurio

El mercurio es el único metal pesado que se encuentra en su fase líquida cuando está en su estado elemental y presenta estados de oxidación muy dependientes de sus ligandos orgánicos o inorgánicos. Esto se traduce en



que tiene una gran afinidad por los seres vivos, incorporándose a ellos su formando el metil y dimetil mercurio, compuestos altamente tóxicos y carcinogénicos, aunado a que su misma naturaleza de enlace químico lo hace bioacumulable y, a través de la cadena trófica, biomagnificable. A bajas concentraciones causa en mamíferos problemas reumatoides, del sistema nervioso y del sistema circulatorio (Páez, 2005).

En el presente estudio, los sitios de muestreo presentaron valores menores a 0,001 mg/L, los valores se encuentran poder debajo del límite de detección del equipo, garantizando que se encuentra por debajo de cualquier normatividad aplicable. La NOM-127-SSA1-1994 agua para uso y consumo humano menciona que el límite permisible es de 0,001 mg/L. Por consiguiente, en todos los sitios de muestreo se obtuvieron valores en el rango establecido por la norma.

## VII.2.8. Calidad del Sedimento

Los sedimentos son un componente importante en los ecosistemas acuáticos y en ellos pueden acumularse sustancias tóxicas mediante mecanismos complejos de adsorción físicos y químicos y dependen de la naturaleza de la matriz sedimentaria y las propiedades de los compuestos adsorbidos. Los procesos de adsorción, que involucran un intercambio dinámico entre los materiales absorbidos y el agua, están influenciados por diversos parámetros fisicoquímicos y químicos como el pH, el potencial de oxidoreducción, el oxígeno disuelto y el contenido de carbono orgánico e inorgánico (Ponce y Botello, 2005).

Algunos de los contaminantes como los metales pesados son de especial interés ya que son altamente persistentes y tóxicos teniendo la capacidad de bioacumularse en los organismos expuestos (Shi y Wang, 2004). Los sedimentos contaminados no siempre permanecen en el fondo de un cuerpo de agua. Cualquier cosa que agite el agua, tal como el dragado, puede resuspender los sedimentos. La resuspensión puede significar que los organismos acuáticos, incluyendo los bentónicos, estarán directamente expuestos a contaminantes tóxicos.

En investigaciones de Santos-Bermejo et al., (2003) y Lima-Carzola et al., (2005) se demostró la importancia de los sedimentos como indicadores de la contaminación del medio ambiente acuático debido a sus características que permiten que pueda actuar como un medio receptor de los contaminantes. La mayoría de los metales no son solubles en agua a un pH neutro o básico, pero se adsorben fácilmente a partículas, como compuestos inorgánicos o sedimentos (Villanueva y Botello, 2005). Entre los metales que se considera que representan un mayor riesgo de contaminación ambiental están el mercurio, el cadmio, el zinc, el cobre y el plomo (Páez-Osuna, 1996). La mayoría de los metales empleados en las diversas actividades industriales, agrícolas y urbanas manifiestan su presencia en los ecosistemas costeros del estado de Tabasco, sobre todo en las cercanías de los sitios de explotación, extracción y refinación del petróleo (Villanueva y Botello, 2005).

## Resultados

En las tablas VII.2.8.1 y VII.2.8.2 se muestran todos los resultados obtenidos en el muestreo para calidad del sedimento. Cabe mencionar que se utilizó como separador decimal la coma (,), para homogenizar la presentación de resultados con el laboratorio certificado, además que se apega a lo establecido por la NOM-008-SCFI -2002. Los números mayores a cuatro dígitos se escribieron sin espacio entre cifras. La interpretación de los resultados se describe a continuación.

### **Hidrocarburos**

La composición de los hidrocarburos fósiles en los sedimentos varía en función del tiempo de almacenamiento que tengan y de la composición original de donde se derivaron. Los tiempos de residencia de estos compuestos en los sedimentos puede variar de 3 a 10 años dependiendo de la velocidad de degradación de éstos, que a la vez depende de sus propiedades fisicoquímicas y biológicas (Ponce y Botello, 2005).

En el presente estudio, los sitios de muestreo obtuvieron valores de hidrocarburos de fracción ligera menores a 18,750 mg/kg base seca, el cual es el límite de cuantificación analítica, con excepción del sitio CFN\_SE\_24 con 55,433 mg/kg y CFN\_SE\_2 con 44,431 mg/kg. De igual forma la mayoría de las muestras presento para fracción media valores menores a 66,67/66,83 mg/kg, con excepción de CFN-SE-008 con 171,67 mg/kg, CFN-SE-16 con 720,17 mg/kg, CFN-SE-24 con 1534,04 mg/kg, CFN-SE-36 con 450,30 mg/kg, CFN-SE-039 con 138,88 mg/kg y CFN-SE-040 con 176,00 mg/kg. Por lo que respecta a la fracción pesada, todas las muestras presentaron valores menores a 266,00 mg/kg base seca, valor que correspondió al límite de detección analítica del laboratorio certificado.

En México no existe legislación aplicable para determinar el límite máximo permisible de hidrocarburos en sedimentos, por lo que se utilizó como referencia el criterio establecido por UNESCO (1976) para niveles de hidrocarburos de petróleo en su forma total de 70 mg/kg. Tomando en cuenta esta referencia, los resultados obtenidos en Fortuna Nacional se consideraron sin problemas de contaminación por hidrocarburos.



**Tabla VII.2.8.1. Resultados de hidrocarburos para sedimento en lo sitios de muestreo (mg/kg base seca).**

Parámetros/Sitios	HC_ligera (mg/kg)	HC_media (mg/kg)	HC_pesada (mg/kg)	Benzo(a)antraceno (mg/kg)	Benzo(a)pireno (mg/kg)	Benzo(b)fluoranteno (mg/kg)	Benzo(k)fluoranteno (mg/kg)	Dibenzo(a,h)antraceno (mg/kg)	Indeno(1,2,3-cd)pireno (mg/kg)
CFN-AS-01	18,750	66,83	266,00	0,348	0,348	0,348	0,348	0,348	0,348
CFN-SE-008	18,750	171,67	266,00	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SE_21	18,750	66,83	266,00	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SE_16	18,750	720,17	266,00	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SE_23	18,750	66,83	266,00	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SE_22	18,750	66,83	266,00	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SE_24	55,433	1534,04	266,00	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SE_2	44,431	66,83	266,00	0,434	0,505	0,505	0,652	0,133	0,133
CFN-SE-003	18,750	66,83	266,00	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SE-05	18,750	66,67	266,00	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SE-25	18,750	66,83	266,00	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SE-27	18,750	66,83	266,00	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SE-028	18,750	66,83	266,00	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SE-33	18,750	66,83	266,00	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SE-35	18,750	66,67	266,00	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SE-36	18,750	450,30	266,00	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SE-037	18,750	66,67	266,00	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SE-039	18,750	138,88	266,00	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SE-040	18,750	176,00	266,00	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SE-041	18,750	66,67	266,00	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SE-042	18,750	66,67	266,00	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133

**Tabla VII.2.8.2. Resultados de Metales Pesados para calidad del sedimento en lo sitios de muestreo (mg/kg base seca).**

Parámetros/Sitios	Vanadio	Plata	Hierro	Bario	Molibdeno	Selenio	Manganeso	Cadmio	Cobre	Cromo	Níquel	Plomo	Zinc	Litio	Estaño	Mercurio	Oxígeno Disuelto (mg/l)	Potencial Redox (Eh(mV))
CFN-AS-01	27,30	1,00	25698,95	6455,50	2,50	5,00	145,89	1,00	19,27	126,41	109,35	69,03	110,21	16,18	5,00	1,888	1,07	129,80
CFN-SE-008	28,46	1,00	32995,59	7544,05	2,50	5,00	708,81	1,00	13,85	163,92	135,51	44,03	52,44	17,16	5,00	1,023	2,15	149,00
CFN SE 21	11,96	1,00	10664,11	348,16	2,50	5,00	142,09	1,00	5,31	44,02	51,41	6,64	15,54	5,61	5,00	0,083	5,32	127,70
CFN SE 16	32,91	1,00	33799,31	4761,25	2,50	5,00	431,83	1,00	27,82	147,44	221,87	38,30	116,19	19,79	5,00	0,083	1,22	138,40
CFN SE 23	74,91	1,00	110232,56	313,33	2,50	5,00	645,81	1,00	32,79	284,19	355,97	36,36	105,04	40,78	5,00	0,083	0,07	144,10
CFN SE 22	45,03	1,00	46290,32	127,72	2,50	5,00	98,63	1,00	13,52	196,16	151,02	14,93	35,75	19,60	5,00	0,083	4,42	154,20
CFN SE 24	38,40	1,00	35047,85	1295,93	2,50	5,00	559,57	1,00	18,13	178,33	209,62	15,45	58,42	22,85	5,00	0,083	5,21	132,10
CFN SE 2	32,94	1,00	28222,75	2824,64	2,50	5,00	492,65	1,00	17,16	154,86	175,43	13,82	51,11	21,64	5,00	0,083	2,66	129,60
CFN-SE-003	140,36	1,00	127727,27	38818,18	2,50	5,00	3653,64	1,00	72,36	511,36	495,18	101,55	237,55	154,55	5,00	0,083	5,25	264,00
CFN-SE-05	13,57	1,00	12719,30	16611,11	2,50	5,00	179,39	1,00	13,33	54,39	51,64	65,53	143,27	7,03	5,00	10,624	0,51	152,70
CFN-SE-25	34,00	1,00	30234,27	125,00	2,50	5,00	250,31	1,00	87,34	104,65	137,03	16,92	65,73	16,26	5,00	0,083	4,31	239,80
CFN-SE-27	22,45	1,00	19093,36	137,55	2,50	5,00	172,63	1,00	35,08	84,75	122,41	17,39	104,25	12,56	5,00	0,083	4,77	343,90
CFN-SE-028	44,07	1,00	35580,81	171,29	2,50	5,00	319,44	1,00	31,82	152,12	118,38	13,614	73,23	21,97	5,00	0,083	4,17	293,60
CFN-SE-33	16,95	1,00	20056,84	176,55	2,50	5,00	322,95	1,00	15,280	72,11	86,99	16,194	33,33	10,40	5,00	0,083	1,345	243,10
CFN-SE-35	26,10	1,00	31714,29	544,57	2,50	5,00	263,81	1,00	17,625	121,35	142,99	13,03	51,16	21,43	5,00	0,083	4,38	232,10
CFN-SE-36	18,52	5,74	12616,76	8935,83	2,50	5,00	83,03	1,00	34,510	74,72	50,77	146,01	119,32	8,66	5,00	4,566	4,92	518,10
CFN-SE-037	8,894	1,00	4893,72	340,10	2,50	5,00	17,86	1,00	8,267	36,33	26,41	4,41	13,594	1,00	5,00	0,083	5,05	296,30
CFN-SE-039	29,59	1,00	35055,76	1255,95	2,50	5,00	338,85	1,00	22,06	112,12	138,36	23,94	81,73	14,41	5,00	0,083	0,37	290,30
CFN-SE-040	19,93	3,42	22312,50	9366,67	2,50	5,00	371,46	3,46	43,6	72,6	111,88	106,69	584,79	9,71	5,00	0,083	4,43	215,10
CFN-SE-041	15,37	1,00	15163,58	130,37	2,50	5,00	120,28	1,00	12,33	41,51	45,40	6,770	23,09	6,315	5,00	0,083	4,74	180,50
CFN-SE-042	21,15	1,00	20776,4	1264,91	2,50	5,00	236,49	1,00	14,05	63,25	61,77	14,146	38,84	7,376	5,00	0,083	4,25	227,90

## **HAP's**

Los contaminantes orgánicos hidrofóbicos como los HAPs, que ingresan a la zona costera, se asocian con partículas y coloides en la columna de agua, flocculan y sedimentan hacia la interfase agua-sedimentos (Means et al., 1980). Actualmente se asume que los HAPs son principalmente pirolíticos y que en el medio costero y marino provienen de fuentes antropogénicas como descargas urbanas, vertimientos accidentales de los buques-tanque, de la plataformas y pozos petroleros (Ponce y Botello, 2005). Verrhiest et al. (2001) mencionan que los sedimentos pueden actuar como una fuente de contaminantes para el ambiente acuático y principalmente los HAPs se encuentran entre estos contaminantes.

Los valores obtenidos en el presente estudio de benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, dibenzo(a,h)antraceno y indeno (1,2,3-cd)pireno fueron menores a 0,133 mg/kg base seca, los cuales estuvieron por debajo del límite de cuantificación analítica; con excepción del sitio CFN-AS-01 con valores de 0,348 mg/kg para todos los tipos de HAP's, y el sitio CFN\_SE\_2 con valores para benzo(a)antraceno de 0,434, benzo(a)pireno con 0,505, benzo(b)fluoranteno de 0,505 y benzo(k)fluoranteno con 0,652, mg/kg. Debido a que normas mexicanas carecen de límites permisibles de HAPs en sedimentos, la única referencia que puede hacerse sobre los niveles de contaminación son los datos reportados en la literatura científica. En este sentido, Ponce y Botello (2005), mencionan como calidad sedimentaria para el grupo de HAPs un intervalo entre 4 y 44 mg/kg. Esto basado en los cálculos de Long et al. (1995) a partir investigaciones sobre la toxicidad intrínseca de los sedimentos hacia diversas especies bentónicas. Por lo tanto, los valores obtenidos de HAPs se encuentran por debajo de este límite y no representan un peligro para la biota.

## ***Materia orgánica y Carbono orgánico***

El porcentaje de materia orgánica en los sitios de muestreo fueron menores a 4,00%, el cual representa el límite de cuantificación analítica, con excepción de los sitios CFN-AS-01 con 5,73%, CFN-SE-05 con 6,19%, CFN-SE-



27 6,48%, CFN-SE-36 con 5,66% y CFN-SE-040 con 7,58%. Asimismo, los porcentajes de carbón orgánico presentaron valores menores a 2,32 %, siendo el límite de cuantificación analítica, con excepción de los sitios CFN-AS-01, CFN-SE-05, CFN-SE-27, CFN-SE-36, CFN-SE-040 con valores de 3,32%, 3,59%, 3,76%, 3,28%, 4,40%, respectivamente.

La normatividad mexicana carece de límites máximos permisibles para materia orgánica. Desde el punto de vista ambiental, puede mencionarse que el contenido de materia orgánica se relaciona con las características del sedimento, donde los valores bajos de materia orgánica se relacionan con sedimentos no limosos. En la tabla VII.2.8.3 se muestran todos los resultados obtenidos de materia orgánica y carbón orgánico para calidad del sedimento.

**Tabla VII.2.8.3. Resultados de Materia orgánica y Carbón orgánico para sedimento en lo sitios de muestreo.**

Parámetros/Sitios	Materia Orgánica (%)	Carbón orgánico (%)
CFN-AS-01	5,73	3,32
CFN-SE-008	4,00	2,32
CFN_SE_21	4,00	2,32
CFN_SE_16	4,00	2,32
CFN_SE_23	4,00	2,32
CFN_SE_22	4,00	2,32
CFN_SE_24	4,00	2,32
CFN_SE_2	4,00	2,32
CFN-SE-003	4,00	2,32
CFN-SE-05	6,19	3,59
CFN-SE-25	4,00	2,32
CFN-SE-27	6,48	3,76
CFN-SE-028	4,00	2,32
CFN-SE-33	4,00	2,32
CFN-SE-35	4,00	2,32
CFN-SE-36	5,66	3,28
CFN-SE-037	4,00	2,32
CFN-SE-039	4,00	2,32
CFN-SE-040	7,58	4,40
CFN-SE-041	4,00	2,32
CFN-SE-042	4,00	2,32

## Metales Pesados

### Plata

En los sitios de muestreo el valor para plata fue menor a 1,00 mg/kg base seca, siendo dicho valor el límite de detección analítico detectable por el equipo, con excepción del sitio CFN-SE-36 con 5,74 mg/kg y CFN-SE-040 con 3,42 mg/kg base seca. En México no existe norma que establezca el límite máximo permisible en sedimento para plata. Por lo tanto, la mayoría de los sitios presentaron el límite de cuantificación, garantizan que se carece de contaminación.

### Hierro

El promedio de los sitios de muestreo fue de 33852,20 mg/kg base seca. El valor mínimo fue en el CFN-SE-037 con 4893,72 mg/kg base seca, y el máximo en CFN-SE-003 con un valor de 127727,27 mg/kg base seca (Figura VII.2.8.1). Cabe mencionar, se carece de normativa que regule el límite máximo permisible acerca de este metal, pero los altos valores pueden relacionarse con las características geológicas de la zona.

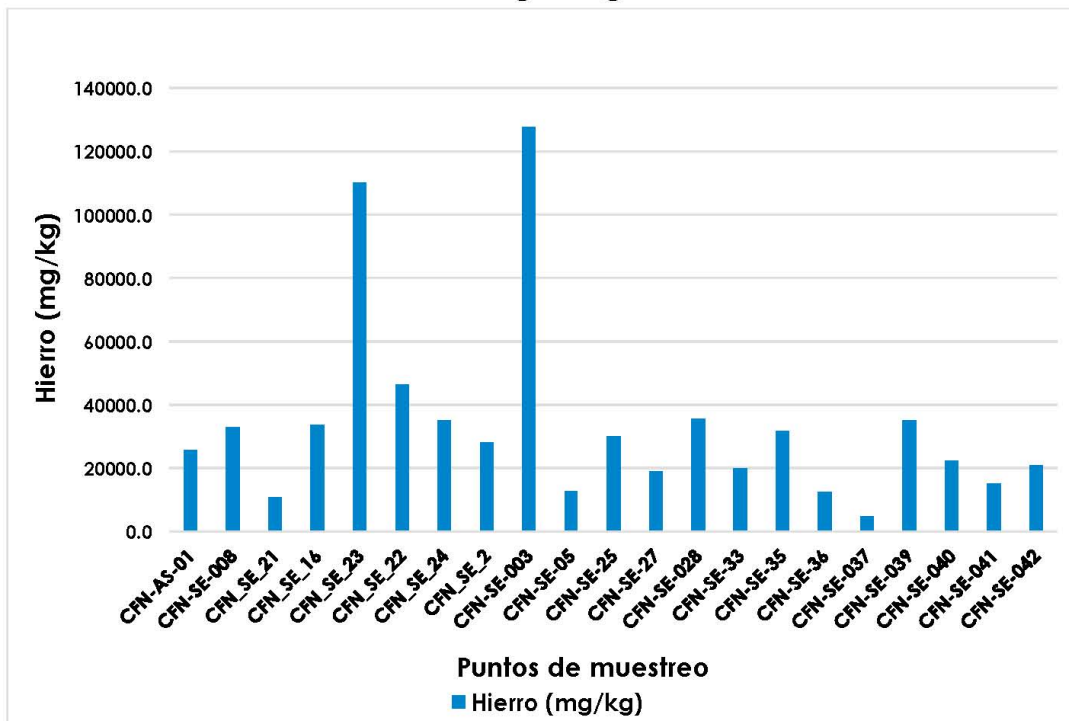


Figura VII.2.8.1. Valores de hierro en los sitios de muestreo.

### Bario

Los compuestos de bario son usados por las industrias de gas y petróleo para fabricar lodos de perforación, facilitándolo a través de rocas manteniendo lubricada a la barrena (ATSDR, 2007). El promedio registrado en los sitios de muestreo fue de 4835,65 mg/kg base seca. El valor mínimo fue de 125,00 mg/kg base seca en CFN-SE-25 y el valor máximo fue de 38818,18 mg/kg base seca en CFN-SE-003 (Figura VII.2.8.2). Al igual que con los demás metales, se carece de límite permisible en normativas aplicables.

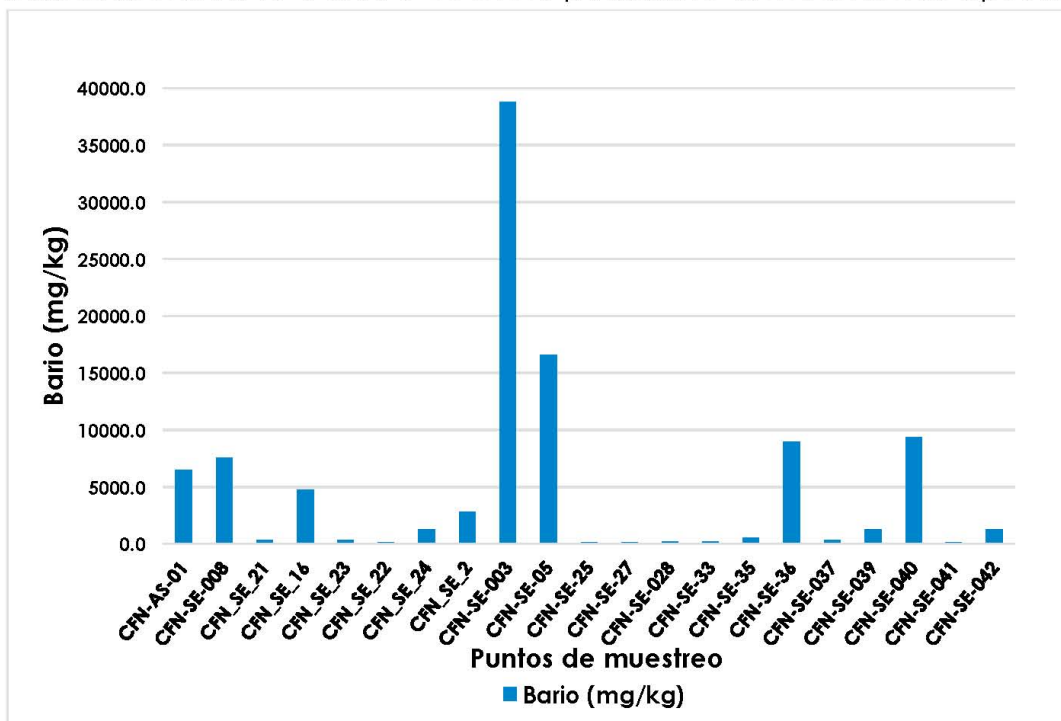


Figura VII.2.8.2. Valores de bario en los sitios de muestreo.

### Vanadio

El vanadio es uno de los elemento metálico más abundantes en el petróleo y en ocasiones alcanzan concentraciones a las mil partes por millón, pueden estar presentes ya sea como metales libres o bien formando complejos en los núcleo de las porfirinas (Clark y Brown, 1977). El promedio espacial de vanadio fue de 33,47 mg/kg base seca. El valor mínimo se registró en CFN-SE-37 con 8,894 mg/kg base seca y el valor máximo registrado fue de 140,36 mg/kg base seca en CFN-SE-003 (Figura VII.2.8.3). México carece de límites máximos permisibles para vanadio. Sin embargo,



Villanueva y Botello (2005), mencionan en un estudio que la concentración de vanadio fue de 192,05 mg/kg. Así pues, los resultados obtenidos se encuentran en valores normales de vanadio para sedimentos.

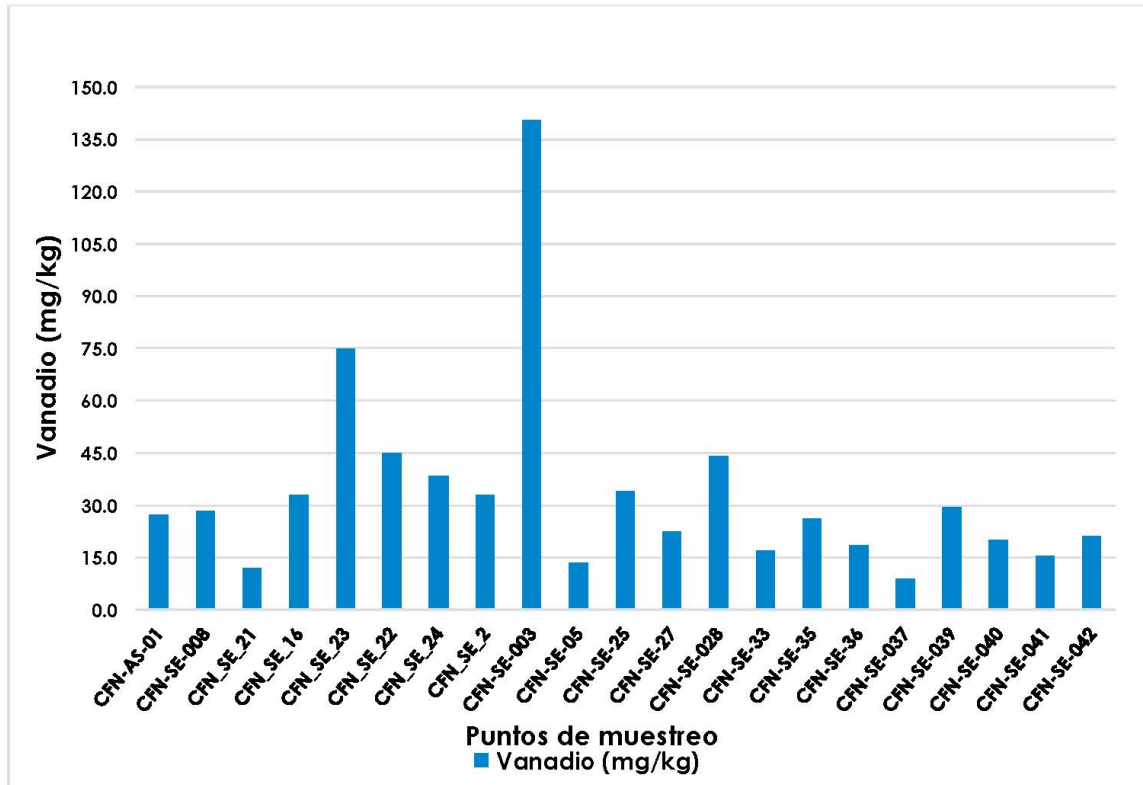


Figura VII.2.8.3. Valores de vanadio en los sitios de muestreo.

### Molibdeno

Los valores obtenidos en los sitios de muestreo fueron menores al límite de cuantificación analítica, 2,50 mg/kg base seca. Por lo tanto, se encontraron por debajo del rango de normativas aplicables en todos los sitios de muestreo.

### Selenio

En los sitios de muestreo los valores obtenidos fueron menores a 5,00 mg/kg base seca, dicho valor fue el límite de cuantificación analítica, garantizando se encontraron por debajo de cualquier normativa aplicable.

### Manganeso

El promedio de los sitios de muestreo fue de 455,02 mg/kg base. El valor mínimo fue de 17,86 mg/kg base seca en CFN-SE-037 y el valor máximo fue de 3653,64 mg/kg base seca en CFN-SE-003 (Figura VII.2.8.4). EPOMEX (2011) mencionan que los valores máximos en sedimentos lagunares para manganeso son de 185,162 mg/kg. Por consiguiente, el sitio CFN-SE-003 presentó valores altos de manganeso. Sin embargo, no existe normatividad que establezca máximos permisibles para este metal.

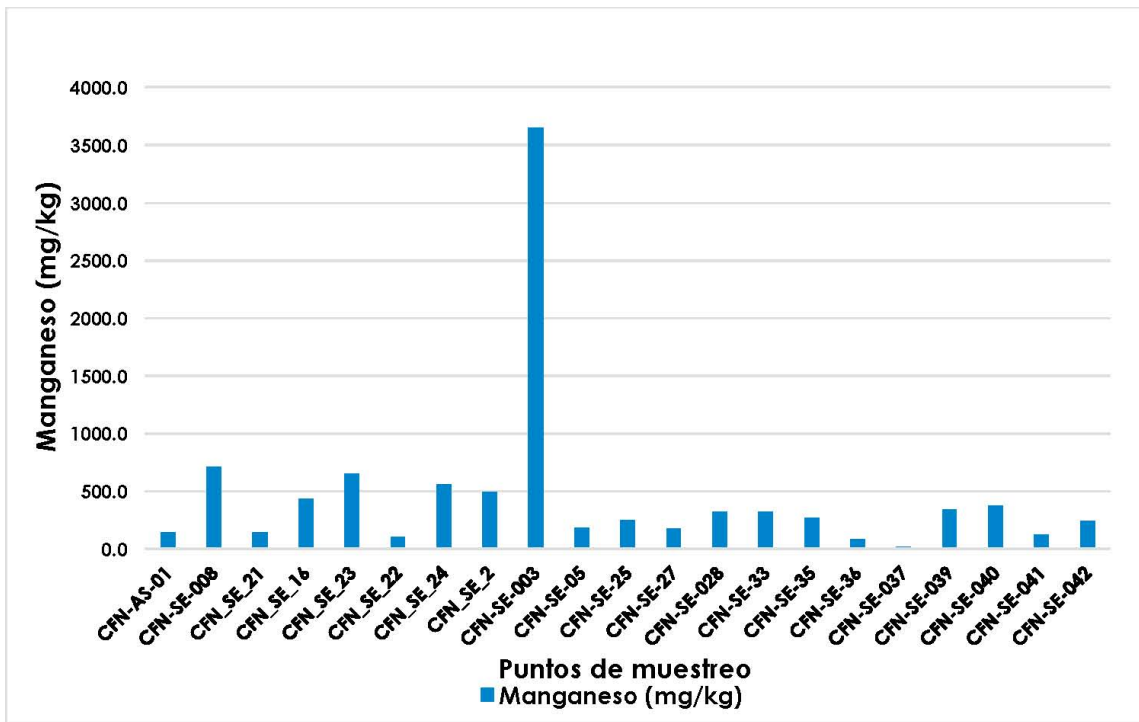


Figura VII.2.8.4. Valores de manganeso en la laguna de las Flores.

### Cadmio

El cadmio es distribuido a niveles muy bajos en el medio ambiente. Es considerado un metal no esencial para los humanos, plantas y animales por su alta toxicidad (Páez-Osuna, 2005). Los valores obtenidos en el presente estudio fueron menores a 1,00 mg/kg base seca, valor por debajo del límite de detección analítica, con excepción del sitio CFN-SE-040 con valor 3,46 mg/kg base seca. Las Normas mexicanas carecen de límites máximos permisibles para este metal. Guzmán et al. (2005), menciona la concentración promedio de cadmio en sedimento en un estudio en la

laguna de Términos fue de  $1,39 \pm 0,35$  mg/kg. Además, Siebe *et al.* (2005), realizaron un estudio de concentraciones de cadmio en campo petrolero ubicado en Tabasco, donde reportaron un rango de concentración entre 1,30-5,18 mg/kg. Por consiguiente, los valores obtenidos de cadmio en el presente estudio fueron menores comparados con estudios similares, encontrándose en un rango normal.

### **Cromo**

Las altas concentraciones de cromo en el ambiente se deben a las emisiones industriales, las descargas de efluentes industriales, los lodos de perforación, la combustión de combustibles fósiles, y la incineración de los sólidos municipales (Páez-Osuna, 2005). El valor promedio en el presente estudio fue 133,17 mg/kg, el mínimo valor registrado fue en CFN-SE-037 de 36,33 mg/kg y el máximo fue de 511,36 mg/kg base seca en CFN-SE-003 (Figura VII.2.8.5). Las normas mexicanas carecen de límites máximos de cromo en sedimento. Sin embargo, la NOM-004-SEMARNAT-2002, protección ambiental para lodos y biosólidos determina que el valor excelente es de 1200 mg/kg base seca y bueno de 3000 mg/kg base seca. Páez-Osuna *et al.* (1986) mencionan en un estudio para sedimento el valor máximo registrado de cromo fue de 140,70 mg/kg base seca. Así pues, los valores obtenidos en el muestreo para cromo en sedimento se encontraron por debajo de normas de protección y corresponden a los de otros estudios.

### **Níquel**

El níquel se relaciona con la industria del petróleo, particularmente con los efluentes provenientes de los procesos de refinación de crudos (Villanueva y Botello, 2005). El valor promedio en el presente estudio fue de 142,83 mg/kg, con un valor mínimo de 26,41 mg/kg en el CFN-SE-037 y un valor máximo de 495,18 mg/kg en CFN-SE-003 (Figura VII.2.8.5). La NOM-004-SEMARNAT-2002, protección ambiental, lodos y biosólidos, menciona que el límite máximo permisible para níquel en la categorías de excelente y bueno es de 420 mg/kg. Por otro lado Guzmán *et al.* (2005), mencionan en un estudio realizado que el valor máximo para níquel fue de 72,26 mg/kg. Así, el valor promedio registrado se encontró por debajo de las especificaciones de níquel y por arriba de otros estudios.



## Zinc

El valor promedio en los sitios de muestreo fue 100,69 mg/kg. El valor mínimo fue en CFN\_SE\_21 con un valor de 15,54 mg/kg y un valor máximo de 584,79 mg/kg en CFN-SE-040 (Figura VII.2.8.5). La NOM-004-SEMARNAT-2002, biosólidos y lodos determinan que los valores de límites máximos permisibles para la categoría de excelente es de 2800 mg/kg base seca y 7500 mg/kg base seca. Por lo tanto, los sitios de muestreo para zinc en sedimento se encontraron por debajo de normas de protección ambiental.

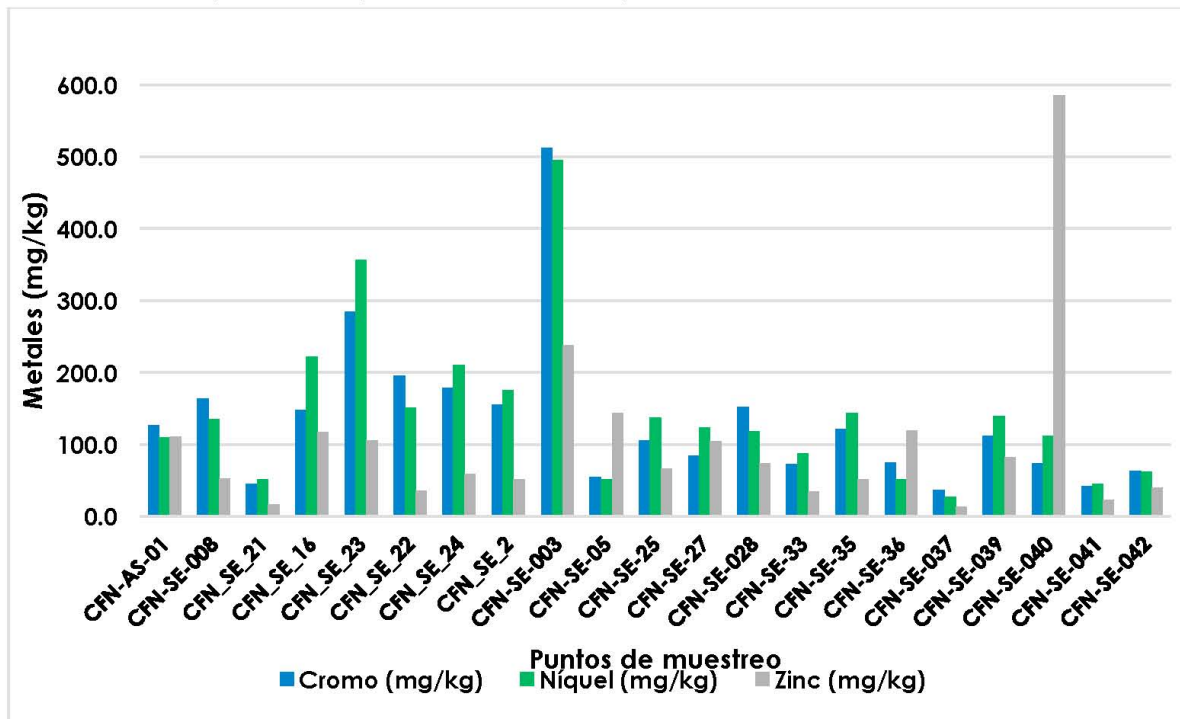


Figura VII.2.8.5. Valores de cromo, níquel y zinc en los sitios de muestreo.

## Cobre

El cobre es un metal esencial para organismos vivos en cantidades pequeñas, pero tóxico en concentraciones altas (Flemming y Trevors, 1989). El valor promedio fue de 26,45 mg/kg, el valor mínimo fue de 5,31 mg/kg en CFN\_SE\_21, y un valor máximo 87,34 de CFN-SE-25 (Figura VII.2.8.6). En la actualidad, no existe norma mexicana que estipule el límite máximo permisible, sin embargo, la NOM-004-SEMARNAT-2002 para biosólidos determina la clasificación de excelente con un valor de 1500 mg/kg base seca y buenos 4300 mg/kg base seca. Por consiguiente, a pesar que se carece de normativa para límite permisible de cobre en

sedimentos, los valores obtenidos en los sitios de muestreo presentaron valores por debajo de la norma para biosólidos.

### **Plomo**

El valor promedio fue de 37,37 mg/kg base seca, el valor mínimo fue de 4,41 mg/kg base seca en CFN-SE-037, y un valor máximo de 146,01 en CFN-SE-36 (Figura VII.2.8.6). La NOM-004-SEMARNAT-2002, protección ambiental para biosólidos y lodos, en la categoría de excelentes es de 300 mg/kg y en la categoría buenos es de 840 mg/kg. En México no existe norma que establezca el límite máximo permisible en sedimento para plomo; por lo tanto, los resultados de este estudio se compararon con la guía provisional de calidad del sedimento de ELAW (por sus siglas en inglés Environmental Law Alliance Worldwide), que representa la concentración por debajo de la cual no se espera que ocurran efectos biológicos adversos, menciona que el valor para plomo debe ser menor 30,4 mg/kg. Por consiguiente, las muestras de sedimento del presente estudio se encontraron por debajo de dichas normas.

### **Litio**

El valor promedio fue de 21,68 mg/kg base seca, con un valor mínimo de 1,00 mg/kg base seca en CFN-SE-037 y un valor máximo de 154,55 mg/kg base seca en CFN-SE-003 (Figura VII.2.8.6).

### **Estaño**

En todos los sitios de muestreo se registraron valores por debajo del límite de cuantificación analítica, 5,00 mg/kg base seca, lo que representa la ausencia de riesgo en cuanto este metal en sedimento.

### **Mercurio**

Se obtuvieron valores menores a 0,083 mg/kg base seca en los sitios de muestreo, siendo el valor límite de detección de cuantificación analítica, con excepción de los sitios CFN-AS-01, CFN-SE-008, CFN-SE-05 y CFN-SE-36 con valores de 1,888, 1,023, 10,624 y 4,566 mg/kg base seca, respectivamente. La NOM-004-SEMARNAT-2002 clasifica en excelentes con valor de 17 mg/kg base seca y bueno con 57 mg/kg base seca. Por lo

tanto se considera que los sedientos muestreados en el presente estudio no representan un problema de contaminación.

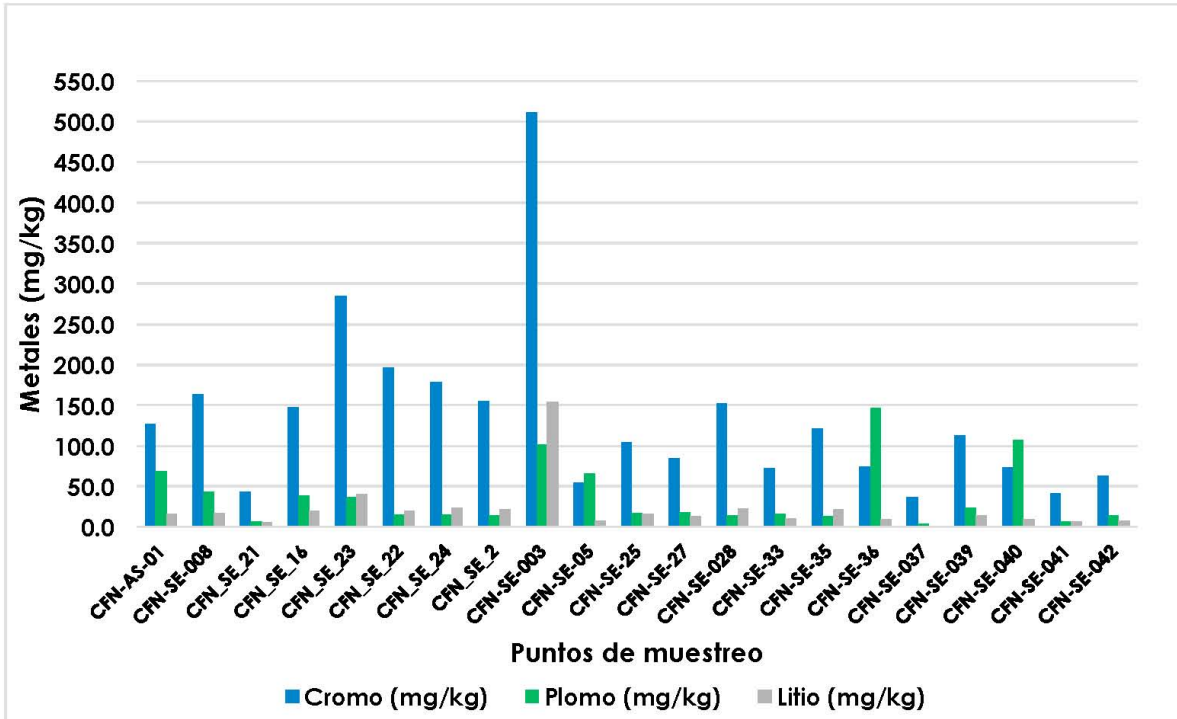


Figura VII.2.8.6. Valores de cobre, plomo y litio en los sitios de muestreo.

### Oxígeno Disuelto

En un estudio realizado por Atkinson *et al.* (2007), mencionan que la liberación de metales, de sedimentos contaminados con metales fue influenciada por la química redox de hierro y manganeso, donde la liberaciones mayor en aguas superficiales ocurrieron a pH bajo (5,5) y oxígeno disuelto (3 mg/L). El promedio de los sitios de muestreo fue 3,36 mg/L, con un valor mínimo de 0,07 mg/L en CFN\_SE\_23 y un valor máximo de 5,32 mg/L en CFN\_SE\_21.

### Potencial Redox

El potencial redox afecta el estado de oxidación de los metales; la disponibilidad y la movilización de ciertos metales como el manganeso. Cuando se alteran las condiciones redox se puede provocar un incremento en las concentraciones de metales y así por procesos de



difusión, compactación y bioturbación afectar la concentración de los mismos en las aguas sobreyacentes (Páez-Osuna, F., 2005). El promedio de los sitios de muestreo fue 219,15 Eh(mV), con un valor mínimo de 129,6 en CFN\_SE\_21, y un valor máximo de 518,1 en CFN-SE-36.

### Textura

La textura es un parámetro de caracterización física que sirve para interpretar otros resultados como la presencia de contaminantes y diversidad de especies. En la tabla VII.2.8.4 se muestra la composición de arenas, arcillas y limos de los sitios de muestreo. Puede observarse que los sitios CFN\_SE\_2, CFN-SE-003, y CFN-SE-05 son los que presentaron mayor contenido de limos y en general exhibieron mayor contenido de metales, lo cual puede referirse a la afinidad que presentan estos compuestos inorgánicos con la materia orgánica (Manahan, 2007).

**Tabla VII.2.8.4. Parámetros de textura en los diferentes sitios de muestreo.**

Parámetros/Sitios	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Textura
CFN-AS-01	36,20	13,80	50,00	Franco Limosa
CFN-SE-008	31,48	18,52	50,00	Franco Limosa
CFN_SE_21	57,48	22,52	20	Franco Arcillosa Arenoso
CFN_SE_16	27,48	42,52	30,00	Arcilla
CFN_SE_23	37,48	38,52	24,00	Franco Arcillosa
CFN_SE_22	29,48	44,52	26,00	Arcilla
CFN_SE_24	37,48	22,52	40,00	Franco
CFN_SE_2	43,48	2,52	54,00	Franco Limosa
CFN-SE-003	47,48	2,52	50,00	Franco Limosa
CFN-SE-05	29,48	4,52	66,00	Franco Limosa
CFN-SE-25	40,92	17,08	42,00	Franco
CFN-SE-27	38,92	11,08	50,00	Franco Limosa
CFN-SE-028	32,92	25,08	42,00	Franco
CFN-SE-33	36,92	13,08	50,00	Franco
CFN-SE-35	28,92	31,08	40,00	Franco Arcillosa
CFN-SE-36	74,92	3,08	22,00	Arenosa Franco
CFN-SE-037	88,92	1,08	10,00	Arenoso
CFN-SE-039	30,92	19,08	50,00	Franco Limosa
CFN-SE-040	50,92	3,08	46,00	Franco Arenosa
CFN-SE-041	38,92	13,08	48,00	Franco
CFN-SE-042	54,92	11,08	34,00	Franco Arenosa

## VII.2.9 Caracterización del Suelo

### VII.2.9.1 RECONSTRUCCIÓN HISTÓRICA

La investigación histórica forma parte de los temas de caracterización del suelo y del formato 2 de la guía de la ASEA para la descripción de los pasivos ambientales. Representa toda la documentación disponible sobre el manejo ambiental que ha tenido el campo hasta el día de su transferencia a la empresa Fortuna Nacional. Es por lo tanto, uno de los temas fundamentales para orientar las actividades en campo y la identificación de daños preexistentes.

La investigación documental se realizó a partir de los reportes oficiales y entrevistas sobre derrames o accidentes dentro del campo que pudieran haber ocasionado la contaminación de suelo, subsuelo y mantos acuíferos. En la tabla VII.2.9.1.1 se observan las solicitudes proporcionadas por la ASEA, CONAGUA y PROFEPA. La información consultada fue la siguiente:

- Base de datos proporcionada por la CNH.
- ASEA. Emergencias y accidentes ocurridos, daños y pasivos ambientales y sus procedimientos.
- CONAGUA. Denuncias de contaminación e inventario de descargas.
- PROFEPA. Denuncias de derrames o accidentes, la cual se investigó de manera independiente a la proporcionada por CNH.
- Entrevistas a Informantes Clave.

De esta manera, la recopilación histórica forma parte integral de la identificación de infraestructura petrolera y no petrolera que pretende determinar todas las fuentes de contaminación e impacto ambiental del sitio. Asimismo, constituyó la base para determinar el uso de métodos indirectos (Petroflag y Georadar) y directos (Laboratorio Certificado), para evaluar daños ambientales. Por tal motivo dicha información fue levantada e integrada sistemáticamente siguiendo un árbol de decisiones (Figura VII.2.9.1.1), permitiendo el cubrimiento total del Área de Concesión.

**Tabla VII.2.9.1.1. Oficios proporcionados por la ASEA, CONAGUA y PROFEPA. Los documentos pueden ser consultados en el Anexo 1 del presente Informe.**

SOLICITUDES PERSEUS			
DEPENDENCIA	CAMPO	SOLICITUD NO.	ESTATUS
ASEA	Fortuna Nacional	1621100032716	<p>Se emitió la resolución No. 158/2016, en la que se indica que la ASEA no es competente para conocer los asuntos referidos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Emergencias y accidentes ocurridos</li> <li>• Daños o pasivos ambientales y sus procedimientos administrativos</li> <li>• Procedimientos abiertos, concluidos o pendientes por resolver.</li> </ul> <p>En lo que se refiere a Derrames de algún tipo de material, sustancia o residuos peligrosos, se indica que después de realizar una búsqueda exhaustiva en los archivos electrónicos y físicos de esa Agencia no se localizó información consistente en el registro de información histórica documental del Campo.</p> <p>En lo que se refiere a quejas o denuncias por laguna emergencia, derrame o accidente se indica que la Unidad de Administración Jurídica (UAJ), adscrita a esa agencia, efectuó una búsqueda en la base de datos con la que cuenta la Dirección General de lo Contencioso en materia de Denuncias Populares, incluyendo aquellas que fueron transferidas por la PROFEPA, se desprende la existencia de 91 denuncias populares en el Estado de Tabasco, exhibiendo el listado de expedientes de las mismas. Siendo que dicha información es inexistente.</p>
CONAGUA	Fortuna Nacional	1610100200016	<p>Mediante la respuesta a la solicitud de acceso a la información de fecha del 15 de septiembre de 2016, se menciona que, si bien no se precisa el polígono del Campo, esa Comisión efectuó una búsqueda minuciosa y exhaustiva en los archivos y documentos con los que cuenta la Dirección Local Tabasco de la CONAGUA, detallándose los siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Derrames de algún tipo de material, sustancia o residuos peligrosos.</b> - No obra avisos, denuncias de los años solicitados.</li> <li>• <b>Emergencias y accidentes ocurridos.</b> - No obran registros de emergencias y/o accidentes dentro del campo en los años solicitadas.</li> <li>• <b>Daños o pasivos ambientales, así como sus procedimientos administrativos.</b> - La Dirección Local de Tabasco no determina daños o pasivos ambientales a suelo o subsuelo, por lo que se sugiere turnar la solicitud a la PROFEPA ahora ASEA.</li> <li>• <b>Quejas o denuncias ciudadanas por laguna emergencia.</b> - No obra en sus archivos y documentos quejas o denuncias ciudadanas en el</li> </ul>



			<p>Campo, en los años solicitados.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Procedimientos concluidos, abiertos o pendientes por resolver.</b> - Se indica que no existe procedimiento administrativo por arrojar o depositar sustancias tóxicas o contaminantes a suelo o subsuelo instaurado a PEMEX en el Campo, o en sus alrededores.</li> </ul> <p>Por otra parte, se indica que se localizó información correspondiente a un evento ocurrido en el año 2011 al 2016 en el Municipio de Macuspana, Tabasco, del cual se proporciona información descriptiva al respecto. Siendo que, en resumen, se encontró presencia de hidrocarburo en la laguna el Limón (Ubicada en el Rancho Vernet, cercano a la Localidad Cd. PEMEX), así como personal de una empresa contratista realizando labores de limpieza y/o recuperación de maleza impregnada por hidrocarburo, siendo que personal de la Subdirección de Administración del Agua procedió a realizar acta de vista y abriendo el expediente administrativo No. VI-PNI-2012-XI-080, el cual se localizó en la Dirección Local de manera física.</p>
PROFEPA	Fortuna Nacional	1613100068216	Solicitud desecheda, debido a que se solicitó se aclare, corrija o detalle la información de la ésta, por lo que se sugiere acudir ante la ASEA para allegarse a información en materia.

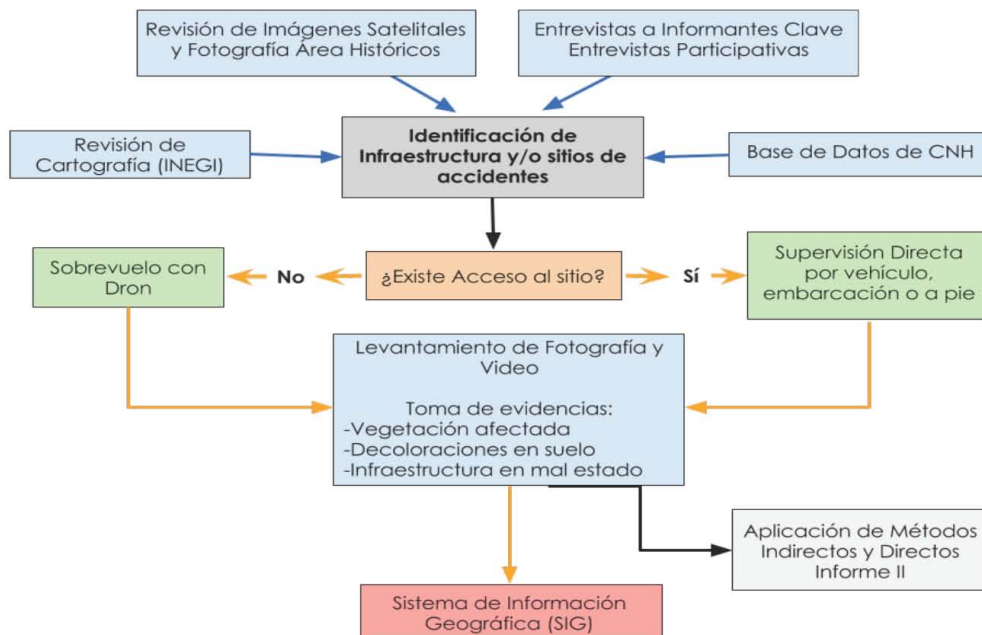


Figura VII.2.9.1.1. Árbol de decisiones para recorridos y evidencias de campo levantadas.

A partir de estas fuentes se integró la información referente a la ubicación, descripción y uso actual del sitio contaminado, incluyendo los cuerpos de agua que existan en el lugar y si las autoridades fueron advertidas de algún daño a los mismos.

De igual forma se trató de determinar el tipo de contaminante, la cantidad aproximada de liberación, así como el área y volumen de suelo dañado. Toda la información espacial esta siendo integrada en un Sistema de Información Geográfica (SIG), cuyos alcances se describirán en el informe parcial II.

## **Resultados**

### **1. Base de datos Proporcionados por la CNH**

#### **1.1 CNH/PEMEX.**

La documentación de PEMEX proporcionada por la CNH fue clasificada en los apartados de Seguridad Operativa, Seguridad Industrial y Antecedentes históricos, cuyo contenido se sintetiza a continuación.

#### **Seguridad operativa**

- Se indica que no existen auditorías del sistema de gestión.
- No existen registro al respecto de las auditorias específicas de seguridad.

#### **Seguridad Industrial**

- No se muestran permisos emitidos por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), en materia de recipientes sujetos a presión.
- No se presenta evidencia de cumplimiento al resto de las normas STPS (estudio de determinación de riesgo de incendio, realización de simulacros, formación de brigadas, evidencias de capacitación, etc.)
- Se indica que no se tiene registros de auditorías e inspecciones específicas de seguridad.
- Se indica que no se tiene registro de procedimientos administrativos instaurados y abiertos (visitas de inspección, multas, etc.).

## 1.2 ASEA

Se emitió la resolución No. 158/2016, en la que se indica que la ASEA no es competente para conocer los asuntos referidos:

- Emergencias y accidentes ocurridos.
- Daños o pasivos ambientales y sus procedimientos administrativos.
- Procedimientos abiertos, concluidos o pendientes por resolver.

En lo que se refiere a Derrames de algún tipo de material, sustancia o residuos peligrosos, se indica que después de realizar una búsqueda exhaustiva en los archivos electrónicos y físicos de esa Agencia no se localizó información consistente en el registro de información histórica documental del Campo.

En materia de quejas o denuncias por alguna emergencia, derrame o accidente se indica que la Unidad de Administración Jurídica (UAJ), adscrita a esa agencia, efectuó una búsqueda en la base de datos con la que cuenta la Dirección General de lo Contencioso en materia de Denuncias Populares, incluyendo aquellas que fueron transferidas por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, se desprende la existencia de 91 denuncias populares **en el Estado de Tabasco**, las cuales se muestran en los expedientes de la tabla VII.2.9.1.2. Estos eventos corresponden a todo el territorio del Estado y la autoridad se declara imposibilitada para proporcionar la ubicación exacta debido que en la base de datos no se especifica el domicilio donde se suscitan los hechos.

**Tabla VII.2.9.1.2. Expedientes de las denuncias populares.**

No.	Estado	Expediente	Estatus
1	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/013-15	En trámite
2	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/020-15	En trámite
3	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/021-15	En trámite
4	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/023-15	En trámite
5	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/027-15	En trámite
6	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/023-15	En trámite
7	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/027-15	En trámite
8	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/023-15	En trámite
9	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/027-15	En trámite
10	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/023-15	En trámite
11	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/027-15	En trámite
12	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/111-15	En trámite



No.	Estado	Expediente	Estatus
13	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/112-15	En trámite
14	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/124-15	Concluido
15	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/125-15	En trámite
16	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/136-15	En trámite
17	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/137-15	En trámite
18	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/151-15	En trámite
19	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCT/022-16	En trámite
20	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCT/034-16	En trámite
21	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCT/107-16	En trámite
22	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCT/134-16	En trámite
23	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCT/144-16	En trámite
24	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCT/145-16	En trámite
25	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCT/160-16	En trámite
26	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCT/165-16	En trámite
27	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/00026-14	Concluido
28	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.4.2/00018-14	Concluido
29	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.4.2/00019-14	Concluido
30	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.4.2/0003-15	Concluido
31	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.4.1/00001-15	Concluido
32	Tabasco	PFPA/33.7/12.28.4.2/00002-14	Concluido
33	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.4.1/0002-15	Concluido
34	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.4.1./00008-14	Concluido
35	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/00001-13	Concluido
36	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/00024-12	Concluido
37	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/00030-13	Concluido
38	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/00013-14	Concluido
39	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/00032-12	Concluido
40	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/00007-14	Concluido
41	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/00011-12	Concluido
42	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/00034-12	Concluido
43	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/00038-12	Concluido
44	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/00050-13	Concluido
45	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/00004-14	Concluido
46	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/00041-12	Concluido
47	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/00042-12	Concluido
48	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/0005-15	Concluido
49	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/00035-13	Concluido
50	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/00023-13	Concluido
51	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/00033-14	Concluido
52	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/00034-14	Concluido
53	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/00050-12	Concluido
54	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/00051-12	Concluido
55	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/00036-11	Concluido
56	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/00036-12	Concluido
57	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/00018-14	Concluido
58	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/00034-11	Concluido
59	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/0006-15	Concluido

No.	Estado	Expediente	Estatus
60	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/0004-15	Concluido
61	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/00005-12	Concluido
62	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/00016-14	Concluido
63	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/00031-14	Concluido
64	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/00023-14	En trámite
65	Tabasco	PFPA/33.7/2C.28.1/00010-14	En trámite
66	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/013-15	En trámite
67	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/020-15	En trámite
68	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/021-15	En trámite
69	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/023-15	En trámite
70	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/027-15	En trámite
71	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/023-15	En trámite
72	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/027-15	En trámite
73	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/023-15	En trámite
74	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/027-15	En trámite
75	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/023-15	En trámite
76	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/027-15	En trámite
77	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/111-15	En trámite
78	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/112-15	En trámite
79	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/124-15	Concluido
80	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/125-15	En trámite
81	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/136-15	En trámite
82	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/137-15	En trámite
83	Tabasco	DP/ASEA/UAJ/DGCONT/151-15	En trámite
84	Tabasco	DP-ASEA/UAJ/DGCT/022-16	En trámite
85	Tabasco	DP-ASEA/UAJ/DGCT/034-16	En trámite
86	Tabasco	DP-ASEA/UAJ/DGCT/107-16	En trámite
87	Tabasco	DP-ASEA/UAJ/DGCT/134-16	En trámite
88	Tabasco	DP-ASEA/UAJ/DGCT/144-16	En trámite
89	Tabasco	DP-ASEA/UAJ/DGCT/145-16	En trámite
90	Tabasco	DP-ASEA/UAJ/DGCT/160-16	En trámite
91	Tabasco	DP-ASEA/UAJ/DGCT/165-16	En trámite

Por consiguiente, después de efectuar una búsqueda exhaustiva en los archivos y base de datos proporcionada por la CNH, no se obtuvo información para determinar si dentro del área contractual de Fortuna Nacional existen expedientes abiertos de la ASEA, a fin de determinar las condiciones en las que se encuentran las variables ambientales del área de interés y el registro de datos.

### 1.3 CONAGUA

Como respuesta a la solicitud de acceso a la información de fecha del 15 de septiembre de 2016, se menciona que, si bien no se precisa el polígono del Campo, esa Comisión efectuó una búsqueda minuciosa y exhaustiva en los archivos y documentos con los que cuenta la Dirección Local Tabasco de la CONAGUA, detallándose los siguiente:

- **Derrames de algún tipo de material, sustancia o residuos peligrosos.** - No obra avisos, denuncias sobre derrame de algún tipo de material, sustancia o residuos peligrosos de los derrames de algunos.
- **Emergencias y accidentes ocurridos.** - No obran registros de emergencias y/o accidentes dentro del campo petrolero por algún evento o incidente del Campo No. 9 Fortuna Nacional por algún evento.
- **Daños o pasivos ambientales, así como sus procedimientos administrativos.** - La Dirección Local de Tabasco no determina daños o pasivos ambientales a suelo o subsuelo, por lo que se sugiere turnar la solicitud a la PROFEPA ahora ASEA.
- **Quejas o denuncias ciudadanas por laguna emergencia.** - No obra en sus archivos y documentos quejas o denuncias ciudadanas en el Campo, en los años solicitados.
- **Procedimientos concluidos, abiertos o pendientes por resolver.** - Se indica que no existe procedimiento administrativo por arrojar o depositar sustancias tóxicas o contaminantes a suelo o subsuelo instaurado a PEMEX en la zona denominada el Campo No. 9 Fortuna Nacional en los años solicitados.

Por otra parte, se indica que se localizó información correspondiente a un evento ocurrido en el año 2011 al 2016 en el Municipio de Macuspana, Tabasco, del cual se proporciona información descriptiva al respecto: OFICIO PFPA-33.1-8C.17.5-002419-12, NOTA INF.MACUSPANA EVENTO 1, NOTA INF. MACUSPANA EVENTO 1 SEG-1, OFICIO B00.E65.4.3.-041-0345-2012, RESPUESTA A OFICIO B00E.65.4.3.-041-0345-2012, NOTA INF. MACUSPANA EVENTO 1 SEG-2, MEMO B00.E.65.4.3.267-2013, OFICIO B00.E.65.4.3-399-2851-2013. En los que se describe la presencia de hidrocarburo en la laguna el Limón (Ubicada en el Rancho Vernet, cercano a la Localidad Cd. PEMEX), así como personal



de una empresa contratista realizando labores de limpieza y/o recuperación de maleza impregnada por hidrocarburo, siendo que personal de la Subdirección de Administración del Agua procedió a realizar acta de vista y abriendo el expediente admirativo No. VI-PNI-2012-XI-080, el cual se localizó en la Dirección Local de manera física. Con base en la información del expediente se establece que la laguna el limón se localiza 12km por fuera del campo Fortuna Nacional (Figura VII.2.9.1.2).

Asimismo, la documentación de CONAGUA compilada del Campo Fortuna Nacional entregada a la empresa Perseus, hace mención al mismo accidente mediante el expediente administrativo PFPA/33.7/2C.28.1/00041-12 del 07 septiembre del 2012, donde se manifiesta una inconformidad por una fuga de hidrocarburo en una línea de pasa afectando a la comunidad y laguna, al tener espesor del concentrado de aproximadamente 5 cm.



Figura VII.2.9.1.2. Ubicación de la Laguna El Limón al noreste y por fuera del Campo Fortuna Nacional.

#### **1.4 PROFEPA**

Dentro de la documentación de PROFEPA compilada por CNH sobre el Campo Fortuna Nacional y entregada a la empresa Perseus, no se tiene el registro de derrames de algún tipo de material, sustancia o residuos peligrosos directamente al suelo o subsuelo.

#### **1.4 Notas Periodísticas**

Se documentó el derrame en la Laguna el Limón, referido en párrafos anteriores, en una nota periodística publicada el 29 de enero del 2013 en el diario Tabasco Hoy. En esta nota se menciona la muerte de animales acuáticos como peces, anguilas, tortugas y lagartos, como producto de un derrame de crudo de un ducto de Pemex situado en el ejido El Limón primera sección, sector A. De acuerdo a esta misma nota, la mancha del derrame invadió 10 hectáreas de pastizales y manto acuático que llevó a los habitantes a cerrar el paso de las afectaciones.

#### **1.5 Entrevistas a Informantes Clave**

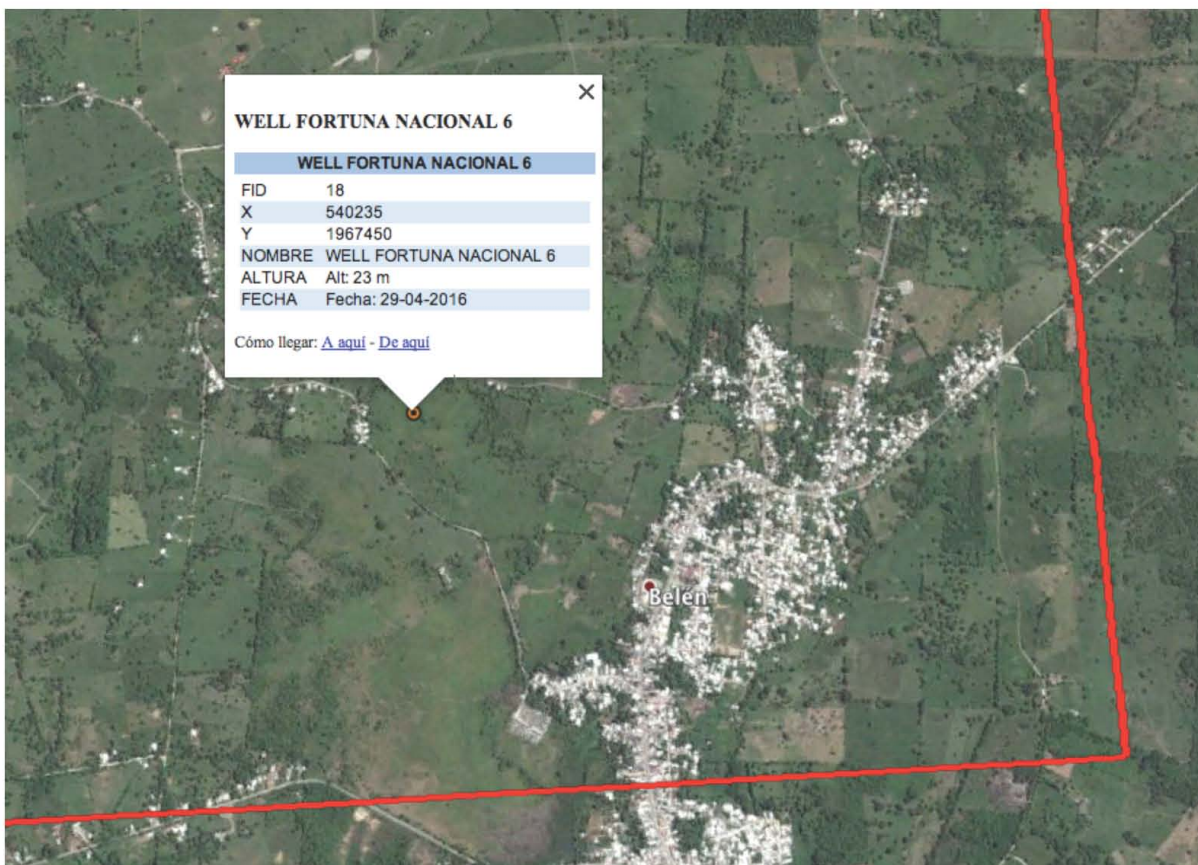
Con la excepción del pozo FN-06, ni los dueños de predios ni los colonos ubicados dentro del área de concesión recordaron que hayan existido derrames o accidentes dentro del campo Fortuna Nacional. Los eventos recabados sobre el pozo FN-06 se describen a continuación.

Entre los años 2010 y 2012, la compañía COMESA comenzó a perforar a más profundidad el pozo FN 06, el cual se ubica en la colonia Playas de Belén (Figura VII.2.9.1.3). De acuerdo con los informantes clave en la perforación hubo un problema con los equipos de perforación lo cual provocó que la presión eyectara fluidos del pozo, regándolos aproximadamente a 200 m a la redonda. El problema se prolongó de 3 a 6 días, ya que COMESA tuvo problemas para realizar el taponado del pozo. Otra versión apunta a que no fue el periodo de perforación si no en algún periodo de exploración ya que se menciona que no habían equipos pesados en el sitio.

Personal de PEMEX y COMESA realizaron remediaciones en la zona, levantando los residuos de la eyección, al igual se realizaron



indemnizaciones a los propietarios con cultivos y criaderos de ganado que se encontraban aledaños al sitio del pozo, al parecer el pozo fue taponado después de lo ocurrido anteriormente.



**Figura VII.2.9.1.3. Ubicación del Pozo FN-06, ubicado aproximadamente a un kilómetro del poblado de Belén.**

Debido al reporte de este derrame, el pozo FN-06 se considera objeto de toma de muestras específicas en el estudio de la Línea Base Ambiental. Los resultados de estas muestras se describirá en los Informes parciales II y III.

### **VII.2.9.2 MÉTODOS INDIRECTOS Y DIRECTOS APLICADOS EN SITIOS POTENCIALES CON DAÑOS PRE-EXISTENTES**

A partir de los resultados de la investigación histórica documental y de otros medios (encuestas, entrevistas, denuncias, etc.), en el Campo Fortuna Nacional solo se encontró el reporte de un derrame en el pozo FN-06 (ver



Informe Parcial I). Aunado a lo anterior, durante las visitas de campo se pudo observar que tres pozos más presentaban problemas de integridad en las válvulas de contención lo que ocasionaba derrames de aceite dentro de los contrapozos.

Con base en los antecedente históricos y las verificaciones de campo se determinó el tipo y orden de métodos indirectos o directos a aplicar ilustrados en la Figura VII.2.9.2.1. Por consiguiente, se determinó el muestreo de Petroflag y posteriormente se tomaron muestras directas mediante un laboratorio certificado en los pozos Akaito-1, FN55, FN104 y FN11D. Posteriormente, se usó Georadar para determinar la presencia de anomalías en la resistividad. Los detalles de cada sitio se describen a continuación.

Toda la información espacial fue integrada en un Sistema de Información Geográfica (SIG), cuyos alcances se describen al final del presente documento.

## **Resultados**

### **I. Método Indirecto Petroflag**

En seguimiento al árbol de decisiones de la figura VII.2.9.2.1, se aplicó el método indirecto de Petroflag en los siguientes sitios: Pozo Achaito-1 y Pozo Fortuna Nacional 55. Para el caso del Pozo FN104, la falta de permisos de acceso por parte del propietario impidió la toma de muestras con Petroflag, por lo que se procedió directamente al uso de georadar.

Para el caso del Pozo FN11D, debido a que éste sí presentaba reporte de derrames y existía la presencia de aceite dentro del contrapozo, también se procedió a realizar el estudio de georadar correspondiente sin realizar mediciones de Petroflag.

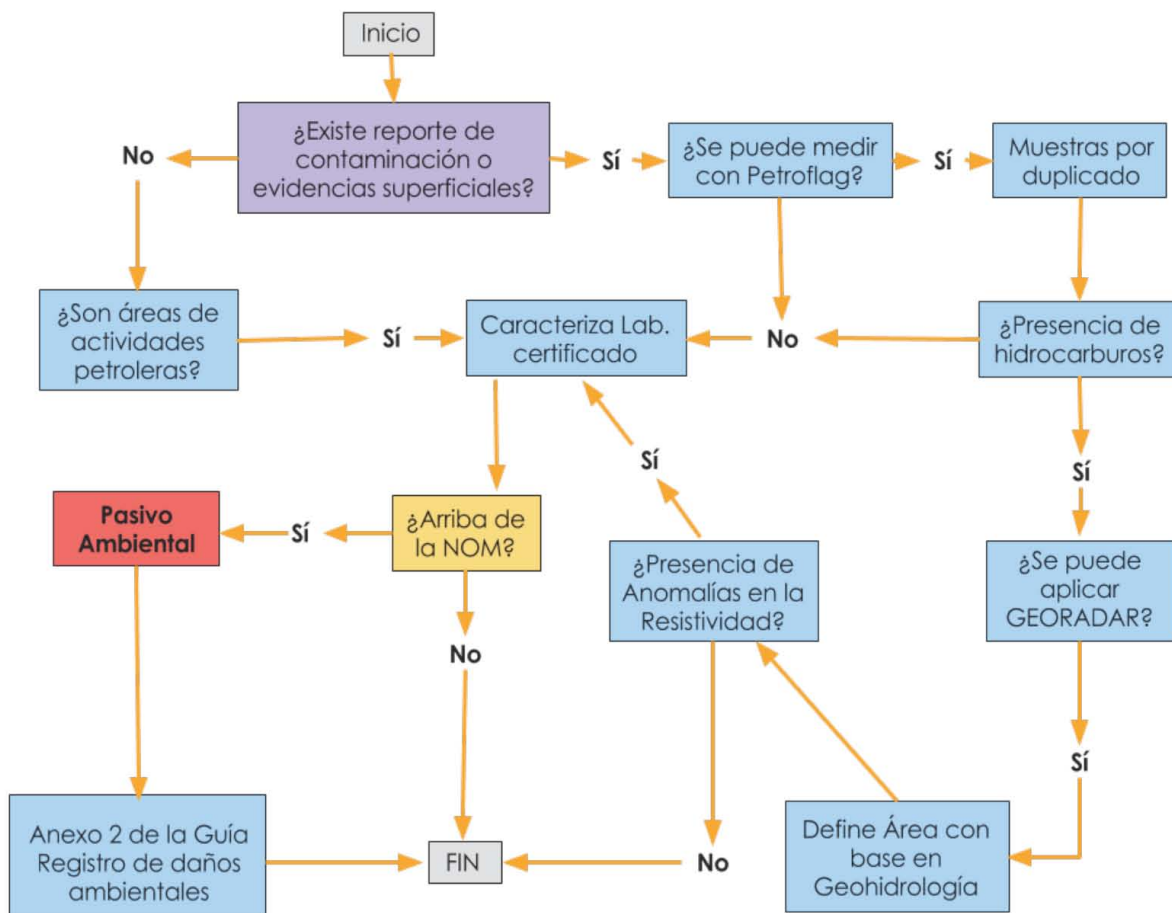


Figura VII.2.9.2.1. Árbol de decisiones para la aplicación de los métodos indirectos y directos en la identificación de daños pre-existentes.

Los resultados de Petroflag se muestran en la tabla VII.2.9.2.1. y su ubicación en las figuras VII.2.9.2.2 y VII.2.9.2.3. En consecuencia, tres muestras para fracción ligera y una muestra para fracción media a nivel superficial (0.3 m) presentaron valores por encima de la NOM, las cuales corresponden al Pozo Akaito.

Tabla VII.2.9.2.1. Resultados de Petroflag en Fortuna Nacional.

ID MUESTRA	Lectura Fracción Media (ppm) (2)	FRU (1)	FRB (1)	Concentración Fracción Pesada (ppm) (2)	FRB2 (1)	Lectura Fracción Ligera (ppm) (2)
M1	900	5	10	450	2	2250
M2	105	5	10	52,5	2	262,5

M3	0	5	10	0	2	0
M4	11880	5	10	5940	2	29700
M5	1682	5	10	841	2	4205
M6	0	5	10	0	2	0
M7	0	5	10	0	2	0
M8	0	5	10	0	2	0
M9	0	5	10	0	2	0
M10	0	5	10	0	2	0
M11	73	5	10	36,5	2	182,5
M12	86	5	10	43	2	215
M13	130	5	10	65	2	325
M14	53	5	10	26,5	2	132,5
M15	22	5	10	11	2	55
M16	56	5	10	28	2	140
M17	104	5	10	52	2	260
M18	45	5	10	22,5	2	112,5
M19	85	5	10	42,5	2	212,5



Figura VII.2.9.2.2. Ubicación de la Toma de muestras con Petroflag en pozo Akaito



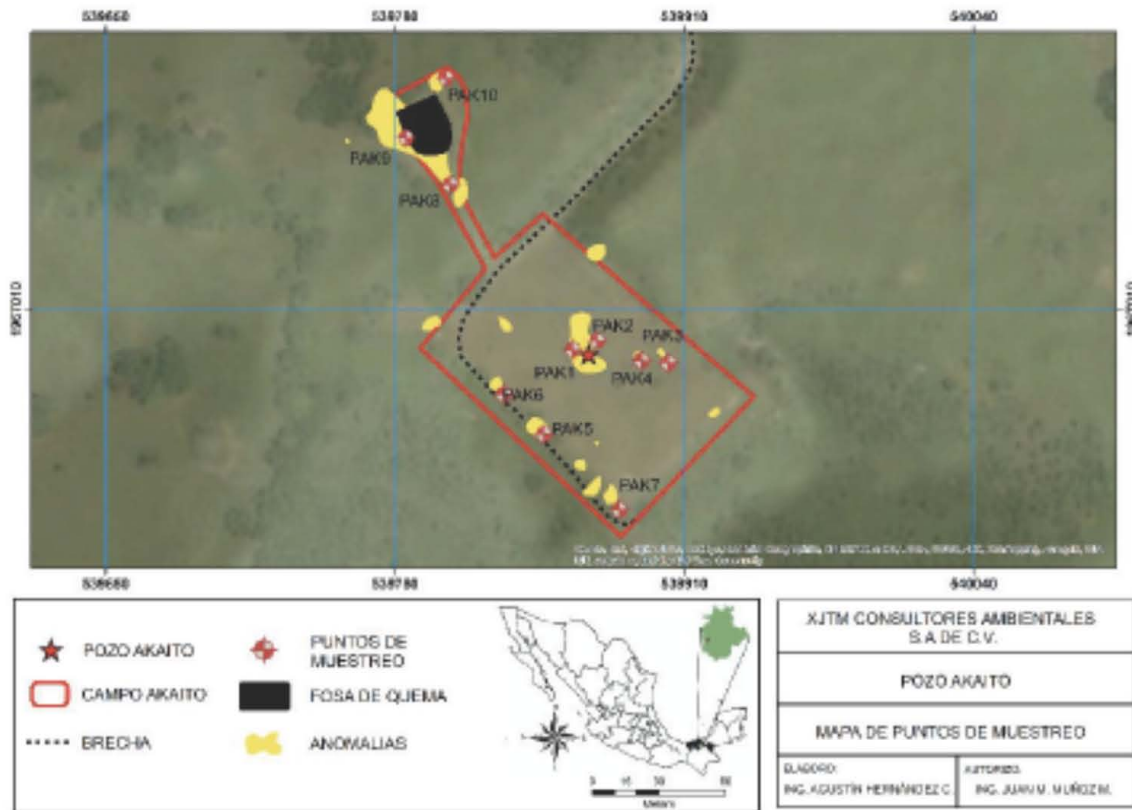


Figura VII.2.9.2.3. Ubicación de la Toma de muestras con Petroflag en pozo FN 55.

## II. Método Indirecto de Georadar en Pozo Achaito-1, Pozo Fortuna Nacional 55, Pozo Fortuna Nacional 104 y Pozo Fortuna Nacional 11D.

### **Pozo Achaito-1**

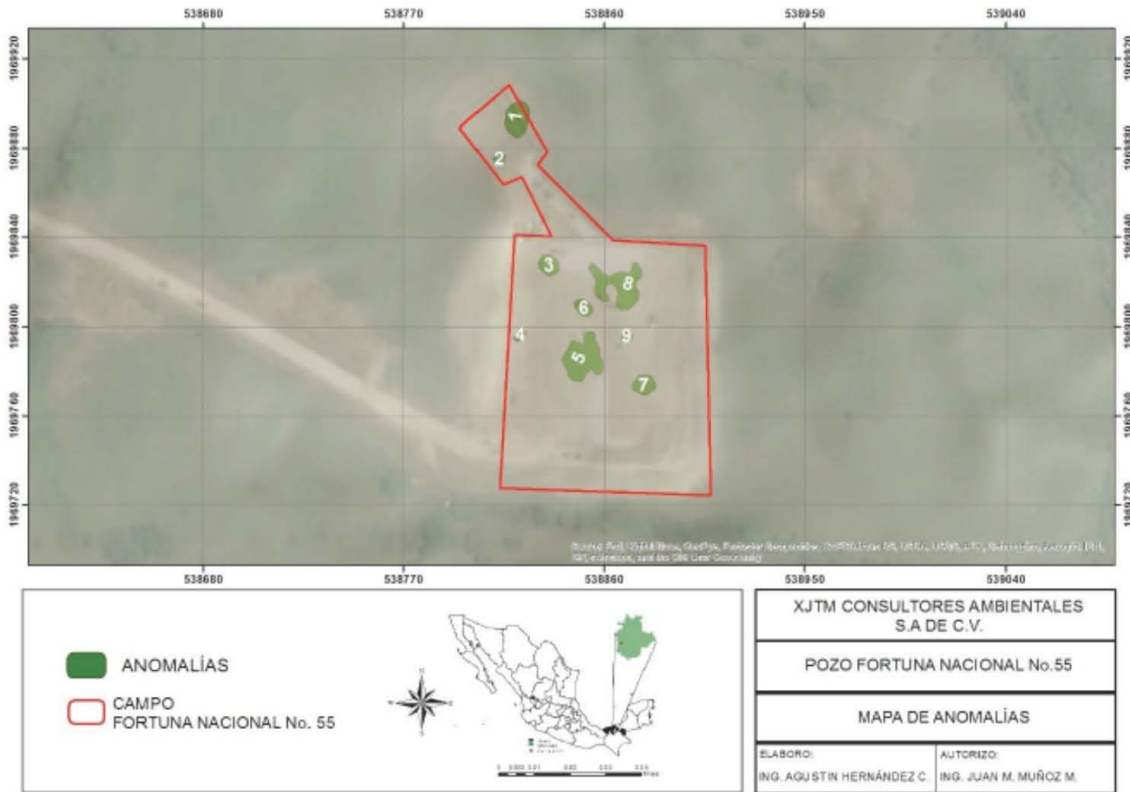
El área de estudio del Pozo Achaito-1 se ubica a 1,35 km del poblado Belem, Tabasco. En la superficie analizada por Georadar se encontraron inconsistencias de resistividad en 10 sitios (Figura VII.2.9.2.4), donde se tomaron muestras de suelo para su determinación en laboratorio certificado. Los parámetros solicitados fueron hidrocarburos (fracciones ligera, media y pesada) HAP's, benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos, conforme la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. Los resultados indicaron que las muestras presentaron concentraciones inferiores al límite de detección del método, con excepción del punto de verificación de la Anomalía número 9, espesor 0.5 m, el cual presentó presencia de hidrocarburos por debajo de los límites máximo permisibles. Los resultados de estos sitios se reportan más adelante, en el apartado VII.2.9.3.



**Figura VII.2.9.2.4. Área supervisada con Georadar Mostrando las inconsistencias de resistividad en el área del Pozo Achaíto-1.**

### Pozo Fortuna Nacional 55

En este pozo se efectuó un levantamiento de 29 líneas de longitud variable. Así pues, en el análisis realizado de los radargramas se observaron anomalías de amplitud, las cuales pudieran estar relacionadas con hidrocarburos. Con base en esta prospección se seleccionaron 7 puntos para la toma de muestras de hidrocarburos (fracciones ligera, media y pesada), HAP's, benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos, en conformidad con la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 (Figura VII.2.9.2.5). Los resultados del laboratorio indicaron que todas las muestras presentaron concentraciones inferiores al límite de detección del método. Por lo tanto, no existe suelo contaminado en el área de estudio del Pozo Fortuna Nacional 55. Los detalles de los resultados del laboratorio se muestran más adelante, en el apartado VII.2.9.3.



**Figura VII.2.9.2.5. Área supervisada con Georadar Mostrando las inconsistencias de resistividad en el área del Pozo Fortuna Nacional 55.**

### **Pozo Fortuna Nacional 104 y Pozo Fortuna Nacional 11D**

El área en las Peras de perforación de los pozos Fortuna Nacional 104 y 11D, se ubican en el municipio de Macuspana al Oeste del poblado de Belem, dentro del campo petrolero Fortuna Nacional. En ellos se efectuó un levantamiento de Georadar que consistió en 39 líneas de longitud, 20 para el pozo FN104 (Figura VII.2.9.2.6) y 19 para el pozo FN11D (Figura VII.2.9.2.7).

Con base en las inconsistencias de resistividad observadas, se tomaron muestras de suelo en 16 puntos en las profundidades sugeridas por el GPR, los cuales fueron procesadas para la determinación de hidrocarburos (fracción ligera, media y pesada), HAP's, benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos. Los resultados del laboratorio certificado indicaron que la mayoría de las muestras presentaron concentraciones inferiores al límite de



detección del método, con excepción de la muestra 11D-SU-03 donde se reportó una concentración de 244.38 mg/kg para fracción media y 558.04 mg/kg para fracción pesada. Dichas concentraciones se encuentran por debajo del límite máximo permisible establecido por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. Por lo que se concluye que no existe suelo contaminado en las áreas estudiadas. El detalle de los resultados del laboratorio se muestran más adelante, en el apartado VII.2.9.3.

En conclusión, en todas las anomalías identificadas por el Georadar, no se encontraron niveles de contaminación por hidrocarburos que pudieran causar un impacto significativo al medio subterráneo. Aunque algunas muestras superficiales de suelo medias con Petroflag arrojaron altos valores de hidrocarburos, al corroborar las sitios de muestreo por el laboratorio certificado los resultados arrojaron concentraciones inferiores al límite máximo permisible establecido por la MOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

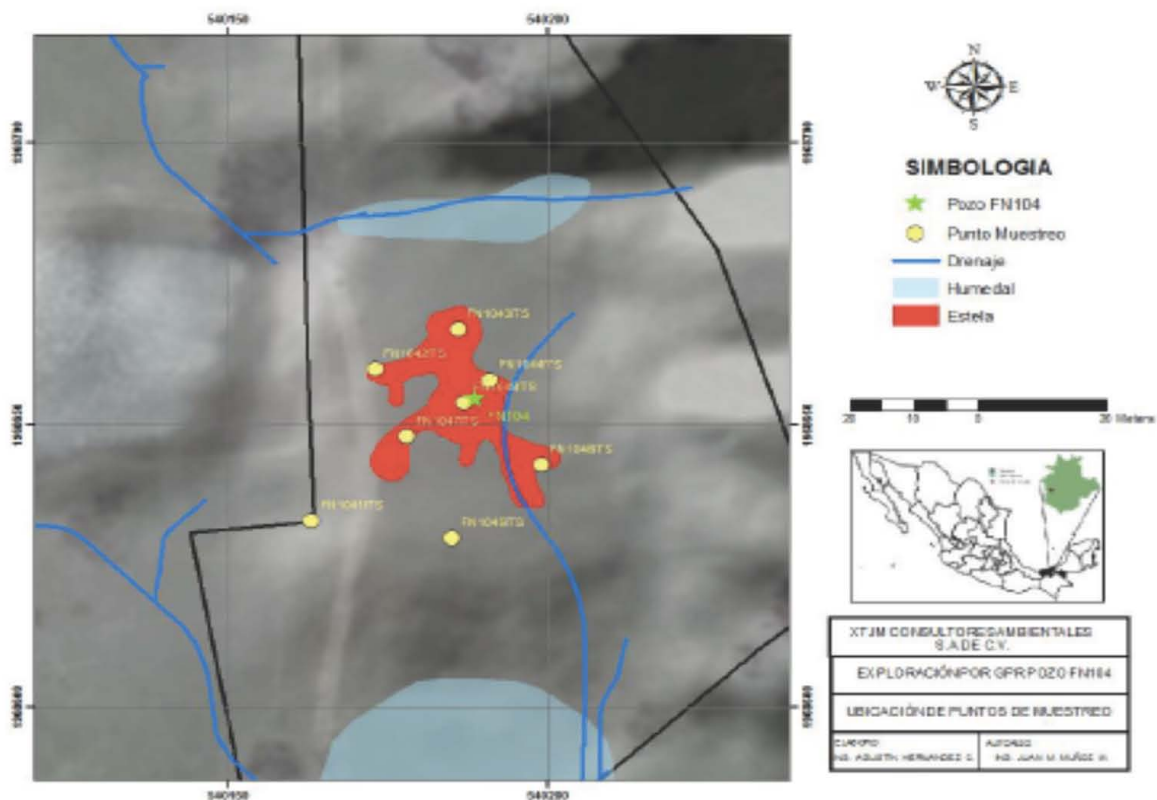


Figura VII.2.9.2.6. Área supervisada con Georadar Mostrando las inconsistencias de resistividad en el área del Pozo FN104.

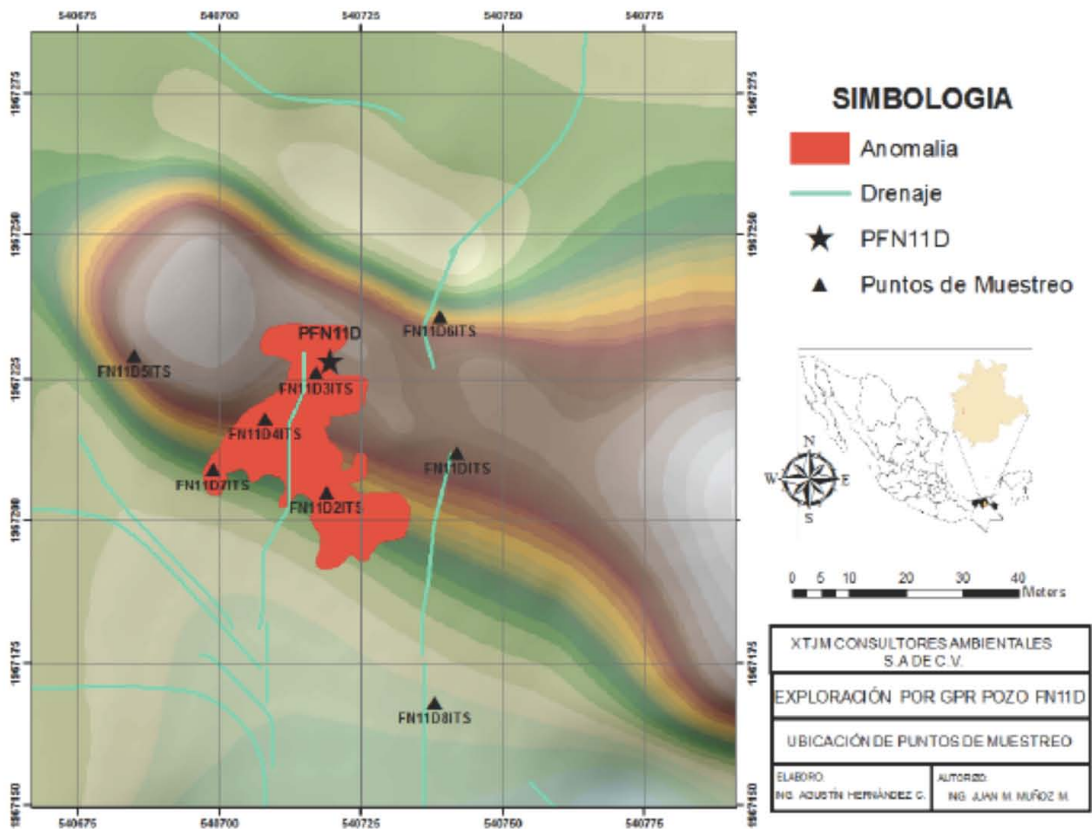


Figura VII.2.9.2.7. Área supervisada con Georadar Mostrando las inconsistencias de resistividad en el área del Pozo FN11D.

### VII.2.9.3. RESULTADOS DE CALIDAD DEL SUELO HIDROCARBUROS

Las muestras en general registraron valores menores a lo establecido por la NOM-138-SEMARNAT/SAA1-2012, inclusive la gran mayoría estuvo por debajo del límite detectable del equipo. En la tabla VII.2.9.3.1 se observan valores obtenidos de cada uno de los parámetros. En color rojo se han marcado las dos únicas muestras (de 316), que presentaron HC por arriba de la NOM. Cabe señalar que se utilizó la coma (,) como separador decimal y los números mayores a cuatro dígitos se escribieron sin espacio entre cifras.

A continuación se describe cada grupo de hidrocarburos y sus fracciones.

Tabla VII.2.9.3.1. Resultados de Hidrocarburos (mg/kg base seca) en los sitios de muestreo.

Puntos	Profundidad (m)	Fracción Ligera	Fracción Media	Fracción Pesada	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	m,p-Xileno	o-Xileno	Benzo (a) antraceno	Benzo (a) pireno	Benzo (b) Fluoranteno	Benzo (k) Fluoranteno	Dibenzo (a,h) antraceno	Indeno (1,2,3-cd) pireno
CFN-SU-48	0,3	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-48	0,5	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-49	0,3	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-49	0,5	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-50	0,3	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-50	0,5	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-51	0,3	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-51	0,5	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-21	0,3	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-21	0,5	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
Dup CFN-SU-21	0,5	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-22	0,3	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-22	0,5	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-23	0,3	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-23	0,5	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-24	0,3	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-24	0,5	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-13	0,3	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-13	0,5	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-14	0,3	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-14	0,5	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
Dup CFN-SU-14	0,5	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-15	0,3	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-15	0,5	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-16	0,3	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-16	0,5	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-9	0,3	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-9	0,5	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-10	0,3	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-10	0,5	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-11	0,3	18,750	66,83	796,88	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-11	0,5	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
Dup CFN-SU-11	0,5	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-12	0,3	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-12	0,5	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133



Puntos	Profundidad (m)	Fracción Ligera	Fracción Media	Fracción Pesada	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	m,p-Xileno	o-Xileno	Benzo (a) antraceno	Benzo (a) pireno	Benzo (b) Fluoranteno	Benzo (k) Fluoranteno	Dibenzo (a,h) antraceno	Indeno (1,2,3-cd) pireno
CFN-SU-17	0,3	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-17	0,5	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-18	0,3	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-18	0,5	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-19	0,3	18,750	178,59	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	6,7733	5,758	8,006	2,427	1,611	3,896
CFN-SU-20	0,3	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-20	0,5	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-5	0,3	18,750	102,88	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
Dup CFN-SU-5	0,3	18,750	84,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-6	0,3	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-6	0,5	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-7	0,3	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-8	0,3	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-8	0,5	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-29	0,3	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-29	0,5	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-30	0,3	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-30	0,5	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
Dup CFN-SU-30	0,5	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-31	0,3	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-31	0,5	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-32	0,3	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-32	0,5	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-25	0,3	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
Dup CFN-SU-25	0,3	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-25	0,5	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-26	0,3	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-26	0,5	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-27	0,3	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-27	0,5	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-28	0,3	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-28	0,5	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-41	0,3	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-42	0,3	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-43	0,3	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-44	0,3	18,750	66,83	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-PF1	0,80-1,10	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133

Puntos	Profundidad (m)	Fracción Ligera	Fracción Media	Fracción Pesada	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	m,p-Xileno	o-Xileno	Benzo (a) antraceno	Benzo (a) pireno	Benzo (b) Fluoranteno	Benzo (k) Fluoranteno	Dibenzo (a,h) antraceno	Indeno (1,2,3-cd) pireno
CFN-SU-PF2	0,90-1,20	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-PF4	0,90-1,20	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-PF5	0,80-1,10	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-PF6	0,90-1,20	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-PF7	0,90-1,20	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-PF8	0,90-1,20	18,750	66,67	266,0	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-PAK1	0,50-1,0	18,750	569,46	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
Dup CFN-SU-PAK1	0,50-1,0	18,750	2063,35	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-PAK2	0,50-0,90	18,750	66,67	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-PAK3	0,6	18,750	66,67	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-PAK4	0,50-1,0	18,750	66,67	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-PAK5	0,50-1,50	18,750	66,67	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-PAK6	0,50-0,85	18,750	66,67	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-PAK7	1,3	18,750	66,67	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-PAK8	0,8	18,750	66,67	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-PAK9	0,9	18,750	66,67	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-PAK10	0,9	18,750	66,67	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-41	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
DUP CFN-SU-41	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-42	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-43	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-44	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-53	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-53	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-54	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-54	0,5	18,750	139,97	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-45	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-45	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
Dup CFN-SU-45	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-46	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-46	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-47	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-47	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-52	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-52	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_57	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_57	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133



Puntos	Profundidad (m)	Fracción Ligera	Fracción Media	Fracción Pesada	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	m,p-Xileno	o-Xileno	Benzo (a) antraceno	Benzo (a) pireno	Benzo (b) Fluoranteno	Benzo (k) Fluoranteno	Dibenzo (a,h) antraceno	Indeno (1,2,3-cd) pireno
CFN_SU_58	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_58	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_58 Dup	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_59	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_59	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_60	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_60	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_61	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_61	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_62	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_62	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_63	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,411	0,423	0,462	0,133	0,133	0,353
CFN_SU_63	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_63 Dup	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_66	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_66	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_67	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_67	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_68	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_68	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_69	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_69	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_70	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_70	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_70 Dup	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_55	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_55	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_56	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_56	0,5	18,750	626,64	960,45	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_71	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_71	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_72	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_72	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_73	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_73	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_73 Dup	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_74	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133



Puntos	Profundidad (m)	Fracción Ligera	Fracción Media	Fracción Pesada	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	m,p-Xileno	o-Xileno	Benzo (a) antraceno	Benzo (a) pireno	Benzo (b) Fluoranteno	Benzo (k) Fluoranteno	Dibenzo (a,h) antraceno	Indeno (1,2,3-cd) pireno
CFN_SU_74	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_75	0,3	18,750	214,65	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	4,360	6,617	12,587	4,317	1,486	5,392
CFN_SU_75	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,941	1,514	2,909	0,912	0,361	1,301
CFN_SU_76	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,304	0,571	0,133	0,133	0,598
CFN_SU_76	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_77	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_77	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_78	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_78	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_78 Dup	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_33	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_33	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_34	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_34	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,180	0,190	0,222	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_35	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_35	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_36	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_36	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-37	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-37	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-38	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-38	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-39	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-39	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-39	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-40	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-40	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_79	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_79	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_80	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_80	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_83	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_83	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_84	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_84	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_85	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133

Puntos	Profundidad (m)	Fracción Ligera	Fracción Media	Fracción Pesada	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	m,p-Xileno	o-Xileno	Benzo (a) antraceno	Benzo (a) pireno	Benzo (b) Fluoranteno	Benzo (k) Fluoranteno	Dibenzo (a,h) antraceno	Indeno (1,2,3-cd) pireno
CFN_SU_85	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_86	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_86	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_86 Dup	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_87	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_87	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_88	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_88	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_89	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_89	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_90	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_90	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_91	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_91	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_91 Dup	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_92	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_92	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_93	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_93	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_94	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_94	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_95	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_95	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_96	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_96	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN_SU_96 Dup	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-97	0,3	18,750	134,42	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	1,461	2,451	3,305	1,181	0,133	2,067
CFN-SU-97	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-98	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,354	0,555	0,836	0,272	0,133	0,500
CFN-SU-98	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-99	0,3	18,750	570,80	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	5,996	4,745	12,935	4,444	0,257	3,966
CFN-SU-99	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-100	0,3	18,750	107,30	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,521	0,652	1,268	0,428	0,133	0,630
CFN-SU-100	0,5	18,750	95,15	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-01	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-01	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-01 Dup	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133



Puntos	Profundidad (m)	Fracción Ligera	Fracción Media	Fracción Pesada	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	m,p-Xileno	o-Xileno	Benzo (a) antraceno	Benzo (a) pireno	Benzo (b) Fluoranteno	Benzo (k) Fluoranteno	Dibenzo (a,h) antraceno	Indeno (1,2,3-cd) pireno
CFN-SU-02	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-02	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-03	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-03	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-04	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-04	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-101	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-101	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-102	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-102	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-102 Dup	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-103	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-103	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-104	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-104	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-105	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-105	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-106	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-106	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-107	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-107	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-107 Dup	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-108	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-108	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-109	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-109	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-110	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-110	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-111	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-111	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-112	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-112	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-112 Dup	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-113	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-113	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-114	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-114	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133



Puntos	Profundidad (m)	Fracción Ligera	Fracción Media	Fracción Pesada	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	m,p-Xileno	o-Xileno	Benzo (a) antraceno	Benzo (a) pireno	Benzo (b) Fluoranteno	Benzo (k) Fluoranteno	Dibenzo (a,h) antraceno	Indeno (1,2,3-cd) pireno
CFN-SU-115	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-115	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-116	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-116	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-117	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-117	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-117 Dup	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-118	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
CFN-SU-118	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
Muestra 4	4,0	18,750	66,67	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
Muestra 2	4,0	18,750	66,67	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
Muestra 3	4,0	18,750	66,67	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
Muestra 5	4,0	18,750	66,67	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
NI_SU_01	0,3	18,750	113,55	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
NI_SU_01	0,5	18,750	118,47	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
NI_SU_02	0,3	18,750	181,97	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
NI_SU_02	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
NI_SU_03	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
NI_SU_03	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
NI_SU_04	0,3	18,750	88,19	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
NI_SU_04	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
NI_SU_05	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,341	0,453	0,895	0,340	0,133	0,412
NI_SU_05	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
Dup NI_SU_05	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
NI_SU_06	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
NI_SU_06	0,5	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
11D-SU-01	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
11D-SU-01	1,0	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
11D-SU-02	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
11D-SU-02	1,0	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
11D-SU-03	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
11D-SU-03	1,0	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
11D-SU-04	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
11D-SU-04	1,0	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
Dup 11D-SU-04	1,0	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
11D-SU-05	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
11D-SU-05	1,0	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133

Puntos	Profundidad (m)	Fracción Ligera	Fracción Media	Fracción Pesada	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	m,p-Xileno	o-Xileno	Benzo (a) antraceno	Benzo (a) pireno	Benzo (b) Fluoranteno	Benzo (k) Fluoranteno	Dibenzo (a,h) antraceno	Indeno (1,2,3-cd) pireno
11D-SU-06	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
11D-SU-06	1,0	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
11D-SU-07	0,3	18,750	244,38	558,04	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
11D-SU-08	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
11D-SU-08	1,0	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
104-SU-01	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
104-SU-01	1,0	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
Dup 104-SU-01	1,0	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
104-SU-02	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
104-SU-02	1,0	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
104-SU-03	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
104-SU-03	1,0	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
104-SU-04	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
104-SU-04	1,0	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
104-SU-05	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
104-SU-05	1,0	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
104-SU-06	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
104-SU-06	1,0	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
Dup 104-SU-06	1,0	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
104-SU-07	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
104-SU-07	1,0	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
104-SU-08	0,3	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
104-SU-08	1,0	18,750	66,83	266,00	0,625	0,625	0,625	1,250	0,625	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133

### ***Hidrocarburos (Fracciones Ligera, Media y Pesada)***

Los hidrocarburos totales del petróleo (HTP) corresponden a las fracciones ligera, media y pesada del petróleo. Los hidrocarburos de la fracción ligera son muy tóxicos, pero muy volátiles y no perduran en un ambiente tropical (Adams et al., 2008). La fracción perdida depende de las clases de compuestos que contiene el petróleo crudo y sus propiedades, como el medio ambiente, incluyendo la temperatura, precipitación, las características del suelo y solubilidad en agua (Cram et al., 2010). Los tipos de impactos en el suelo varían mucho según el tipo de hidrocarburo. Los de fracción media presentan toxicidad pero de corta duración en el medio tropical, debido a la rápida biodegradación en temperaturas altas. La fracción pesada de los hidrocarburos es remanente del proceso de meteorización y presentan muy baja toxicidad, sin embargo, es poco conocido que aún en bajas concentraciones, estos hidrocarburos residuales causan un deterioro importante de las propiedades fisicoquímicas del suelo (Adams et al., 2008).

Los límites máximos permisibles para fracciones de hidrocarburos en suelo en la categoría industrial y comercial para fracción ligera es de 500 mg/kg, de 5,000 mg/ kg para la fracción media y de 6,000 mg/kg para la fracción pesada. En el presente estudio se obtuvieron valores en la mayoría de las muestras por debajo al límite de cuantificación analítica, garantizando que se encuentra por debajo de cualquier normativa aplicable. Solo una muestra rebasó el límite máximo permisible para uso Agrícola/Residencial (Dup CFN-SU-PAK1) y ninguna rebaso la NOM para uso industrial.

### ***BTEX***

Sadler & Connell (2003), mencionan que pocas autoridades utilizan una definición basada en punto de ebullición de sustancias volátiles, ya que la mayoría de las sustancias volátiles son muy sublimes, mientras que otros emiten cantidades significativas de vapor por debajo de su punto de ebullición, como por ejemplo el benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos.

Botello (2005) menciona que todos los hidrocarburos aromáticos son líquidos o sólidos a temperatura ambiente y sus puntos de ebullición están



cercanos a los de los cicloalcanos correspondientes, los cuales son poco polares o no polares. Los principales puntos de ebullición son para benceno ( $C_6H_6$ ) 80 °C, tolueno ( $C_6H_5CH_3$ ) 111 °C, etilbenceno ( $C_6H_5CH_2CH_3$ ) 136 °C, o-Xileno (o- $(CH_3)_2C_6H_4$ ) 144 °C, m-Xileno (m- $(CH_3)_2C_6H_4$ ) 139 °C y p-Xileno (p- $(CH_3)_2C_6H_4$ ) 138 °C.

Weelink et al., (2010) mencionan que la movilidad y toxicidad de componentes BTEX son los de mayor preocupación, al compararse con otros compuesto de aceites hidrocarburos, los BTEX son relativamente soluble en agua y tienden a contaminar rápidamente el agua subterránea. El benceno es el más peligroso de los compuestos BTEX ya que es un carcinógeno humano conocido (potencial leucomogénico), en cambio tolueno y xileno no son cancerígenos, pero el tolueno puede incrementar la carcinogénesis inducida por otros compuestos (Weelink et al., 2010). Las mezclas de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo y gasolina son ejemplos de BTEX (NOM-138-SEMARNAT/SAA1-2012). Gasolina es rica en hidrocarburos monoaromáticos, como el benceno, tolueno, etilbenceno y xileno (BTEX) (Weelink et al., 2010).

Los límites máximos permisibles en suelos para uso industrial y comercial estipulados por la NOM-138-SEMARNAT/SAA1-2012 son: para benceno 15 mg/kg, etilbenceno 25 mg/kg y tolueno y xilenos (suma de isómeros) 100 mg/kg. En el presente estudio se obtuvieron concentraciones menores al límite de cuantificación analítica, lo cual garantiza que los valores se encontraron por debajo de cualquier normativa.

### ***Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)***

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos son compuestos químicos orgánicos que están constituidos por dos o más anillos de benceno fusionados (Wcisco, 1998). Son grupos presentes de varios cientos de compuestos químicamente relacionados, persistente con el medio ambiente con diversas estructuras y variada toxicidad (Abdel-Shafy & Mansour, 2016). Además, son compuestos hidrofóbicos y su persistencia dentro de los ecosistemas se deben principalmente a su baja solubilidad en agua. Mientras mayor sea la solubilidad en agua, mayor es la absorción por las plantas. Caso contrario ocurre con la absorción de las lombrices de

tierra o en el tracto gastrointestinal de las vacas (Wilcke, 2000). Se tiene particular interés en los derrames hidrocarburos aromáticos policíclicos ya que en condiciones normales tienden a ser relativamente persistentes. Sin embargo, Wilcke (2000) menciona que ciertos hidrocarburos aromáticos policíclicos (naftaleno y fenantreno) presentan fácil degradación, pero es importante destacar que concentraciones de HAPs en regiones tropicales se presentan en menor concentraciones que en regiones templadas. Una vía importante de pérdida de HAPs es a través de la volatilización, principalmente compuestos de bajo peso molecular.

El producto contaminante para HAPs son la mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, combustóleo, parafinas, petrolatos, aceites derivados del petróleo, gasóleo, diesel, turbosina, queroseno y cresota.

En un estudio realizado por Park et al., (1999) se reportó que debido a la volatilización, se obtuvo una pérdida de 30% de naftaleno, sin embargo, para HAPs de tres anillos (antraceno y fenantreno) sólo se obtuvo una volatilización de 0.1% en el mismo periodo y con los mismos valores de temperatura y humedad. Por lo tanto, la descomposición y volatilización son influenciados por el clima, ya que los factores de temperatura y humedad del suelo determinan sustancialmente la concentración de los HAPs. Por lo que, los hidrocarburos más solubles y de bajo peso molecular son más susceptibles a cambios de volatilización y biodegradación.

La NOM-138-SEMARNAT/SAA1-2012 estipula los límites máximos permisibles para hidrocarburos específicos en suelo en la categoría industrial y comercial, para benzo(a)pireno, dibenzo(a,h)antraceno, benzo(a)-antraceno, benzo(b)fluoranteno e indeno (1,2,3cd)pireno el valor es de 10 mg/kg base seca, y para benzo(k)fluoranteno es 80 mg/kg base seca. En el presente estudio los valores obtenidos en la mayoría de las muestras estuvieron debajo del límite de cuantificación analítica o cuando se presentaron sus valores fueron bajos. La excepción fueron las muestras CFN-SU-19 (0,3m), CFN\_SU\_75 (0,3 y 0,5m) y CFN-SU-99 (0,3m) que presentaron valores por arriba de la NOM para uso Agrícola/Residencial en la mayoría de los HAPs. La ubicación de estas muestras alrededor de pozos

petroleros. De estas cuatro muestras, dos de ellas estuvieron ligeramente arriba de la NOM de uso industrial para benzo(b)flouranteno. Estas dos muestras fueron CFN\_SU\_75 (0,3m) con valor de 12,587 mg/kg y CFN-SU-99 (0,3m), con valor de 12,935 mg/kg (Figura VII.2.9.3.1).

Los dos sitios donde se presentaron hidrocarburos aromáticos por arriba de la norma de uso industrial son abordados en la Sección VII.5 Registro de Daños Preexistentes.

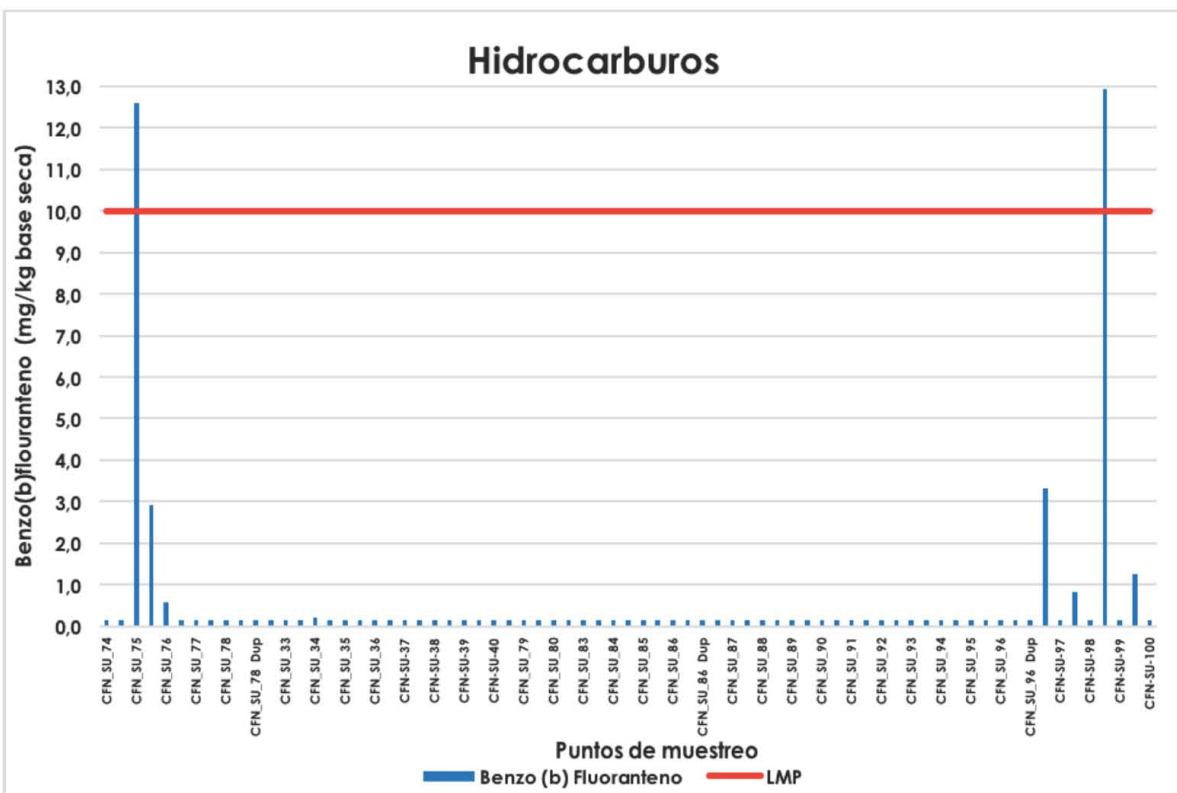


Figura VII.2.9.3.1. Valores obtenidos por encima de la NOM-138-SEMARNAT/SAA1-2012.

## METALES

Debido al excesivo uso de combustibles y productos derivados del crudo de petróleo se ha incrementado la contaminación de los suelos por metales pesados, ocasionando un gran desequilibrio en el ecosistema que



impacta de manera negativa al entorno ecológico (Gómez et al., 2012). Diversas actividades antrópicas introducen metales al ambiente (Blume, 1990). Los metales pesados constituyen al grupo químico inorgánico de mayor preocupación por su alta toxicidad, los cuales son plomo (Pb), cromo (Cr), arsénico (As), zinc (Zn), cadmio (Cd), cobre (Cu), mercurio (Hg), y níquel (Ni) (Wuana y Okieimen, 2011).

En el presente estudio se analizaron las muestras de metales para la caracterización del suelo en los diferentes sitios, los cuales registraron valores establecidos para su cumplimiento por la NOM-147-SEMARNAT/SAA1-2012, que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio. En la Tabla VII.2.9.3.2 se observan valores obtenidos de estos elementos. Con referencia a esta tabla cabe señalar que el uso de la coma (,) como separador decimal y los números mayores a cuatro dígitos se escribieron sin espacio entre cifras. A continuación se describen los resultados encontrados.

### **Arsénico y Selenio**

Las características físicas y químicas del suelo son relevantes en el control de la capacidad adsorptiva para que un metal pueda afectar la disponibilidad. Los dos metales considerados son el arsénico y selenio. El arsénico está presente en numerosos compuestos de carácter orgánico, debido a la elevada estabilidad del enlace carbono-arsénico bajo las condiciones medioambientales normales (pH y potencial redox) (Carbonell, Mataix, y Burló, 1995). Por otro lado, el selenio es absorbido del suelo por las plantas e incorporado mayormente en las proteínas (Jaffe, 1992).

Bundschuh, Pérez, & Litter (2008), mencionan que el contenido de arsénico en suelo es por lo general entre 5 y 10 mg/kg. Además, el selenio reduce la toxicidad del mercurio, cadmio y de otros metales tóxicos (Jaffe, 1992).

Tabla VII.2.9.3.2. Resultados de Metales (mg/kg base seca) en los sitios de muestreo.

Puntos	Profundidad (m)	Arsénico total	Selenio Total	Bario Total	Berilio Total	Cadmio Total	Plata Total	Plomo Total	Talio Total	Vanadio Total	Níquel Total	Mercurio Total	pH (U. De pH)	Cromo Hexavalente
CFN-SU-48	0,3	10,00	10,00	626,90	2,00	2,00	2,00	16,66	5,00	16,41	146,80	0,228	8,440	2,00
CFN-SU-48	0,5	10,00	10,00	751,80	2,00	2,00	2,00	13,79	5,00	19,76	111,40	0,144	8,413	2,00
CFN-SU-49	0,3	10,00	10,00	1305,00	2,00	2,00	2,00	16,56	5,00	15,33	297,40	0,253	8,304	2,00
CFN-SU-49	0,5	10,00	10,00	581,00	2,00	2,00	2,00	11,28	5,00	14,60	114,10	0,083	8,285	2,00
CFN-SU-50	0,3	10,00	10,00	889,50	2,00	2,00	2,00	13,58	5,00	30,58	114,60	0,121	8,079	2,00
CFN-SU-50	0,5	10,00	10,00	331,40	2,00	2,00	2,00	7,24	5,00	9,48	63,09	0,083	8,527	2,00
CFN-SU-51	0,3	10,00	10,00	119,90	2,00	2,00	2,00	8,46	5,00	11,67	85,54	0,083	8,293	2,00
CFN-SU-51	0,5	10,00	10,00	98,87	2,00	2,00	2,00	15,32	5,00	9,99	79,41	0,083	8,395	2,00
CFN-SU-21	0,3	10,00	10,00	125,50	2,00	2,00	2,00	5,24	5,00	6,39	64,24	0,083	8,552	2,00
CFN-SU-21	0,5	10,00	10,00	188,00	2,00	2,00	2,00	9,06	5,00	22,83	101,70	0,083	8,051	2,00
Dup CFN-SU-21	0,5	10,00	10,00	294,50	2,00	2,00	2,00	9,39	5,00	16,64	101,80	0,102	7,994	2,00
CFN-SU-22	0,3	10,00	10,00	88,94	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	9,59	51,33	0,083	8,370	2,00
CFN-SU-22	0,5	10,00	10,00	1065,00	2,00	2,00	2,00	19,88	5,00	13,07	77,54	0,780	8,414	2,00
CFN-SU-23	0,3	10,00	10,00	31,32	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	5,00	47,95	0,083	8,818	2,00
CFN-SU-23	0,5	10,00	10,00	265,30	2,00	2,00	2,00	5,53	5,00	9,86	102,80	0,013	7,977	2,00
CFN-SU-13	0,3	10,00	10,00	48,93	2,00	2,00	4,28	5,00	5,00	15,20	52,17	0,083	8,618	2,00
CFN-SU-13	0,5	10,00	10,00	33,52	2,00	2,00	2,01	8,83	5,00	9,63	117,80	0,083	8,222	2,00
CFN-SU-14	0,3	10,00	10,00	55,76	2,00	2,00	2,00	8,09	5,00	8,21	92,76	0,083	8,170	2,00
CFN-SU-14	0,5	10,00	10,00	33,20	2,00	2,00	2,00	6,19	5,00	7,20	97,59	0,083	8,351	2,00
Dup CFN-SU-14	0,5	10,00	10,00	28,89	2,00	2,00	2,00	6,36	5,00	5,87	77,48	0,083	8,074	2,00
CFN-SU-15	0,3	10,00	10,00	106,50	2,00	2,00	2,00	5,52	5,00	10,00	69,72	0,083	8,042	2,00
CFN-SU-15	0,5	10,00	10,00	30,34	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	5,00	54,51	0,083	8,123	2,00
CFN-SU-16	0,3	10,00	10,00	47,84	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	10,17	93,17	0,083	7,968	2,00
CFN-SU-16	0,5	10,00	10,00	140,70	2,00	2,00	2,00	8,52	5,00	12,23	97,18	0,083	8,004	2,00
CFN-SU-9	0,3	10,00	10,00	1476,00	2,00	2,00	2,00	17,04	5,00	43,73	35,25	0,083	8,027	2,00
CFN-SU-9	0,5	10,00	10,00	889,80	2,00	2,00	2,00	13,07	5,00	26,50	59,12	0,083	7,689	2,00
CFN-SU-10	0,3	10,00	10,00	1951,00	2,00	2,00	2,00	10,10	5,00	12,20	9,87	0,083	8,914	2,00
CFN-SU-10	0,5	10,00	10,00	303,30	2,00	2,00	2,00	11,65	5,00	22,40	83,57	0,083	7,377	2,00
CFN-SU-11	0,3	10,00	10,00	361,60	2,00	2,00	2,00	12,44	5,00	19,44	98,55	0,083	8,451	2,00
CFN-SU-11	0,5	10,00	10,00	292,00	2,00	2,00	2,00	8,10	5,00	28,53	26,54	0,083	6,920	2,00
Dup CFN-SU-11	0,5	10,00	10,00	119,30	2,00	2,00	2,00	11,01	5,00	14,56	77,47	0,083	8,271	2,00
CFN-SU-12	0,3	10,00	10,00	2233,00	2,00	2,00	2,00	17,27	5,00	18,45	103,40	0,083	8,378	2,00
CFN-SU-12	0,5	10,00	10,00	3890,00	2,00	2,00	2,00	36,32	5,00	18,89	63,50	0,128	8,122	2,00
CFN-SU-24	0,3	10,00	10,00	51,37	2,00	2,00	2,00	7,31	10,74	22,77	63,25	0,083	8,517	2,00
CFN-SU-24	0,5	10,00	10,00	43,04	2,00	2,00	2,00	8,22	16,74	29,95	72,53	0,083	8,600	2,00

Puntos	Profundidad (m)	Arsénico total	Selenio Total	Bario Total	Berilio Total	Cadmio Total	Plata Total	Plomo Total	Talio Total	Vanadio Total	Níquel Total	Mercurio Total	pH (U. De pH)	Cromo Hexavalente
CFN-SU-17	0,3	10,00	10,00	561,00	2,00	2,00	2,00	12,54	16,01	89,52	16,94	0,083	7,913	2,00
CFN-SU-17	0,5	10,00	10,00	618,20	2,00	2,00	2,00	11,57	5,00	87,31	18,17	0,098	7,805	2,00
CFN-SU-18	0,3	32,79	10,00	3274,00	2,00	2,00	9,94	62,59	19,20	26,19	22,21	1,189	7,592	2,00
CFN-SU-18	0,5	10,00	10,00	116,90	2,00	2,00	2,00	6,12	5,00	63,97	7,91	0,083	7,586	2,00
CFN-SU-19	0,3	17,31	10,00	1283,00	2,00	2,00	4,36	27,79	5,00	19,50	50,660	0,458	8,209	2,00
CFN-SU-20	0,3	39,90	10,00	1643,00	2,00	2,00	8,76	57,81	5,00	21,90	23,78	0,923	8,013	2,00
CFN-SU-20	0,5	10,00	10,00	276,20	2,00	2,00	2,00	9,11	5,00	25,80	89,72	0,083	7,892	2,00
CFN-SU-5	0,3	10,00	10,00	434,00	2,00	2,00	2,00	8,69	5,00	12,52	53,67	0,083	7,658	2,00
Dup CFN-SU-5	0,3	10,00	10,00	101,50	2,00	2,00	2,00	7,21	5,00	87,60	16,83	0,083	7,849	2,00
CFN-SU-6	0,3	10,00	10,00	39,04	2,00	2,00	2,00	11,27	7,47	9,50	154,8	0,083	7,657	2,00
CFN-SU-6	0,5	13,69	10,00	59,41	2,00	2,00	2,00	8,09	5,00	10,61	114,4	0,083	7,623	2,00
CFN-SU-7	0,3	10,00	10,00	112,80	2,00	2,00	2,00	8,74	9,80	94,01	8,08	0,083	7,625	2,00
CFN-SU-8	0,3	10,00	10,00	362,50	2,00	2,00	2,00	7,40	5,00	10,80	76,87	0,083	7,749	2,00
CFN-SU-8	0,5	10,00	10,00	290,60	2,00	3,00	2,00	5,22	6,00	12,07	62,36	0,083	7,772	2,00
CFN-SU-29	0,3	10,00	10,00	55,61	2,00	2,00	2,00	5,00	7,85	6,08	57,41	0,083	8,144	2,00
CFN-SU-29	0,5	10,00	10,00	129,40	2,00	2,00	2,00	12,41	5,00	13,51	119,30	0,083	8,099	2,00
CFN-SU-30	0,3	10,00	10,00	137,90	2,00	2,00	2,00	7,88	14,67	8,74	60,66	0,103	8,231	2,00
CFN-SU-30	0,5	10,00	10,00	58,16	2,00	2,00	2,00	5,00	12,76	6,21	42,88	0,083	8,193	2,00
Dup CFN-SU-30	0,5	10,00	10,00	108,30	2,00	2,00	2,00	9,25	12,19	13,37	93,29	0,083	7,608	2,00
CFN-SU-31	0,3	10,00	10,00	666,40	2,00	2,00	2,00	26,85	5,00	7,17	56,36	0,137	8,019	2,00
CFN-SU-31	0,5	10,00	10,00	670,50	2,00	2,00	2,00	18,77	5,00	12,24	60,94	0,109	7,540	2,00
CFN-SU-32	0,3	10,00	10,00	290,60	2,00	2,00	2,00	5,22	5,00	12,07	62,36	0,229	8,122	2,00
CFN-SU-32	0,5	39,26	10,00	928,00	2,00	2,00	6,89	102,60	5,00	6,80	62,98	0,696	7,631	2,00
CFN-SU-25	0,3	10,00	10,00	230,70	2,00	2,00	2,00	17,68	5,00	10,48	89,29	0,083	7,862	2,00
Dup CFN-SU-25	0,3	10,00	10,00	130,90	2,00	2,00	2,00	9,63	5,00	8,50	72,15	0,083	7,813	2,00
CFN-SU-25	0,5	10,00	10,00	187,00	2,00	2,00	2,00	14,44	5,00	11,24	95,66	0,083	7,669	2,00
CFN-SU-27	0,3	10,00	10,00	455,90	2,00	2,00	2,00	21,59	5,00	12,81	123,00	0,083	7,897	2,00
CFN-SU-27	0,5	10,00	10,00	316,50	2,00	2,00	2,00	15,65	5,00	19,49	160,90	0,083	7,943	2,00
CFN-SU-26	0,3	10,00	10,00	396,60	2,00	2,00	2,00	21,12	5,00	12,32	87,39	0,083	8,007	2,00
CFN-SU-26	0,5	10,00	10,00	565,40	2,00	2,00	2,00	21,03	5,00	17,91	94,73	0,083	8,089	2,00
CFN-SU-28	0,3	10,00	10,00	354,40	2,00	2,00	2,00	25,53	5,00	15,02	131,10	0,083	7,725	2,00
CFN-SU-28	0,5	10,00	10,00	105,40	2,00	2,00	2,00	11,35	5,00	21,60	192,90	0,083	7,820	2,00
CFN-SU-41	0,3	10,00	10,00	142,90	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	8,15	33,72	0,083	7,608	2,00
CFN-SU-43	0,3	10,00	10,00	187,40	2,00	2,00	2,00	6,99	5,00	9,06	52,70	0,083	8,126	2,00
CFN-SU-42	0,3	10,00	10,00	391,80	2,00	2,00	2,00	5,90	5,00	6,64	40,54	0,083	7,998	2,00
CFN-SU-44	0,3	10,00	10,00	62,05	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	5,99	17,00	0,083	7,970	2,00
CFN-SU-41	0,5	10,00	10,00	73,87	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	6,99	36,62	0,083	7,319	2,00



Puntos	Profundidad (m)	Arsénico total	Selenio Total	Bario Total	Berilio Total	Cadmio Total	Plata Total	Plomo Total	Talio Total	Vanadio Total	Níquel Total	Mercurio Total	pH (U. De pH)	Cromo Hexavalente
Dup CFN-SU-41	0,5	10,00	10,00	138,50	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	6,94	38,46	0,083	7,836	2,00
CFN-SU-42	0,5	10,00	10,00	118,10	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	5,50	49,80	0,083	8,022	2,00
CFN-SU-43	0,5	10,00	10,00	362,10	2,00	2,00	2,00	11,06	5,00	8,51	177,80	0,083	8,364	2,00
CFN-SU-44	0,5	10,00	10,00	242,90	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	6,08	21,16	0,083	8,202	2,00
CFN-SU-53	0,3	10,00	10,00	13160,00	2,00	2,00	2,00	13,49	5,00	9,63	10,31	0,083	8,440	2,00
CFN-SU-53	0,5	526,80	10,00	3526,00	2,00	2,00	16,00	915,40	5,00	43,91	10,69	22,2538	8,393	2,00
CFN-SU-54	0,3	39,41	10,00	4693,00	2,00	2,00	4,83	93,80	5,00	13,89	15,28	3,6434	8,855	2,00
CFN-SU-54	0,5	10,00	10,00	1813,00	2,00	2,00	2,00	19,60	5,00	7,37	55,93	0,1499	8,159	2,00
CFN-SU-45	0,3	10,00	10,00	1718,00	2,00	2,00	2,78	34,00	5,00	7,64	37,69	0,083	8,502	2,00
CFN-SU-45	0,5	10,00	10,00	2294,00	2,00	2,00	3,39	64,30	5,00	12,19	73,94	0,083	8,461	2,00
Dup de CFN-SU-45	0,3	10,00	10,00	1366,00	2,00	2,00	2,74	40,69	5,00	7,01	37,17	0,083	8,906	2,00
CFN-SU-46	0,3	10,00	10,00	982,10	2,00	2,00	2,00	31,03	5,00	12,80	120,60	0,083	7,761	2,00
CFN-SU-46	0,5	10,00	10,00	498,40	2,00	2,00	2,00	12,06	5,00	10,03	99,68	0,083	7,681	2,00
CFN-SU-47	0,3	10,00	10,00	46,57	2,00	2,00	2,00	6,88	5,00	8,23	50,67	0,083	8,266	2,00
CFN-SU-47	0,5	10,00	10,00	65,11	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	10,96	39,77	0,083	8,077	2,00
CFN-SU-52	0,3	10,00	10,00	252,40	2,00	2,00	2,00	6,72	5,00	6,15	37,07	0,083	8,030	2,00
CFN-SU-52	0,5	10,00	10,00	395,90	2,00	2,00	2,00	12,24	5,00	7,09	28,99	0,083	7,774	2,00
CFN_SU_55	0,3	28,45	10,00	3219,00	2,00	2,00	2,00	64,13	5,00	65,27	22,16	1,288	8,035	2,00
CFN_SU_55	0,5	10,00	10,00	188,50	2,00	2,00	2,00	5,38	5,00	15,21	71,47	0,083	7,333	2,00
CFN_SU_56	0,3	10,00	10,00	3565,00	2,00	2,00	2,00	28,63	5,00	17,60	10,70	0,394	8,440	2,00
CFN_SU_56	0,5	189,40	10,00	7854,00	2,00	5,44	8,88	788,30	5,00	31,57	37,87	13,169	8,513	2,00
CFN_SU_71	0,3	10,00	10,00	110,80	2,00	2,00	2,00	7,40	5,00	7,96	123,90	0,083	8,449	2,00
CFN_SU_71	0,5	10,00	10,00	102,90	2,00	2,00	2,00	7,51	5,00	14,05	169,90	0,083	8,647	2,00
CFN_SU_72	0,3	10,00	10,00	105,20	2,00	2,00	2,00	7,74	5,00	10,45	140,50	0,083	8,296	2,00
CFN_SU_72	0,5	10,00	10,00	149,90	2,00	2,00	2,00	9,28	5,00	13,68	136,00	0,083	8,460	2,00
CFN_SU_73	0,3	10,00	10,00	118,20	2,00	2,00	2,00	11,70	5,00	20,23	128,20	0,083	8,245	2,00
CFN_SU_73	0,5	10,00	10,00	97,26	2,00	2,00	2,00	7,34	5,00	15,94	135,60	0,083	8,341	2,00
CFN_SU_73 Dup	0,5	10,00	10,00	104,70	2,00	2,00	2,00	6,36	5,00	16,38	147,40	0,083	8,261	2,00
CFN_SU_74	0,3	10,00	10,00	85,74	2,00	2,00	2,00	9,31	5,00	13,02	172,10	0,083	8,441	2,00
CFN_SU_74	0,5	10,00	10,00	114,50	2,00	2,00	2,00	10,23	5,00	11,42	126,60	0,083	8,555	2,00
CFN_SU_75	0,3	19,56	10,00	5187,00	2,00	2,00	9,88	99,82	5,00	14,88	52,20	1,0138	8,300	2,00
CFN_SU_75	0,5	10,00	10,00	3013,00	2,00	2,00	2,00	46,55	5,00	14,61	69,93	0,1987	8,340	2,00
CFN_SU_76	0,3	10,00	10,00	3066,00	2,00	2,00	2,00	15,61	5,00	16,07	60,26	0,2145	8,399	2,00
CFN_SU_76	0,5	10,00	10,00	4066,00	2,00	2,00	2,00	10,69	5,00	15,59	76,16	0,083	7,676	2,00
CFN_SU_77	0,3	10,00	10,00	3587,00	2,00	2,00	2,00	29,98	5,00	19,85	55,96	0,2797	8,234	2,00
CFN_SU_77	0,5	10,00	10,00	2024,00	2,00	2,00	2,00	14,49	5,00	13,24	82,10	0,1112	8,032	2,00
CFN_SU_78	0,3	10,00	10,00	1579,00	2,00	2,00	2,00	15,53	5,00	18,30	104,80	0,1031	8,008	2,00

Puntos	Profundidad (m)	Arsénico total	Selenio Total	Bario Total	Berilio Total	Cadmio Total	Plata Total	Plomo Total	Talio Total	Vanadio Total	Níquel Total	Mercurio Total	pH (U. De pH)	Cromo Hexavalente
CFN_SU_78	0,5	10,00	10,00	191,80	2,00	2,00	2,00	6,34	5,00	16,61	97,17	0,083	7,812	2,00
CFN_SU_78 Dup	0,5	10,00	10,00	276,10	2,00	2,00	2,00	34,05	5,00	14,78	182,90	0,083	7,783	2,00
CFN_SU_33	0,3	10,00	10,00	356,20	2,00	2,00	2,00	8,32	5,00	26,71	42,27	0,1143	8,121	2,00
CFN_SU_33	0,5	10,00	10,00	1172,00	2,00	2,00	2,00	10,45	5,00	30,86	53,63	0,1392	8,363	2,00
CFN_SU_34	0,3	10,00	10,00	286,50	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	12,76	43,86	0,083	7,915	2,00
CFN_SU_34	0,5	10,00	10,00	495,90	2,00	2,00	2,00	7,03	5,00	16,61	54,93	0,083	7,770	2,00
CFN_SU_35	0,3	10,00	10,00	290,00	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	13,07	40,33	0,083	8,118	2,00
CFN_SU_35	0,5	10,00	10,00	677,20	2,00	2,00	2,00	28,40	5,00	8,72	64,51	0,083	8,209	2,00
CFN_SU_36	0,3	10,00	10,00	1460,00	2,00	2,00	2,00	10,16	5,00	25,67	51,09	0,1158	8,117	2,00
CFN_SU_36	0,5	10,00	10,00	303,40	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	14,20	51,10	0,083	7,794	2,00
CFN-SU-37	0,3	10,00	10,00	751,30	2,00	2,00	2,00	6,37	5,00	10,96	61,50	0,083	6,652	2,00
CFN-SU-37	0,5	10,00	10,00	530,00	2,00	2,00	2,00	6,50	5,00	7,50	75,20	0,083	6,317	2,00
CFN-SU-38	0,3	10,00	10,00	1042,00	2,00	2,00	2,00	6,66	5,00	15,01	65,51	0,083	6,600	2,00
CFN-SU-38	0,5	10,00	10,00	219,90	2,00	2,00	2,00	7,76	5,00	14,80	56,32	0,083	5,988	2,00
CFN-SU-39	0,3	10,00	10,00	3826,00	2,00	2,00	2,00	10,68	5,00	8,63	63,20	0,083	7,510	2,00
CFN-SU-39	0,5	10,00	10,00	1247,00	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	13,99	57,73	0,083	7,661	2,00
CFN-SU-39	0,3	10,00	10,00	2031,00	2,00	2,00	2,00	5,29	5,00	13,30	60,84	0,083	7,628	2,00
CFN-SU-40	0,5	10,00	10,00	1599,00	2,00	2,00	2,00	7,52	5,00	11,33	50,98	0,083	7,875	2,00
CFN-SU-40	0,5	10,00	10,00	608,00	2,00	2,00	2,00	5,12	5,00	12,10	69,13	0,0962	8,085	2,00
CFN_SU_79	0,3	10,00	10,00	1532,00	2,00	2,00	4,02	28,54	5,00	6,43	81,68	0,5546	8,037	2,00
CFN_SU_79	0,5	10,00	10,00	1792,00	2,00	2,00	2,00	36,14	5,00	7,05	73,73	0,7176	7,993	2,00
CFN_SU_80	0,3	10,00	10,00	1080,00	2,00	2,00	2,00	15,56	5,00	5,00	80,24	0,3101	8,290	2,00
CFN_SU_80	0,5	10,00	10,00	1047,00	2,00	2,00	2,00	10,31	5,00	5,00	66,6	0,1239	8,298	2,00
CFN_SU_83	0,3	10,00	10,00	858,10	2,00	2,00	2,00	5,74	5,00	5,00	28,06	0,083	7,745	2,00
CFN_SU_83	0,5	19,28	10,00	3104,00	2,00	2,00	2,00	35,73	5,00	60,77	26,30	0,083	7,579	2,00
CFN_SU_84	0,3	184,80	10,00	6162,00	2,00	2,00	2,00	335,00	5,00	13,64	74,68	0,083	7,947	2,00
CFN_SU_84	0,5	13,94	10,00	508,80	2,00	2,00	2,00	9,92	5,00	10,36	77,52	0,318	7,977	2,00
CFN_SU_85	0,3	10,00	10,00	148,90	2,00	2,00	2,00	11,10	5,00	12,11	85,53	0,083	7,972	2,00
CFN_SU_85	0,5	440,70	10,00	7743,00	2,00	7,47	19,78	707,30	6,84	11,57	16,99	0,083	7,852	2,00
CFN_SU_86	0,3	10,11	10,00	1625,00	2,00	2,00	2,00	10,88	5,00	11,57	34,72	32,0416	8,052	2,00
CFN_SU_86	0,5	10,00	10,00	446,30	2,00	2,00	2,00	18,08	5,00	7,51	253,50	9,2522	8,031	2,00
CFN_SU_86 Dup	0,5	10,00	10,00	772,30	2,00	2,00	2,00	13,50	5,00	8,77	192,70	18,6665	7,891	2,00
CFN_SU_87	0,3	10,00	10,00	7544,00	2,00	2,00	2,00	21,27	5,00	9,11	74,16	0,083	7,874	2,00
CFN_SU_87	0,5	10,00	10,00	1855,00	2,00	2,00	2,00	14,69	5,00	8,81	117,50	0,083	8,076	2,00
CFN_SU_88	0,3	10,00	10,00	6063,00	2,00	2,00	2,00	26,98	5,00	10,55	27,31	0,3759	7,822	2,00
CFN_SU_88	0,5	10,00	10,00	1131,00	2,00	2,00	2,00	11,56	5,00	5,49	70,71	0,1598	8,260	2,00
CFN_SU_89	0,3	10,00	10,00	404,40	2,00	2,00	2,00	9,52	5,00	5,00	67,54	0,083	6,780	2,00



Puntos	Profundidad (m)	Arsénico total	Selenio Total	Bario Total	Berilio Total	Cadmio Total	Plata Total	Plomo Total	Talio Total	Vanadio Total	Níquel Total	Mercurio Total	pH (U. De pH)	Cromo Hexavalente
CFN_SU_89	0,5	10,00	10,00	1300,00	2,00	2,00	2,00	19,18	5,00	8,40	116,00	0,083	6,590	2,00
CFN_SU_90	0,3	10,00	10,00	113,00	2,00	2,00	2,00	7,65	5,00	6,36	32,74	0,083	8,178	2,00
CFN_SU_90	0,5	10,00	10,00	130,60	2,00	2,00	2,00	6,52	5,00	5,00	52,73	0,083	8,292	2,00
CFN_SU_91	0,3	10,00	10,00	294,40	2,00	2,00	2,00	7,64	5,00	5,00	23,60	0,0856	8,295	2,00
CFN_SU_91	0,5	18,64	10,00	4002,00	2,00	2,00	2,00	48,37	5,00	13,96	32,21	0,9563	8,149	2,00
CFN_SU_91 Dup	0,5	10,00	10,00	248,20	2,00	2,00	2,00	6,43	5,00	5,00	29,54	0,083	8,202	2,00
CFN_SU_92	0,3	10,00	10,00	978,00	2,00	2,00	2,00	10,09	5,00	8,05	52,21	0,083	8,069	2,00
CFN_SU_92	0,5	10,00	10,00	381,50	2,00	2,00	2,00	9,42	5,00	8,21	58,59	0,083	7,989	2,00
CFN_SU_93	0,3	10,00	10,00	102,90	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	5,00	20,80	0,083	5,040	2,00
CFN_SU_93	0,5	10,00	10,00	74,36	2,00	2,00	2,00	5,60	5,00	5,00	18,41	0,083	5,697	2,00
CFN_SU_94	0,3	10,00	10,00	165,30	2,00	2,00	2,00	6,16	5,00	8,91	32,19	0,083	5,641	2,00
CFN_SU_94	0,5	10,00	10,00	130,10	2,00	2,00	2,00	7,31	5,00	5,00	20,79	0,083	5,254	2,00
CFN_SU_95	0,3	36,35	10,00	4936,00	2,00	2,00	2,00	139,40	5,00	5,00	71,29	0,7500	7,792	2,00
CFN_SU_95	0,5	10,00	10,00	1398,00	2,00	2,00	2,00	37,02	5,00	5,00	58,35	0,2014	8,150	2,00
CFN_SU_96	0,3	10,00	10,00	246,60	2,00	2,00	2,00	10,36	5,00	6,60	48,93	0,083	8,026	2,00
CFN_SU_96	0,5	10,00	10,00	94,44	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	5,00	49,26	0,083	7,969	2,00
CFN_SU_96 Dup	0,5	10,00	10,00	109,80	2,00	2,00	2,00	5,30	5,00	5,00	70,49	0,083	7,995	2,00
CFN-SU-97	0,3	10,00	10,00	93,22	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	5,00	21,20	0,083	7,144	2,00
CFN-SU-97	0,5	10,00	10,00	62,40	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	5,00	5,97	0,083	6,937	2,00
CFN-SU-98	0,3	10,00	10,00	441,40	2,00	2,00	2,00	5,51	5,00	5,16	26,28	0,083	6,662	2,00
CFN-SU-98	0,5	10,00	10,00	34,78	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,083	7,482	2,00
CFN-SU-99	0,3	10,00	10,00	130,70	2,00	2,00	2,00	6,43	5,00	5,00	36,20	0,083	6,736	2,00
CFN-SU-99	0,5	10,00	10,00	23,83	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	5,00	6,55	0,083	6,942	2,00
CFN-SU-100	0,3	10,00	10,00	157,20	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	5,00	43,51	0,083	6,867	2,00
CFN-SU-100	0,5	10,00	10,00	63,01	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	5,00	25,96	0,083	6,443	2,00
CFN-SU-01	0,3	14,40	10,00	2026,00	2,00	2,00	2,00	8,668	5,00	12,09	11,64	0,083	8,464	2,00
CFN-SU-01	0,5	10,00	10,00	2110,00	2,00	2,00	2,00	9,113	5,00	24,16	19,21	0,083	8,175	2,00
CFN-SU-01 Dup	0,5	10,00	10,00	2791,00	2,00	2,00	2,00	12,270	5,00	36,61	8,99	0,083	8,212	2,00
CFN-SU-02	0,3	10,00	10,00	684,30	2,00	2,00	2,00	5,000	5,00	11,84	18,09	0,083	8,166	2,00
CFN-SU-02	0,5	10,00	10,00	323,00	2,00	2,00	2,00	5,000	5,00	24,16	13,48	0,083	9,972	2,00
CFN-SU-03	0,3	10,00	10,00	157,00	2,00	2,00	2,00	6,738	5,00	86,81	10,00	0,083	8,018	2,00
CFN-SU-03	0,5	10,00	10,00	1254,00	2,00	2,00	2,00	10,150	5,00	28,82	20,48	0,083	8,241	2,00
CFN-SU-04	0,3	10,00	10,00	2454,00	2,00	2,00	2,00	12,810	5,00	56,74	14,67	0,083	7,739	2,00
CFN-SU-04	0,5	10,00	10,00	2264,00	2,00	2,00	2,00	6,166	5,00	14,68	15,77	0,083	8,123	2,00
CFN-SU-101	0,3	10,00	10,00	1239,00	2,00	2,00	2,00	7,237	5,00	5,07	15,65	0,083	8,103	2,00
CFN-SU-101	0,5	10,00	10,00	449,50	2,00	2,00	2,00	5,000	5,00	5,23	25,76	0,083	7,706	2,00
CFN-SU-102	0,3	10,00	10,00	60,15	2,00	2,00	2,00	5,000	5,00	5,00	64,14	0,083	7,647	2,00



Puntos	Profundidad (m)	Arsénico total	Selenio Total	Bario Total	Berilio Total	Cadmio Total	Plata Total	Plomo Total	Talio Total	Vanadio Total	Níquel Total	Mercurio Total	pH (U. De pH)	Cromo Hexavalente
CFN-SU-102	0,5	10,00	10,00	71,99	2,00	2,00	2,00	5,000	5,00	5,00	34,20	0,083	7,662	2,00
CFN-SU-102 Dup	0,5	10,00	10,00	65,09	2,00	2,00	2,00	5,000	5,00	5,00	45,27	0,083	8,001	2,00
CFN-SU-103	0,3	10,00	10,00	169,80	2,00	2,00	2,00	5,000	5,00	7,27	43,45	0,083	7,657	2,00
CFN-SU-103	0,5	10,00	10,00	1013,00	2,00	2,00	2,00	5,000	5,00	7,46	28,34	0,083	7,668	2,00
CFN-SU-104	0,3	10,00	10,00	292,40	2,00	2,00	2,00	5,000	5,00	6,08	45,36	0,083	7,819	2,00
CFN-SU-104	0,5	10,00	10,00	165,90	2,00	2,00	2,00	7,032	5,00	42,92	21,04	0,083	8,163	2,00
CFN-SU-105	0,3	10,00	10,00	258,10	2,00	2,00	2,00	5,000	5,00	17,53	35,23	0,083	7,689	2,00
CFN-SU-105	0,5	10,00	10,00	191,10	2,00	2,00	2,00	6,061	5,00	10,89	81,47	0,083	8,039	2,00
CFN-SU-106	0,3	10,00	10,00	168,20	2,00	2,00	2,00	6,550	5,00	5,00	41,80	0,083	8,046	2,00
CFN-SU-106	0,5	10,00	10,00	101,70	2,00	2,00	2,00	5,291	5,00	5,00	53,06	0,083	7,875	2,00
CFN-SU-107	0,3	10,00	10,00	693,10	2,00	2,00	2,00	15,480	5,00	79,40	12,91	0,083	8,005	2,00
CFN-SU-107	0,5	10,00	10,00	81,03	2,00	2,00	2,00	6,200	5,00	5,00	79,56	0,083	8,263	2,00
CFN-SU-107 Dup	0,5	10,00	10,00	108,70	2,00	2,00	2,00	7,303	5,00	6,05	97,59	0,083	8,018	2,00
CFN-SU-108	0,3	19,43	10,00	1992,00	2,00	2,00	3,37	20,720	5,00	6,99	12,66	0,083	8,208	2,00
CFN-SU-108	0,5	39,02	10,00	5034,00	2,00	2,00	2,00	34,870	5,00	5,00	19,00	0,083	8,081	2,00
CFN-SU-109	0,3	10,00	10,00	2212,00	2,00	2,00	2,00	18,280	5,00	40,73	13,97	0,083	8,131	2,00
CFN-SU-109	0,5	10,00	10,00	536,50	2,00	2,00	2,00	8,277	5,00	17,65	59,61	0,083	7,982	2,00
CFN-SU-110	0,3	15,60	10,00	2644,00	2,00	2,00	3,37	10,240	5,00	6,51	12,83	0,083	8,067	2,00
CFN-SU-110	0,5	10,00	10,00	2356,00	2,00	2,00	2,00	17,600	5,00	5,00	58,31	0,083	7,603	2,00
CFN-SU-111	0,3	19,89	10,00	5767,00	2,00	2,00	2,00	26,140	5,00	38,48	20,11	0,083	8,184	2,00
CFN-SU-111	0,5	10,00	10,00	530,50	2,00	2,00	2,00	9,125	5,00	86,21	17,17	0,083	7,942	2,00
CFN-SU-112	0,3	13,91	10,00	1892,00	2,00	2,00	2,00	26,670	5,00	5,31	13,46	0,083	8,156	2,00
CFN-SU-112	0,5	16,64	10,00	1117,00	2,00	2,00	2,00	7,528	5,00	5,00	14,00	0,083	8,131	2,00
CFN-SU-112 Dup	0,5	10,00	10,00	5,00	2,00	2,00	2,00	5,000	5,00	5,00	5,00	0,083	8,010	2,00
CFN-SU-113	0,3	10,00	10,00	339,50	2,00	2,00	2,00	7,695	5,00	7,26	65,41	0,083	8,052	2,00
CFN-SU-113	0,5	10,00	10,00	258,50	2,00	2,00	2,00	8,650	5,00	7,41	87,51	0,083	8,100	2,00
CFN-SU-114	0,3	10,00	10,00	2402,00	2,00	2,00	2,00	12,720	5,00	19,94	44,26	0,083	8,065	2,00
CFN-SU-114	0,5	10,00	10,00	3947,00	2,00	2,00	2,00	14,610	5,00	20,01	40,57	0,083	7,947	2,00
CFN-SU-115	0,3	10,00	10,00	1186,00	2,00	2,00	2,00	12,680	5,00	6,87	87,92	0,083	7,947	2,00
CFN-SU-115	0,5	10,00	10,00	1255,00	2,00	2,00	2,00	9,482	5,00	22,50	78,23	0,083	8,445	2,00
CFN-SU-116	0,3	10,00	10,00	68,84	2,00	2,00	2,00	7,433	5,00	8,04	91,05	0,083	8,027	2,00
CFN-SU-116	0,5	10,42	10,00	70,35	2,00	2,00	2,00	9,361	5,00	5,92	109,50	0,083	7,862	2,00
CFN-SU-117	0,3	10,00	10,00	307,60	2,00	2,00	2,00	8,049	5,00	41,54	39,32	0,083	7,970	2,00
CFN-SU-117	0,5	10,00	10,00	100,50	2,00	2,00	2,00	10,920	5,00	14,64	68,97	0,083	7,863	2,00
CFN-SU-117 Dup	0,5	10,00	10,00	182,70	2,00	2,00	2,00	8,686	5,00	13,06	55,15	0,083	7,844	2,00
CFN-SU-118	0,3	10,00	10,00	129,40	2,00	2,00	2,00	5,773	5,00	6,75	69,54	0,083	8,039	2,00
CFN-SU-118	0,5	10,00	10,00	157,00	2,00	2,00	2,00	10,490	5,00	15,45	72,44	0,083	7,722	2,00

Puntos	Profundidad (m)	Arsénico total	Selenio Total	Bario Total	Berilio Total	Cadmio Total	Plata Total	Plomo Total	Talio Total	Vanadio Total	Níquel Total	Mercurio Total	pH (U. De pH)	Cromo Hexavalente
Muestra 4	4,0	10,00	10,00	5,00	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	5,00	11,10	0,083	6,441	2,00
Muestra 2	4,0	10,00	10,00	5,89	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	5,00	12,29	0,083	7,846	2,00
Muestra 3	4,0	10,00	10,00	5,00	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	5,00	36,75	0,083	8,709	2,00
Muestra 5	4,0	10,00	10,00	5,00	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	5,00	8,98	0,083	7,006	2,00
NI_SU_01	0,3	11,05	10,00	253,70	2,00	2,00	2,00	9,62	5,00	5,89	27,87	0,083	6,924	2,00
NI_SU_01	0,5	10,00	13,26	69,20	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	5,00	7,35	0,083	6,960	2,00
NI_SU_02	0,3	10,00	11,70	1221,00	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	6,68	23,77	0,083	8,125	2,00
NI_SU_02	0,5	10,00	10,00	153,00	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	17,72	39,52	0,083	6,680	2,00
NI_SU_03	0,3	10,00	10,00	269,30	2,00	2,00	2,00	5,35	5,00	12,06	34,40	0,083	6,588	2,00
NI_SU_03	0,5	10,00	10,00	60,33	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	14,32	31,37	0,083	6,425	2,00
NI_SU_04	0,3	10,00	10,00	96,21	2,00	2,00	2,00	6,24	5,00	6,61	19,16	0,083	7,114	2,00
NI_SU_04	0,5	10,00	10,00	54,38	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	11,32	20,94	0,083	6,439	2,00
NI_SU_05	0,3	10,00	10,00	88,33	2,00	2,00	2,00	5,24	5,00	12,72	70,45	0,083	6,983	2,00
NI_SU_05	0,5	10,00	10,00	30,35	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	5,00	14,01	0,083	7,181	2,00
NI_SU_06	0,3	10,00	10,00	174,60	2,00	2,00	2,00	8,91	5,00	12,06	98,21	0,083	7,320	2,00
NI_SU_06	0,5	10,00	10,00	61,92	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	5,00	12,10	0,083	6,770	2,00
11D-SU-01	0,3	10,00	10,00	71,54	2,00	2,00	2,00	6,15	5,00	68,73	9,94	0,083	5,221	2,00
11D-SU-01	1,0	10,00	10,00	36,10	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	14,04	11,62	0,083	5,216	2,00
11D-SU-02	0,3	10,00	10,00	645,50	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	15,67	16,73	0,083	5,443	2,00
11D-SU-02	1,0	10,00	10,00	56,62	2,00	2,00	2,00	7,85	5,00	21,68	41,81	0,083	5,019	2,00
11D-SU-03	0,3	10,00	10,00	1362,00	2,00	2,00	2,00	11,24	5,00	94,39	16,18	0,092	7,689	2,00
11D-SU-03	1,0	10,00	10,00	171,20	2,00	2,00	2,00	5,06	5,00	14,52	29,51	0,083	5,209	2,00
11D-SU-04	0,3	10,00	10,00	528,00	2,00	2,00	2,00	6,70	5,00	68,68	11,71	0,083	7,361	2,00
11D-SU-04	1,0	10,00	10,00	143,30	2,00	2,00	2,00	9,28	5,00	21,74	45,45	0,083	5,790	2,00
11D-SU-05	0,3	10,00	10,00	125,60	2,00	2,00	2,00	6,50	5,00	92,27	11,44	0,083	5,567	2,00
11D-SU-05	1,0	10,00	10,00	37,08	2,00	2,00	2,00	5,21	5,00	14,83	32,92	0,083	5,054	2,00
11D-SU-06	0,3	10,00	10,00	605,00	2,00	2,00	2,00	7,14	5,00	14,61	13,53	0,083	5,436	2,00
11D-SU-06	1,0	10,00	10,00	81,16	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	13,80	24,98	0,083	5,450	2,00
11D-SU-07	0,3	10,00	10,00	135,50	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	5,00	13,52	0,083	8,518	2,00
11D-SU-08	0,3	10,00	10,00	37,15	2,00	2,00	2,00	5,70	5,00	17,16	34,67	0,083	5,018	2,00
11D-SU-08	1,0	10,00	10,00	33,10	2,00	2,00	2,00	6,92	5,00	18,84	34,38	0,083	4,523	2,00
104-SU-01	0,3	10,00	10,00	1379,00	2,00	2,00	2,00	6,89	5,00	12,53	85,64	0,167	7,487	2,00
104-SU-01	1,0	10,00	10,00	104,70	2,00	2,00	2,00	5,11	5,00	17,38	90,66	0,083	7,973	2,00
104-SU-02	0,3	10,00	10,00	2285,00	2,00	2,00	2,00	7,73	5,00	6,19	7,79	0,270	7,973	2,00
104-SU-02	1,0	10,00	10,00	115,30	2,00	2,00	2,00	5,22	5,00	17,21	59,24	0,083	7,636	2,00
104-SU-03	0,3	10,00	10,00	3387,00	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	6,60	8,00	0,237	8,072	2,00
104-SU-03	1,0	10,00	10,00	1148,00	2,00	2,00	2,00	12,42	5,00	26,76	88,07	0,117	7,791	2,00

Puntos	Profundidad (m)	Arsénico total	Selenio Total	Bario Total	Berilio Total	Cadmio Total	Plata Total	Plomo Total	Talio Total	Vanadio Total	Níquel Total	Mercurio Total	pH (U. De pH)	Cromo Hexavalente
104-SU-04	0,3	10,00	10,00	4436,00	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	15,44	64,03	0,109	7,902	2,00
104-SU-04	1,0	10,00	10,00	1845,00	2,00	2,00	2,00	7,89	5,00	19,36	73,70	0,083	7,770	2,00
104-SU-05	0,3	10,00	10,00	1154,00	2,00	2,00	2,00	5,39	5,00	12,16	53,24	0,083	8,004	2,00
104-SU-05	1,0	10,00	10,00	417,70	2,00	2,00	2,00	9,06	5,00	24,12	61,07	0,083	7,531	2,00
104-SU-06	0,3	10,00	10,00	512,20	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	11,17	55,15	0,083	7,682	2,00
104-SU-06	1,0	10,00	10,00	82,48	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	9,82	86,75	0,083	8,097	2,00
104-SU-07	0,3	10,00	10,00	2118,00	2,00	2,00	2,00	5,00	5,00	6,05	13,11	0,173	7,808	2,00
104-SU-07	1,0	10,00	10,00	88,43	2,00	2,00	2,00	56,78	5,00	37,45	23,23	0,083	7,525	2,00
104-SU-08	0,3	10,00	10,00	3738,00	2,00	2,00	2,00	6,61	5,00	9,78	44,04	0,249	8,037	2,00
104-SU-08	1,0	10,00	10,00	337,30	2,00	2,00	2,00	9,21	5,00	20,34	70,33	0,083	7,903	2,00



El límite máximo estipulado por la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 en la categoría de uso industrial para arsénico es 260,00 mg/kg y 5100,00 mg/kg para selenio. Los dos metales en el estudio obtuvieron valores por debajo de sus respectivos límites máximos permisibles en la mayoría de los sitios de muestreo (menos de 10,00 mg/kg), lo que significa la ausencia de contaminación por arriba de la normatividad para ambos metales. La excepción fueron las muestras CFN-SU-18, CFN-SU-20, CFN-SU-54, CFN\_SU\_55 , CFN\_SU\_56 , CFN\_SU\_84, CFN\_SU\_95 y CFN\_SU\_108, las cuales presentaron niveles de Arsénico por arriba de la NOM de uso Agrícola/Residencial.

Por otro lado, la muestra CFN-SU-54 con profundidad de 0,3 metros obtuvo valor de 526,80 mg/kg base seca y la muestra CFN\_SU\_85 con profundidad 0,5 metros obtuvo valor de 440,70 mg/kg base seca, los cuales fueron valores por encima de la concentración de referencia totales descritas por la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 en la categoría de uso industrial (260,00 mg/kg; Figura VII.2.9.3.2). Por consiguiente, estos sitios constituyen potenciales pasivos ambientales y serán descritos en la Sección VII.5 Registro de Daños Preexistentes.

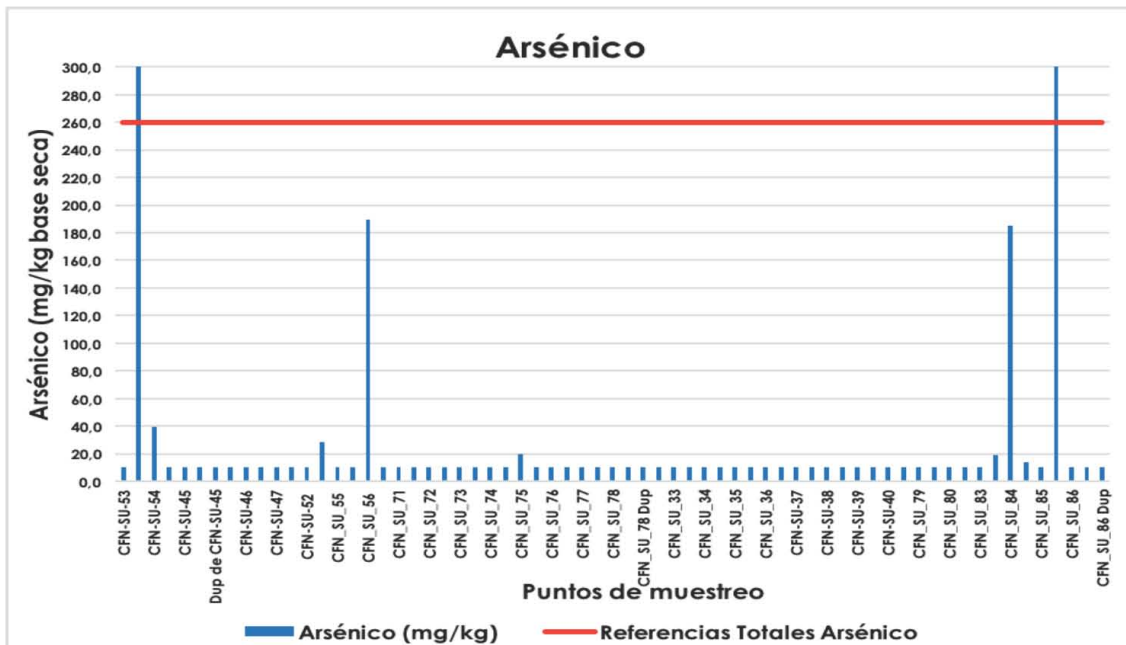


Figura VII.2.9.3.2. Valores de arsénico de las muestras CFN-SU-53 a la muestra CFN\_SU\_86 Dup, en los sitios de muestreo de Fortuna Nacional.

### **Bario**

El bario se presenta en la naturaleza de diferentes formas y es ampliamente utilizado en la industria del petróleo. Este metal no es un elemento muy móvil en la mayoría de los sistemas de suelo debido a la formación de sales solubles en agua y su distribución en suelos y sedimentos (WHO 2001).

Las concentraciones de referencia totales de bario en suelo están normado por la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, donde la categoría de uso industrial estipula que el valor máximo es de 67000,00 mg/kg. En el presente estudio, el valor promedio de bario fue de 992,78 mg/kg, registrándose el valor máximo de 13160,00 mg/kg base seca con profundidad de 0,3 metros en el sitio CFN-SU-53. Aunque este valor se encuentra por debajo de la NOM para uso industrial, si rebasa el de uso Agrícola/Residencial. Otras muestras que rebasaron este uso fueron CFN\_SU\_56, CFN\_SU\_84, CFN\_SU\_85, CFN\_SU\_87, CFN\_SU\_88 y CFN-SU-111.

### **Berilio, Cadmio, Plata y Cromo Hexavalente**

El cadmio es un mineral que existe naturalmente en la corteza terrestre, con amplio uso en la agricultura y sobre todo en las industrias como la petrolera (Peláez, Casierra-Posada, y Torres , 2014). Los derivados del cromo hexavalente son de origen antropogénico y en altas concentraciones produce toxicidad para las plantas al ocasionar disminución en la incorporación de calcio, potasio, fósforo, hierro y manganeso, además de afecciones en el metabolismo de los carbohidratos y disminución de la clorofila (Lora y Bonilla, 2010). Por otro lado, la movilidad del cromo depende de las características de absorción del suelo, incluyendo el contenido de arcilla, el contenido de óxido de hierro y la cantidad de materia orgánica presente (Wuana y Okieimen, 2011). Tales metales se encuentran relacionados con agentes químicos utilizados en actividades petrolera.

Schmidt & Diet, (1987), mencionan que la concentración en general de berilio en suelo no contaminado se encuentra en un rango de 0,1-3,0 mg/kg. Riley et al. (1992), reportó rangos de concentración del suelo de cadmio y cromo hexavalente, con concentración de 0,10- 345,00 mg/kg y

0,05- 3950,00 mg/kg, respectivamente. Siebe, *et al.*, (2005) menciona en un estudio en suelo de un activo petrolero valores promedios de cadmio, 0,90 mg/kg y cromo, 54,30 mg/kg.

El límite máximo estipulado por la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 en la categoría de uso industrial (mg/kg) es: para berilio 1900,00, para cadmio 450,00, para plata 5100,00 y para cromo hexavalente 510,00 mg/kg. En el presente estudio, los valores obtenidos para la mayoría de estos metales se encontraron por debajo del límite de cuantificación analítica (2,00 mg/kg base seca), o cuando se presentaron estos valores fueron bajos, garantizando de la NOM para estos metales.

### **Plomo y Talio**

La fuente importante de exposición del plomo del suelo es a través de la ingestión directa de suelo o polvo contaminado. En general, las plantas no absorben ni acumulan plomo, sin embargo, en los suelos con altos niveles de plomo, es posible que se absorba (Wuana y Okieimen, 2011).

En estudios realizados en otras latitudes, Riley *et al.* (1992), reportaron rangos de concentración del suelo para plomo de 1,00-60,000 mg/kg, mientras que Siebe, *et al.*, (2005) menciona en un estudio de suelo un valor promedio de 18,4 mg/kg para muestras de plomo.

El límite máximo estipulado por la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 en la categoría de uso industrial para plomo es de 800,00 mg/kg y 67,00 mg/kg para talio. En el presente estudio, el valor promedio de plomo fue de 23,17 mg/kg base seca, mientras que el valor máximo fue de 915,40 mg/kg base seca en el sitio CFN-SU-53 (0,5m), el cual se colocó por arriba de la NOM. En la figura VII.2.9.3.3. se observa la distribución espacial de los valores de plomo en algunos de los sitios de muestreo. Otros sitios importantes a destacar son las muestras CFN\_SU\_56 y CFN\_SU\_56, las cuales rebasaron la NOM para uso Agrícola/Recreativo con 788.3 y 707.3 mg/kg base seca, respectivamente.

Las límites máximos permisibles para Talio, establecidos por la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 son es de 67,00 mg/kg en la categoría de uso



industrial y de 5.2 mg/kg para uso Agrícola/Residencial. Por lo tanto las muestras CFN-SU-24, CFN-SU-17, CFN-SU-18, CFN-SU-6, CFN-SU-7 y CFN-SU-8 rebasaron el estándar Agrícola/Recreativo con valores de 16.74, 16.01, 19.20, 7.47, 9.80 y 6.00 mg/kg, respectivamente.

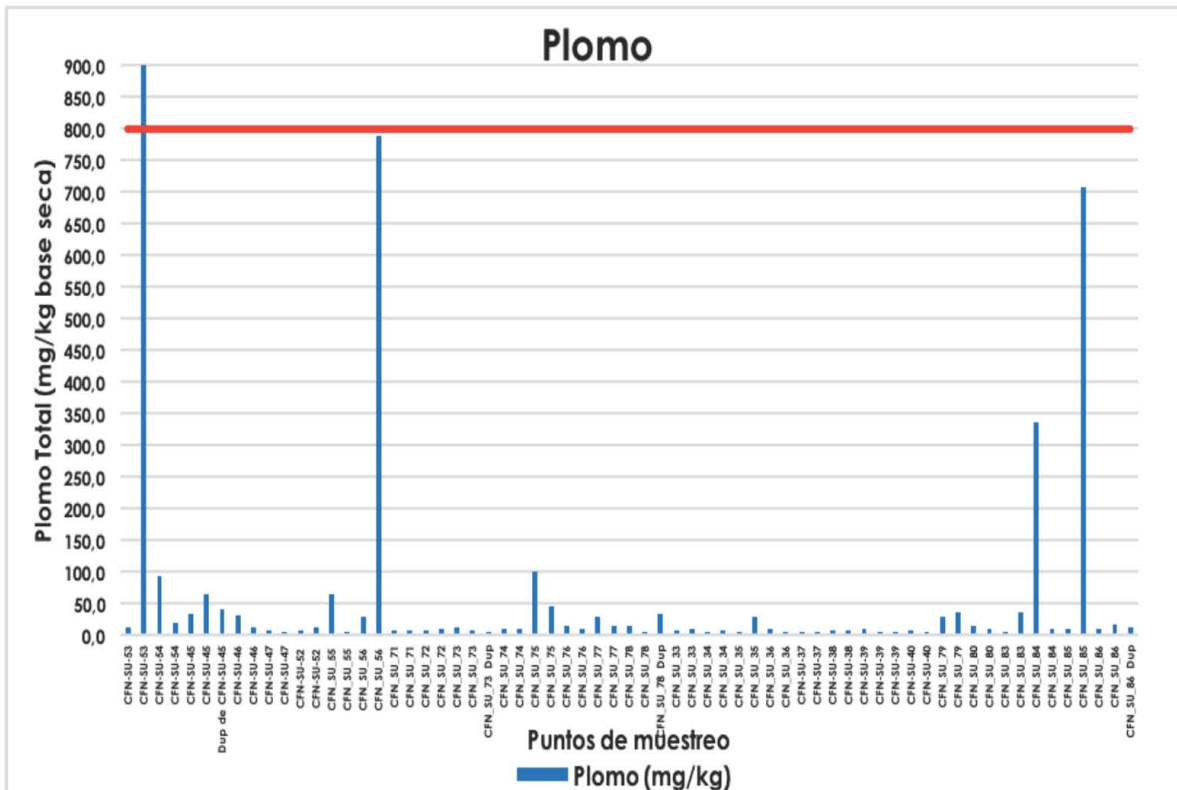


Figura VII.2.9.3.3. Valores de plomo en los sitios de muestra entre CFN-SU-53 a CFN-SU-86 Dup.

### Vanadio y Níquel

El límite máximo estipulado por la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 en la categoría de uso industrial para vanadio es de 1000,00 mg/kg y níquel 20000,00 mg/kg, mientras que para uso Agrícola/Residencial es de 78 y 1600 mg/kg, respectivamente. El valor promedio de vanadio fue de 16,38 mg/kg base seca, con un valor máximo de 94,39 mg/kg base seca en la muestra 11D-SU-03 (0,3m). Esta muestra, junto con CFN-SU-17, Duplicado CFN-SU-5, CFN-SU-7, CFN-SU-03, CFN-SU-107, CFN-SU-111 y 11D-SU-05

presentaron valores por arriba de la NOM para uso Agrícola/Residencial, aunque se mantuvieron por debajo de la NOM para Uso Industrial.

Por su parte el níquel presentó valores promedio de 59,02 mg/kg, con un valor máximo 297,40 mg/kg base seca en CFN-SU-49. Todas las muestras se mantuvieron por debajo de la NOM para uso industrial y para uso Agrícola/Residencial.

### **Mercurio**

El límite máximo estipulado por la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 en la categoría de uso industrial para mercurio es 310,00 mg/kg y de 23 mg/kg para uso Agrícola/Residencial. El valor promedio en el presente estudio fue de 0,496 mg/kg base seca, mientras que el valor máximo fue de 32,042 en el sitio CFN\_SU\_86 (0,3 m), rebasando la NOM para uso Agrícola/Residencial pero debajo de la de Uso Industrial..

### **pH**

El pH es un factor que afecta la especiación química e influye en la toxicidad de los metales, generando cambios en la capacidad de adsorción (Páez-Osuna, 2005). Las formas químicas de los metales pesados en el suelo se ven afectadas por el pH. El aumento en el valor del pH da como resultado una mayor adsorción de cadmio, zinc y cobre por suelos, y reduce la absorción de cadmio, zinc y plomo en las plantas (Xian y Shokohifard, 1980). En el presente estudio, el valor promedio fue de 7,750 con un valor máximo de 9,972 en CFN-SU-02 con profundidad de 0,5 metros, y un valor mínimo de pH de 4,523 en el sitio 11D-SU-08 profundidad 0,5 m. En la figura VII.2.9.3.4 se observa la distribución espacial de los valores de pH en los sitios de muestreo.

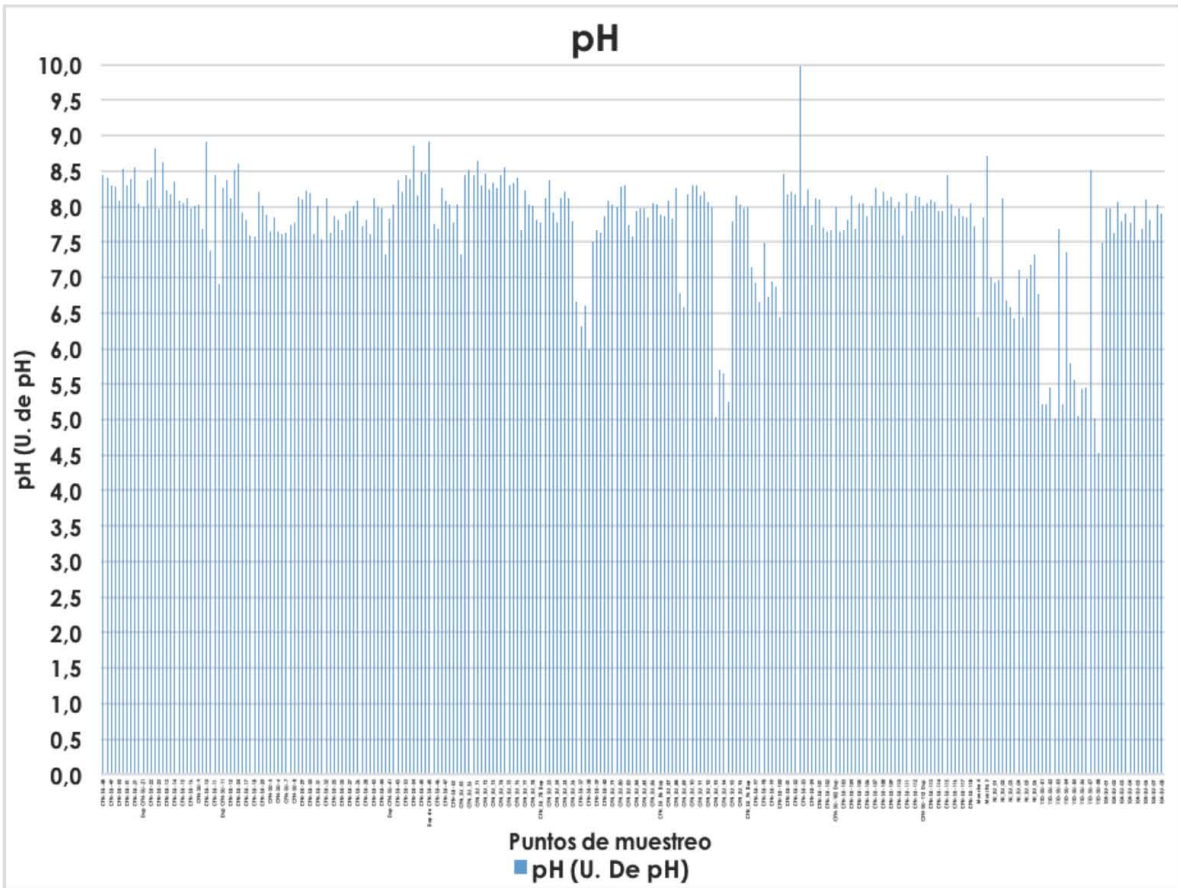


Figura VII.2.9.3.4. Valores de pH en los sitios de muestreo.

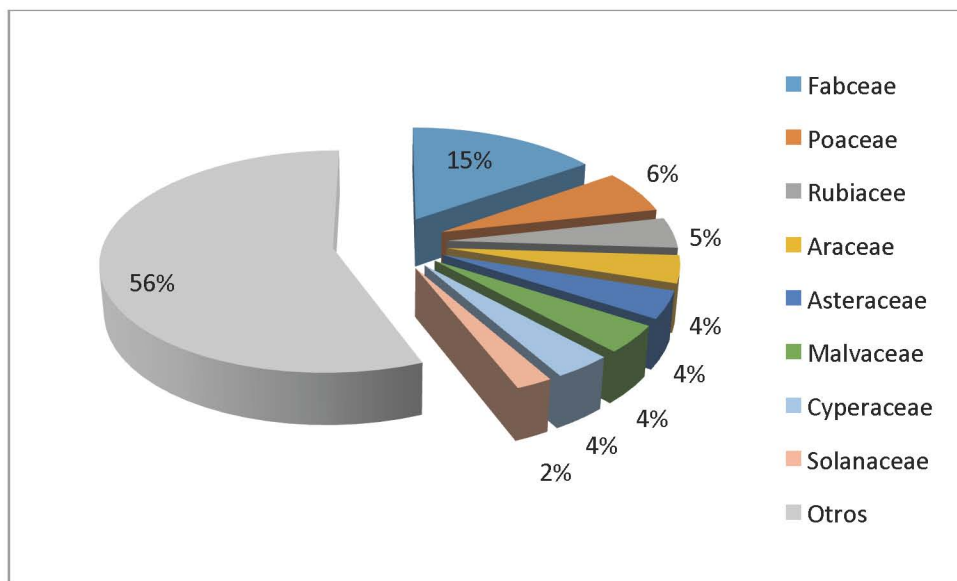


## VII.3.1. Biota

### Composición Florística

La composición florística de toda el área de concesión de El Campo Fortuna Nacional se clasifico y/o se agrupó por especies, géneros y familias de acuerdo con el sistema de clasificación de Judd y colaboradores (1999, 2001), ya que esta clasificación toma en cuenta las filogenias de las especies vegetales.

Se registraron un total 62 familias, que incluyeron 189 géneros y 223 especies de plantas vasculares. Las familias mejor representadas por número de especies fueron: Fabaceae con 15% (34 especies), la familia Poaceae con 6% (14), Rubiaceae con el 5% (10) y Araceae 4% (9) (Figura VII.3.1.1).



**Figura VII.3.1.1. Familias mejor representadas por número de especies en el Campo Fortuna Nacional**

Los géneros mejor representados fueron *Cyperus* 3% (6 especies), *Solanum* 3% (5), *Ipomoeae* con 2%(4), *Acacia* y *Citrus* 2 % (3), tal y como se aprecia en la figura VII.3.1.2.

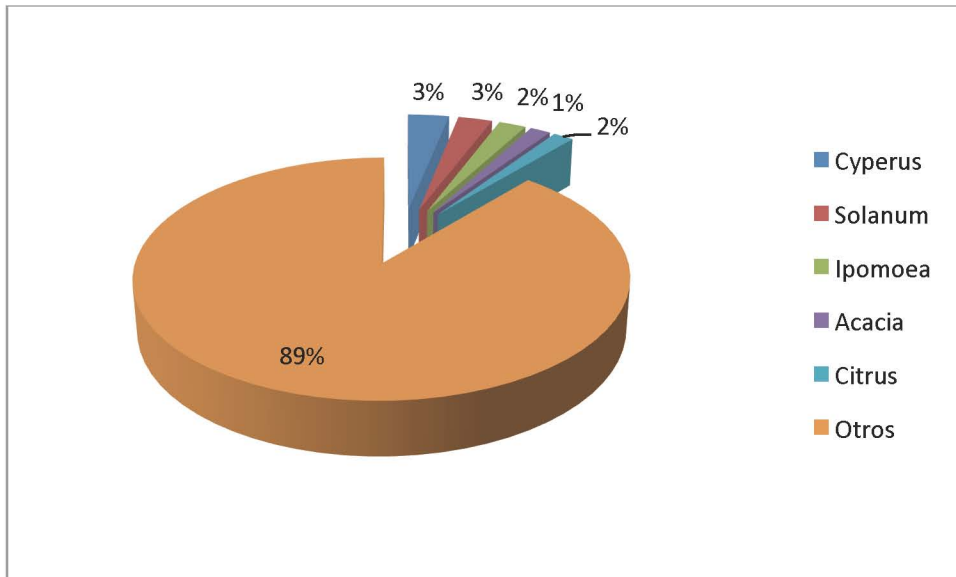


Figura VII.3.1.2. Porcentaje de Géneros mejor representados en el área de estudio.

### Forma biológica

El análisis de los datos nos permitió apreciar que la forma de vida mejor representada es la arbórea con el 35% (77), le siguió la herbácea con el 27% (61), las arbustivas 22% (50), el bejuco con 12% (27) y las palmas con el 4% (8) (ver figura VII.3.1.3).

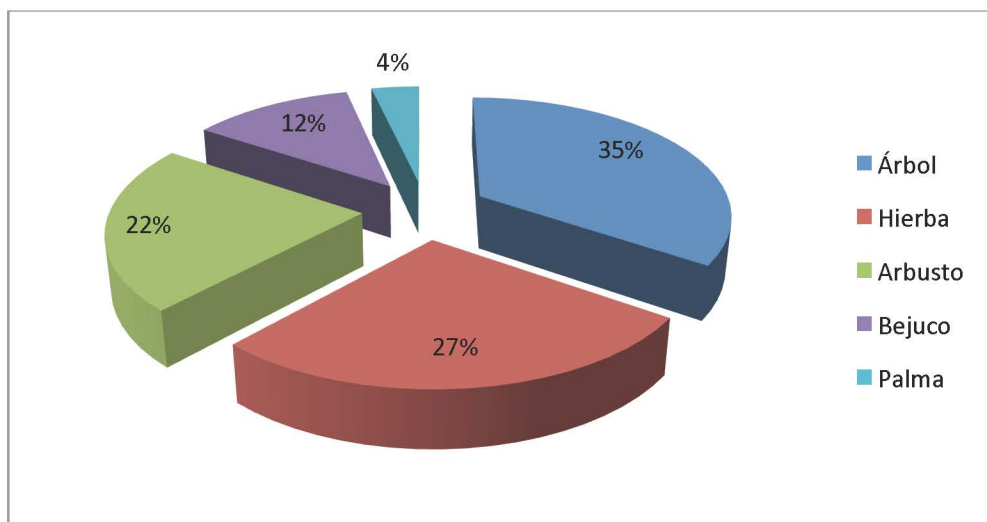


Figura VII.3.1.3. Porcentaje de Formas de vida registradas en el área de estudio.

### Especies vegetales incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

De acuerdo a los recorridos de campo y por las particularidades del área de estudio se detectaron dos especies de plantas en categorías de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010. Estas especies son *Astronium graveolens* y *Cedrela odorata* (cedro), tal como se aprecia en la Tabla VII.3.1.1.

**Tabla VII.3.1.1. Especies de vegetales.**

ESPECIES	FAMILIA	Estatus
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Anacardiaceae	Amenazada
<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	Protegida

La especie *Astronium graveoles* fue observada como arbusto de 3 a 5 metros de altura en el interior de la selva mediana subperennifolia. En cambio la especie *Cedrela odorata* (cedro) se observó en varios ambientes, con individuos de 22 a 35, cm de DAP y alturas de 10 a 14 metros. Estas dos especies tienen amplia distribución geográfica, por lo tanto no son considerados como endémicos de la zona de estudio.

### Resultados de los muestreos

Debido a que la vegetación natural en la mayor parte del campo ha sido sustituida en su totalidad por actividades agropecuarias, asentamientos humanos e infraestructura petrolera, solo fue posible encontrar tipos representativos de flora para la realización de índices ecológicos en un manchón de selva mediana localizado al norte del predio. Por tal motivo, solo se presentan los resultados para esta zona, donde se realizaron tres cuadrantes (Fig. VII.3.1.4).

Uno de los índices más utilizados para medir la diversidad es el índice de Shannon-Wiener. Este índice mide la heterogeneidad de una comunidad; entre más alto sea el valor, mayor será su heterogeneidad. Este índice adquiere valores de 0 cuando hay una sola especie y el logaritmo neperiano de  $S$  cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Moreno, 2001). El resultado de la aplicación de dicho índice dentro del manchón de selva mediana fue de 3.406 por lo



tanto demuestra que esta comunidad está distribuida de manera equitativa.

Por otro lado el índice de equidad de Pielou posee valores que pueden variar de 0 a 1, siendo cercanos a 1 los que corresponden a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes. El resultado de la aplicación de este índice en las parcelas es igual a 0.895, esto nos demuestra que las especies están equitativamente distribuidos en la selva mediana subperennifolia.



**Figura VII.3.1.4. Ubicación de los cuadrantes realizados para la medición de índices ecológicos.**

### **Estructura de la vegetación**

Se entiende por estructura de la vegetación al ordenamiento en sentido vertical y horizontal de los componentes de una comunidad o asociación vegetal. La estructura vertical se refiere a los diferentes estratos basados en altura de los diferentes individuos que conforman la vegetación y la

estructura horizontal hace referencia a la densidad, abundancia, frecuencia, dominancia y valor de importancia (Rangel y Velázquez, 1997).

### a) Estructura vertical

En la selva mediana subperennifolia donde se realizaron los cuadrantes, el 42.62% de los individuos presentan una altura de 7-9.9 m, siguiendo los individuos entre 4-6.9 m con el 34.4% y los de 10-12.9 m con el 12.02%. Analizando estas categorías y porcentajes se puede decir que en esta selva la mayor parte de los individuos se encuentran aún en estado joven (Figura VII.3.1.5).

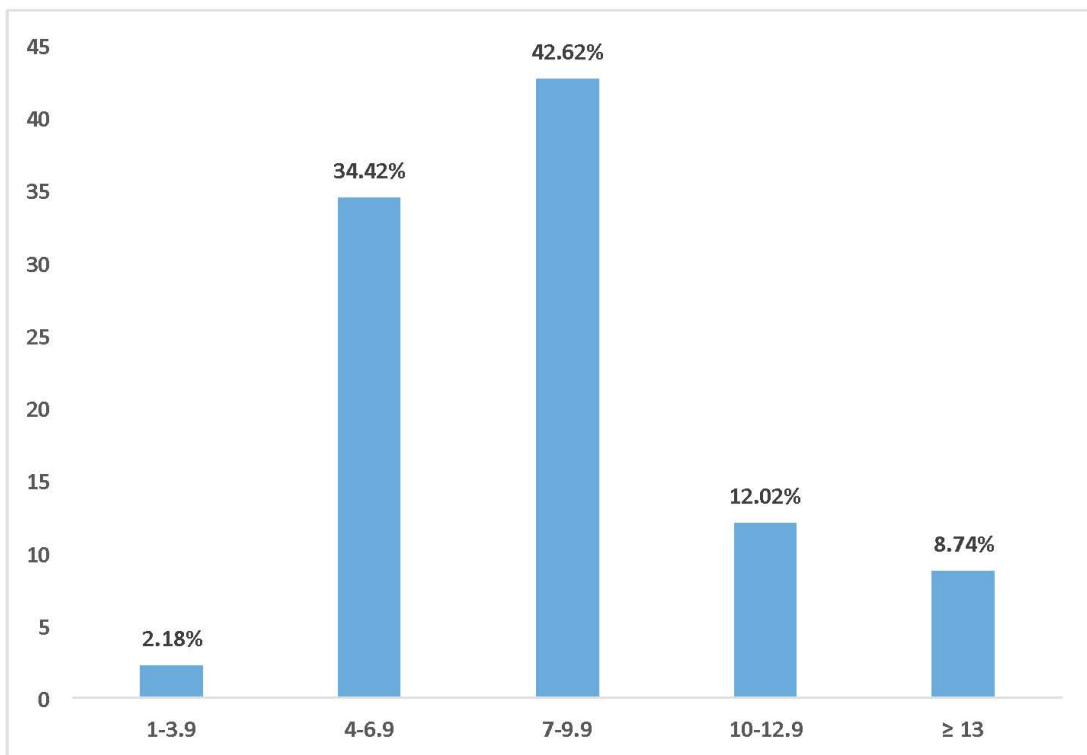


Figura VII.3.1.5. Distribución de las alturas de los individuos en los muestreos.

### b) Estructura horizontal

Con respecto a la distribución de los diámetros, se observó que los individuos que presentaron de 3-6.9 cm de diámetro corresponden al 39.89% del total, los de 19 -22.9 comprendieron el 3.82%, mientras los mayores a 27 cm representaron solo el 7.56%, (Figura VII.3.1.6).

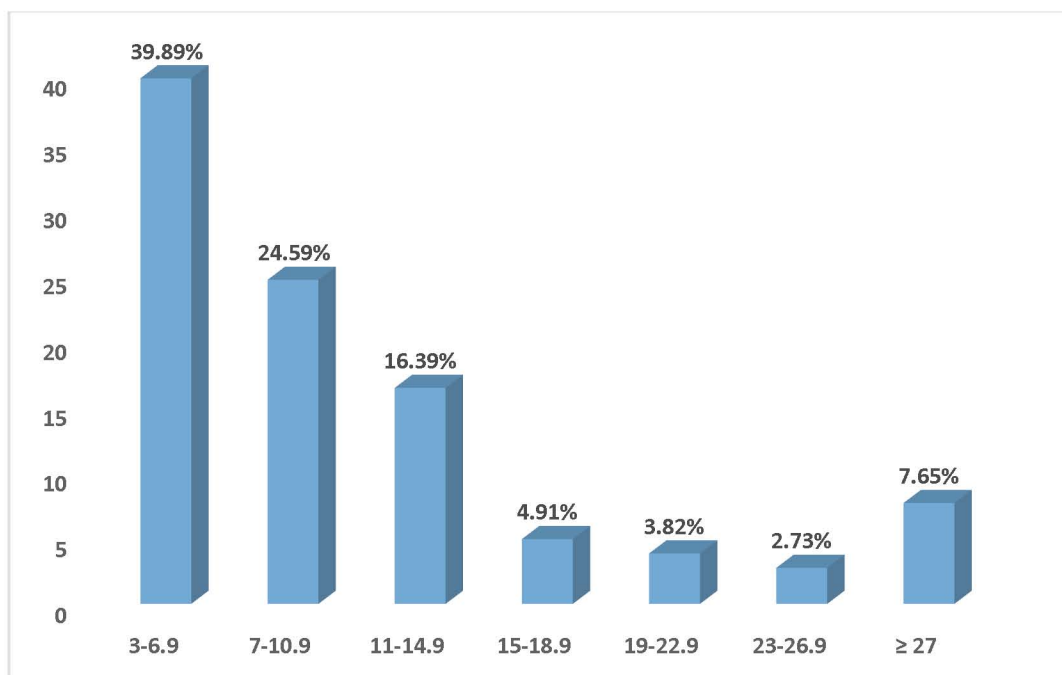


Figura VII.3.1.6. Distribución de las clases diamétricas.

## Parámetros ecológicos

### a) Densidad

Se registró un total de 183 individuos (1,525 ind/hectáreas) en los tres sitios muestreados en la selva mediana subperennifolia (Tabla VII.3.1.2). La especie más abundante fue *Brosimum alicastrum* (183.333 ind/ha), seguida de *Tabernaemontana arborea* (133.333 ind/ha) y *Faramea occidentalis* (100 ind/ha).

Tabla VII.3.1.2. Valores de densidad para La Selva Mediana Subperennifolia.

Tipo de vegetación	No. Individuos	100 m <sup>2</sup>	1 ha (10,000 m <sup>2</sup> )
SMSP	183/1,200 m <sup>2</sup>	15.25	1,525

### b) Abundancia relativa

Este término se refiere al número de individuos de una determinada especie con relación al número total de especies encontradas en una



unidad de muestreo. Las especies más abundantes en la selva mediana subperennifolia fueron *Brosimum alicastrum* con el 12.02%, seguida de *Tabernaemontana arborea* con 8.74% (Fig. VII.3.1.7).

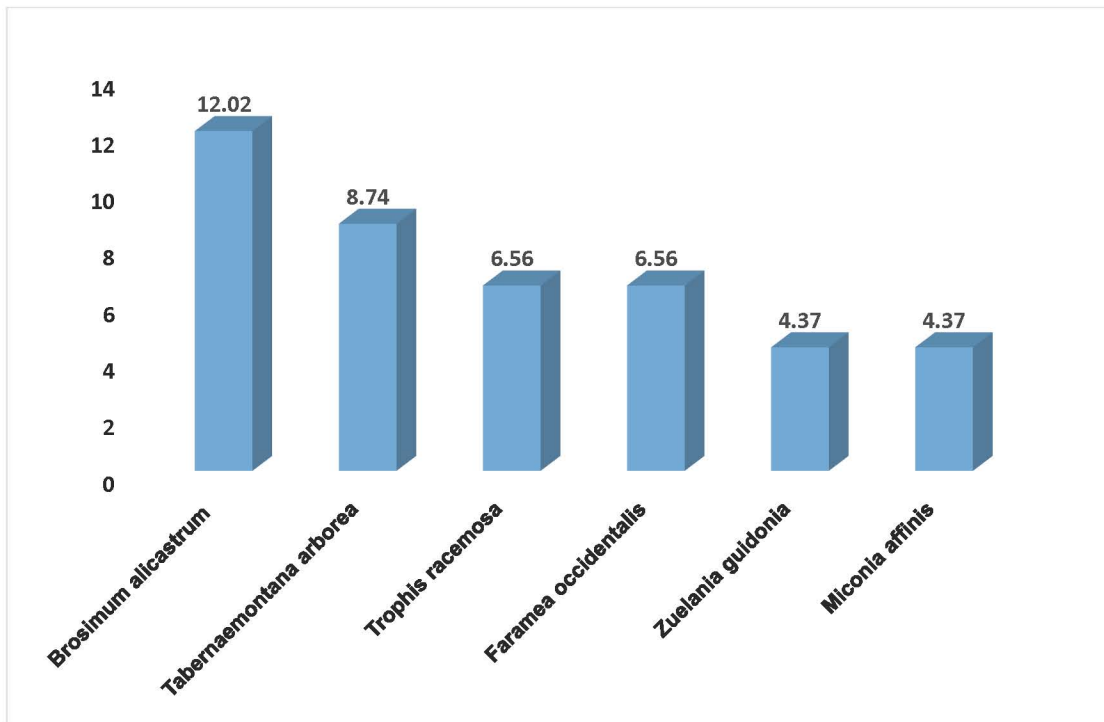


Figura VII.3.1.7. Especies Más Abundantes

### c) Frecuencia relativa

La frecuencia se define como la ocurrencia de una especie con relación a la suma de ocurrencia de todas las especies. La especies más frecuentes fueron *Brosimum alicastrum* con el 8.13%, seguida de *Tabernaemontana arborea* con el 7.15% y *Trophis racemosa* con el 6.44% (Fig. VII.3.1.8).

### d) Dominancia relativa

Con este parámetro ecológico se obtuvo la dominancia de algunas especies sobre el resto de las otras especies presentes en el área. La dominancia relativa se define como la dominancia de una especie con relación a la dominancia de todas las especies. Las especies más dominantes en la selva mediana subperennifolia fueron *Samanea saman* con el 45.67%, seguida de *Albizia niopoides* con 29.44% y *Spondias monbin* con el 11.84% (Fig. VII.3.1.9).

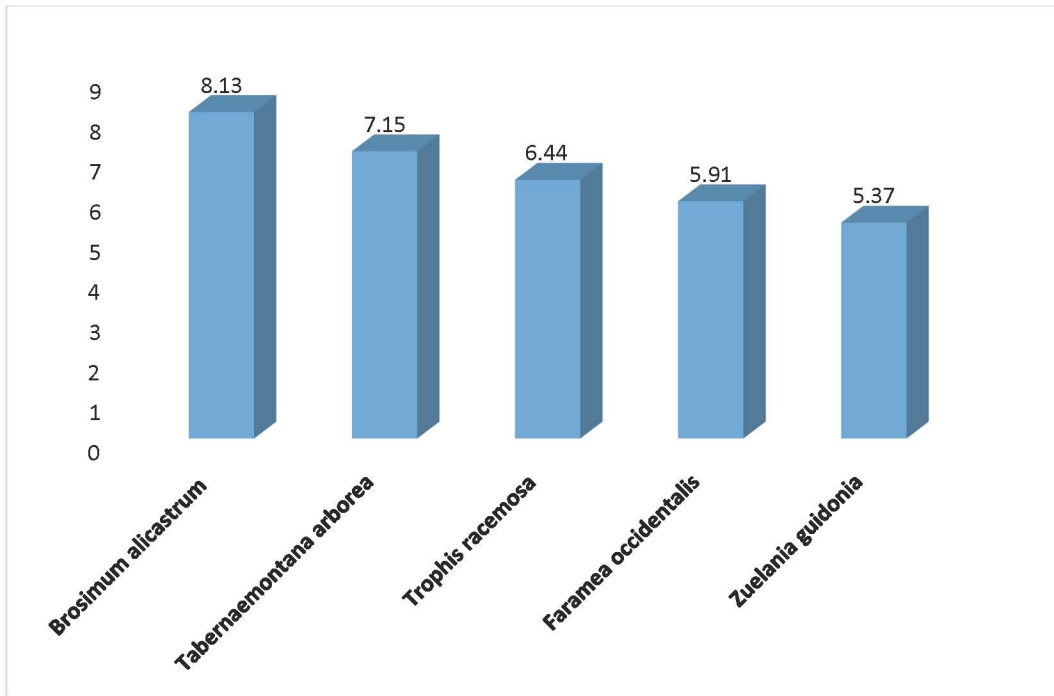


Figura VII.3.1.8. Especies Más Frecuentes

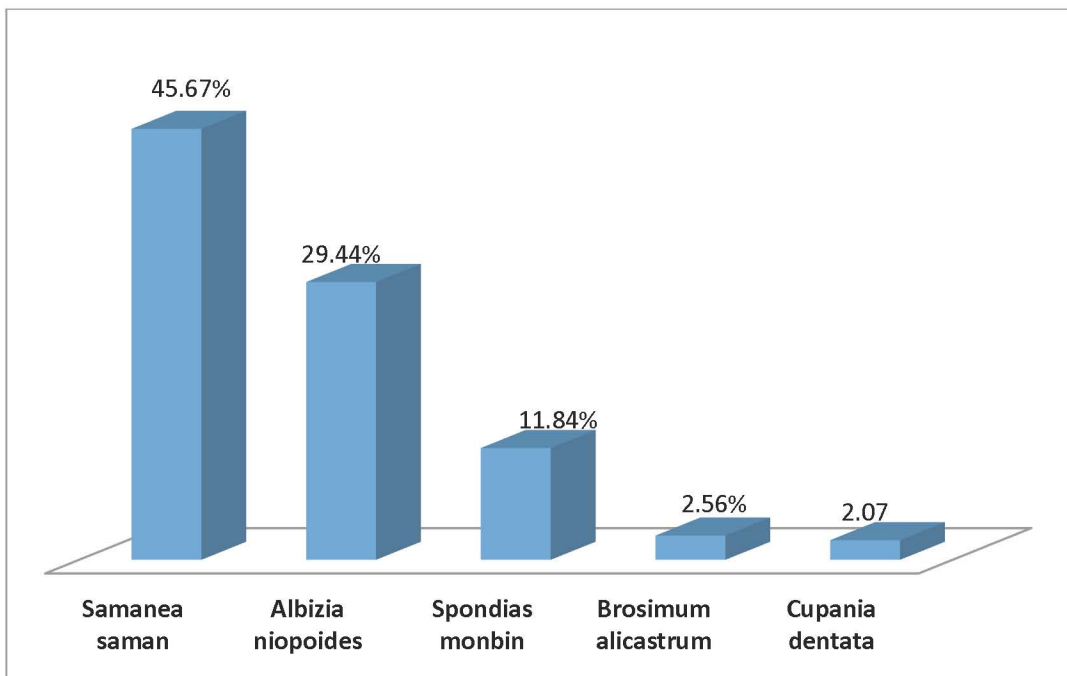


Figura VII.3.1.9. Especies Más Dominantes

### e) Índice de valor de importancia

Mediante la medición del Índice Valor de Importancia (IVI) de las especies; el cual consiste en la sumatoria de los valores relativos de abundancia, frecuencia y dominancia, se puede medir la importancia ecológica relativa de las especies vegetales en una comunidad. En este sentido, las especies más importantes en este tipo de selva fueron *Samanea saman* con el 46.70%, seguida de *Albizia niopoides* con 32.85% y *Brosimum alicastrum* 22.71% (Tabla VII.3.1.3; Fig. VII.3.1.10).

**Tabla VII.3.1.3. Valores de índice de valor de importancia.**

Especies	Densidad relativa	Frecuencia Relativa	Dominancia Relativa	Índice de valor de importancia
<i>Samanea saman</i>	0.54644809	0.488454707	45.67441176	46.7093146
<i>Albizia niopoides</i>	1.63934426	1.776198934	29.43972764	32.8552708
<i>Brosimum alicastrum</i>	12.0218579	8.126110124	2.566082173	22.7140502
<i>Tabernaemontana arborea</i>	8.7431694	7.14920071	0.954379544	16.8467497
<i>Spondias monbin</i>	1.63934426	2.442273535	11.8462879	15.9279057
<i>Trophis racemosa</i>	6.55737705	6.438721137	0.227620945	13.2237191
<i>Faramea occidentalis</i>	6.55737705	5.905861456	0.19912265	12.6623612
<i>Zuelania guidonia</i>	4.3715847	5.373001776	1.232115201	10.9767017
<i>Miconia affinis</i>	4.3715847	5.017761989	0.114281388	9.50362808
<i>Stemmadenia donnell-smithii</i>	3.82513661	4.662522202	0.069348993	8.55700781
<i>Acacia cornigera</i>	3.82513661	4.351687389	0.045540394	8.22236439
<i>Guazuma ulmifolia</i>	3.27868852	3.774422735	0.710633793	7.76374505
<i>Randia sp.</i>	3.27868852	4.040852575	0.038328345	7.35786944
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	3.27868852	3.507992895	0.278692609	7.06537403
<i>Cupania dentata</i>	2.18579235	2.797513321	2.079194401	7.06250007
<i>Castilla elastica</i>	3.27868852	3.241563055	0.065198977	6.58545056
<i>Randia armata</i>	2.18579235	2.975133215	0.020946602	5.18187217
<i>Alibertia edulis</i>	2.18579235	2.619893428	0.009971708	4.81565749
<i>Burcera simaruba</i>	1.63934426	2.042628774	0.695323812	4.37729685
<i>Pachira aquatica</i>	1.63934426	2.309058615	0.005678273	3.95408115
<i>Cordia alliodora</i>	1.63934426	2.175843694	0.052779349	3.86796731
<i>Blepharidium mexicanum</i>	1.63934426	1.909413854	0.091946211	3.64070433
<i>Trichilia sp.</i>	1.09289617	1.554174067	0.140204279	2.78727452
<i>Zanthoxylum riedelianum</i>	1.09289617	1.642984014	0.030870252	2.76675044
<i>Sideroxylon sp.</i>	1.09289617	1.465364121	0.010617427	2.56887772
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	0.54644809	0.26642984	1.696151924	2.50902985



<i>Randia aculeata</i>	1.09289617	1.376554174	0.00641638	2.47586673
<i>Psychotria</i> sp.	1.09289617	1.287744227	0.009234409	2.38987481
<i>Lonchocarpus hondurensis</i>	1.09289617	1.198934281	0.022361378	2.31419183
<i>Laetia thamnina</i>	1.09289617	1.110124334	0.005436123	2.20845663
<i>Inga jinicuil</i>	1.09289617	1.021314387	0.058243359	2.17245392
<i>Cordia</i> sp.	1.09289617	0.6660746	0.330422429	2.0893932
<i>Eugenia</i> sp.	1.09289617	0.93250444	0.015580137	2.04098075
<i>Dolioscarpus coriaceus</i>	1.09289617	0.843694494	0.017124202	1.95371487
<i>Cupania glabra</i>	1.09289617	0.754884547	0.035186232	1.88296695
<i>Colubrina arborescens</i>	1.09289617	0.577264654	0.099610513	1.76977134
<i>Cassia grandis</i>	0.54644809	0.13321492	0.498564373	1.17822738
<i>Sabal yapa</i>	0.54644809	0.444049734	0.107689904	1.09818773
<i>Pouteria campechiana</i>	0.54644809	0.39964476	0.003988515	0.95008136
<i>Dialium guianense</i>	0.54644809	0.222024867	0.151296562	0.91976952
<i>Genipa americana</i>	0.54644809	0.355239787	0.002536919	0.90422479
<i>Ficus ovalis</i>	0.54644809	0.310834813	0.030031667	0.88731457
<i>Cecropia peltata</i>	0.54644809	0.177619893	0.156764593	0.88083257
<i>Acacia</i> sp.	0.54644809	0.044404973	0.1540144	0.74486746
<i>Bravaisia berlandieriana</i>	0.54644809	0.088809947	4.13529E-05	0.63529939

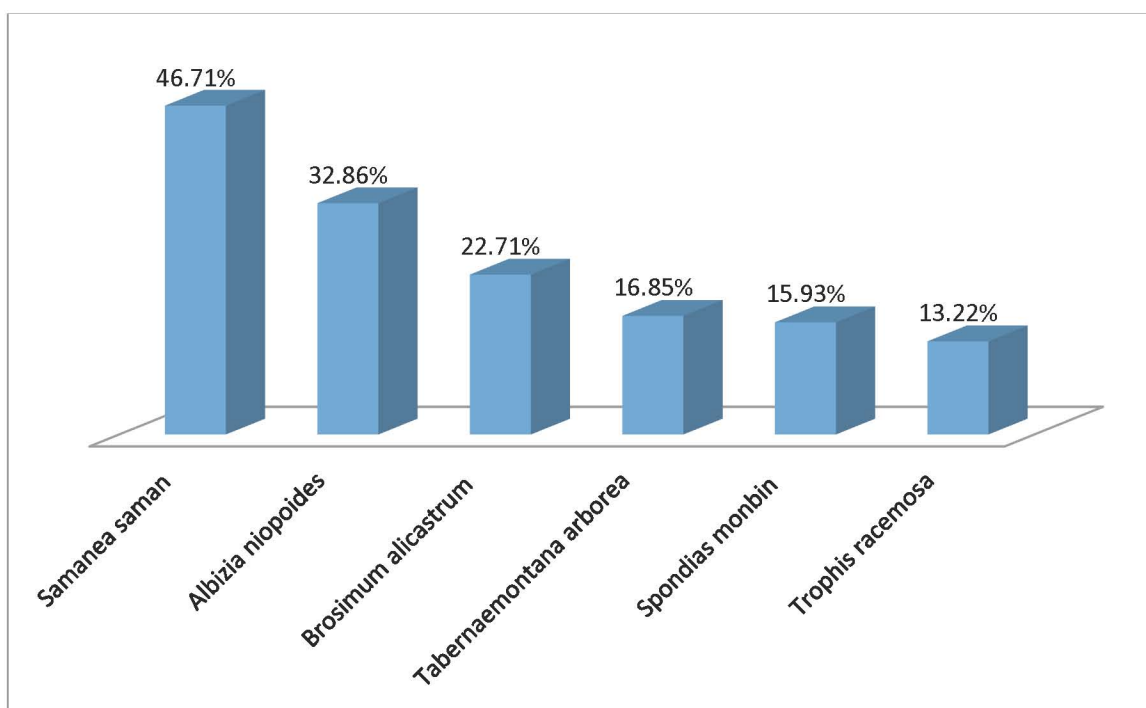


Figura VII.3.1.10. Especies Más Importantes

## Discusión

La aplicación de los índices de Shannon-Wiener y Pielou demostró que las especies dentro del manchón de selva mediana subperennifolia están equitativamente distribuidos. Sin embargo, si comparamos los resultados de los tres sitios de muestreo, existe una variación en cuanto al tamaño de los individuos. En primera instancia el cuadrante uno tiene una altura promedio de 8.30m, el segundo 9.11m y el tercero 7.90m. La especie más alta en el primer y segundo cuadrante fue *Albizia niopoides* con 30 y 32m, respectivamente, mientras que en el tercer sitio fue la especie *Cupania dentata* con 30 m. En cuanto al área basal por sitios, en el primer sitio la especie que sobresalió fue *Spondias monbin* con 0.124 m<sup>2</sup>/ha, en el segundo cuadrante fue *Brosimum alicastrum* con 0.049 m<sup>2</sup>/ha y el tercero fue *Cupania dentata* (0.28 m<sup>2</sup>/ha).

En términos generales la composición florística coincidió con los trabajos de Maldonado-Sánchez et al. (2010); Zarco-Espinosa et al. (2010) y Vázquez-Negrín (2011). Sin embargo, se presentaron diferencias importantes en cuanto a la riqueza de especies ya que en este trabajo se encontraron 45 especies en 1200 m<sup>2</sup>, lo cual es significativamente menor con lo reportado por Vázquez-Negrín quien encontró 117 especies diferentes en una sola hectárea de la selva alta perennifolia en el ejido niños héroes Tenosique, tabasco. Por otro lado, Maldonado Sánchez et al. reportaron 51 especies en 0.5 en una selva alta perennifolia en Tacotalpa Tabasco, tal como se aprecie en la tabla (Tabla VII.3.1.4.). De igual forma, al comparar las densidades de las especies vegetales, encontramos que los resultados del presente trabajo resultan intermedios en comparación con otros estudios realizados en Tabasco (Tabla VII.3.1.5).

**Tabla VII.3.1.4. Valores de Riqueza entre Diferentes Estudios de la Región.**

Valores y/o parámetros	Este trabajo	Vázquez-Negrin	Maldonado-Sánchez	Zarco-Espinosa
Riqueza	45	117	51	64

**Tabla VII.3.1.5. Densidades entre Diferentes Estudios de la Región.**

Trabajos	Número de individuos	100 m <sup>2</sup>	1 ha,
Zarco-Espinosa	3,789/1 ha.	37.89	3,789
Maldonado-Sánchez	549/0.5 ha	10.98	1,098
Vázquez - Negrin	4,773/1 ha	47,73	4,773
Este trabajo	183/1,200 m <sup>2</sup>	15.25	1,525

Comparando los valores de diversidad de Shanon-Winner, con respecto a otros trabajos, se puede apreciar que este trabajo es superado por Vázquez-Negrin (2011), pero es mayo al reportado por Zarco-Espinosa (Tabla VII.3.1.6). Esto sugiere, que la vegetación del presente estudio puede encontrarse en diferentes etapas de sucesión ecológica. Es decir, la selva mediana subperennifolia del presente estudio se encuentra en una etapa intermedia de desarrollo, ya que la mayor parte de los diámetros se encuentran en un rango de 3 a 10.9 que corresponden al 64.48 del total de los individuos censados.

**Tabla VII.3.1.6. Diversidad entre Diferentes Estudios de la Región.**

Valores y/o parámetros	Este trabajo	Vázquez-Negrin	Maldonado-Sánchez	Zarco-Espinosa
Diversidad (H') Shannon-Wiener	3.40	3.58	3.35	2.5

### Conclusiones Sobre la Estructura

- La selva mediana subperennifolia localizada al norte del campo Fortuna Nacional ha sufrido modificaciones ambientales en las últimas décadas. Sin embargo almacena una alta diversidad florística que actualmente se encuentra en diferentes etapas de sucesión y regeneración natural.
- Actualmente esta selva mediana es una comunidad heterogénea, con una estructura conformada por tres estratos arbóreos definidos y en buen



estado de conservación. Presenta una alta riqueza de especies, representada por un total de 62 familias que incluyen 189 géneros y 223 especies de plantas vasculares.

- Dada la alta diversidad florística es importante conservar e implementar programas de manejo para esta porción de selva que ayuden a la conservación de su biodiversidad.

## **DESCRIPCIÓN DE LA VEGETACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

El área de estudio cubre una superficie de aproximadamente 22,097,932.68 m<sup>2</sup> (2,209.79 ha). El uso del suelo y vegetación incluye actividades como la ganadería, la agropecuaria, la reforestación de hule (*Havea brasiliensis*), cuerpos de agua, potreros, selva mediana subperennifolia, selva baja inundable, zona urbana y vegetación secundaria (Fig. VII.3.1.11), las cuales se describen a continuación.

### **a) Agropecuario**

Las áreas agropecuarias ocupan escasamente 36.08 hectáreas, lo que corresponde al 1.63% del total del área de Fortuna Nacional. Aunque pequeñas en extensión, estas áreas juegan un papel importante para la economía de las rancherías locales, al ser los sitios donde se cultiva plátano y maíz.

#### **Cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*)**

El cultivo del plátano (*Musa paradisiaca*) en el campo Fortuna Nacional es una actividad que se practica en áreas pequeñas (1 ha. Fig. VII.3.1.12), con individuos de hasta 3 a 4 metros. Dentro de la misma área dedicada al plátano, los agricultores siembran yuca (*Manihot sculenta*), camote (*Ipomoea batatas*), creando de esta manera un policultivo que aprovecha al máximo el suelo.

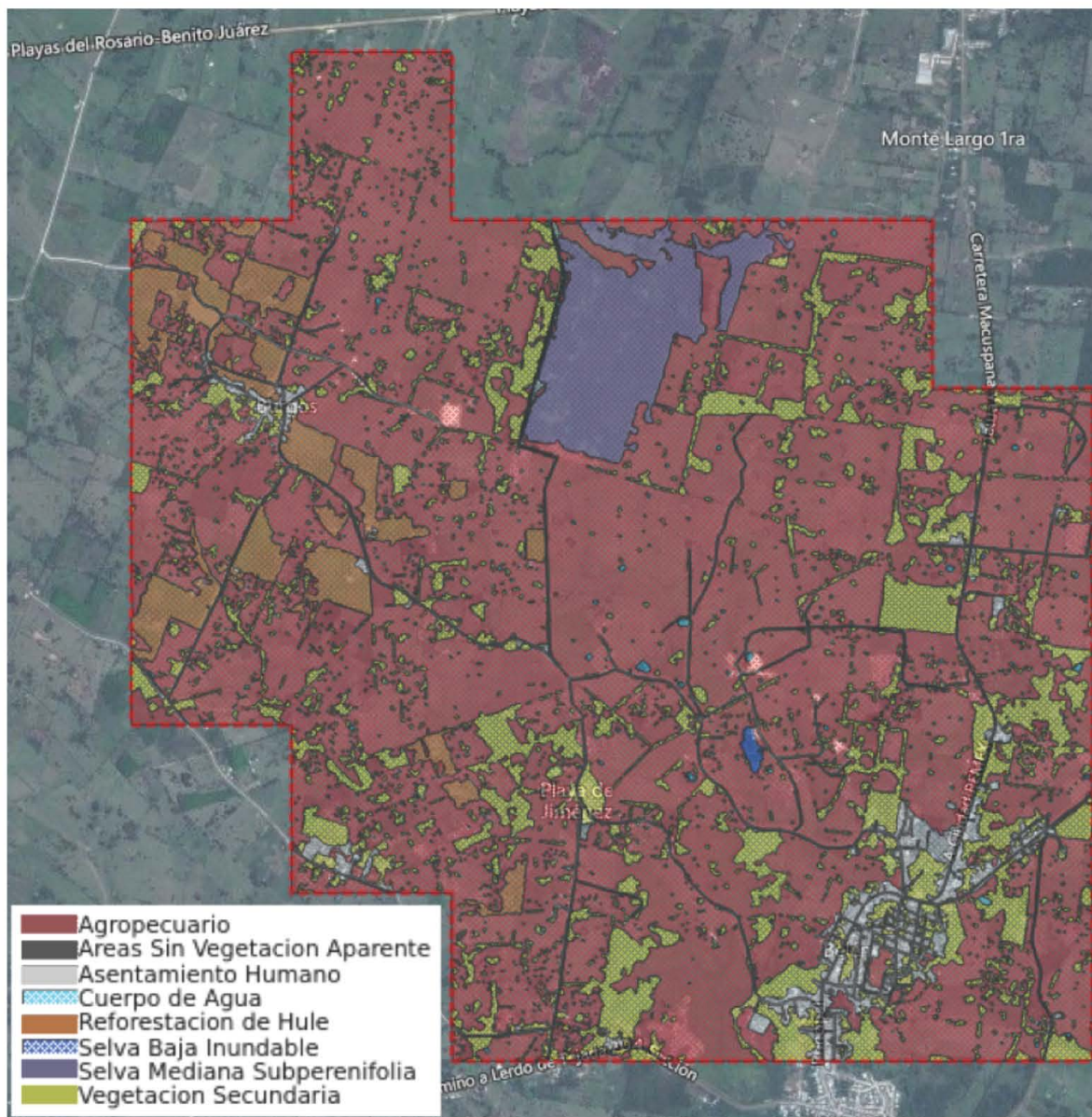


Figura VII.3.1.11. Tipos de Vegetación en el área de estudio.

### Cultivo de maíz (*Zea mays*)

En el área de estudio se cultiva el maíz (*Zea mays*), para autoconsumo y de forma temporal. El número de agricultores que se dedican a esta actividad es bajo, ya que los precios a la hora de la cosecha no son competitivos. Dentro del área de cultivo del maíz suelen sembrarse otras especies como yuca (*Manihot sculenta*), camote (*Ipomoea batatas*), y calabaza (*Cucurbita pepo*).





**Figura VII.3.1.12. Cultivo de plátano (musa paradisiaca).**

### **b) Zonas urbanas**

En el polígono del área de estudio se encuentra dos poblados que llevan por nombre Belén y Buergos. La localidad de Belén presenta 5,812 habitantes, de los cuales el 0,48% de los adultos habla alguna lengua indígena. En la localidad se encuentran 1445 viviendas y cuenta servicios básicos de educación preescolar, primaria y telesecundaria. Por otro lado la localidad de Buergos tiene una población de 566 habitantes y cuenta con escuelas de preescolar, primaria y telesecundaria.



### **c) Reforestación de hule (*Hevea brasiliensis*)**

El cultivo del árbol de hule (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.), es originario de la cuenca baja del Río Amazonas en Brasil. Actualmente existen 500,000 ha con alto potencial productivo para el cultivo de hule, en los estados de Veracruz, Oaxaca, Chiapas y Tabasco en este orden de importancia (SAGARPA, 2003). La superficie cultivada de hule en México en el año 2004 fue de 22,759 ha, de las cuales el 45.5% se cultivaron en Veracruz, 32.2% en Oaxaca, 13% en Chiapas y 9.4% en Tabasco (Plan rector, 2006). En el año 2003, el estado de Tabasco ocupó el tercer lugar en superficie cosechada a nivel nacional, después de Veracruz y Oaxaca; y en este año, el hule tabasqueño obtuvo el mejor precio rural (Fundación Produce, 2007, Izquierdo-Bautista et al., 2011). En el estado de Tabasco se generan dos tipos de materias primas: coágulo (sólida) y látex (líquida). Macuspana, Jalapa y Teapa producen únicamente coágulo. A pesar de que el látex es mejor pagado, los productores de hule prefieren entregar el producto en forma de coágulo porque la entrega a la asociación es cada 15 días, lo cual proporciona a las familias un ingreso económico (Izquierdo-Bautista et al., 2011).

En el área de estudio estas plantaciones ocupan una superficie de 99.55 ha (4.50%), las cuales presentan diferentes edades, algunos están en una etapa vejez con más de 40 años, mientras que otros fluctúan entre 15 y 25 años y son los que actualmente se encuentran en producción. La altura de estas plantaciones en el área de estudio es de 15 a 18 metros (Fig. VII.3.1.13).

### **b) Cuerpos de agua**

Los cuerpos de agua presentes en el área de estudio ocupan una superficie de 5.46 ha (0.25%). Estos cuerpos de agua son principalmente aguadas o jagüeyes de 300 a 500 m<sup>2</sup> aproximadamente, utilizadas por el ganado vacuno y equinos como abrevaderos.



**Figura VII.3.1.13. Plantación de hule (*Hevea brasiliensis*) en etapa de producción**

En los alrededores de las aguadas se observaron fisonómicamente algunas especies arbóreas como maculis (*Tabebuia rosea*), guazimo (*Guazuma ulmifolia*), ceiba (*Ceiba pentandra*), tinto (*Haematoxylum campechianum*), pich (*Enterolobium cyclocarpum*) (Fig. VII.3.14). Los arbustos son *Senna alata*, sarza (*Mimosa pigra*), entre otras. Las herbáceas son *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria humidicola*, camalote (*Paspalum paniculatum*), *Cyperus articulatus*, entre otras. En el interior de los cuerpos de agua se observaron las especies de *Salvinia auriculata*, *S. minima*, *Pistia striatipes* (lechuga de agua) y *Pontederia sagittata*.





**Figura VII.3.1.14. Aguada que se encuentra en el interior de un potrero en el área de estudio**

### **c) Potrero y/o Pasto**

El área de estudio está compuesto mayormente de potreros ya que ocupan 1,537.20 ha (69.56%) y están constituidos pastos de tipo perenne dedicados a la actividad ganadera (Fig. VII.3.1.15). En el interior de los potreros se observaron fisonómicamente las especies de pastos como: brisanta (*Bracharia brizantha*), *Bracharia mutica* y *Panicum maximun*. También se observaron algunos árboles que usan el ganado para sombra estas son *Ficus acotinifolia*, guazimo (*Guazuma ulmifolia*), maculis (*Tabebuia rosae*), bellota (*Sterculia apetala*). Las especies que se usa para cercar estos potreros como cercos vivos son tinto (*Haematoxylum campechianum*) (*Gliricidia sepium*) y maculis (*Tabebuia rosae*).





**Figura VII.3.1.15. Pastizal y Ganado vacuno presente en área de estudio**

#### **d) Selva baja inundable**

En el estado de Tabasco se localiza un área representativa de selva baja inundable, denominado tinal donde la especie más representativa es *Haematoxylum campechianum*, con individuos que van de 5 a 20 metros de altura (Balán, 2002). La selva baja inundable, ha sido uno de los tipos de vegetación más afectada y fragmentada en la región de tabasco, producto de las practicas antropogénicas (Balán, 2002). Estos tintales permanecen inundados durante varios meses en la época de lluvias y normalmente dan lugar a pequeñas aguadas en el interior. La selva baja inundable está compuesta de pocas especies leñosas, con un dosel que no sobre pasan los 10 metros de altura y cumple un importante papel como refugio de fauna y fuente de germoplasma florístico.



En el área de estudio este tipo de vegetación ocupa una superficie de 1.818 hectáreas que equivalen al (0.08%) del polígono. La especie predominante es *Haematoxylum campechianum* con alturas de 7-8m (Fig. VII.3.1.16). Los diámetros de los troncos van de 22-35 cm de DAP (diámetro a la altura del pecho). Las especies que acompañan este tipo de comunidad son los pastos *Paspalum paniculatum*, las cactáceas son *Selenicereus testudo* y las especies acuáticas *Pistia stratiotes* (lechuga de agua), *Salvinia auriculata*, *Salvinia minima*.



**Figura VII.3.1.16 Tintales (*Haematoxylum campechianum*) en el área de estudio.**

### e) Selva mediana subperennifolia

En gran parte del sureste de México, la deforestación, la ganadería extensiva, la intensidad agrícola, la urbanización y la explotación petrolera son actividades que han modificado la mayoría de los ecosistemas, principalmente en Tabasco (Sánchez y Barba, 2005). En 1950 las selvas de Tabasco ocupaban una extensión de 538,861 ha (21.7% del territorio estatal). Sin embargo, en las últimas cinco décadas se redujeron a 41,079.3 ha (1.65% de estado), debido a la deforestación por actividades ganaderas y agrícolas (Sánchez-Munguía, 2005).

La selva mediana subperennifolia del área de estudio tiene una extensión aproximada de 103.378 ha (4.67% del campo). En este tipo de vegetación se hicieron tres cuadrantes 20 x 20 (1,200 m<sup>2</sup>), donde se censaron 183 individuos que correspondieron a 45 especies diferentes. La altura promedio de los árboles fue de 7.8 metros, pero se encontraron individuos de hasta 25 y 30 metros de altura (Fig. VII.3.1.17), como *Brosimum alicastrum* (ramón), *Albizia niopoides* (arrocillo), *Cupania dentata* (amate) y *Spondias mombin* (jobo). La mayoría de los individuos que ocurrieron en los cuadrantes presentaron diámetros de 3-6.9 cm (39.89%), pero algunos de ellos alcanzaron 107cm (*Albizia niopoides*; arrocillo) y 112cm (*Brosimum alicastrum* y *Samanea saman*).

La selva mediana del área de estudio estuvo compuesta de tres estratos (herbáceo, arbustivo y arbóreo). El estrato herbáceo estuvo representado por las especies como *Alpinia* sp. (caña agria), *Thevetia ahouai* (huevo de perro), entre otras. En el estrato arbustivo se presentaron *Acacia cornigera*, *Randia aculeata*, *Randia armata*, *Bactris major* (chikiyul), *Croton reflexifolius* entre otras especies. En el estrato arbóreo se encontró *Bursera simaruba* (mulato), *Brosimum alicastrum* (ramón), *Albizia niopoides* (arrocillo), *Cupania dentata* (amate), *Spondias mombin* (jobo), *Ficus cotinifolia* (higo), *Enterolobium cyclocarpum* (piche), *Samanea saman*, *Zanthoxylum riedelianum* subsp. *kellermanii*, *Zuelania guidonia* (volador), entre otras especies.





**Figura VII.3.1.17. *Ceiba pentandra* de 30 metros de altura en el interior de la selva mediana subperennifolia.**

#### **f) Vegetación secundaria**

La vegetación secundaria en el área de estudio ocupa una superficie de 345.104 hectáreas (15.61% del campo). Este tipo de vegetación es producido por la tala de los diferentes tipos de selvas presentes en el área para establecer otros tipos de actividad como la agricultura y la ganadería.

La vegetación secundaria se observó físicamente en el interior y en los alrededores de la selva mediana subperennifolia (Fig. VII.3.1.18), con diferentes etapas sucesionales que van de 3, 7 y 10 años. Este tipo de vegetación también se observó en las orillas de caminos. Los individuos en general presentaron una altura de 1–2m, con algunos individuos de 3 a 4 m



en función de la etapa de regeneración en el que se encontró este tipo de vegetación. Las especies identificadas fueron *Acacia cornigera* (cornezuelo), *Acacia farnesiana*, *Acalypha* sp., *Amaranthus hybridus*, *Annona* sp. *Carica papaya*, *Cecropia peltata*, *Cochlospermum vitifolium*, *Corchorus siliquosus*, guazimo (*Guazuma ulmifolia*), lechoso (*Thevetia ahouai*), *Heliconia latispatha*, *spondias mombin*, entre otras.



**Figura VII.3.1.18. Vegetación Secundaria en el área de estudio**

En la Tabla VII.3.1.7, se proporciona el listado florístico completo, identificado dentro del campo Fortuna Nacional.

**Tabla VII.3.1.7. Listado florístico de Fortuna Nacional**

ESPECIES	FAMILIA	NOM. COMUN	FORMA DE VIDA	Hábitat	Estatus
<i>Abrus precatorius</i> L.	Fabaceae	ojito de cangrejo	Bejuco	A, VS, P	
<i>Acacia cornigera</i> (L.) Willd.	Fabaceae	Cornezuelo	Arbusto	P, VS, A, SMSP	
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	Fabaceae		Arbusto	P, VS	
<i>Acacia</i> sp.	Fabaceae	Árbol con espinas	Árbol	SMSP	
<i>Acalypha</i> sp.	Euphorbiaceae		Arbusto	A, VS, SMSP	
<i>Achmea bracteata</i> (Sw.) Griseb.	Bromeliaceae	gallito	Arbusto	SMSP, P	
<i>Acmella oppositifolia</i> (Lam.) R.K. Jansen var. <i>oppositifolia</i>	Asteraceae		Hierba	P, A, VS, SBI	
<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. Ex Mart	Arecaceae	cocoyol	Palma	VS, P	
<i>Acrostichum danaeifolium</i> Langsd. & Fisch.	Pteridaceae	tigrillo	Arbusto	VS, CA	
<i>Agonandra obtusifolia</i> Standl.	Opiliaceae		Árbol	SMSP	
<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart. var. <i>niopoides</i>	Fabaceae	caracolillo	Árbol	SMSP, P	
<i>Albizia tomentosa</i> (Micheli) Standl.	Fabaceae		Árbol	VS, SMSP	
<i>Alibertia edulis</i> A.Rich. ex DC.	Rubiaceae	castarica	Arbusto	SMSP, VS, P	
<i>Allophylus occidentalis</i> (Sw.) Radlk	Sapindeceae		Arbusto	P, SMSP, VS	
<i>Alpinia</i> sp.	zingiberaceae	caña agria	Arbusto	SMSP	
<i>Amaranthus hybridus</i> L.	Amaranthaceae		Hierba	A, VS	
<i>Andira inermis</i> (W. Wright) DC.	Fabaceae		Árbol	SMSP	



<i>Annona</i> sp.	Annonaceae		Arbusto	VS, SMSP	
<i>Aristolochia</i> sp.	Aristolochiaceae		Bejuco	SMSP	
<i>Artemisia vulgaris</i> L.	Asteraceae	altanisa	Hierba	A, VS	
<i>Artocarpus camasi</i> Blanco	Moraceae	Castaño	Árbol	ZU	
<i>Asclepias curassavica</i> L.	Asclepiadaceae		Hierba	A, SBI, P, VS	
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Anacardiaceae		Arbusto	SMSP	Amenazada
<i>Attalea butyracea</i> (Mutis ex L.f.) Wess. Boer	Arecaceae	palma de cocoyol	Palma	P, SMSP, VS	
<i>Bactris major</i> Jacq.	Arecaceae	chikiyul	Palma	SMSP	
<i>Bauhinia divaricata</i> L.	Fabaceae		Arbusto	VS, A, P	
<i>Bidens alba</i> L.	Asteraceae		Hierba	A, VS, P	
<i>Blechum pyramidatum</i> (Lam.) Urb.	Acanthaceae		Hierba	P, A, VS	
<i>Blepharidium mexicanum</i> Standl.	Rubiaceae		Árbol	P, VS, SMSP	
<i>Brachiaria brizantha</i> (Hochst. Ex A. Rich.) Stapf	Poaceae	Brizantha	Hierba	P	
<i>Brachiaria humidicola</i> (Rendle) Schweick.	Poaceae	omidicula	Hierba	P, VS	
<i>Brachiaria mutica</i> (Forssk.) Stapf	Poaceae		Hierba	P, VS	
<i>Bravaisia berlandieriana</i> (Nees) T.F. Daniel	Acanthaceae		Arbusto	SMSP	
<i>Bromelia</i> sp.	Bromeliaceae		Hierba	P, SMSP	
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Moraceae	ramón	Árbol	SMSP	
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Burseraceae	mulato	Árbol	SMSP	
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Malpighiaceae	nance	Árbol	P, A	
<i>Canna indica</i> L.	Cannaceae		Arbusto	VS, P	
<i>Carica papaya</i> L.	Caricaceae	papaya silvestre	Arbusto	VS	

<i>Casearia corymbosa</i> Kunth	Salicaceae		Arbusto	SMSP, A	
<i>Cassia grandis</i> L.F.	Fabaceae	cañafistola	Árbol	SMSP, VS	
<i>Castilla elastica</i> subsp. <i>elastica</i> C.C. Berg.	Moraceae		Árbol	SMSP, P	
<i>Catacetum</i> <i>integerrimum</i> Hook	Orchidaceae		Hierba	P	
<i>Cecropia peltata</i> L.	Urticaceae	Guarumbo	Árbol	VS, P, SMSP	
<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	Cedro	Árbol	SMSP, P	Protegida
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Malvaceae	ceiba	Árbol	P, SMSP	
<i>Cenchrus echinatus</i> L.	Poaceae	zacate cadillo	Hierba	P, VS, A	
<i>Chamaecrista</i> <i>glandulosa</i> (L.) Greene	Fabaceae		Hierba	A, VS, P	
<i>Chrysophyllum</i> <i>mexicanum</i> Brandege	Sapotaceae		Arbusto	VS, A	
<i>Citrus aurantium</i> L.	Rutaceae	Naranja agria	Árbol	ZU	
<i>Citrus limon</i> (L.) Burm	Rutaceae	Limón	Árbol	ZU	
<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Rutaceae	naranja dulce	Árbol	ZU	
<i>Coccoloba</i> <i>barbadensis</i> Jacq.	Polygonaceae	Ubilla	Árbol	P, SMSP	
<i>Coccoloba uvifera</i> (L.) L.	Polygonaceae	uva de mar	Árbol	ZU	
<i>Cochlospermum</i> <i>vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	Cochlospermaceae		Árbol	VS, A, SMSP	
<i>Cocos nucifera</i> L.	Arecaceae	Coco	Palma	A, ZU	
<i>Colubrina</i> <i>arborescens</i> (Mill) Sarg.	Rhamnaceae		Árbol	VS, P, SMSP	
<i>Comelina rufipes</i> Seud.	Commelinaceae		Hierba	P, VS, A	
<i>Corchorus siliquosus</i> L.	Malvaceae		Hierba	VS, A	

<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken.	Bogarinaceae		Árbol	VS, SMSP	
<i>Cordia bicolor</i> A. DC.	Boraginaceae		Árbol	SMSP, P	
<i>Cordia</i> sp.	Boraginaceae		Árbol	VS, SMSP	
<i>Crateva tapia</i> L.	Capparaceae	cocotaso	Árbol	VS, SMSP	
<i>Crescentia cujete</i> L.	Bignoniaceae		Árbol	SBI, P	
<i>Crinum</i> sp.	Amarilidaceae		Hierba	SBI, A	
<i>Crotalaria retusa</i> L.	Fabaceae		Hierba	VS, P	
<i>Croton reflexifolius</i> Kunth.	Euphorbiaceae		Arbusto	VS, P	
<i>Cucurbita pepo</i> L.	Cucurbitaceae		Bejuco	A	
<i>Cupania dentata</i> Dc.	Sapindeceae	chichon	Árbol	SMSP	
<i>Cupania glabra</i> Sw.	Sapindeceae	chicho	Árbol	SMSP, VS	
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Poaceae		Hierba	P, A, VS	
<i>Cyperus articulatus</i> L.	Cyperaceae		Hierba	CA, P	
<i>Cyperus ligularis</i> L.	Cyperaceae		Hierba	P, VS	
<i>Cyperus morphoides</i>	Cyperaceae	navahuela	Hierba	P, A	
<i>Cyperus odoratus</i> L.	Cyperaceae		Hierba	P, VS	
<i>Cyperus pseudovegetus</i> Trusted.	Cyperaceae		Hierba	A, P	
<i>Delonix regia</i> (Bojer) Raf.	Fabaceae	Flamboyan	Árbol	ZU	
<i>Desmanthus virgatus</i> (L.) Willd.	Fabaceae		Hierba	P, A, VS	
<i>Desmodium incanum</i> Dc.	Fabaceae		Hierba	P, VS, A	
<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith.	Fabaceae	wapaque	Árbol	P, A, SMSP	
<i>Dieffenbachia oerstedii</i> Schott	Araceae		Arbusto	VS, P	
<i>Digitaria decumbens</i> Stent.	Poaceae		Hierba	P, VS, A	
<i>Dolichopus coriaceus</i> (Mart. & Zucc.) Gilg	Dellieniaceae		Bejuco	P, VS, SMSP	
<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link.	Poaceae		Hierba	P, VS, A	



<i>Eclipta prostrata</i> (L.) L.	Asteraceae		Hierba	A, VS	
<i>Egletes liebmannii</i> Sch. Bip.	Asteraceae		Hierba	VS, P, A	
<i>Eleocharis interstincta</i> (Vahl) Roem. & Schult.	Cyperaceae		Hierba	SBI, CA	
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Poaceae	pata de gallina	Hierba	P, VS, A	
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Fabaceae	Pichi	Árbol	P, SMSP, VS	
<i>Epiphyllum phyllanthus</i> (L.) Haw	Cactaceae	cola de lagarto	Bejuco	P, VS	
<i>Epipremnum aureum</i> (Linden & André) G.S. Bunting	Araceae		Bejuco	SMS, VS	
<i>Erythrina americana</i> Mill.	Fabaceae		Arbusto	P, ZU	
<i>Eugenia</i> sp.	Myrtaceae		Arbusto	VS, P, SMSP	
<i>Eugenia winzerlingii</i> Standl.	Myrtaceae		Arbusto	VS, BI	
<i>Eupatorium pycnocephalum</i> Less.	Asteraceae		Bejuco	VS, A	
<i>Faramea occidentalis</i> (L.) A. Rich.	Rubiaceae		Árbol	SMSP, VS	
<i>Ficus cotinifolia</i> Kunth.	Moraceae		Árbol	SMSP, P	
<i>Ficus ovalis</i> (Liebm.) Miq.	Moraceae		Árbol	SMSP	
<i>Ficus</i> sp.	Moraceae	capulín	Arbusto	P, VS	
<i>Fimbristylis dichotoma</i> (L.) Vahl.	Cyperaceae		Hierba	P, VS	
<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae	Aldama	Árbol	P, SMSP	
<i>Gliricidium sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp.	Fabaceae	Cocoite	Árbol	P, ZU	
<i>Gossypium hirsutum</i> L.	Malvaceae	algodón	Arbusto	VS, ZU	
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Malvaceae	guazimo	Árbol	P, VS, SMSP	

<i>Guettarda</i> sp.	Rubiaceae		Árbol	SMSP	
<i>Haematoxylum campechianum</i> L.	Fabaceae	tinto	Árbol	SBI, P	
<i>Hampea</i> sp.	Malvaceae	jolosin	Arbusto	SMSP, VS	
<i>Havea brasiliensis</i> (Willd. Ex A. Juss.) Mull. Arg.	Euphorbiaceae	Hule	Árbol	R	
<i>Heliconia latispatha</i> Benth	Heliconiaceae	tanays	Arbusto	VS, SMSP	
<i>Heteropteris lindeniana</i> A. Juss.	Malpighiaceae		Arbusto	VS, A	
<i>Hylocereus undatus</i> (Haw.) Britton & Rose	Cactaceae	pitahaya	Bejuco	ZU	
<i>Inga jinicuil</i> G. Don	Fabaceae		Árbol	P, VS, SMSP	
<i>Inga punctata</i> Willd.	Fabaceae		Árbol	SMSP	
<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.	Convolvulaceae	camote	Bejuco	A	
<i>Ipomoea nil</i> (L.) Roth	Convolvulaceae		Bejuco	VS, P	
<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	Convolvulaceae		Bejuco	VS	
<i>Ipomoea squamosa</i> Choisy	Convolvulaceae		Bejuco	VS, P	
<i>Ixora coccinea</i> L.	Rubiaceae	ixora	Hierba	ZU	
<i>Jacaratia mexicana</i> A.DC.	Caricaceae		Arbusto	A, P	
<i>Laetia thamnina</i> L.	Salicaceae		Arbusto	SMSP, VS	
<i>Lonchocarpus hondurensis</i> Benth.	Fabaceae	palo gusano	Árbol	P, SMSP	
<i>Lygodium venustum</i> Sw.	Lygodiceae	tostadilla	Bejuco	P, A, VS	
<i>Machaerium isadelphum</i> (E.Mey.) Ams.	Fabaceae	uña de gato	Bejuco	P, SMSP	
<i>Malvaviscus arboreus</i> Cav.	Malvaceae		Arbusto	P, SMSP, VS	
<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	Mango	Árbol	ZU, P	
<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Euphorbiaceae	yuca	Arbusto	A	

<i>Melicocus oliviformis</i> Kunth ssp. <i>Oliviformis</i>	Sapindeceae	waya silvestre	Árbol	VS, SMSP	
<i>Miconia affinis</i> DC.	Melastomataceae	ceniso	Árbol	SMSP, P	
<i>Microgramma nítida</i> (J. Sm.) A. R. Smith	Polipodiaceae		Bejuco	VS, P	
<i>Mikania micrantha</i> Kunth.	Asteraceae		Bejuco	VS, P	
<i>Mimosa pigra</i> L.	Fabaceae	sarza	Arbusto	A, VS, P	
<i>Mimosa pudica</i> L.	Fabaceae	dormilona	Hierba	P, VS, A	
<i>Momordica charantia</i> L.	Cucurbitaceae		Bejuco	VA, A	
<i>Monstera acuminata</i> K. Koch	Araceae		Bejuco	A, VS	
<i>Muntigia calabura</i> L.	Muntigiaceae	capulin	Arbusto	P, VS	
<i>Musa acuminata</i> Colla	Musaceae	platano morado	Arbusto	A, ZU	
<i>Musa paradisiaca</i> L.	Musaceae	plátano	Arbusto	A, ZU	
<i>Nectandra salicifolia</i> (Kunth) Nees	Lauraceae		Árbol	SMSP, VS	
<i>Nephrolepis biserrata</i> (Sw.) Schott	Dryopteridaceae		Hierba	SMSP, VS, A	
<i>Oplismenus burmannii</i> (Retz.) P. Beauv.	Poaceae		Hierba	VS, P, A, R, SBI	
<i>Pachira aquatica</i> Aubl	Malvaceae	sapote de agua	Árbol	CA, SMSP, SBI	
<i>Panicum maximum</i> Jacq.	Poaceae		Hierba	P, SBI, VS, A	
<i>Parmentiera aculeata</i> (Kunth)	Bignoniaceae	cuajilote	Árbol	P, VS	
<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	Asteraceae		Hierba	VS, P, A, SBI, ZU	
<i>Paspalum paniculatum</i> L.	Poaceae	camalote	Hierba	P, A, VS	
<i>Passiflora foetida</i> L.	Passifloraceae		Bejuco	VS, A, P	
<i>Passiflora serratifolia</i> L.	Passifloraceae		Bejuco	VS, P	
<i>Persea americana</i> Mill.	Lauraceae	aguacate	Árbol	ZU	



<i>Persea</i> sp.	Lauraceae		Árbol	A, VS	
<i>Philodendron bipinnatifidum</i> Schott	Araceae		Bejuco	SMSP, P	
<i>Philodendron jacquinii</i> Schott	Araceae		Bejuco	SMSP	
<i>Philodendron</i> sp.	Araceae		Bejuco	SMSP, P	
<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr.	Myrtaceae	Pimienta de Tabasco	Árbol	ZU, SMSP	
<i>Piper auritum</i> Kunth.	Piperaceae	momo	Arbusto	ZU	
<i>Piper</i> sp.	Piperaceae		Arbusto	P, VS	
<i>Pistia stratiotes</i> L.	Araceae	lechuga de agua	Hierba	CA	
<i>Pithecellobium lanceolatum</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Benth.	Fabaceae		Árbol	P, VS	
<i>Pithecellobium</i> sp.	Fabaceae		Árbol	VS	
<i>Pontederia sagittata</i> C. Presl.	Pontederiaceae		Hierba	CA	
<i>Pouteria campechiana</i> (H. B. K.) Baehni	Sapotaceae		Árbol	P, SMSP	
<i>Priva lappulacea</i> (L.) Pers.	Verbenaceae		Hierba	VS, P, A, R, SBI	
<i>Psidium guajaba</i> L.	Myrtaceae	guayaba	Árbol	ZU, P	
<i>Psitacanthus rhychanthus</i> (Benth.) Kuijt	Loranthaceae		Hierba	P, SMSP	
<i>Psychotria</i> sp.	Rubiaceae		Arbusto	P, VS, SMSP	
<i>Randia aculeata</i> L.	Rubiaceae		Arbusto	SMSP, P, VS	
<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.	Rubiaceae		Arbusto	SMSP, P	
<i>Randia</i> sp.	Rubiaceae		Arbusto	SMSP, VS	
<i>Rochefortia lundelli</i> camp.	Boraginaceae		Arbusto	P, VS	
<i>Roystonea dunlapiana</i> P.H. Allen	Arecaceae		Palma	SMSP, P	

<i>Ruellia nudiflora</i> (Engelm. & A. Gray) Urb.	Acanthaceae		Hierba	P, VS, SBI	
<i>Sabal japa</i> C. Wright ex Bece	Arecaceae		Palma	P, VS, SMSP	
<i>Sabal mauritiiformis</i> (H.Karst.) Griseb & H.Wendl.	Arecaceae		Palma	SMSP, P	
<i>Sabal mexicana</i> Mart.	Arecaceae	guano redondo	Palma	P, VS	
<i>Saccharum officinarum</i> L.	Poaceae	Caña	Arbusto	A, ZU	
<i>Salix alba</i> L.	Salicaceae		Árbol	CA, P	
<i>Salvinia auriculata</i> Aubl.	Salviniaceae		Hierba	CA	
<i>Salvinia minima</i> Baker	Salviniaceae		Hierba	CA	
<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	Fabaceae		Árbol	SMSP, ZU	
<i>Sapindus saponaria</i> L.	Sapindeceae		Árbol	SMSP, VS	
<i>Scleria microcarpa</i> Nees ex Kunth Search	Cyperaceae		Hierba	P, VS, ZU, BSI, R,	
<i>Selenicereus testudo</i> (Karw. ex Zucc.) Buxb.	Cactaceae		Bejuco	P, VS	
<i>Senna alata</i> (L.) Roxb.	Fabaceae		Arbusto	P, CA	
<i>Senna occidentalis</i> (L.) Link	Fabaceae	frijolillo	Hierba	VS, ZU, A	
<i>Serjania</i> sp.	Sapindeceae		Bejuco	VS, A	
<i>Serpocaulon triseriale</i> (Sw.) A. R. Sm.	Polipodiaceae		Hierba	P, VS	
<i>Sesbania emerus</i> (Aubl) Urban	Fabaceae		Arbusto	CA, VS	
<i>Sideroxylon</i> sp.	Sapotaceae		Árbol	SMSP, VS	
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Simaroubaceae	negrito	Árbol	SMSP, P	
<i>Solanum adharens</i> Roem. & Schult.	Solanaceae		Bejuco	VS, P	
<i>Solanum campechianum</i> L.	Solanaceae		Hierba	P, A	
<i>Solanum donianum</i> Walp.	Solanaceae		Hierba	VS, A, P	

<i>Solanum hirtum</i> Vahl	Solanaceae		Arbusto	VS, P, A	
<i>Solanum</i> sp.	Solanaceae		Hierba	VS, P, A	
<i>Spondias mombin</i> L.	Anacardiaceae	jobo	Árbol	SMSP	
<i>Stemmadenia donnell-smithii</i> (Rose) Woodson.	Apocynaceae	huevo de perro	Árbol	SMSP, P	
<i>Sterculia apetala</i> Jacq. H. Karst.	Malvaceae	Bellota	Árbol	P, VS	
<i>Streptochaeta spicata</i> Schrad. ex Nees	Poaceae		Hierba	P, VS, ZU, BSI, R,	
<i>Swietenia macrophylla</i> King	Meliaceae	caoba	Árbol	ZU, SMSP	
<i>Syngonium podophyllum</i> Schot var. <i>Podophyllum</i>	Araceae		Bejuco	VS, SMSP	
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol) A. Dc	Bignoniaceae	Maculis	Árbol	P, VS, SMSP	
<i>Tabernaemontana ahouai</i> (L.) A.DC.	Apocynaceae		Arbusto	SMSP, P, VS	
<i>Tabernaemontana arborea</i> Rose in Donn. Sm.	Apocynaceae		Árbol	SMSP, P	
<i>Tectona grandis</i> L.	Lamiaceae	teca	Árbol	R, ZU	
<i>Terminalia catappa</i> L.	Combretaceae	Almendra	Árbol	ZU, VS	
<i>Thalia geniculata</i> L.	Marantaceae	platanillo	Hierba	CA	
<i>Thevetia ahouai</i> (L.) A. DC.	Apocynaceae	lechoso	Arbusto	P, VS	
<i>Tillandsia balbisiana</i> Schult. f.	Bromeliaceae		Hierba	SBI	
<i>Tillandsia dasyliriifolia</i> Baker	Bromeliaceae		Hierba	VS, P	
<i>Tillandsia</i> sp.	Bromeliaceae		Hierba	P, A	
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cannabaceae		Arbusto	VS, A	
<i>Trichilia</i> sp.	Meliaceae		Árbol	P, SMSP	
<i>Tridax procumbens</i> L.	Asteraceae		Hierba	P, VS, ZU, A	
<i>Trophis racemosa</i> (L.) Urb.	Moraceae		Árbol	SMSP	
<i>Typha dominguensis</i>	Typhaceae	espadalito	Arbusto	CA, VS	



Pers					
<i>Vatairea lundellii</i> (Standl.) Killip ex Record	Fabaceae	Amate	Árbol	SMSP	
<i>Walteria americana</i> L.	Malvaceae		Hierba	A, VS, P	
<i>Xanthosma robustum</i> Schott.	Araceae		Hierba	VS, A	
<i>Zanthoxylum</i> <i>riedelianum</i> subsp. <i>kellermanii</i> (P. Wilson) Reynel ex C. Nelson	Rutaceae	cola de lagarto	Árbol	SMSP, P	
<i>Zanthoxylum</i> sp.	Rutaceae		Árbol	P, VS	
<i>Zapoteca</i> sp.	Fabaceae		Hierba	A, VS, P	
<i>Zea mays</i> L.	Poaceae		Arbusto	A	
<i>Zuelania guidonia</i> (Sw.) Britton & Millsp.	Salicaceae	Volador	Árbol	P, SMSP	
<i>Zygia conzatti</i> (Standl.)	Fabaceae		Árbol	SBI, P	

## Composición Faunística

Tal y como se mencionó en apartado VI.14.2 de la metodología, en el campo se identificaron tres sitios denominados como M (área de los pozos), M1 (con mayor influencia antropogénica por colindar con potreros y acahuales) y M2 (con menor influencia antropogénica por ser el único remanente de selva mediana que está rodeado por potreros). En el área M, la falta de permisos por parte del sindicato y de los dueños de los predios impidió que se colocaran trampas y redes, por lo que de este sitio solo se reporta la avifauna registrada de manera visual. El sitio M1, con características intermedias entre el área de los pozos y el área conservada (M2), es el que representa la fauna de la mayor parte del campo.

## Resultados

### Área de Pozos (Sitio M).

#### Aves

En los recorridos que se pudieron realizar al mediodía del día 8 y en la mañana del día 9 de agosto del 2016, se lograron avistar un total de 20 especies de aves, representadas en 12 familias (Tabla VII.3.1.8). La familia Ardeidae fue la mejor representada con cuatro especies, le continuó con tres la Cathartidae, con dos especies la Columbidae, Psittacidae y Tyrannidae y las demás con solo una especie. Cuatro de estas aves se encuentran en alguna categoría de amenaza.

**Tabla VII.3.1.8. Lista de las especies de aves registradas durante los muestreos realizados en el Área de Pozos.**

Nombre común	Nombre científico	Familia	Categoría amenaza
Pijije Alas Blancas	<i>Dendrocigna autumnalis</i>	Anatidae	–
Garcita Verde	<i>Butorides virescens</i>	Ardeidae	–
Garza Blanca	<i>Ardea alba</i>	Ardeidae	–
Garza Azul	<i>Egretta caerulea</i>	Ardeidae	–
Garza Tigre Mexicana	<i>Tigrisoma mexicanum</i>	Ardeidae	Pr

Zopilote Común	<i>Coragyps atratus</i>	Cathartidae	–
Zopilote Aura	<i>Cathartes aura</i>	Cathartidae	–
Zopilote Sabanero	<i>Cathartes burrovianus</i>	Cathartidae	Pr
Aguililla Caminera	<i>Buteo magnirostris</i>	Accipitridae	–
Caracara Quebrantahuesos	<i>Caracara cheriway</i>	Falconidae	–
Paloma Alas Blancas	<i>Zenaida asiatica</i>	Columbidae	–
Tortolita Canela	<i>Columbina talpacoti</i>	Columbidae	–
Garrapatero Pijuy	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Cuculidae	–
Loro Frente Blanca	<i>Amazona albifrons</i>	Psittacidae	Pr
Perico Pecho Sucio	<i>Eupsittula nana</i>	Psittacidae	Pr
Carpintero Cheje	<i>Melanerpes aurifrons</i>	Picidae	–
Chara Pea	<i>Psilorhinus morio</i>	Corvidae	–
Papamoscas Cardenalito	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Tyrannidae	–
Luis Bienteveo	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Tyrannidae	–
Zanate Mayor	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Icteridae	–

Área con mayor influencia antropogénica, con potreros y acahuales (Sitio M1).

### Anfibios y Reptiles

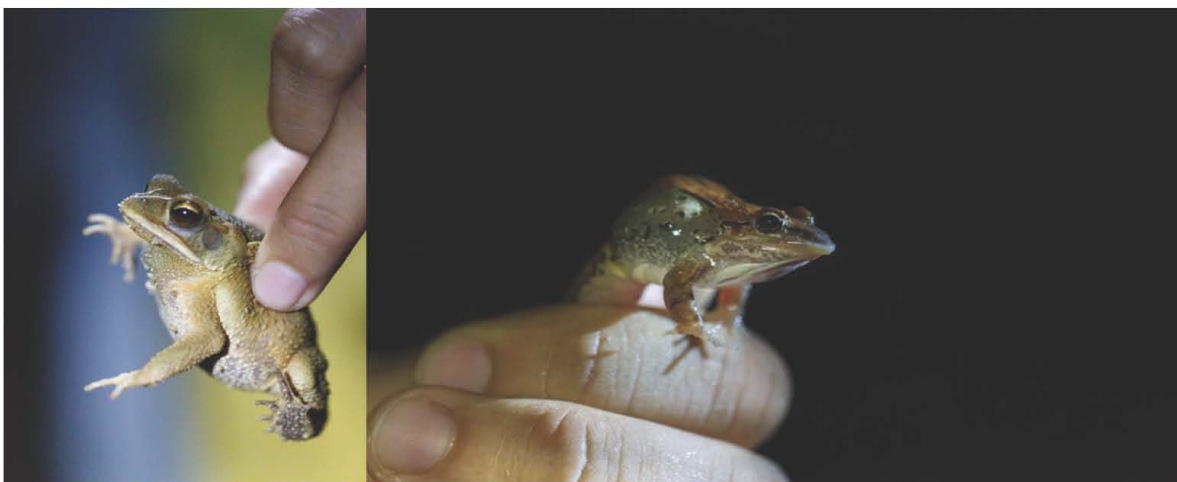
En el sitio M1 se encontraron dos especies de anfibios, representadas en dos familias (Tabla VII.3.1.9, Fig. VII.3.1.19). Ninguna de estas especies de anfibios aparece en alguna categoría de amenaza. En el caso de los reptiles se observó solo la especie iguana negra de cola espinosa. Esta iguana es una especie amenazada ya que es usada para varios fines (como alimento, medicinal o como mascota), además de que los hábitats donde vive están siendo destruidos (Cossío, 2007). Dentro del sitio donde se avistó los habitantes de la localidad la persiguen y eliminan ya que alegan que consume los huevos de sus aves de corral y que es agresiva. Dado este contexto, la seguridad de la especie dentro de este sitio se ve



desfavorecida y sería necesario documentar a los pobladores sobre la situación de la misma y educarlos en función de que tomen medidas para su protección.

**Tabla VII.3.1.9. Lista de la herpetofauna (anfibios y reptiles) registrada en el sitio con mayor influencia antropogénica (M1).**

Nombre común	Nombre científico	Familia	Categoría amenaza
Sapo de caña	<i>Rhinella marina</i>	Bufoidea	–
Rana de bigotes	<i>Leptodactylus fragilis</i>	Leptodactylidae	–
Iguana negra de cola espinosa	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguanidae	A



**Figura VII.3.1.19. Especies de anfibios registradas en el sitio con mayor influencia (M1). A la izquierda *Rhinella marina* y a la derecha *Leptodactylus fragilis*.**

### Aves

En relación a las aves, en el sitio M1 se registraron un total de 55 especies representadas en 30 familias (Tabla VII.3.1.10). La familia mejor representada fue la Columbidae (5 especies, Fig. VII.3.1.20), le continuaron la Accipitridae (4 especies), la Ardeidae, Cathartidae, Falconidae, Strigidae, Psittacidae, Tyrannidae e Icteridae (3 especies) y la Cuculidae, Alcedinidae, Picidae y Trochilidae (2 especies). Las familias restantes solo estuvieron representadas por una sola especie. Del total de especies

encontradas ocho aparecen en alguna categoría de amenaza. En las redes se capturaron cinco aves en total, tres individuos de *Amazilia yucatanensis*, un individuo de *Nyctidromus albicollis* (Fig. VII.3.1.21) y un individuo de *Glaucidium brasilianum*.

**Tabla VII.3.1.10. Lista de las especies de aves en el sitio con mayor influencia antropogénica por colindar con potreros y acahuales (M1).**

Nombre común	Nombre científico	Familia	Categoría amenaza
Pijije Alas Blancas	<i>Dendrocigna autumnalis</i>	Anatidae	–
Garcita Verde	<i>Butorides virescens</i>	Ardeidae	–
Garza Blanca	<i>Ardea alba</i>	Ardeidae	–
Garza Azul	<i>Egretta caerulea</i>	Ardeidae	–
Carrao	<i>Aramus guarana</i>	Aramidae	A
Rascón Cuello Gris	<i>Aramides cajaneus</i>	Rallidae	–
Chachalaca Oriental	<i>Ortalis vetula</i>	Cracidae	–
Zopilote Común	<i>Coragyps atratus</i>	Cathartidae	–
Zopilote Aura	<i>Cathartes aura</i>	Cathartidae	–
Zopilote Sabanero	<i>Cathartes burrovianus</i>	Cathartidae	Pr
Aguililla Caminera	<i>Buteo magnirostris</i>	Accipitridae	–
Aguililla Cola Corta	<i>Buteo brachyurus</i>	Accipitridae	–
Gavilán Caracolero	<i>Rostrhamus sociabilis</i>	Accipitridae	Pr
Gavilán Zancón	<i>Geranospiza caerulescens</i>	Accipitridae	A
Caracara Quebrantahuesos	<i>Caracara cheriway</i>	Falconidae	–
Halcón Guaco	<i>Herpetotheres cachinnans</i>	Falconidae	–
Halcón Murcielaguero	<i>Falco ruficularis</i>	Falconidae	–
Tecolote Bajero o Viejita	<i>Glaucidium brasilianum</i>	Strigidae	–
Búho Café	<i>Ciccaba virgata</i>	Strigidae	–
Búho Cornudo	<i>Bubo virginianus</i>	Strigidae	A
Lechuza de Campanario	<i>Tyto alba</i>	Tytonidae	–
Chotacabras Pauraque	<i>Nyctidromus albicollis</i>	Caprimulgidae	–

Paloma Arroyera	<i>Leptotila verreauxi</i>	Columbidae	–
Paloma Alas Blancas	<i>Zenaida asiatica</i>	Columbidae	–
Paloma Triste	<i>Patagioenas nigrirostris</i>	Columbidae	–
Paloma Morada	<i>Patagioenas flavirostris</i>	Columbidae	–
Tortolita Canela	<i>Columbina talpacoti</i>	Columbidae	–
Cuclillo Canela	<i>Piaya cayana</i>	Cuculidae	–
Garrapatero Pijuy	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Cuculidae	–
Loro Frente Blanca	<i>Amazona albifrons</i>	Psittacidae	Pr
Loro Cachetes Amarillos	<i>Amazona autumnalis</i>	Psittacidae	–
Perico Pecho Sucio	<i>Eupsittula nana</i>	Psittacidae	Pr
Coa Cabeza Negra	<i>Trogon melanocephalus</i>	Trogonidae	–
Martín Pescador de Collar	<i>Megaceryle torquata</i>	Alcedinidae	–
Martín Pescador Verde	<i>Chloroceryle americana</i>	Alcedinidae	–
Tucancillo Collarejo	<i>Pteroglossus torquatus</i>	Ramphastidae	Pr
Carpintero Lineado	<i>Dryocopus lineatus</i>	Picidae	–
Carpintero Cheje	<i>Melanerpes aurifrons</i>	Picidae	–
Chara Pea	<i>Psilorhinus morio</i>	Corvidae	–
Colibrí Yucateco	<i>Amazilia yucatanensis</i>	Trochilidae	–
Esmeralda Maya	<i>Chlorostilbon canivetii</i>	Trochilidae	–
Titira Puerquito	<i>Tityra semifasciata</i>	Tityridae	–
Papamoscas Cardenalito	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Tyrannidae	–
Mosquero Ojos Blancos	<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	Tyrannidae	–
Luis Bienteveo	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Tyrannidae	–
Chivirín moteado	<i>Pheugopedius maculipectus</i>	Troglodytidae	–
Centzontle Tropical	<i>Mimus gilvus</i>	Mimidae	–
Perlita Azulgris	<i>Polioptila caerulea</i>	Poliophtilidae	–
Vireón Cejas Canelas	<i>Cyclarhis gujanensis</i>	Vireonidae	–
Semillero de Collar	<i>Sporophila torqueola</i>	Emberizidae	–



Eufonia Garganta Negra		<i>Euphonia affinis</i>	Fringillidae	–
Tángara Amarillas	Alas	<i>Thraupis abbas</i>	Thraupidae	–
Calandria Negro Menor	Dorso	<i>Icterus cucullatus</i>	Icteridae	–
Tordo Cantor		<i>Dives dives</i>	Icteridae	–
Zanate Mayor		<i>Quiscalus mexicanus</i>	Icteridae	–



Figura VII.3.1.20. Especies de aves registradas en el sitio con mayor influencia antropogénica (M1). A la izquierda, de la familia Columbidae la especie *Columbina talpacoti* y a la derecha la especie *Rostrhamus sociabilis* de la familia Accipitridae.



**Figura VII.3.1.21. Especies de aves capturadas durante los muestreos realizados en el sitio con mayor influencia antropogénica por colindar con potreros y acahuales (M1). A la izquierda la especie *Nyctidromus albicollis* y a la derecha la especie *Glaucidium brasilianum*.**

Área con Menor influencia antropogénica, selva mediana (Sitio M2).

#### *Anfibios y Reptiles*

En el sitio M2 (con menor influencia antropogénica) se registraron cuatro especies de anfibios, dos más que en M1, representadas en tres familias (Tabla VII.3.1.11). En el caso *Lithobates brownorum* es una especie amenazada, principalmente por la pérdida y fragmentación de sus hábitats por los cambios de usos del suelo, así como por la contaminación de los cuerpos de agua de los cuales es muy dependiente (Calderón Mandujano, 2002). En el caso de los reptiles se observaron cuatro especies, pertenecientes a tres familias, tres especies más que en M1. De estos reptiles dos especies están amenazada: *Ctenosaura similis*, que ya se había registrado en M1 (*Iguana iguana*; Fig. VII.3.1.22). En el caso de la iguana verde, está entre las especies más comercializadas ilegalmente en México (Nadal *et al.* 2013).

Tabla VII.3.1.11. Lista de la herpetofauna (anfibios y reptiles) registrada en el sitio con menor influencia antropogénica (M2).

Nombre común	Nombre científico	Familia	Categoría amenaza
Sapo de caña	<i>Rhinella marina</i>	Bufoidea	–
Ranita hojarasca	<i>Leptodactylus melanonotus</i>	Leptodactylidae	–
Rana de bigotes	<i>Leptodactylus fragilis</i>	Leptodactylidae	–
Rana leopardo	<i>Lithobates brownorum</i>	Ranidae	Pr
Iguana verde	<i>Iguana iguana</i>	Iguanidae	Pr
Iguana negra de cola espinosa	<i>Ctenosaura similis</i>	Iguanidae	A
Besucona	<i>Hemidactylus frenatus</i>	Gekkonidae	–
Toloque rayado	<i>Basiliscus vittatus</i>	Corytophanidae	–

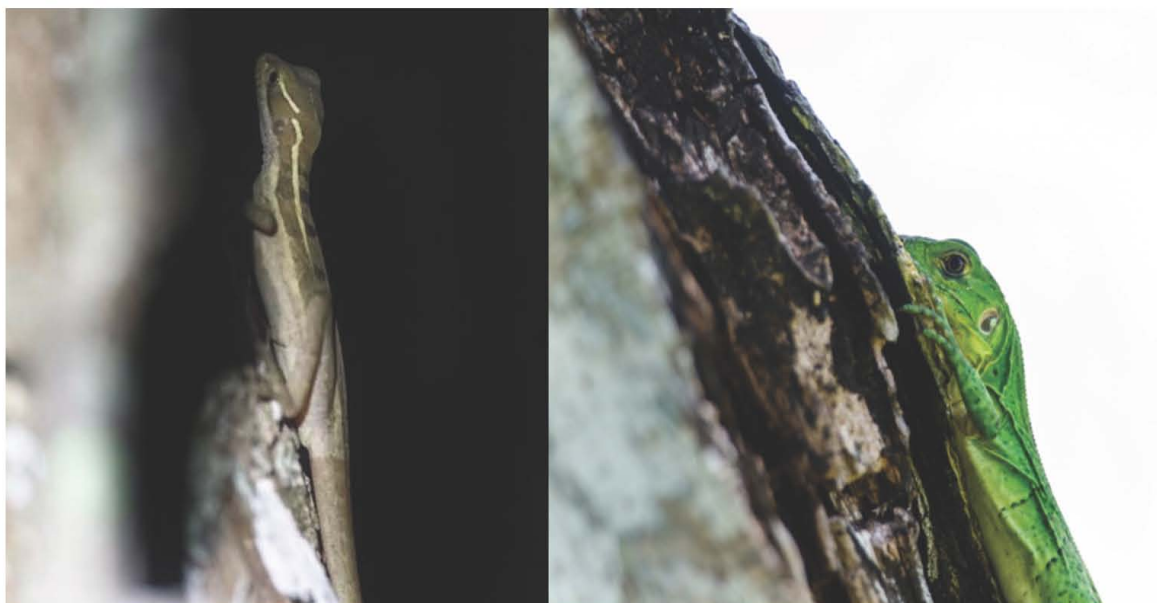


Figura VII.3.1.22. Especies de reptiles registradas en el sitio con menor influencia antropogénica (M2). A la izquierda *Basiliscus vittatus* y a la derecha *Iguana iguana*.



## Aves

En el caso de las aves se registraron un total de 39 especies en M2, 16 menos que en M1 (Tabla VII.3.1.12). Un total de 30 especies resultaron ser comunes para los sitios M1 y M2. En M1 se encontraron 25 especies que no estaban en M2 y en M2 nueve especies que no se registraron en M1. En el sitio M2 se registraron 22 familias, siendo la mejor representada la Tyrannidae (5 especies), le continuaron la Strigidae, Columbidae, Psittacidae, Trochilidae e Icteridae (3 especies) y con dos especies las familias Cathartidae, Ardeidae (Fig. VII.3.1.23) y Accipitridae. Las familias restantes solo estuvieron representadas por una sola especie. Para ambos sitios (M1 y M2) fueron comunes 20 familias. En M1 se registraron 10 familias que no aparecieron en M2, mientras que en M2 se encontraron 2 familias que no estaban en M1.



**Figura VII.3.1.23. Especies de aves registradas en el sitio con menor influencia antropogénica (M2). A la izquierda de la familia Ardeidae la especie *Tigrisoma mexicanum* y a la derecha *Burhinus bistriatus* de la familia Burhinidae.**

Del total de especies de aves registradas en M2, cuatro aparecen en alguna categoría de amenaza, cuatro menos que en M1. Tres de estas especies amenazadas encontradas en M2 son comunes con M1 y una no. En M1 se encontraron cinco especies amenazadas que no aparecieron en M2. En las redes en M2 se capturaron tres individuos de diferentes especies

de colibríes, uno de *A. yucatanensis*, uno de *Amazilia tzacatl* y uno de *Amazilia candida* (Fig. VII.3.1.24).

**Tabla VII.3.1.12. Lista de las especies de aves registradas en el sitio con menor influencia antropogénica (M2).**

Nombre común	Nombre científico	Familia	Categoría amenaza
Pijije Alas Blancas	<i>Dendrocigna autumnalis</i>	Anatidae	–
Garcita Verde	<i>Butorides virescens</i>	Ardeidae	–
Garza Tigre Mexicana	<i>Tigrisoma mexicanum</i>	Ardeidae	Pr
Espátula Rosada	<i>Platalea ajaja</i>	Threskiornithidae	–
Rascón Cuello Gris	<i>Aramides cajaneus</i>	Rallidae	–
Alcaraván Americano	<i>Burhinus bistriatus</i>	Burhinidae	–
Chachalaca Oriental	<i>Ortalis vetula</i>	Cracidae	–
Zopilote Común	<i>Coragyps atratus</i>	Cathartidae	–
Zopilote Aura	<i>Cathartes aura</i>	Cathartidae	–
Aguililla Caminera	<i>Buteo magnirostris</i>	Accipitridae	–
Aguililla Cola Corta	<i>Buteo brachyurus</i>	Accipitridae	–
Tecolote Bajero o Viejita	<i>Glaucidium brasilianum</i>	Strigidae	–
Búho Cornudo	<i>Bubo virginianus</i>	Strigidae	A
Búho Café	<i>Ciccaba virgata</i>	Strigidae	–
Chotacabras Pauraque	<i>Nyctidromus albicollis</i>	Caprimulgidae	–
Tortolita Canela	<i>Columbina talpacoti</i>	Columbidae	–
Paloma Arroyera	<i>Leptotila verreauxi</i>	Columbidae	–
Paloma Morada	<i>Patagioenas flavirostris</i>	Columbidae	–
Cuculillo Canela	<i>Piaya cayana</i>	Cuculidae	–
Loro Cachetes Amarillos	<i>Amazona autumnalis</i>	Psittacidae	–
Loro Frente Blanca	<i>Amazona albifrons</i>	Psittacidae	Pr
Perico Pecho Sucio	<i>Eupsittula nana</i>	Psittacidae	Pr
Coa Cabeza Negra	<i>Trogon melanocephalus</i>	Trogonidae	–
Martín Pescador de Collar	<i>Megaceryle torquata</i>	Alcedinidae	–
Carpintero Cheje	<i>Melanerpes aurifrons</i>	Picidae	–
Chara Pea	<i>Psilorhinus morio</i>	Corvidae	–
Colibrí Cándido	<i>Amazilia candida</i>	Trochilidae	–

Colibrí Cola Canela	<i>Amazilia tzacatl</i>	Trochilidae	–
Colibrí Yucateco	<i>Amazilia yucatanensis</i>	Trochilidae	–
Tirano Cuír	<i>Tyrannus couchii</i>	Tyrannidae	–
Papamoscas Yucateco	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Tyrannidae	–
Papamoscas del Este	<i>Contopus virens</i>	Tyrannidae	–
Luisito Común	<i>Myiozetetes similis</i>	Tyrannidae	–
Luis Bienteveo	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Tyrannidae	–
Eufonia Garganta Negra	<i>Euphonia affinis</i>	Fringillidae	–
Vireón Cejas Canelas	<i>Cyclarhis gujanensis</i>	Vireonidae	–
Calandria Dorso Negro Menor	<i>Icterus cucullatus</i>	Icteridae	–
Tordo Cantor	<i>Dives dives</i>	Icteridae	–
Zanate Mayor	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Icteridae	–



Figura VII.3.1.24. Especies de aves capturadas en el sitio con menor influencia antropogénica (M2). A la izquierda la especie *Amazilia candida* y a la derecha *Amazilia yucatanensis*.



Durante los conteos de aves en M1 se registraron 37 especies, mientras que en M2 se contabilizaron 25 (Tabla VII.3.1.13). *Psilorhinus morio* resultó ser la especie con mayor número de individuos en el sitio M1. En el sitio M2 la especie con mayor número de individuos fue *A. albifrons*. El alto número de loros de esta especie en dicho sitio puede ir decayendo en los próximos años, ya que se logró constatar que está siendo explotada por el tráfico ilegal de especies, ya que durante la estancia se detectaron a dos personas que estaban depredando los nidos. Aunque se les haya advertido a estas personas que están llevando a cabo una actividad ilegal, por la cual pueden ser condenados, no fueron receptivos y sus intenciones fue la de continuar depredando a los loros que puedan atrapar. El índice de diversidad de Shannon-Weaver general, teniendo en cuenta ambos sitios, fue de 3.15 bits/ind, mientras que por sitio se encontró que M1 tuvo 3.06 bits/ind y en M2 se obtuvo 2.86 bits/ind.

**Tabla VII.3.1.13. Lista comparativa de las especies y número de individuos de aves en el sitio con mayor influencia antropogénica (M1) y el sitio con menor influencia antropogénica (M2).**

M1		M2	
Especies	No. Ind.	Especies	No. Ind.
<i>Psilorhinus morio</i>	37	<i>Amazona albifrons</i>	25
<i>Amazona albifrons</i>	19	<i>Cathartes aura</i>	18
<i>Melanerpes aurifrons</i>	14	<i>Psilorhinus morio</i>	14
<i>Dendrocigna autumnalis</i>	10	<i>Melanerpes aurifrons</i>	10
<i>Patagioenas flavirostris</i>	10	<i>Patagioenas flavirostris</i>	10
<i>Quiscalus mexicanus</i>	8	<i>Columbina talpacoti</i>	8
<i>Leptotila verreauxi</i>	8	<i>Amazilia yucatanensis</i>	7
<i>Columbina talpacoti</i>	8	<i>Leptotila verreauxi</i>	7
<i>Eupsittula nana</i>	6	<i>Tyrannus couchii</i>	7
<i>Zenaida asiatica</i>	6	<i>Quiscalus mexicanus</i>	6
<i>Sporophila torqueola</i>	5	<i>Pitangus sulphuratus</i>	6
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	4	<i>Dendrocigna autumnalis</i>	6
<i>Amazona autumnalis</i>	4	<i>Cyclarhis gujanensis</i>	4
<i>Coragyps atratus</i>	4	<i>Dives dives</i>	3
<i>Buteo magnirostris</i>	4	<i>Glaucidium brasilianum</i>	3

<i>Ortalis vetula</i>	4	<i>Buteo magnirostris</i>	3
<i>Dryocopus lineatus</i>	3	<i>Coragyps atratus</i>	2
<i>Pitangus sulphuratus</i>	3	<i>Amazona autumnalis</i>	2
<i>Amazilia yucatanensis</i>	3	<i>Icterus cucullatus</i>	2
<i>Euphonia affinis</i>	2	<i>Ortalis vetula</i>	2
<i>Butorides virescens</i>	2	<i>Euphonia affinis</i>	2
<i>Ardea alba</i>	2	<i>Burhinus bistriatus</i>	2
<i>Buteo brachyurus</i>	2	<i>Platalea ajaja</i>	1
<i>Rostrhamus sociabilis</i>	2	<i>Megaceryle torquata</i>	1
<i>Trogon melanocephalus</i>	2	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	1
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	2		
<i>Caracara cheriway</i>	1		
<i>Thraupis abbas</i>	1		
<i>Mimus gilvus</i>	1		
<i>Dives dives</i>	1		
<i>Pteroglossus torquatus</i>	1		
<i>Polioptila caerulea</i>	1		
<i>Chloroceryle americana</i>	1		
<i>Chlorostilbon canivetii</i>	1		
<i>Falco ruficularis</i>	1		
<i>Glaucidium brasilianum</i>	1		
<i>Megaceryle torquata</i>	1		

### Mamíferos

En el caso de los mamíferos, para Tabasco se han registrado 114 especies (Sánchez-Hernández *et al.*, 2007) aunque algunos autores estiman que podrían ser hasta 142 especies (Bello, 2004). En este estudio la clase de los mamíferos contó con un total de 19 especies, de las cuales 12 fueron registradas en M1 y 16 en M2 (Tabla VII.3.1.14). En cuanto a las especies pertenecientes al orden Didelphimorphia seis de estas se distribuyen en el estado de Tabasco (Reid, 2008), siendo observadas y capturadas durante el muestreo dos especies, representado un 33% de lo reportado para el estado. En Tabasco se han reportado 19 especies de roedores mientras que en este estudio fue observada una sola especie que representan el 5.25% del total de especies pertenecientes a este orden (Bueno *et al.*,

2005). Asimismo para el orden Primates en el área de estudio se localizó una sola especie. El orden Cingulata cuenta con una especie distribuida en Tabasco, la cual reportamos en este estudio. El orden Chiroptera es el más diverso con 60 especies y el que ha sido mejor estudiado (Bueno *et al.*, 2005). Los resultados obtenidos en el presente estudio representan el 21.7% del total de la quiropterofauna reportada para el estado de Tabasco.

**Tabla VII.3.1.14. Relación comparativa del Número de especies de mamíferos registradas en el sitio con mayor influencia antropogénica (M1) y el sitio con menor influencia antropogénica (M2).**

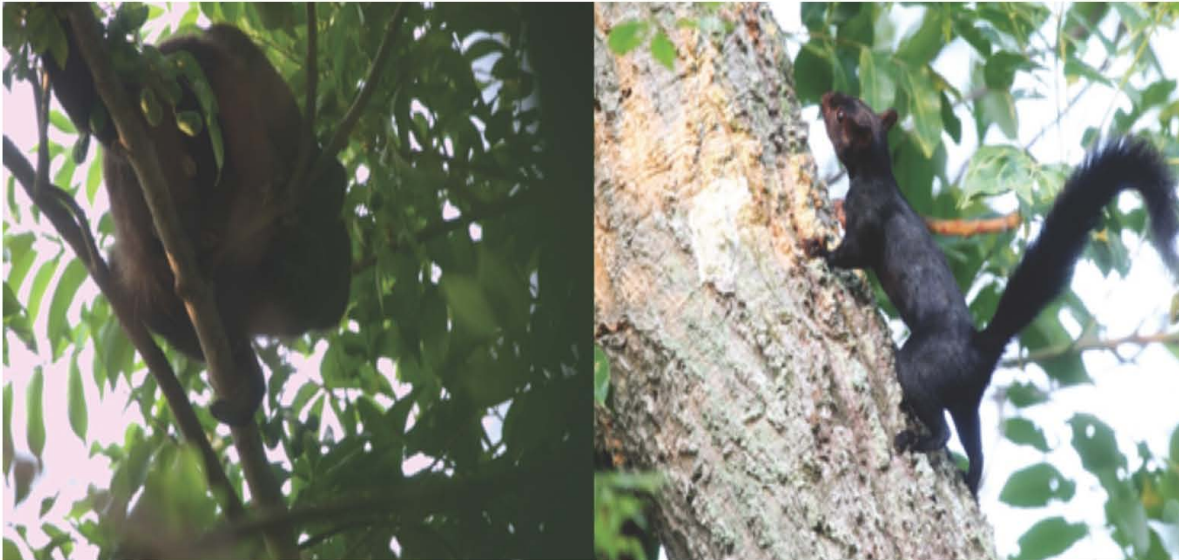
Orden	Especies M1	Especies M2	Total
Didelphimorphia (zarigüeyas)	1	2	2
Rodentia (ardillas, roedores)	1	2	2
Primates (monos)	1	1	1
Cingulata (armadillos)	0	1	1
Chiroptera (murciélagos)	10	11	13
Total de especies	12	16	19

Dentro de las especies observadas en ambos sitios (M1 y M2) destaca el mono aullador (*Alouatta pigra*) (Fig. VII.3.1.25), que se encuentra bajo la categoría de Peligro de Extinción (P) en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y listada en el Apéndice I del CITES. La cacería de esta especie está totalmente vedada.

Asimismo se contabilizaron en ambos sitios (M1 y M2) ejemplares de ardillas pertenecientes a la especie *Sciurus aureogaster* sobre los árboles en acahuales dentro del área de estudio, las cuales son generalistas en cuanto a requerimientos de hábitat (Thorington *et al.*, 2012) y consideradas como abundantes en muchas áreas de México (Váldez-Alarcón y Téllez-Girón, 2005) como es el caso del estado de Tabasco donde se ha reportado una estimación de 1.24 ardillas/ha (Hidalgo *et al.*, 2012). Se consideran desde hace tiempo como una de las principales plagas que merman la producción coco a nivel mundial (Lever, 1969) y en regiones dentro del municipio de Paraíso es donde se han reportado un mayor número de estos individuos (e.g. Flores-Unión; Hidalgo *et al.*, 2012; Fig. VII.3.1.25). En el sitio M2 fueron observados numerosos refugios de armadillos (*Dasypus novemcinctus*), que es una especie indicadora de la

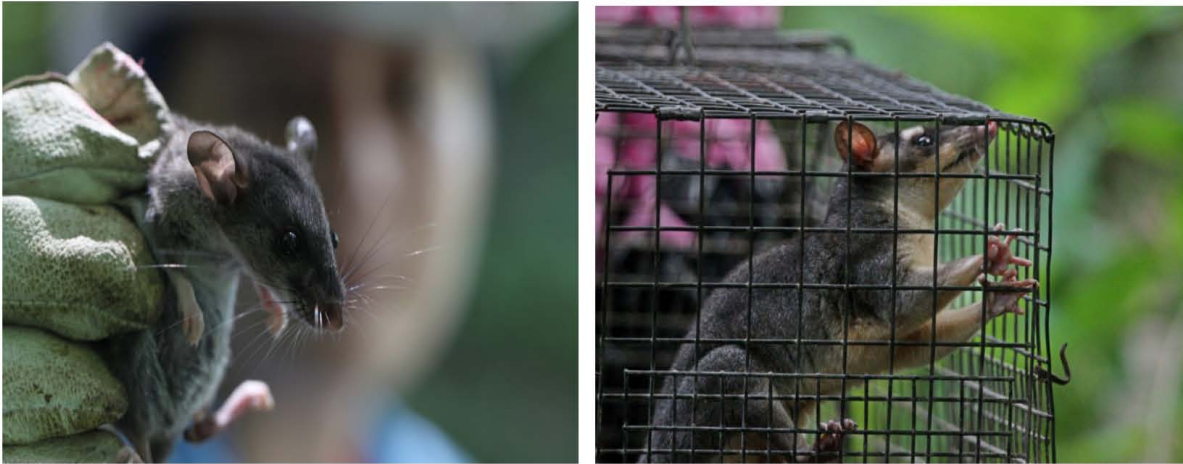


calidad del hábitat. Los individuos de esta especie son de interés cinegético, por lo que la caza está permitida siempre y cuando se cuente con los permisos correspondientes.



**Figura VII.3.1.25. Individuos observados en el sitio con mayor influencia antropogénica (M1) y el sitio con menor influencia antropogénica (M2). A la izquierda *Alouatta pigra* y a la derecha *Sciurus aureogaster*.**

Con las trampas Sherman, se capturó e identificó un roedor de la especie *Peromyscus mexicanus* en el sitio M2 (Fig. VII.3.1.26), la cual es una especie que se encuentra en sitios menos alterados, con mayor cobertura y humedad (Bueno *et al.*, 2005), características con las que contaba el sitio de captura. La especie no se encuentra enlistada en la NOM-059. En las trampas Tomahawk se capturaron un total de cinco marsupiales pertenecientes a las especies *Didelphis marsupialis* (4 individuos) y *Philander opossum* (1 individuo). En el sitio M1 fue capturada una hembra de *D. marsupialis*, mientras que en el sitio M2 fueron capturados dos hembras y un macho de *D. marsupialis*, además de una hembra de *P. opossum*. Las zarigüeyas son consideradas como especies generalistas, de amplia distribución, tolerantes a la perturbación y con alta capacidad reproductiva (Kasparian *et al.*, 2004). Ninguna de estas especies se encuentra en alguna categoría de riesgo.



**Figura VII.3.1.26. A la izquierda individuo perteneciente a la especie *Peromyscus mexicanus* y a la derecha individuo perteneciente a la especie *Philander opossum*, ambos capturados en el sitio con menor influencia antropogénica (M2).**

En relación a los murciélagos capturados con redes, en ambos sitios se logró la captura de 37 individuos pertenecientes a siete especies. La familia mejor representada en cuanto a riqueza y número de individuos fue la Phyllostomidae, con el 97.3% del total de individuos, mientras que la familia Vespertilionidae representó el 2.7%. El 51.4% (n = 19) del total de las capturas se presentó en el sitio M1 y el 48.6% (n = 18) en el sitio M2, ambos sitios presentaron similar riqueza de especies (6). El índice de diversidad general teniendo en cuenta ambos sitios fue de 1.7 bits/ind, mientras que por sitio se encontró que M1 tuvo 1.6 bits/ind y en M2 se obtuvo 1.5 bits/ind. Ninguna de las especies capturadas está incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

A través del monitoreo acústico se grabaron en total 291 archivos de sonido en formato wav de los cuales 135 correspondieron al sitio M1 y 156 a M2. Para la identificación de especies se utilizaron al menos 5 pulsos por grabación en fase de búsqueda. Aquellos archivos que contaron con ruido, llamados sociales o en una fase diferente a la de búsqueda no se les asignaron ninguna especie. En ambos sitios fueron identificadas seis especies pertenecientes a dos familias, Mormoopidae, Vespertilionidae y Molossidae, de las cuales la Vespertilionidae y la Molossidae fueron las más ricas en cuanto a número de especies con tres y dos, de manera respectiva (Tabla VII.3.1.15).

**Tabla VII.3.1.15. Clasificación taxonómica y lista de las especies de murciélagos capturados en el sitio con mayor influencia antropogénica (M1) y en el sitio con menor influencia antropogénica (M2).**

Familia	Subfamilia	Especie	Método	M1	M2
Mormoopidae		<i>Pteronotus davyi</i>	Acústico	-	3
Phyllostomidae	Glossophaginae	<i>Glossophaga soricina</i>	Redes	3	-
	Stenodermatinae	<i>Artibeus jamaicensis</i>	Redes	8	4
		<i>Artibeus lituratus</i>	Redes	3	1
		<i>Artibeus phaeotis</i>	Redes	2	4
		<i>Sturnira lilium</i>	Redes	3	8
		<i>Uroderma bilobatum</i>	Redes	1	2
Vespertilionidae		<i>Myotis keaysi</i>	Redes	-	1
		<i>Eptesicus furinalis</i>	Acústico	2	22
		<i>Rhogeessa tumida</i>	Acústico	4	4
		<i>Lasiurus ega</i>	Acústico	1	1
Molossidae		<i>Molossus rufus</i>	Acústico	22	1
		<i>Promops centralis</i>	Acústico	-	1
<b>Total de especies (redes)</b>		<b>7</b>			
<b>Total de especies (acústico)</b>		<b>6</b>			
<b>Individuos (redes)</b>				<b>18</b>	<b>19</b>
<b>Grabaciones (acústico)</b>				<b>29</b>	<b>31</b>

Los murciélagos capturados presentaron los siguientes hábitos alimentarios: frugívoros, insectívoros y nectarívoros. En cuanto a la distribución y presencia de los hábitos alimentarios se determinó que el 89.2% de las capturas fue de murciélagos frugívoros, el 8.1% nectarívoros y el 2.7% insectívoros (Figs. VII.3.127 y 28). Por sitio de estudio se encontró que en el caso de Tajón el 53.96% de los individuos capturados presentaron hábitos frugívoros, seguido por hematófagos 41.26% y nectarívoros 4.76%.



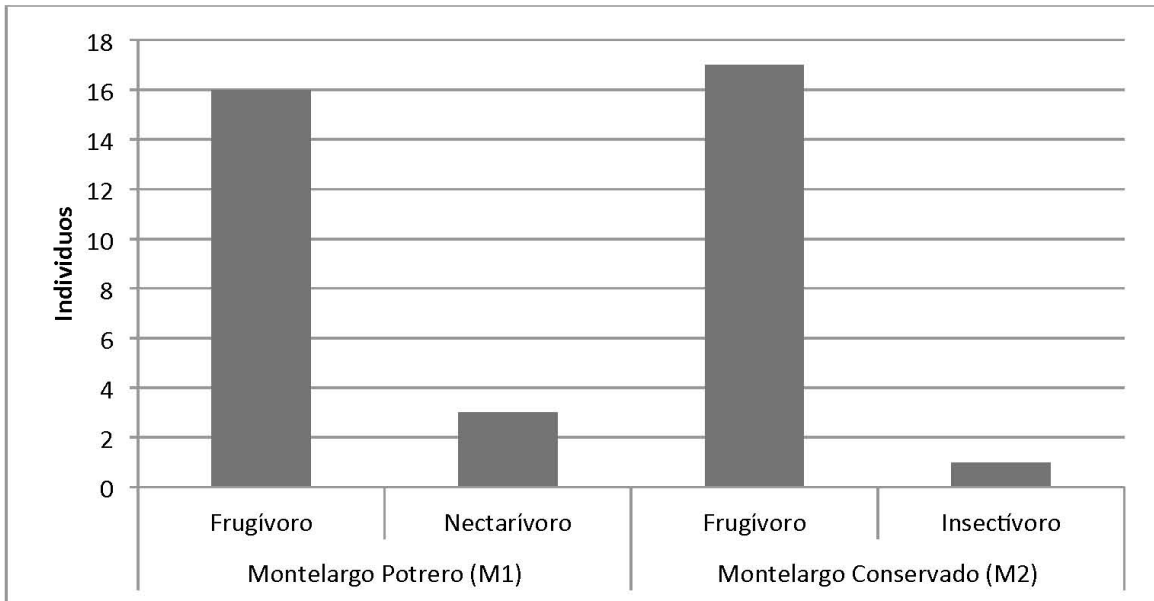


Figura VII.3.1.27. Gremios tróficos representados a través de las especies de murciélagos capturados en el sitio con mayor influencia antropogénica (M1) y en el sitio con menor influencia antropogénica (M2).

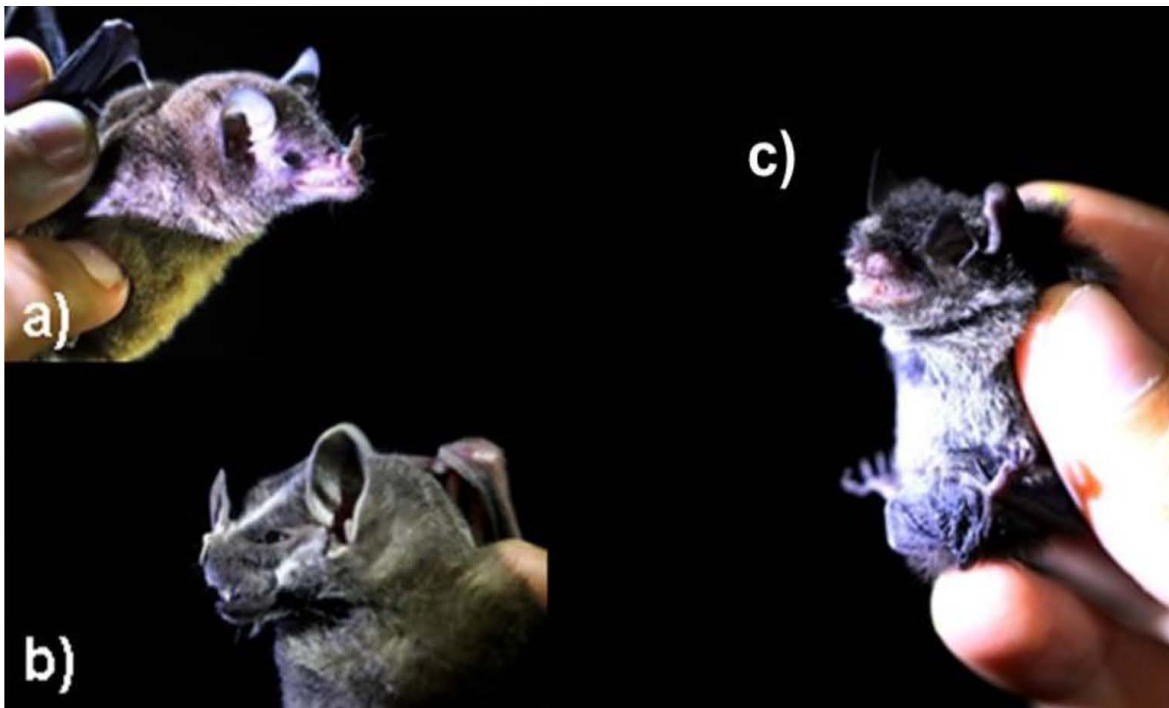


Figura 28. Representantes de cada gremio trófico capturados en el sitio con mayor influencia antropogénica (M1) y en el sitio con menor influencia antropogénica (M2). a) Nectarívoro (*Glossophaga soricina*), b) frugívoro (*Uroderma bilobatum*) e c) insectívoro (*Myotis keaysi*).

En el sitio M1 se registraron un total de 10 especies de murciélagos, seis por el método de redes y cuatro por el método acústico (Tabla VII.3.1.16). Las especies capturadas por este método fueron representadas únicamente por la familia *Phyllostomidae*. La especie con mayor incidencia de captura fue *Artibeus jamaicensis*. En cuanto al monitoreo acústico fueron registradas dos familias: *Vespertilionidae* y *Molossidae*, la especie con mayor número de grabaciones fue *Molossus rufus* con 22 grabaciones. Se encontró que en el sitio M1 el 84.2% de los individuos capturados presentaron hábitos frugívoros mientras que el 15.8% presentó hábitos nectarívoros. Los individuos registrados mediante el monitoreo acústico fueron únicamente insectívoros.

**Tabla VII.3.1.16. Clasificación taxonómica y lista de las especies de murciélagos capturados el sitio con mayor influencia antropogénica por colindar con potreros y acahuales (M1).**

Familia	Subfamilia	Especie	Método	Individuos	Grabaciones
Phyllostomidae	Glossophaginae	<i>Glossophaga soricina</i>	Redes	3	-
	Stenodermatinae	<i>Artibeus jamaicensis</i>	Redes	6	-
		<i>Artibeus lituratus</i>	Redes	4	-
		<i>Artibeus phaeotis</i>	Redes	2	-
		<i>Sturnira lilium</i>	Redes	3	-
		<i>Uroderma bilobatum</i>	Redes	1	-
Vespertilionidae		<i>Eptesicus furinalis</i>	Acústico	-	2
		<i>Lasiurus ega</i>	Acústico	-	1
		<i>Rhogeessa tumida</i>	Acústico	-	4
Molossidae		<i>Molossus rufus</i>	Acústico	-	22
<b>Total de especies</b>			10		
<b>Total</b>				19	29

En el sitio M2 se registraron un total de diez especies de murciélagos, seis mediante el método de redes y cinco a través del monitoreo acústico. Las especies capturadas por el método de redes fueron representadas por dos familias Phyllostomidae y Vespertilionidae. La especie con mayor incidencia de captura fue *Sturnira liliium* con ocho individuos, seguida por *Artibeus phaeotis* con cuatro individuos. En cuanto al monitoreo acústico, fueron representadas tres familias: Mormoopidae, Vespertilionidae y Molossidae, la especie con mayor número de grabaciones fue *Eptesicus furinalis* con 22 grabaciones (Tabla VII.3.1.17, Fig. VII.3.1.29 y 30). El 83.3% de las especies capturadas fueron frugívoras mientras que el 16.7% fue insectívora. Los individuos registrados mediante el monitoreo acústico fueron únicamente insectívoros.

**Tabla VII.3.1.17. Clasificación taxonómica y lista de las especies de murciélagos capturados en el sitio con menor influencia antropogénica (M2).**

Familia	Subfamilia	Especie	Método	Individuos	Grabaciones
Mormoopidae		<i>Pteronotus davyi</i>	Acústico	-	3
Phyllostomidae	Stenodermatinae	<i>Artibeus jamaicensis</i>	Redes	2	-
		<i>Artibeus lituratus</i>	Redes	1	-
		<i>Artibeus phaeotis</i>	Redes	4	-
		<i>Sturnira liliium</i>	Redes	8	-
		<i>Uroderma bilobatum</i>	Redes	2	-
Vespertilionidae		<i>Myotis keaysi</i>	Redes	1	-
		<i>Eptesicus furinalis</i>	Acústico	-	22
		<i>Rhogeessa tumida</i>	Acústico	-	4
Molossidae		<i>Molossus rufus</i>	Acústico	-	1
		<i>Promops centralis</i>	Acústico	-	1
<b>Total de especies</b>			11		
<b>Total</b>				16	31



Entre ambos sitios no existió diferencia significativa en cuanto al número de especies de murciélagos. En M1 el 100% de las capturas fueron de filostómidos pertenecientes a la subfamilia Stenodermatinae, la cual es más abundante en hábitats perturbados con alta disponibilidad de frutos (Fenton *et al.*, 1992; Coutinho y Bernard, 2012). Por ejemplo, *A. jamaicensis* especie dominante en M1, es más abundante en lugares con niveles de perturbación menor o moderadamente impactados (Medellín *et al.*, 2000). La presencia de *Artibeus lituratus* y *Glossophaga soricina* en M1 evidencian las alteraciones en el ecosistema, ya que según algunos autores (Fenton *et al.*, 1992; Medellín *et al.*, 2000; Gorresen y Willig, 2004; Bernard y Fenton, 2007), estas especies de filostómidos toleran diversos grados de alteración y transformación de hábitat. Sin embargo, en M2 la especie con mayor abundancia fue *Sturnira liliium*, que de igual manera fue registrada en M1 pero en menor proporción, lo cual indica que aunque este sitio esté más conservado mantiene algún grado de perturbación, ya que la abundancia de la especie está relacionada con los distintos niveles de perturbación (Medellín *et al.*, 1999).

En relación a los registros acústicos, en ambos sitios fueron registrados especies insectívoras, sin embargo aunque se aplicó el mismo esfuerzo de muestreo, se contó con un mayor número de grabaciones en M2 (31) y una mayor riqueza de especies (6). La dominancia de *M. rufus* en M1, se debe a que las especies de este grupo se caracterizan por explotar lugares abiertos (Reid, 2008). La presencia de *Promops centralis* en M2 es un reflejo del estado de la vegetación en el sitio, a comparación de M1 donde no fue registrada la especie. Las especies insectívoras contribuyen a la erradicación de insectos considerados como plaga, ya que pueden consumir en una noche hasta su propio peso en insectos (Kunz, 1982; Fenton, 1982) que son nocivos para la agricultura y la salud humana.

#### *Consideraciones generales*

En el caso de los anfibios, los reptiles y los mamíferos en el sitio más conservado (M2) se registró el mayor número de especies; no siendo así en el caso de las aves donde se detectaron más especies en el sitio más perturbado (M1). El hecho de que se detectaran menos aves en el sitio

más conservado puede estar dado porque la vegetación dentro del fragmento de selva mediana era muy tupida, lo cual impide que varias especies de aves puedan moverse con facilidad dentro del mismo. Además, debe tenerse en cuenta que la visibilidad y la detectabilidad en sitios con estas características puede ser menor que en áreas abiertas. En el caso del sitio M1, donde la mayor parte del espacio en que se trabajó era abierto, era más fácil detectar a las especies de aves que hacían uso del mismo. Muchas de las especies que se registraron en el sitio M1 son características de espacios abiertos, razón por la cual era difícil que se pudieran encontrar en el sitio M2.

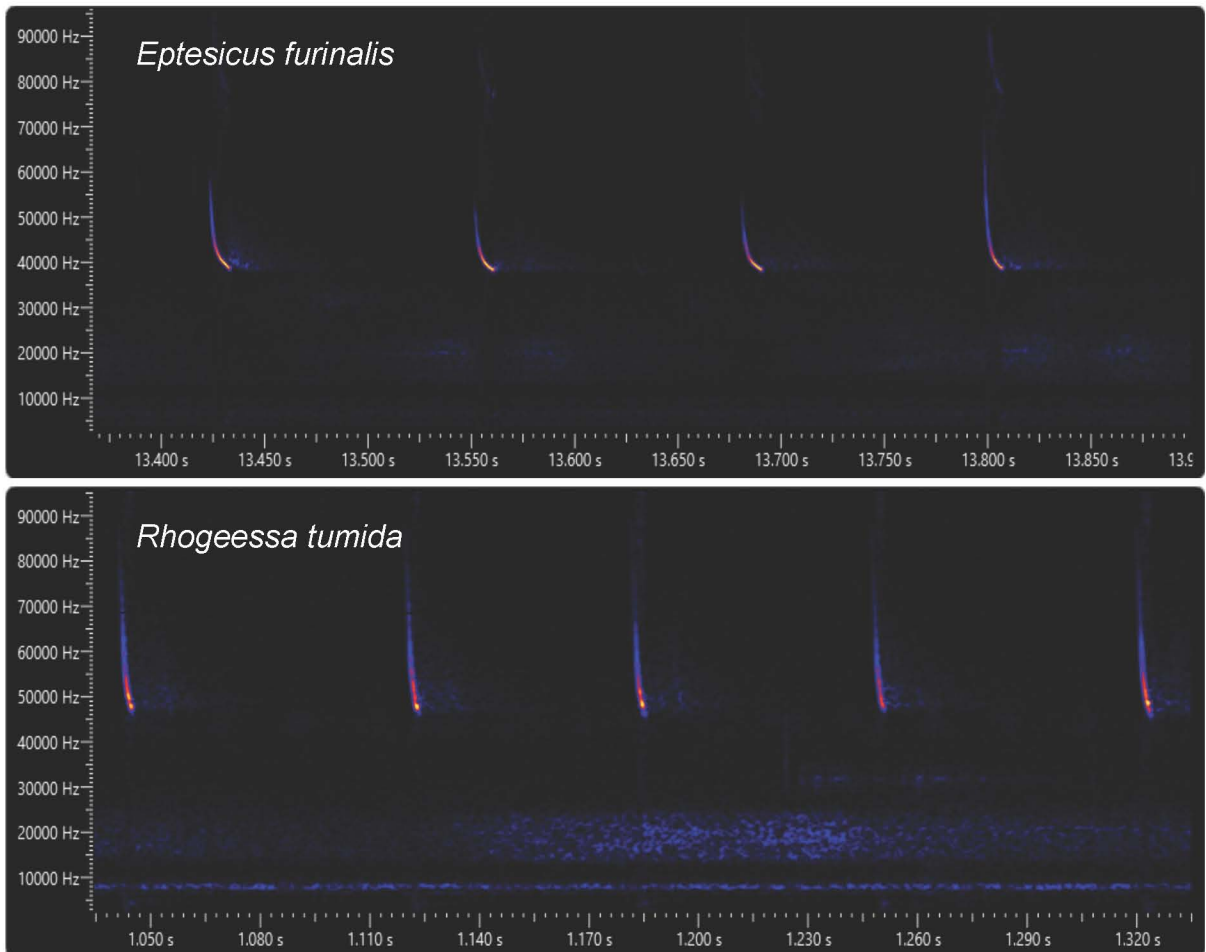


Figura VII.3.1.29. Sonogramas obtenidos en el sitio con mayor influencia antropogénica (M1) y en el sitio con menor influencia antropogénica (M2).

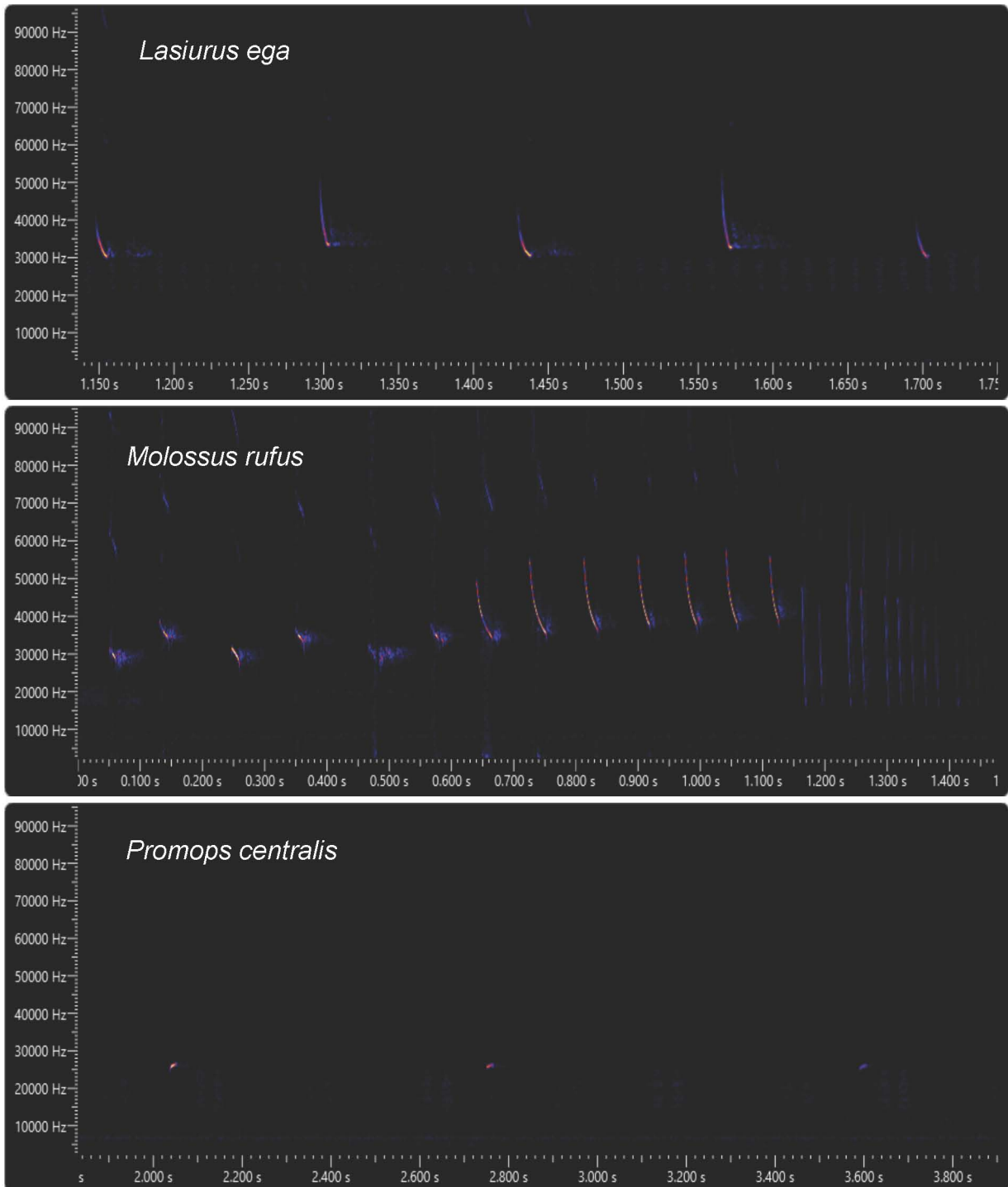


Figura VII.3.1.30. Sonogramas obtenidos en el sitio con mayor influencia antropogénica (M1) y en el sitio con menor influencia antropogénica (M2).



Si se comparan los porcentajes que representan cada uno de los grupos de vertebrados estudiados, en relación al total de especies reportadas para el estado de Tabasco [datos tomados de CONABIO (2008) y Cappello *et al.* (2010)], se comprueba que los valores registrados en el presente estudio no son elevados (Tabla VII.3.118). Es muy importante aclarar que el área donde se llevó a cabo el estudio es pequeña y los muestreos solo se realizaron durante dos semanas, el cual es un periodo muy corto de análisis. Para poder realizar muestreos más representativos se debería trabajar durante un período mayor y en las diferentes épocas del año. Aunado a lo anterior, en el caso particular de las aves debe tenerse en cuenta que a inicios del mes de agosto solo están presentes las especies residentes permanentes, ya que las especies migratorias normalmente aún no han llegado. Las aves migratorias llegan en mayor número cuando comienzan la temporada de frentes fríos o durante la primavera cuando estas aves regresan hacia sus áreas de reproducción en el norte. Las especies migratorias de aves constituyen un porcentaje alto del total reportado para Tabasco.

**Tabla VII.3.1.18. Comparación entre el número de especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos registradas en el en el sitio con mayor influencia antropogénica (M1) y en el sitio con menor influencia antropogénica. Entre paréntesis se refleja el porcentaje que representa el número de especies por grupo en cada sitio en relación al total del grupo en el estado de Tabasco (T). Comparación realizada en función de los datos tomados de CONABIO (2008) y Cappello *et al.* (2010).**

Anfibios			Reptiles			Aves			Mamíferos		
T	M1	M2	T	M1	M2	T	M1	M2	T	M1	M2
32	2 (6)	4 (13)	124	1 (1)	4 (3)	539	55 (10)	39 (7)	142	12 (9)	16 (11)

También debe valorarse que los sitios del campo Fortuna Nacional han estado sometidos a diferentes presiones por actividades antropogénicas, principalmente por la ganadería, que han provocado cambios en las mismas. En el caso de M1, es un sitio que se ha visto más afectado por las actividades ganaderas y en casi toda su extensión está ocupado por potreros y algunos fragmentos de acahuales (fragmentos de selva en

recuperación después de ser talados o perturbados parcialmente). En el caso de M2, aun cuando predomina un fragmento de selva mediana con cierto grado de conservación, este está continuamente siendo perturbado por la presencia del ser humano. Además, está rodeado en su totalidad por potreros, lo cual incrementa la presión sobre el mismo y las especies que en él se desarrollan.

Con los resultados obtenidos se puede llegar a la conclusión que, aunque en las áreas en que se trabajó las presiones por la actividades antropogénicas son evidentes, aún las condiciones favorecen la presencia de diferentes especies de vertebrados.

## VII.3.2 Efectos biológicos

Tal y como se mencionó en el apartado de metodología, los contaminantes que rebasaron la Normatividad Mexicana o los estándares internacionales en agua, sedimento y/o suelo, fueron investigados a través de la bibliografía científica para describir su potencial tóxico en el ambiente, los organismos y la población humana. A continuación se sintetizan las características de tales contaminantes.

### Hidrocarburos

La determinación de contaminantes por hidrocarburos en el suelo es uno de los análisis más frecuentemente realizada en el estudio de los sitios contaminados y es también uno de los menos estandarizados (Sadler & Connell 2003). Los derrames de hidrocarburos son una de las principales fuentes de contaminación de suelos ya que ocasiona perturbaciones en los ecosistemas al afectar la estructura y los bio-procesos (Zamora et al., 2012). En la figura VII.3.2.1 se muestra la ruta típica de dicho impacto.

En la caracterización del suelo descrita en la sección VII.2.9 se mostraron los resultados reportados de hidrocarburos, los cuales incluyeron hidrocarburos aromáticos policíclicos. En la tabla VII.3.2.1 se observa el resumen de los valores obtenidos, donde solo se han incluido los hidrocarburos con niveles detectables, subrayando aquellos ubicados por arriba de la Normatividad Mexicana. En dicha tabla cabe señalar el uso de la coma (,) como separador decimal y que los números mayores a cuatro dígitos se escribieron sin espacio entre cifras.

Tal y como se ha mencionó en los apartados de resultados, la normatividad referente a suelo es la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, la cual estipula los límites máximos permisibles para uso agrícola/residencial e Industrial. Como puede observarse en la tabla VII.3.2.1, en dos sitios de muestreo, CFN\_SU\_99 y CFN\_SU\_75, ambos a profundidad de 0,3 metros, presentaron valores ligeramente por encima del límite máximo permisible en la categoría industrial para benzo(b)fluoranteno, 12,587 y 12,935 mg/kg base seca, respectivamente. De igual forma, otros HAPs de las mismas muestras se ubicaron por encima de la NOM para uso Agrícola/residencial.



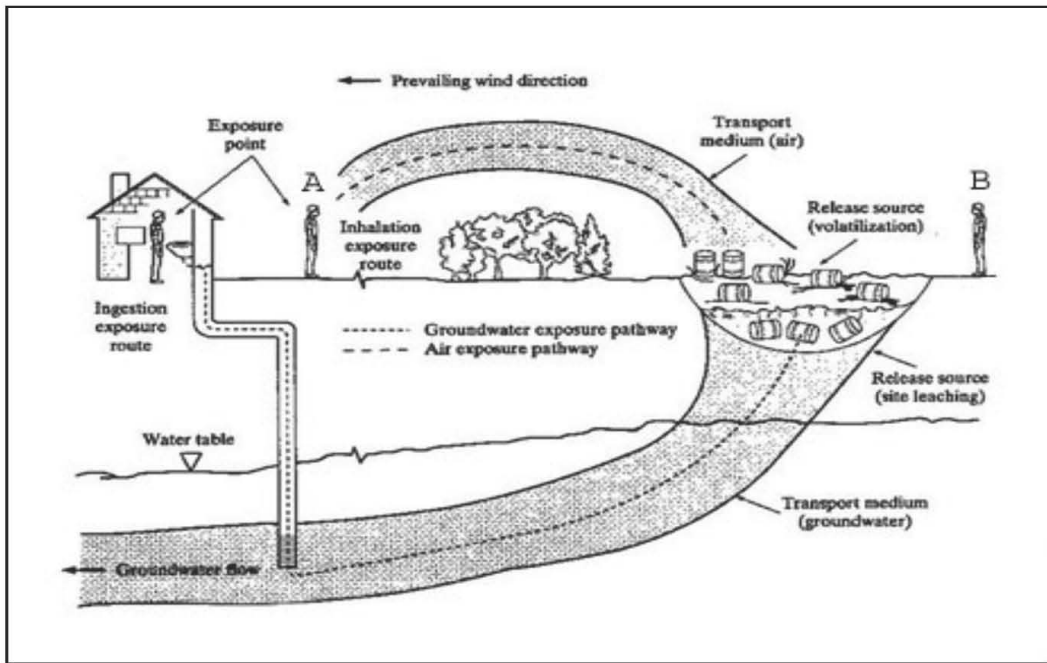


Figura VII.3.2.1. Posibles rutas de exposición derivadas de la contaminación de suelos por hidrocarburos (EnviroTools, 2017).

Tabla VII.3.2.1. Valores de HAP's (mg/kg), cuantificados en base seca.

Pozo	Muestra	X	Y	Profundidad (m)	Hidrocarburos Fracción Media	Benzo (a) antraceno	Benzo (a) pireno	Benzo (b) Fluoranteno	Benzo (k) Fluoranteno	Dibenzo (a,h) antraceno	Indeno (1,2,3-cd) pireno
No Identificado "A"	CFN-SU-97	541015	1967217	0.3	134.42	1.461	2.451	3.305	1.181	0.133	2.067
	CFN-SU-97	541015	1967217	0.5	66.83	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN-SU-98	541014	1967215	0.3	66.83	0.354	0.555	0.836	0.272	0.133	0.500
	CFN-SU-98	541014	1967215	0.5	66.83	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN-SU-99	541018	1967211	0.3	570.80	5.996	4.745	12.935	4.444	0.257	3.966
	CFN-SU-99	541018	1967211	0.5	66.83	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN-SU-100	541021	1967215	0.3	107.30	0.521	0.652	1.268	0.428	0.133	0.630
	CFN-SU-100	541021	1967215	0.5	95.15	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	NI_SU_01	541015	1967218	0.3	113.55	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	NI_SU_01	541015	1967218	0.5	118.47	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	NI_SU_02	541006	1967224	0.3	181.97	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	NI_SU_02	541006	1967224	0.5	66.83	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	NI_SU_03	541003	1967218	0.3	66.83	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	NI_SU_03	541003	1967218	0.5	66.83	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	NI_SU_04	541004	1967210	0.3	88.19	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	NI_SU_04	541004	1967210	0.5	66.83	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	NI_SU_05	541014	1967208	0.3	66.83	0.341	0.453	0.895	0.340	0.133	0.412
	NI_SU_05	541014	1967208	0.5	66.83	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	NI_SU_05 Dup	541014	1967208	0.5	66.83	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	NI_SU_06	541009	1967217	0.3	66.83	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
NI_SU_06	541009	1967217	0.5	66.83	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	
No Identificado "B"	CFN_SU_75	541553	1966977	0.3	214.65	4.360	6.617	12.587	4.317	1.486	5.392
	CFN_SU_75	541553	1966977	0.5	66.83	0.941	1.514	2.909	0.912	0.361	1.301
	CFN_SU_76	541557	1966972	0.3	66.83	0.133	0.304	0.571	0.133	0.133	0.598
	CFN_SU_76	541557	1966972	0.5	66.83	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN_SU_77	541561	1966978	0.3	66.83	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN_SU_77	541561	1966978	0.5	66.83	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN_SU_78	541558	1966979	0.3	66.83	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN_SU_78	541558	1966979	0.5	66.83	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN_SU_78 Dup	541558	1966979	0.5	66.83	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133

Bajo el Límite de Detección										
Bajo La Norma										
Arriva de la NOM-138-SEMARNAT/SAA1-2012	Residencial	1200	2	2	2	8	2	2		
	Industrial	5000	10	10	10	80	10	10		

La presencia de estos compuestos es indicativa de la contaminación generada durante la perforación de dichos pozos y representa un potencial peligro para la población expuesta. Esto es particularmente cierto para los HAPS, ya que están categorizados como "contaminantes prioritarios" por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, debido a su amplia distribución en el ambiente y por sus propiedades mutagénicas, carcinogénicas y teratogénicas (Zhang *et al.* 2006; Morrillo *et al.* 2008).

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos se clasifican según su origen en biogénicos, petrogénicos y pirogénicos. Los HAP's petrogénicos son derivados del petróleo, sus principales compuestos incluyen homólogos alquilados (con radicales) y no sustituidos de naftalenos, fluorenos, fenantrenos, dibenzotiofenos y crisenos (Johnsen y Karlson, 2007). Los HAP's son importantes en los hidrocarburos diagenéticos y algunos de estos compuestos policíclicos también existen en el petróleo; son una categoría que representa un riesgo ambiental importante debido a su potencial carcinogénico hacia los mamíferos (Benlahcen *et al.*, 1997; Boffeta *et al.*, 1997). En los suelos, los HAP's son más propensos a adherirse a las partículas, algunos se evaporan de los suelos superficiales al aire (ATSDR, 2007a). Generalmente ingresan al ambiente en fase gaseosa (por evaporación-depositación) y en fase líquida (derrames de crudo) principalmente (Ortiz-Salinas *et al.*, 2012).

Debido a las restricciones de acceso a las áreas contaminadas, los estudios de caracterización fueron limitados y no se pudo determinar con precisión la amplitud de la contaminación. Consideramos importante que las autoridades competentes realicen un análisis detallado para determinar la migración que puedan tener estos contaminantes hacia el agua subterránea ya que ésta es una fuente importante de abastecimiento para la comunidad de Belén.

### **Metales**

Los metales pesados como el plomo y el arsénico pueden ser absorbidos por animales y plantas y éstos a la vez ser alimento del ser humano (Barenys *et al.*, 2014). Estos metales pueden ser dañinos, hasta letales, al ser consumidos en cantidades por sobre el umbral de toxicidad (Weisse, 2015).



En la caracterización del suelo descrita en la sección VII.2.9 se mostraron los resultados reportados de metales pesados. En la tabla VII.3.2.2 se observa el resumen de los valores obtenidos, donde solo se han incluido los metales con niveles detectables, subrayando aquellos ubicados por arriba de la Normatividad Mexicana. En dicha tabla cabe señalar el uso de la coma (,) como separador decimal y que los números mayores a cuatro dígitos se escribieron sin espacio entre cifras.

**Tabla VII.3.2.2. Valores de metales (arsénico y plomo) en los sitios de muestreo, cuantificación en base seca.**

Pozo	Muestra	X	Y	Profundidad (m)	Arsenico total	Bario Total	Cadmio Total	Plata Total	Plomo Total	Talio Total	Vanadio Total	Níquel Total	Mercurio Total
FN-101	CFN-SU-53	540194	1968257	0.3	10.00	13160.00	2.00	2.00	13.49	5.00	9.63	10.31	0.083
	CFN-SU-53	540194	1968257	0.5	526.80	3526.00	2.00	16.00	915.40	5.00	43.91	10.69	22.2538
	CFN-SU-54	540187	1968256	0.3	39.41	4693.00	2.00	4.83	93.80	5.00	13.89	15.28	3.6434
	CFN-SU-54	540187	1968256	0.5	10.00	1813.00	2.00	2.00	19.60	5.00	7.37	55.93	0.1499
	CFN_SU_55	540189	1968251	0.3	28.45	3219.00	2.00	2.00	64.13	5.00	65.27	22.16	1.288
	CFN_SU_55	540189	1968251	0.5	10.00	188.50	2.00	2.00	5.38	5.00	15.21	71.47	0.083
	CFN_SU_56	540192	1968256	0.3	10.00	3565.00	2.00	2.00	28.63	5.00	17.60	10.70	0.394
	CFN_SU_56	540192	1968256	0.5	189.40	7854.00	5.44	8.88	788.30	5.00	31.57	37.87	13.169
	CFN_SU_83	540185	1968233	0.3	10.00	858.10	2.00	2.00	5.74	5.00	5.00	28.06	0.083
	CFN_SU_83	540185	1968233	0.5	19.28	3104.00	2.00	2.00	35.73	5.00	60.77	26.30	0.083
	CFN_SU_84	540209	1968238	0.3	184.80	6162.00	2.00	2.00	335.00	5.00	13.64	74.68	0.083
	CFN_SU_84	540209	1968238	0.5	13.94	508.80	2.00	2.00	9.92	5.00	10.36	77.52	0.318
	CFN_SU_85	540176	1968243	0.3	10.00	148.90	2.00	2.00	11.10	5.00	12.11	85.53	0.083
	CFN_SU_85	540176	1968243	0.5	440.70	7743.00	7.47	19.78	707.30	6.84	11.57	16.99	0.083
	CFN_SU_86	540205	1968261	0.3	10.11	1625.00	2.00	2.00	10.88	5.00	11.57	34.72	32.0416
	CFN_SU_86	540205	1968261	0.5	10.00	446.30	2.00	2.00	18.08	5.00	7.51	253.50	9.2522
	CFN_SU_86 Dup	540205	1968261	0.5	10.00	772.30	2.00	2.00	13.50	5.00	8.77	192.70	18.6665
	CFN_SU_87	540172	1968261	0.3	10.00	7544.00	2.00	2.00	21.27	5.00	9.11	74.16	0.083
	CFN_SU_87	540172	1968261	0.5	10.00	1855.00	2.00	2.00	14.69	5.00	8.81	117.50	0.083
	CFN_SU_88	540194	1968277	0.3	10.00	6063.00	2.00	2.00	26.98	5.00	10.55	27.31	0.3759
CFN_SU_88	540194	1968277	0.5	10.00	1131.00	2.00	2.00	11.56	5.00	5.49	70.71	0.1598	

Bajo el Límite de Detección													
Bajo La Norma													
Arriva de la NOM-147-SEMARNAT/SAA1-2004	Residencial	22	5400	37	390	400	5.2	78	1600	23			
	Industrial	260	67000	450	5100	800	67	1000	20000	310			

De los metales considerados por la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, arsénico y plomo se localizaron por arriba de la categoría de uso industrial, en las inmediaciones del pozo FN-101. Aunado a lo anterior, Bario Talio y mercurio se ubicaron por arriba de la NOM de uso agrícola/residencial. Las implicaciones que esta contaminación puede tener para el ambiente se sintetizan en la tabla VII.3.2.3.

### Arsénico

El ciclo del arsénico en los suelos es complejo, con muchos procesos bióticos y abióticos controlando el impacto ambiental. El arsénico en el suelo existe en varios estados de oxidación y especies químicas, dependiendo del pH del suelo y potencial de oxidación-reducción. En la



mayoría de las condiciones ambientales, arsénico inorgánico, As (V) o  $As^{+5}$ , existe como una mezcla de aniones arseniato,  $H_2AsO_4$  y  $HAsO_4^{2-}$ , y arsénico inorgánico, As (III) o  $As^{+3}$ , existirá como  $H_3AsO_3$  (ATSDR, 2007b). El As (V) predomina en suelos aerobios, y arsénico As (III) predomina en suelos ligeramente reducidos (por ejemplo, inundados temporalmente) o sedimentos (EPA 1982b, Sanders et al., 1994). Como As (III) se divide comúnmente a la fase acuosa en entornos anóxicos y más móvil. Como As (V) normalmente permanece ligado a minerales, como ferrihidrita y alúmina, limitando su movilidad y biodisponibilidad (Rhine et al., 2006).

El uso generalizado de arsénico ha dado lugar en muchas partes del mundo a una importante contaminación del medio ambiente, un nivel considerable de exposición humana y graves problemas de salud pública, ya que se acumula y afecta a diversos sistemas del cuerpo: nervioso, hematológico, gastrointestinal (OMS, 2017a). Las exposiciones de seres humanos cerca de sitios de desechos peligrosos pueden incluir la inhalación de polvos de arsénico en el aire, la ingestión de arsénico en agua, alimentos o suelo, o contacto dérmico con tierra o agua contaminada. En este sentido, se ha reportado un aumento del riesgo de cáncer de pulmón, irritación respiratoria, náuseas, efectos cutáneos y efectos neurológicos tras la exposición por inhalación (ATSDR, 2007b).

Cada vez es más evidente que la toxicidad y carcinogenicidad del arsénico, lo cual está estrechamente asociada con procesos metabólicos. El arsénico pentavalente absorbido As (V) se reduce rápidamente al arsénico trivalente As (III) al menos parcialmente en la sangre, donde se distribuye a los tejidos y es absorbida por células (particularmente hepatocitos). Muchos tipos de células parecen acumular As (III) más rápidamente que As (V). Debido a que As (III) (como arsenito) es conocido por ser más altamente tóxico que As (V) (como arseniato), el paso de reducción puede ser considerado bioactivación en lugar de desintoxicación (ATSDR, 2007b).

En exposición oral varios estudios en humanos indican que los arseniatos y los arsenitos están bien absorbidos a través del tracto gastrointestinal. La evidencia más directa proviene de un estudio que evaluó la eliminación de 6 días de arsénico en humanos sanos a los que se les dio agua de un

sitio de muestreo de alto arsénico (especies de arsénico no especificadas) y que reportó una absorción de aproximadamente 95% (Zheng *et al.*, 2002).

Woolson and Kearney (1973), reportaron que bajo condiciones anaerobias, el 61% de la ácido dimetilarsínico aplicado se volatizó después de 24 semanas, y se perdió del sistema del suelo. En condiciones aerobias, el 35% se convirtió en un compuesto organoarsénico volátil, y el 41% se convirtió en  $^{14}\text{CO}_2$  y arseniato después de 24 semanas.

Los estudios de exposición oral de arsénico en seres humanos indican que comienzan a manifestarse a niveles de exposición de aproximadamente 0,002-0,02 mg As/kg/día, pero un estudio sugiere que las lesiones pueden aparecer a niveles aún más bajos. Sin embargo, el nivel de riesgo mínimo permitido es de 0,005 mg As/kg/día para la exposición oral de duración aguda (14 días o menos) al arsénico inorgánico (ATSDR, 2007b).

El arsénico en su forma inorgánica es muy tóxico, ya que puede provocar efectos agudos, subcutáneos y crónicos. La base sobre la tolerancia máxima provisional semanal en un adulto de entrada recomendada por la WHO (2007b), es de 15  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$  para una exposición crónica. Además, es un componente 34 extremadamente difícil de convertir en productos solubles en agua o volátil (Weisse, 2015). Por otro lado, la EPA consideró que el nivel umbral de plomo en sangre asociado a una disminución de hemoglobina es de 50  $\mu\text{g}/\text{dL}$  para adultos expuestos en el lugar de trabajo (EPA, 1986b).

### *Plomo*

El plomo se encuentra ampliamente distribuido en el ambiente. La mayor parte proviene de actividades como la minería, manufactura industrial y de quemar combustibles fósiles (ATSDR, 2007c). Casi todas las formas de plomo que se liberan al suelo de fuentes antropogénicas, tales como  $\text{PbSO}_4$ ,  $\text{PbCO}_3$ ,  $\text{PbS}$ ,  $\text{Pb}(\text{OH})_2$ ,  $\text{PbCrO}_4$  y  $\text{PbClBr}$ , son transformadas por procesos químicos y bióticos a formas adsorbidas en el suelo (Chaney *et al.*, 1988). El proceso de transformación implica la formación de complejos de plomo con sitios de unión sobre minerales de arcilla, ácido húmico y

otras materias orgánicas, y óxidos de hierro hidratados (Chaney *et al.*, 1988; Sauve *et al.*, 1997). Las vías de exposición del plomo es a través de la inhalación de partículas de plomo generadas por la combustión de materiales que contienen este metal (por ejemplo, al utilizar gasolina con plomo); la ingestión de polvo, agua o alimentos contaminados (WHO, 2017a).

El alcance de la toxicidad del plomo son: el sistema nervioso en desarrollo, los sistemas hematológico y cardiovascular y el riñón. Sin embargo, debido a los múltiples modos de acción del plomo en los sistemas biológicos, puede afectar a cualquier sistema u órganos del cuerpo, además inhibe la habilidad del cuerpo para fabricar hemoglobina, al interferir con varios pasos enzimáticos de la ruta del grupo hemo (ATSDR, 2007c). El plomo también desplaza al calcio en el cuerpo. El plomo se acumula en los cuerpos de los organismos acuáticos y organismos del suelo. Estos experimentarán efectos en su salud por envenenamiento (Weisse, 2015).

### **Consideraciones Finales**

Los sitios de Fortuna Nacional donde se encontraron niveles de HAPs y metales por arriba de la NOM representan un peligro para el ambiente y la población expuesta. Sin embargo, debido a las restricciones de acceso a los predios de los pozos, la caracterización del suelo no pudo realizarse de manera exhaustiva para determinar a detalle el riesgo que representan. En la tabla VII.3.2.3 se indican algunos de los efectos toxicológicos reportados para los hidrocarburos, arsénico y plomo.

.



**Tabla VII.3.2.3. Datos clínicos y epidemiológicos de toxicidad y daños a la salud humana, por exposición a los hidrocarburos, arsénico y plomo**

	LD50		CL50	Efectos Observados	Toxicidad	Organismos	
	Ratas	Conejo	Ratas			Humanos	Microorganismos
<b>Benzo(b) fluorante no</b>	-	-	-	Irritación respiratoria menor, mareos, cansancio fatiga, náuseas y dolor de cabeza (Restek, 2016)	100 mg/kg peso seco en ratones (Silkworth <i>et al.</i> 1995)	Carcinógeno humano sospechado: Los datos en humanos se aceptan como adecuados en calidad, pero son insuficientes para clasificar al agente como un carcinógeno humano confirmado (Restek, 2016)	-
<b>Arsénico</b>	Oral: 175 [mgAs(+5)/kg] , 44 [mgAs(+3)/kg] (Gaines, 1960)	1,49 [mgAs(+5)/kg] (Nemec <i>et al.</i> 1998)	Inhalación: de vesicantes arsénicos son tan bajas como 17 ppm (exposición de 10 minutos) (TOXNET, 2001)	En la superficie celular de la vejiga en ratas expuestas a 11 mg/kg/día en la dieta durante 2 semanas (Cohen <i>et al.</i> , 2001), la exposición de ratas a 2,3 mg As / kg / día como trióxido de arsénico durante 30 días resultó en reducciones en el número de células de los islotes en el páncreas, así como reducciones significativas en los niveles de enzimas catalasa malondialdehído (Mukherjee <i>et al.</i> , 2004). La exposición de ratas a 2,93-4,20 mg As/kg/día durante toda la gestación y durante 4 meses después del nacimiento resultó el aumento de la actividad locomotora espontánea y el número de errores en una tarea de alternancia tardía; el	La exposición a niveles de arsénico en el agua potable > 0,010 mg /L (rango o límite superior no especificado) no aumentó significativamente el riesgo de defectos del tubo neural (Brender <i>et al.</i> , 2006)	Dosis oral: 2 mg/kg/día, 1 semana (Armstrong <i>et al.</i> 1984), Inhalación: 22 a 121 mgAs/kg (ATSDR, 2017b)	Los microorganismos acuáticos pueden reducir el arseniato al arsenito, así como el arseniato de metilato a sus formas mono o dimetiladas (Aurillon <i>et al.</i> , 1994, Benson 1989, Braman y Foreback 1973, Edmonds y Francesconi, 1987, Sanders <i>et al.</i> , 1994)

	LD50		CL50	Efectos Observados	Toxicidad	Organismos	
	Ratas	Conejo	Ratas			Humanos	Microorganismos
				comportamiento materno no fue afectado (Rodriguez <i>et al.</i> , 2002).			
<b>Plomo</b>	Intravenoso: 50 mg/kg, intraperitoneal: 430 mg/kg (UNAM, 2007)	Piel: 100 mg/24h (UNAM, 2007)	Plomo tetraetil, intraperitoneal 850 mg/kg, plomo tetrametil, oral: 105 mg/kg (IPCS INCHEM, 1994)	Aumento de la presión arterial sistólica asociada con PbB y tibia Pb (Glenn <i>et al.</i> 2003) Inhibe la habilidad del cuerpo para fabricar hemoglobina y ocasiona dolores abdominales severos (ATDRS, 2017c)	El sistema nervioso en desarrollo, los sistemas hematológico y cardiovascular y el riñón (ATDRS, Plomo) aumentos acelerados en la creatinina sérica o decrementos en evacuación de creatinina a niveles de plomo en sangre menores 60 µg/dL (Staessen <i>et al.</i> 1992; Kim <i>et al.</i> 1996).	4,6 µg/dL (pB) y 14,7 ppm (Pb) (Glenn <i>et al.</i> 2003) El plomo inhibe la habilidad del cuerpo para fabricar hemoglobina. Disminución de hemoglobina es de 50 µg/dL para adulto (ATDRS, 2007c).	Los estudios de mutagenicidad in vitro en microorganismos han dado resultados principalmente negativos para el plomo, pero el plomo es un agente clastogénico, como lo demuestran la inducción de aberraciones cromosómicas, micronúcleos e intercambios de cromátidas hermanas en células sanguíneas periféricas de trabajadores con plomo (ATDRS, 2007c)

## VII.3.3 Áreas Sensibles

Como se verá más adelante en el Tema de Daños ambientales, el campo Fortuna Nacional ha sido transformado en gran medida por las actividades humanas, por lo que existen pocas áreas sensibles. Sin embargo, de los espacios del territorio que pueden clasificarse en esta categoría están los remanentes de selva mediana subperenifolia y de selva baja inundable, así como los sitios identificados con problemas de contaminación que se ubican aledaños a los asentamientos humanos. (Fig. VII.3.3.1). La descripción de su importancia es la siguiente.

### **A) Selva Mediana Subperenifolia.**

Por su importancia como refugio y áreas de alimentación para la fauna de la región, el manchón de selva mediana subperenifolia localizado al norte del campo representa un área sensible. Tal y como se mencionó en la sección de flora y fauna, este sitio almacena una alta diversidad florística que actualmente se encuentra en diferentes etapas de sucesión y regeneración natural. En este sitio se identificaron un total de 45 especies vegetales, cuatro de anfibios, cuatro de reptiles, 39 de aves y 16 de mamíferos. DE todas estas especies de flora y fauna 10 están referidas en algún estatus de protección por la NOM-059-SEMARNAT-2010.

### **B) Selva baja inundable.**

Como ya se mencionó en la sección VII.3.1, el remanente de esta selva contiene elementos florísticos importantes. Esto es particularmente cierto si se considera que la selva baja inundable ha sido uno de los tipos de vegetación más afectada y fragmentada en la región de tabasco y que cumple un importante papel como refugio de fauna y fuente de germoplasma florístico.

### **C) Suelo Contaminado en Áreas Urbanas**

La tercera zona sensible localizada en el campo Fortuna Nacional agrupa las áreas aledañas ubicadas alrededor de las instalaciones petroleras. Esto es particularmente importante para las áreas de los pozos donde se han reportado problemas de contaminación de hidrocarburos y metales



pesados, con niveles por arriba del máximo permisible por la normatividad mexicana. Tal y como se describe en la sección VII.5, ocurre en áreas cercanas a asentamientos humanos, lo cual puede representar un problema de salud (ver Sección VII.3.2).

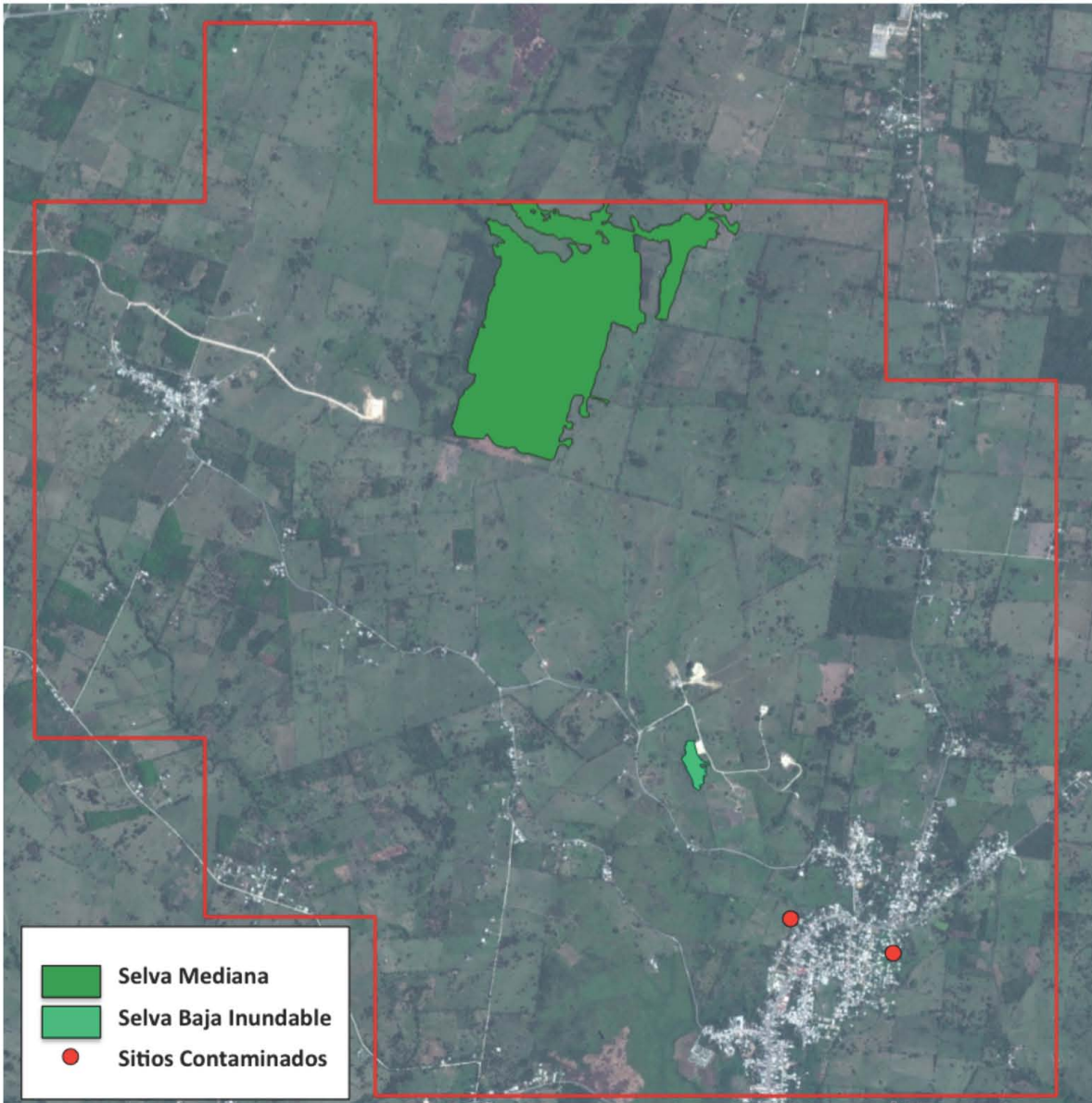


Figura VII.3.3.1. Áreas sensibles del Campo Fortuna Nacional

## VII.3.4 Paisaje

Definimos a los paisajes como la capacidad ancestral que ha tenido el hombre de percibir a su entorno ambiental como un sistema espacial, donde se integran de manera dialéctica, y cronológica todos los componentes de la naturaleza, ya sea en sus condiciones primarias o bajo cierto grado de modificación, debido a la incidencia de procesos naturales o a las propias actividades humanas.

El enfoque paisajístico. es un criterio metodológico que integra e interrelaciona. los componentes físicos y biológicos y brinda una dimensión espacial o geográfica a conceptos que bajo otra directriz dificultaría su delimitación, como es el caso del ecosistema. Esta metodología nos permite integrar en una sola obra cartográfica la información de los componentes del paisaje como una referencia de análisis.

La herramienta de descripción de la zona, partió de la regionalización paisajística que da una ubicación espacial a las variaciones de los componentes que integran los factores formadores del paisaje en el campo Fortuna Nacional. El proceso incluye el cruzamiento de información de los componentes: Geomorfología. Fisiografía, Clima, Suelo y Vegetación y Uso del Suelo que generan una serie de combinaciones que se reflejan en el número de fragmentos (polígonos), clases, subclases y tipos que se describen a continuación.

### **Descripción de las clases y Subclases del paisaje:**

El área del proyecto presenta básicamente la misma geología, caracterizadas por rocas sedimentarias de tipo arenisca del cenozoico. De igual forma presenta el mismo tipo de suelo y la misma geomorfología (planicie de terrazas). Los únicos elementos que varían son el tipo de la vegetación y la pendiente del terreno, ambas fuertemente influenciadas por el elemento humano.

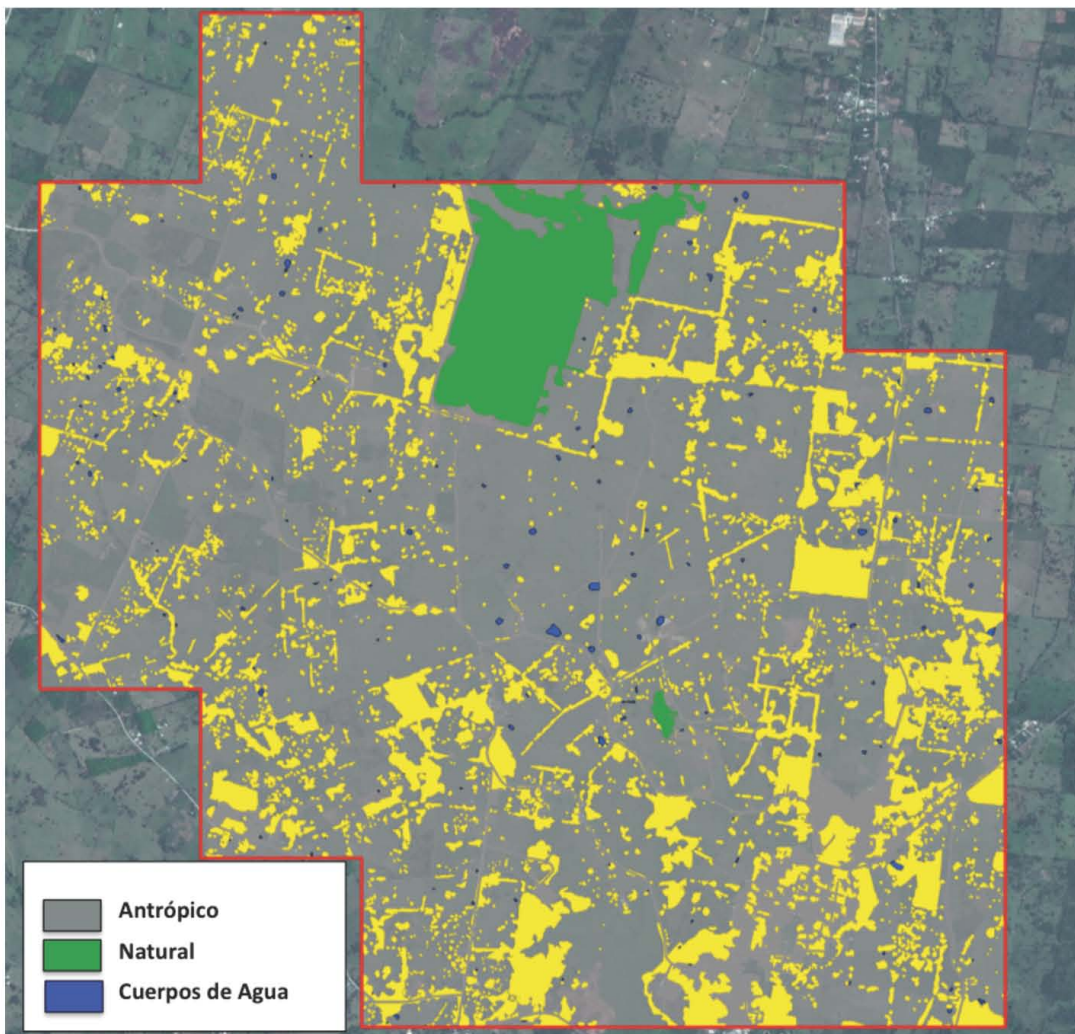
Con base en los anteriores atributos el campo Fortuna Nacional presenta clases de paisaje a dos niveles (Tabla VII.3.4.1, Figs. VII.3.4.1 y VII.3.4.2), en



los cuales las actividades humanas es el principal agente de cambio. La descripción es la siguiente.

**Tabla VII.3.4.1. Paisajes Identificados en el Campo Fortuna Nacional**

Antropico	Totalmente Transformado	Urbano
		Industrial
	Semi-trasnformado	Forestal
Natural	Conservado	Ganadero
		Arbolado
	En recuperación	Arbustivo
		Achual



**Figura VII.3.4.1. Regionalización Paisajística de Primer Nivel**



## Paisajes de Primer Nivel

### *Antrópico.*

Incluye las áreas urbanas e industriales, las vías de comunicación, las áreas agropecuarias y los cultivos forestales exóticos. Esta clase de paisaje cubre prácticamente el 80% de la superficie del campo.

### *Natural*

Cubre aproximadamente 20% del campo y esta representado tanto por la vegetación en buen estado de conservación (4%), como por las áreas en recuperación (acahuales, 16%)

### *Cuerpos de Agua.*

Constituido por aguadas y jagüeyes que cubren menos del 1% del campo.

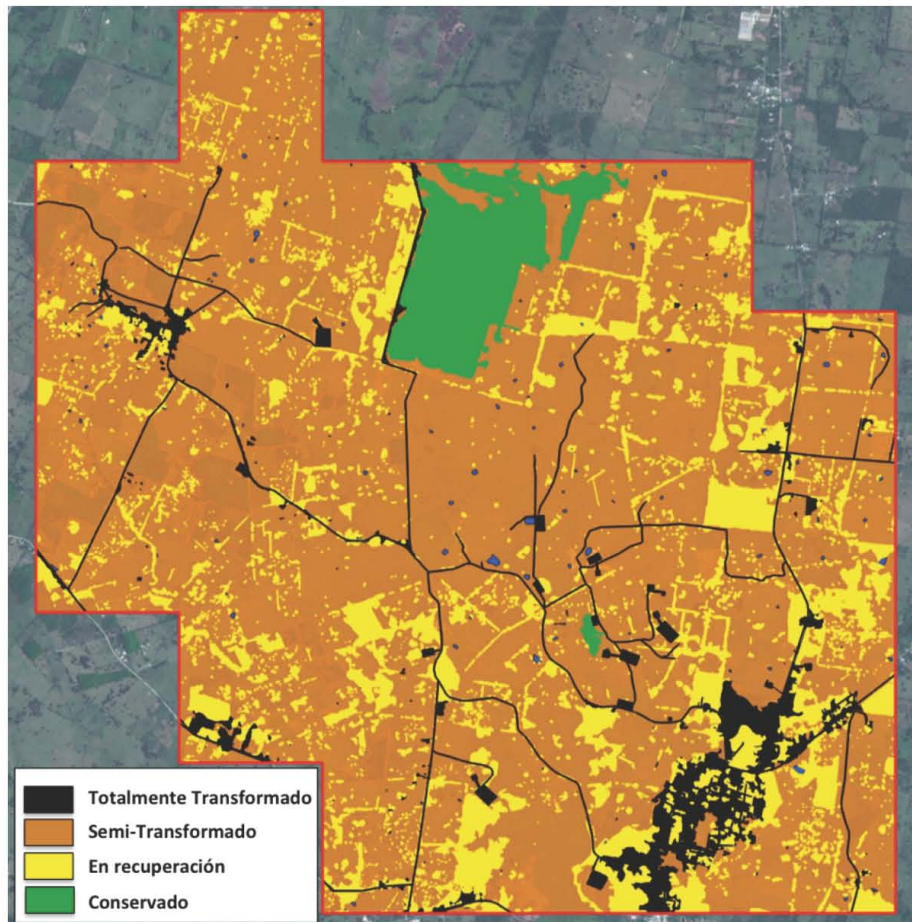


Figura VII.3.4.2. Regionalización Paisajística de Segundo Nivel

## **Paisajes de Segundo Nivel**

Tomando en cuenta la intensidad de uso humano, las tendencias de crecimiento y la resiliencia del territorio ocupado, los paisajes de primer grado pueden separarse en cuatro sub-paisajes.

### ***Totalmente Transformado***

Representado por asentamientos humanos permanentes (3%), vías de comunicación (1.6%) e instalaciones petroleras (0.3%). En estas áreas la ocupación y/o compactación del suelo impide el retorno a las condiciones naturales del terreno.

### ***Semi-Transformado***

Cubre el 70% del campo y esta representado por las actividades agropecuarias y forestales de especies exóticas. En estas áreas, la estructura del suelo mantiene ciertas características original y el banco de semillas permanece aunque incompleto. Ante el eventual abandono de dichas actividades, se esperaría un retorno a condiciones naturales incompleto, con elementos simples de selva mediana y selva baja inundable.

### ***En Recuperación***

Están representadas por áreas de acahual, las cuales fueron ocupadas por actividades agropecuarias y han sido abandonadas en años recientes, dando lugar a una sucesión y recuperación de la vegetación natural. Ocupan el 16% del campo.

### ***Conservado***

Se encuentra representado por un manchón de selva mediana subperenifolia, la cual se encuentra en un estado avanzado de sucesión. Tanto la falta de caminos de acceso, como la topografía de esta parte del campo han impedido su conversión a la ganadería. Sin embargo, esta tendencia comienza a revertirse y dicho espacio puede desaparecer en el corto plazo.

## VII.4 Registro y Descripción de Daños Ambientales

Tal y como se mencionó en el apartado VI.18 de la metodología, para el registro y descripción de daños ambientales se siguió una aproximación similar al de una Manifestación de Impacto Ambiental, identificando indicadores de daño en diversos componentes y factores (Tabla VII.4.1).

**Tabla VII.4.1. Clasificación de Indicadores por Niveles**

Componentes (Nivel III)	Factores (Nivel II)	Indicadores (Nivel I) "Daño Ambiental"
Medio Abiótico	Suelo	Erosión Contaminación
	Agua	Contaminación
	Aire	Contaminación Niveles de Ruido
Medio Biótico	Flora	Cobertura Índice de diversidad. Especies Protegidas
	Fauna	Índice de diversidad. Especies Protegidas
	Paisaje	Calidad Fragilidad

Para cada uno de los indicadores se creó un mapa basado en los diferentes temas de la Guía, los cuales fueron reclasificados para asignar la puntuación de los criterios descritos en el apartado VI.18 de la



metodología. La forma en que cada uno de los indicadores de la tabla VII.3.4.1 fue ponderado se muestra a continuación:

**Componente: Medio Abiótico**

**Factor: Suelo**

**Indicador: Erosión**

Todos los mapas creados para este indicador tienen como base el mapa de erosión del apartado VI.2.4, el cual fue calculado mediante el modelo RUSLE (ver VI.8 de la metodología). Dicho mapa fue reclasificado para cumplir con los siguientes criterios.

**Naturaleza (Na):** Todos los valores  $\leq 0.004$  ton/ha corresponden a superficies de agua y/o áreas con cobertura vegetal densa y natural, por lo que dichos valores se consideraron neutros. Todos los valores por arriba de 0.005 ton/ha se consideraron negativos (-).

**Intensidad (I):** Para ponderar la intensidad de la erosión se utilizaron los rangos de clasificación del mapa nacional de erosión potencial realizado por Montes-León et al. (2011), de acuerdo a la siguiente tabla:

Intensidad	ton/ha	Calificación
Baja	< 50	1
Media	50-150	2
Alta	150-200	4
Muy Alta	200-250	8
Total	> 250	12

**Efecto (Ef):** Todos los valores por arriba de 0.005 ton/ha se consideran como efecto *Directo* y por lo tanto con calificación de 4.

**Extensión (Ex):** El análisis de erosión referido en el apartado VI.8 se midió puntualmente (a nivel de pixel) por lo que la valoración para toda el área es de 1.

**Momento (Mo):** Dado que la erosión medida alude más a la acción hídrica que sobre la eólica (ver parámetros de la fórmula de erosión), todos los

valores por arriba de 0.005 ton/ha se consideran efectos a mediano plazo con valor de 2.

**Persistencia** (Pe): Por la lentitud de los procesos que dan formación al suelo (varias décadas), la pérdida de éste se considera como un efecto permanente. Por esta razón, a todos los sitios con erosión superior a 0.005 ton/ha se les asignó una calificación de 4.

**Reversibilidad** (Rv): Al igual que la persistencia la reversibilidad de la erosión es prácticamente nula, por lo que a todos los sitios con erosión superior a 0.005 ton/ha se les asignó una calificación de 4.

**Recuperabilidad** (Rc): La calificación de este factor se realizó con base en la siguiente tabla:

Recuperabilidad	ton/ha	Calificación
Inmediata	0.005-0.020	1
Mediano Plazo	0.021-0.030	2
Mitigable	0.031-0.050	4
Irrecuperable	0.051-0.100	8

**Periodicidad** (Pr): Dado que la erosión medida es de fuente hídrica (lluvias), se considera que el proceso ocurre de manera continua. Por esta razón, a todos los sitios con erosión superior a 0.005 ton/ha se les asignó una calificación de 4.

**Sinergia** (Si): Se considera que la erosión tiene efectos sinérgicos con otros indicadores como el de la contaminación, por lo que todos los sitios con erosión superior a 0.005 ton/ha se les asignó una calificación de 2.

**Acumulabilidad** (Ac): De igual forma se considera que el fenómeno de erosión produce efectos acumulativos que conducen al empobrecimiento de los suelos, por lo que todos los sitios con erosión superior a 0.005 ton/ha se les asignó una calificación de 4.

Tal y como se describe en el apartado de la metodología, la magnitud o importancia de cada indicador se midió aplicando el algoritmo siguiente:

$$Ma = na (i + Ex + Mo + Pe + Rv + Si + Ac + Ef + Pr + Rc).$$

Para el caso de las áreas donde el criterio de naturaleza resultó neutro, el valor de la magnitud automáticamente correspondió a cero. El mapa de magnitud de la erosión se muestra en la figura VII.4.1. En dicha figura puede apreciarse que la mayor parte del área presenta valores de impacto irrelevantes, debido a la topografía plana, y solo algunas áreas bandeadas con calificaciones de -28 que corresponden a impactos severos en los sitios donde ocurren pendientes pronunciadas. Estos impactos tiene su origen en las actividades humanas (urbanización y agropecuarias), las cuales han eliminado la protección contra la erosión que proporciona la cobertura vegetal natural.



Figura VII.4.1. Magnitud del impacto por erosión.

**Componente:** Medio Abiótico

**Factor:** Aire, Agua y Suelo-Sedimento

**Indicador:** Contaminación

Todos los mapas creados para este indicador tienen como base los resultados del laboratorio certificado sobre calidad del aire, agua y suelo-sedimento referidos en los apartados VI.10, VI.11 y VI.12-13 de la metodología. De todos los parámetros medidos, se seleccionaron aquellos



con mayor potencial tóxico y con un origen antropogénico. Para el caso del aire se consideraron todos los parámetros de la tabla VII.4.2. Para calidad del agua solo se consideraron los parámetros de hidrocarburos, metales pesados, BTEX y coliformes fecales, aplicando la NOM para uso público urbano (ver tabla VII.4.3). Para la calidad del suelo-sedimento se consideró únicamente a los hidrocarburos y metales pesados, aplicando la NOM de suelos (Tabla VII.4.4).

**Tabla VII.4.2. Límites Máximos Permisibles considerados para la ponderación de los criterios relacionados con calidad del aire.**

LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE								
FACTOR	INDICADOR	Promedio horario (ppm)	Promedio horario ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Promedio 8 horas máximo anual (ppm)	Promedio 8 horas máximo anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Promedio 24 horas (ppm)	Promedio 24 horas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Norma de referencia para LMP
CALIDAD DEL AIRE	Bióxido de nitrógeno	0.210	395	-	-	-	-	NOM-023-SAA1-1993
	Ozono (O <sub>3</sub> )	0.095	186	0.070	137	-	-	NOM-020-SSA1-2014
	Oxido de carbono (CO)	-	-	11.00	-	-	-	NOM-021-SSA1-1993
	Partículas menores a 10 micrómetros (PM <sub>10</sub> )	-	-	-	-	-	75	NOM-025-SSA1-2014
	Partículas menores a 2.5 micrómetros (PM <sub>2.5</sub> )	-	-	-	-	-	45	NOM-025-SSA1-2014
	Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	-	-	0.200	524	0.11	288	NOM-022-SSA1-1993

Tabla VII.4.3. Límites Máximos Permisibles considerados para la ponderación de los criterios relacionados con calidad del agua.

FACTOR	INDICADOR	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE				Niveles normales	Norma de referencia para LMP
		AGUA SUBTERRANEA		LAGUNA LAS FLORES			
		Uso público urbano (B)		Estuarios (B)			
		P.M.	P.D.	P.M.	P.D.		
Calidad de agua	Hidrocarburos totales de Petróleo (HTP)	15 mg/L	15 mg/L	40 mg/L	40 mg/L	NOM-143-SEMARNAT-2003	NOM-143-SEMARNAT-2003
	Zinc Total (Zn)	10 mg/L / 5.0 mg/L	20 mg/L	10 mg/L	20 mg/L	NOM-001-SEMARNAT-1996 / NOM-127-SSA1-1994	NOM-127-SSA1-1994 / NOM-001-SEMARNAT-1996 / CE-CCA-001/89
	Cadmio (Cd)	0.1 mg/L / 0.005 mg/L	0.2 mg/L	0.1 mg/L	0.2 mg/L	NOM-001-SEMARNAT-1996 / NOM-127-SSA1-1994	NOM-127-SSA1-1994 / NOM-001-SEMARNAT-1996
	Plomo (Pb)	0.2 mg/L / 0.01	0.4 mg/L	0.2 mg/L	0.4 mg/L	NOM-001-SEMARNAT-1996 / NOM-127-SSA1-1994	NOM-127-SSA1-1994 / NOM-001-SEMARNAT-1996 / CE-CCA-001/89
	Cobre (Cu)	4.0 mg/L / 2.0 mg/L	6.0 mg/L	4.0 mg/L	6.0 mg/L	NOM-001-SEMARNAT-1996 / NOM-127-SSA1-1994	NOM-127-SSA1-1994 / NOM-001-SEMARNAT-1996
	Cromo Total (Cr)	0.5 mg/L / 0.05 mg/L	1.0 mg/L	0.5 mg/L	1.0 mg/L	NOM-001-SEMARNAT-1996 / NOM-127-SSA1-1994	NOM-127-SSA1-1994 / NOM-001-SEMARNAT-1996 / CE-CCA-001/89
	Mercurio (Hg)	0.005 mg/L / 0.001 mg/L	0.01 mg/L	0.01 mg/L	0.02 mg/L	NOM-001-SEMARNAT-1996 / NOM-127-SSA1-1994	NOM-127-SSA1-1994 / NOM-001-SEMARNAT-1996
	Bario	0.70 mg/L	0.70 mg/L			NOM-127-SSA1-1994 / CE-CCA-001/89	NOM-127-SSA1-1994 / CE-CCA-001/89
	Níquel (Ni)	2 mg/L	4 mg/L	2 mg/L	4 mg/L	NOM-001-SEMARNAT-1996	NOM-001-SEMARNAT-1996 / CE-CCA-001/89
	Coliformes fecales	No detectable NMP/100 mL, 2 UFC/100mL	No detectable NMP/100 mL, 2 UFC/100mL	-	-	NOM-127-SSA1-1994	NOM-127-SSA1-1994 / NOM-001-SEMARNAT-1996 / CE-CCA-001/89
	Coliformes totales	2 NMP/100 mL	2 NMP/100 mL	-	-	NOM-127-SSA1-1994	NOM-127-SSA1-1994 / NOM-001-SEMARNAT-1996 / CE-CCA-001/89
	BTEX/ Benceno	10.00 mg/L	10.00 mg/L	-	-	NOM-127-SSA1-1994	NOM-127-SSA1-1994
	BTEX/ Tolueno	700.00 mg/L	700.00 mg/L	-	-	NOM-127-SSA1-1994	NOM-127-SSA1-1994
	BTEX/ Etilbenceno	300.00 mg/L	300.00 mg/L	-	-	NOM-127-SSA1-1994	NOM-127-SSA1-1994
	BTEX/ Xileno (tres isómeros)	500.00 mg/L	500.00 mg/L	-	-	NOM-127-SSA1-1994	NOM-127-SSA1-1994

Tabla VII.4.4. Límites Máximos Permisibles considerados para la ponderación de los criterios relacionados con calidad del suelo.

Análisis	Parámetros	Límites máximos permisibles			Norma de referencia para LMP
		Agrícola, forestal, pecuario y de conservación (mg/kg base seca)	Residencial y recreativo (mg/kg base seca)	Industria y comercial (mg/kg base seca)	
Caracterización del Suelo	<b>Hidrocarburos</b>				NOM-138-SEMARNAT/SAAs 1-2012
	Fración Ligera	200	200	500	
	Fración Media	1200	1200	5000	
	Fración Pesada	3000	3000	6000	
	<b>BTEX</b>				
	Benceno	6	6	15	
	Tolueno	40	40	100	
	Etilbenceno	10	10	25	
	Xilenos	40	40	100	
	<b>HAPs</b>				
	benzo[a]pireno	2	2	10	
	Dibenzo[a,h]antraceno	2	2	10	
	Benzo[a]antraceno	2	2	10	
	benzo[b]fluoranteno	2	2	10	
	benzo[k]fluoranteno	8	8	80	
	indeno[1,2,3-c,d]pireno	2	2	10	
	<b>Metales</b>				NOM-147-SEMARNAT-SSA1-2004
	Arsénico Total	22.0	22.0	260.0	
	Bario	5400.0	5400.0	67000.0	
	Berilio	150.0	150.0	1900.0	
Cadmio	37.0	37.0	450.0		
Cromo Hexavalente	280.0	280.0	510.0		
Mercurio	23.0	23.0	310.0		
Níquel	1600.0	1600.0	20000.0		
Plata	390.0	390.0	5100.0		
Plomo	400.0	400.0	800.0		
Selenio	390.0	390.0	5100.0		
Talio	5.2	5.2	67.0		
Vanadio Total	78.0	78.0	1000.0		

Debido a que la toma de muestras de contaminantes se realizó de manera puntual, la representación espacial de los resultados se realizó con base en polígonos de Voronoi o de Thiessen, los cuales fueron generados mediante ArcGis y ajustados en sus fronteras para coincidir con los límites de la concesión y/o la infraestructura petrolera (Fig. VIII.4.2). Para evitar la redundancia en el análisis de la contaminación, en la elaboración de los mapas fueron excluidos aquellos sitios previamente identificados como Potenciales Pasivos Ambientales para hidrocarburos y metales pesados. Estos sitios solo fueron sobrepuestos en el mapa final de daños ambientales.



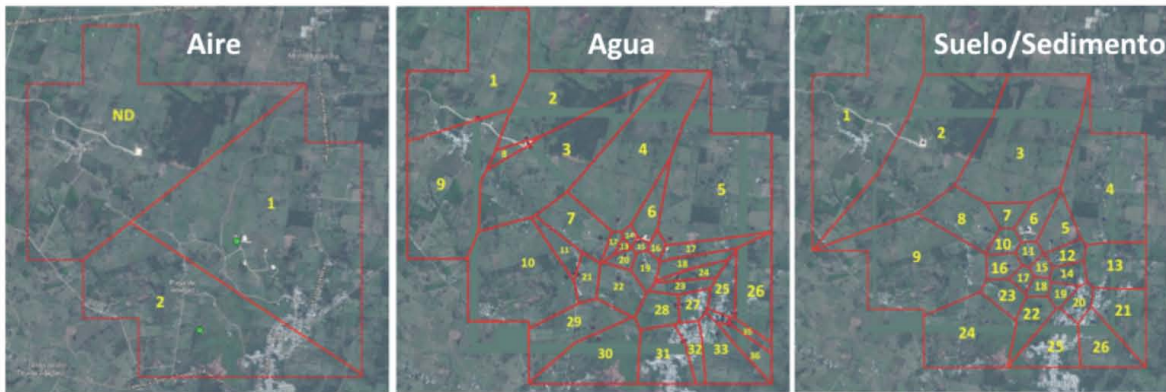


Figura VII.4.2. Polígonos de Voronoi modificados para la extrapolación espacial de los niveles de contaminación. ND=Sin datos.

La evaluación para cada uno de los criterios relacionados con el indicador de contaminación se describen a continuación:

**Naturaleza** (Na): Por su naturaleza toxica todos los valores detectables se consideraron negativos (-), mientras que los no detectables se consideran neutros (n).

**Intensidad** (I): Se aplicó la calificación de acuerdo a la siguiente tabla:

Intensidad		Calificación
Baja	Presencia de contaminantes pero al menos tres veces debajo de la norma.	1
Media	Presencia de contaminantes pero al menos dos veces debajo de la norma.	2
Alta	Contaminantes cerca de los límites de la norma	4
Muy Alta	Contaminantes por arriba de la norma pero sin exceder dos veces este valor.	8
Total	Contaminantes excediendo la norma por mas de dos veces el limite máximo.	12

Todos los valores por debajo del límite de detección del equipo se consideran con valor de cero.

**Efecto** (Ef): Todos los contaminantes se consideran como efecto *Directo* y por lo tanto con calificación de 4.

**Extensión** (Ex): Debido a que la evaluación del criterio de la extensión se esta realizando en ambiente SIG, la valoración para toda el área es de 1.

**Momento** (Mo): Todos los valores por debajo del límite de detección del equipo se consideran con valor de cero. Los valores detectables fueron calificados de acuerdo a la siguiente tabla.

Momento		Calificación
Largo Plazo	Presencia de contaminantes pero al menos tres veces debajo de la norma.	1
Mediano Plazo	Presencia de contaminantes pero al menos dos veces debajo de la norma.	2
Inmediato	Contaminantes por arriba de la norma pero sin exceder dos veces este valor.	4
Crítico	Contaminantes excediendo la norma por mas de dos veces el limite máximo.	8

**Persistencia** (Pe): En este criterio se consideró la concentración del contaminante, y la tasa de renovación del sustrato donde se presenta, de acuerdo a la siguiente tabla.

Persistencia		Calificación
Fugaz	Presencia de contaminantes pero debajo de la norma.	1
Temporal	Presencia de contaminantes por arriba de la norma, pero en sustratos muy dinámicos como la atmósfera o el agua superficial.	2
Permanente	Contaminantes por arriba de la norma en sustratos con baja tasa de renovación como el agua subterránea y el suelo-sedimento	4

Todos los valores por debajo del límite de detección del equipo se consideran con valor de cero.

**Reversibilidad** (Rv): Al igual que la persistencia la reversibilidad esta relacionada con la concentración del contaminantes y la dinámica del sustrato donde se presenta.

Reversibilidad		Calificación
Corto Plazo	Presencia de contaminantes pero debajo de la norma.	1
Mediano Plazo	Presencia de contaminantes por arriba de la norma, pero en sustratos muy dinámicos como la atmósfera o el agua superficial.	2
Reversible hasta el momento de abandono del proyecto	Contaminantes por arriba de la norma en sustratos con baja tasa de renovación como el agua subterránea y el suelo-sedimento	4

Todos los valores por debajo del límite de detección del equipo se consideran con valor de cero.

**Recuperabilidad** (Rc): Al igual que los dos criterios anteriores, la recuperabilidad esta en función de la concentración del contaminante, pero además de la factibilidad de aplicar medidas de remediación. La calificación de este factor se realizó con base en la siguiente tabla.

Recuperabilidad		Calificación
Inmediata	Presencia de contaminantes pero debajo de la norma en sustratos muy dinámicos como la atmósfera o el agua superficial.	1
Mediano Plazo	Presencia de contaminantes por arriba de la norma, pero en sustratos muy dinámicos como la atmósfera o el agua superficial.	2
Mitigable	Contaminantes por arriba de la norma, en sustratos con baja tasa de renovación, pero accesibles para su remediación como el suelo-sedimento	4
Irrecuperable	Contaminantes por arriba de la norma, en sustratos con baja tasa de renovación, pero inaccesibles para su remediación como el agua subterránea.	8

Todos los valores por debajo del límite de detección del equipo se consideran con valor de cero.

**Periodicidad** (Pr): Este criterio se consideró en función de las actividades que dan origen a los contaminantes, utilizando la siguiente tabla.



Periodicidad		Calificación
Irregular	Contaminación causada por accidentes o cuya concentración depende de eventos meteorológicos extremos	1
Periódico	Contaminación causada por actividades de mantenimiento o cuya concentración depende las condiciones meteorológicas intra-anales.	2
Continuo	Contaminación crónica causada por fuentes continuas.	4

Todos los valores por debajo del límite de detección del equipo se consideran con valor de cero.

**Sinergia** (Si): Para el caso de la sinergia se consideró tanto la concentración del contaminante como su potencial toxico en presencia de otros compuestos.

Sinergia		Calificación
Sin Sinergismo	Presencia de contaminantes pero debajo de la norma.	1
Sinérgico	Presencia de dos o más contaminantes o uno por arriba de la norma.	2
Altamente Sinérgico	Presencia de dos o más contaminantes por arriba de la norma y con reportes en la literatura sobre su interacción como el de los nitratos en presencia de aminos para formar nitrosaminas.	3

Todos los valores por debajo del límite de detección del equipo se consideran con valor de cero.

**Acumulabilidad** (Ac): De manera similar al criterio anterior, la acumulabilidad fue ponderada en función del numero de contaminantes presentes y su concentración.

Acumulabilidad		Calificación
Sin efectos	Presencia de contaminantes por debajo de la NOM.	1
Acumulativo	Presencia de dos o más contaminantes o uno por arriba de la norma.	4

Todos los valores por debajo del límite de detección del equipo se consideran con valor de cero.

Tal y como se describe en el apartado de la metodología, la magnitud o importancia de cada indicador de contaminación se midió aplicando el algoritmo siguiente:

$$Ma = na (i + Ex + Mo + Pe + Rv + Si + Ac + Ef + Pr + Rc).$$

Sin embargo, para el caso de contaminantes con naturaleza neutra (no detectables mediante las técnicas normadas) el valor de la magnitud automáticamente correspondió a cero. Los resultados de la calificación de cada contaminante, en cada uno de los polígonos de Voronoi de la figura VII.4.1, se muestran en las tabla VII.4.5.

**Tabla VII.4.5. Calificación de los criterios para cada contaminante, en cada polígono de Voronoi (ver figura VII.3.4.1). Los contaminantes que no presentaron valores detectables en ninguno de los polígonos fueron excluidos de la tabla.**

Factor	Indicador	Polígono	CRITERIOS											Ma
			Na	I	Ef	Ex	Mo	Pe	Rv	Rc	Pr	Si	Ac	
Calidad del Aire	NO2	1	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		2	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
	O3	1	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		2	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
	PM10	1	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		2	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
	PM2.5	1	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		2	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
	SO2	1	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		2	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
Factor	Indicador	Polígono	CRITERIOS											Ma
Calidad del Agua	HC	1	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		2	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		3	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		4	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		5	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		6	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0

		7	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		8	(-)	8	4	1	4	4	4	4	2	4	-39	
		9	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		10	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		11	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		12	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		13	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		14	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		15	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		16	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		17	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		18	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		19	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		20	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		21	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		22	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		23	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		24	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		25	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		26	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		27	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		28	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		29	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		30	(-)	8	4	1	4	4	4	4	2	4	-39	
		31	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		32	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		33	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		34	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		35	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		36	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
	Coliformes fecales	1	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		2	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		3	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		4	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		5	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		6	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		7	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		8	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		9	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		10	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41



		11	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		12	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		13	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		14	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		15	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		16	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		17	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		18	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		19	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		20	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		21	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		22	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		23	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		24	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		25	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		26	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		27	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		28	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		29	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		30	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		31	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		32	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		33	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		34	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		35	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		36	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
	Coliformes Totales	1	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		2	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		3	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		4	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		5	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		6	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		7	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		8	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		9	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		10	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		11	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		12	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		13	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		14	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41

		15	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		16	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		17	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		18	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		19	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		20	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		21	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		22	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		23	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		24	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		25	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		26	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		27	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		28	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		29	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		30	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		31	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		32	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		33	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		34	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		35	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
		36	(-)	12	4	1	8	2	2	2	4	2	4	-41
	Bario	1	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		2	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		3	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		4	(-)	8	4	1	4	2	2	2	2	2	4	-31
		5	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		6	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		7	(-)	12	4	1	8	2	2	2	2	2	2	-37
		8	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		9	(-)	8	4	1	4	2	2	2	2	2	4	-31
		10	(-)	8	4	1	4	2	2	2	2	2	4	-31
		11	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		12	(-)	8	4	1	4	2	2	2	2	2	4	-31
		13	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		14	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		15	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		16	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		17	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		18	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13

		19	(-)	8	4	1	4	2	2	2	2	2	4	-31	
		20	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	
		21	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	
		22	(-)	8	4	1	4	2	2	2	2	2	4	-31	
		23	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	
		24	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
		25	(-)	8	4	1	4	2	2	2	2	2	4	-31	
		26	(-)	8	4	1	4	2	2	2	2	2	4	-31	
		27	(-)	8	4	1	4	2	2	2	2	2	4	-31	
		28	(-)	8	4	1	4	2	2	2	2	2	4	-31	
		29	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	
		30	(-)	8	4	1	4	2	2	2	2	2	4	-31	
		31	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	
		32	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
		33	(-)	8	4	1	4	2	2	2	2	2	4	-31	
		34	(-)	8	4	1	4	2	2	2	2	2	4	-31	
		35	(-)	8	4	1	4	2	2	2	2	2	4	-31	
		36	(-)	8	4	1	4	2	2	2	2	2	4	-31	
Factor	Indicador	Polígono	CRITERIOS										Ma		
			Na	I	Ef	Ex	Mo	Pe	Rv	Rc	Pr	Si		Ac	
Calidad del Suelo	HC	1	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		3	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		4	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		5	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		6	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		7	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		8	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		9	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		10	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		11	(-)	4	4	1	2	1	1	4	2	2	1	-22	
		12	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		13	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		14	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		15	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		16	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		17	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		18	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		19	(-)	8	4	1	4	4	4	4	2	2	1	-34	



		20	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		21	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		22	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	-13	
		23	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		24	(-)	4	4	1	2	1	1	4	2	2	-22	
		25	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		26	(-)	8	4	1	4	4	4	4	2	2	-34	
	As	1	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	-13	
		2	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		3	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		4	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		5	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		6	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		7	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		8	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		9	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		10	(-)	8	4	1	4	4	4	4	2	2	1	-34
		11	(-)	4	4	1	2	1	1	4	2	2	1	-22
		12	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		13	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		14	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		15	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		16	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		17	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		18	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		19	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		20	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		21	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		22	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		23	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		24	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		25	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		26	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ba	1	(-)	4	4	1	2	1	1	4	2	2	1	-22
		2	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		3	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		4	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		5	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		6	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13

		7	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0		
		8	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0		
		9	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0		
		10	(-)	4	4	1	2	1	1	4	2	2	1	-22	
		11	(-)	4	4	1	2	1	1	4	2	2	1	-22	
		12	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
		13	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
		14	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
		15	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	
		16	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
		17	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
		18	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	
		19	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
		20	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
		21	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
		22	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	
		23	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
		24	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
		25	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
		26	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Pb	1	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	
		2	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		3	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		4	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		5	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		6	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		7	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		8	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		9	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		10	(-)	4	4	1	2	1	1	4	2	2	1	1	-22
		11	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		12	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		13	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		14	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		15	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		16	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		17	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		18	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		19	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

		20	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		21	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		22	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		23	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		24	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		25	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		26	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ta	1	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		2	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		3	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		4	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		5	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		6	(-)	4	4	1	2	1	1	4	2	2	1	-22
		7	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		8	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		9	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		10	(-)	4	4	1	2	1	1	4	2	2	1	-22
		11	(-)	4	4	1	2	1	1	4	2	2	1	-22
		12	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		13	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		14	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		15	(-)	4	4	1	2	1	1	4	2	2	1	-22
		16	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		17	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		18	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		19	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		20	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		21	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		22	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		23	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
24		n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
25		n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
26		n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Va	1	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	3	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	4	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	5	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	6	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	



		7	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		8	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		9	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		10	(-)	2	4	1	1	1	1	1	1	1	-14	
		11	(-)	4	4	1	2	1	1	4	2	2	1	-22
		12	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		13	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		14	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		15	(-)	4	4	1	2	1	1	4	2	2	1	-22
		16	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		17	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		18	(-)	4	4	1	2	1	1	4	2	2	1	-22
		19	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		20	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		21	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		22	(-)	4	4	1	2	1	1	4	2	2	1	-22
		23	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		24	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		25	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
		26	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
	Hg	1	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		2	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		3	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		4	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		5	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		6	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		7	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		8	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		9	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		10	(-)	4	4	1	2	1	1	4	2	2	1	-22
		11	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		12	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		13	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		14	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		15	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		16	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		17	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		18	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		19	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0

		20	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		21	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		22	(-)	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-13
		23	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		24	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		25	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		26	n	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Los mapas de magnitud de cada contaminante se muestra en la figura VII.4.3. Como puede apreciarse en dicha figura, el factor más impactado fue la calidad del agua, con calificaciones de -21 a -38 que corresponden a impactos moderados y severos. El segundo factor más impactado fue la calidad del suelo, con calificaciones de -0 a -26, que corresponden a impactos irrelevantes, moderados y severos. Finalmente el factor menos impactado fue el de calidad del aire, con calificaciones de -13, que corresponde a impactos irrelevantes.

**Componente: Medio Biótico**

**Factor: Flora, Fauna y Paisaje**

**Indicador: Cobertura, diversidad, especies protegidas, calidad paisajística**

Dado que la cobertura, la diversidad, la presencia de especies protegidas y la calidad del paisaje están en función del grado de conservación del hábitat, los tres componentes se ponderaron basados en la integridad de la vegetación natural y el grado de perturbación del suelo. Para ello se utilizó el diagnostico del uso del suelo y vegetación actual, realizado con una imagen de alta resolución tomada en abril del 2016 (ver Apartado VII.1.2). Los valores asignados para cada criterio son los siguientes:

**Naturaleza (Na):** Todos los usos del suelo diferentes a la vegetación natural se consideraron negativos (-).

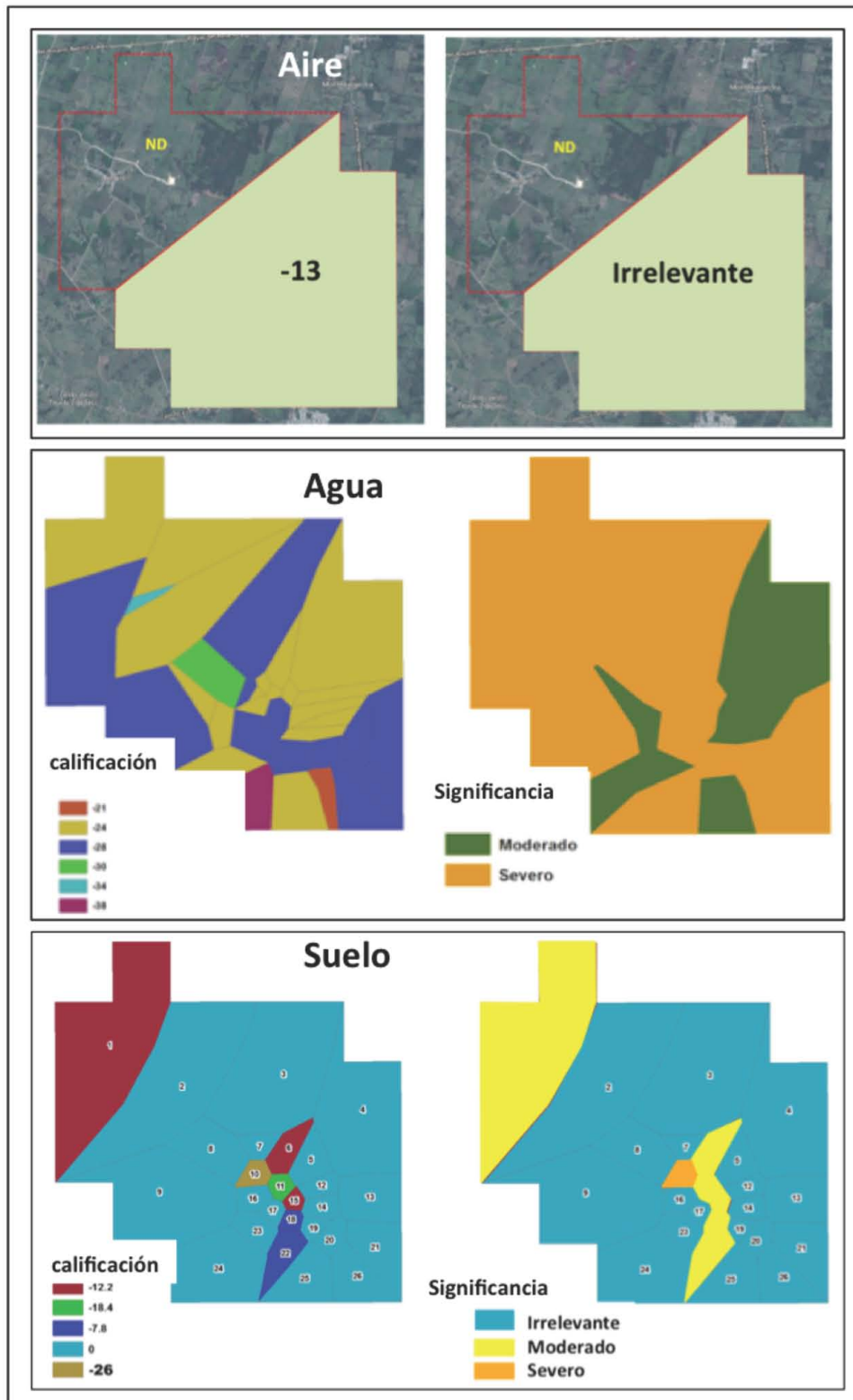


Figura VII.4.3- Magnitud y significancia de la contaminación en aire, agua y suelo-sedimento del campo Fortuna Nacional.



**Intensidad (I):** Se aplicó la calificación de acuerdo a la siguiente tabla:

Intensidad		Calificación
Baja	Vegetación natural bajo presiones antropogénicas a corto plazo: en frontera con actividades humanas.	1
Media	Usos de suelo de transición o recuperación, tales como acahuals.	2
Alta	Usos de suelo antropogénico pero con presencia del banco de semillas original y sin afectaciones considerables en el suelo; cultivos agrícolas.	4
Muy Alta	Usos de suelo antropogénico, sin presencia del banco de semillas original y con afectaciones considerables en el suelo; pastizales para ganadería	8
Total	Usos de suelo antropogénico, sin presencia del banco de semillas original y con afectaciones irreversibles en el suelo; áreas urbanas y carreteras	12

**Efecto (Ef):** Todos los usos del suelo diferentes a la vegetación natural se consideraron como efecto *Directo* y por lo tanto con calificación de 4.

**Extensión (Ex):** Debido a que la evaluación del criterio de la extensión se está realizando en ambiente SIG, la valoración para toda el área es de 1.

**Momento (Mo):** Las calificaciones para este criterio se asignaron con base en la siguiente tabla.

Momento		Calificación
Largo Plazo	Vegetación natural alejada de presiones antropogénicas o bajo protección ambiental.	1
Mediano Plazo	Vegetación natural bajo presiones antropogénicas a corto plazo: en frontera con actividades humanas.	2
Inmediato	Vegetación natural que ha sido sustituida por actividades humanas con alteraciones intermedias; área agropecuarias	4
Crítico	Usos de suelo antropogénico con afectaciones irreversibles en el suelo; áreas urbanas y carreteras	8

**Persistencia (Pe):** En este criterio se consideró la magnitud del cambio antropogénico, de acuerdo a la siguiente tabla:

Persistencia		Calificación
Fugaz	Usos de suelo de transición o recuperación, tales como acahuales.	1
Temporal	Vegetación natural que ha sido sustituida por actividades humanas con alteraciones intermedias; área agropecuarias.	2
Permanente	Usos de suelo antropogénico con afectaciones irreversibles en el suelo; áreas urbanas y carreteras.	4

**Reversibilidad** (Rv): Al igual que la persistencia la reversibilidad esta relacionada con la magnitud del cambio y la resiliencia de la vegetación para retornar a su estado natural, de acuerdo a la siguiente tabla:

Reversibilidad		Calificación
Corto Plazo	Usos de suelo de transición o recuperación, tales como acahuales.	1
Mediano Plazo	Vegetación natural que ha sido sustituida por actividades humanas con alteraciones intermedias; área agropecuarias.	2
Reversible hasta el momento de abandono del proyecto	Usos de suelo antropogénico con afectaciones irreversibles en el suelo; áreas urbanas y carreteras.	4

**Recuperabilidad** (Rc): Al igual que los dos criterios anteriores, la recuperabilidad esta en función de la magnitud del cambio y la resiliencia de la vegetación para retornar a su estado natural. La calificación de este factor se realizó con base en la siguiente tabla:

Recuperabilidad		Calificación
Inmediata	Vegetación natural bajo presiones antropogénicas a corto plazo: en frontera con actividades humanas.	1
Mediano Plazo	Usos de suelo de transición o recuperación, tales como acahuales.	2
Mitigable	Vegetación natural que ha sido sustituida por actividades humanas con alteraciones intermedias; área agropecuarias.	4
Irrecuperable	Usos de suelo antropogénico con afectaciones irreversibles en el suelo; áreas urbanas y carreteras.	8

**Periodicidad** (Pr): Este criterio se consideró en función del análisis de tendencias de cambio de uso del suelo, utilizando la siguiente tabla:

Periodicidad		Calificación
Irregular	Cambios de uso del suelo causados por actividades humanas en el pasado, pero que no se han vuelto a presentar en los últimos 10 años: infraestructura abandonada	1
Periódico	Cambios de uso del suelo causados por actividades humanas recurrentes: áreas agropecuarias.	2
Continuo	Cambios de uso del suelo causados por actividades humanas permanentes: crecimiento urbano.	4

**Sinergia** (Si): Para el caso de la sinergia se consideró el número de conductores (*drivers*) que originan o motivan el cambio de uso del suelo:

Sinergia		Calificación
Sin Sinergismo	Presencia de una sola actividad humana que ejerce presión de cambio de uso del suelo en un determinado lugar.	1
Sinérgico	Presencia de dos actividades humanas que ejercen presión de cambio de uso del suelo en un determinado lugar: v.g., vegetación natural rodeada de áreas urbanas y agropecuarias.	2
Altamente Sinérgico	Presencia de más de dos actividades humanas que ejercen presión de cambio de uso del suelo en un determinado lugar.	3

**Acumulabilidad** (Ac): De manera similar al criterio anterior, la acumulabilidad fue ponderada en función del número de conductores (*drivers*) que originan o motivan el cambio de uso del suelo.

Acumulabilidad		Calificación
Sin efectos acumulativos	Presencia de una sola actividad humana que ejerce presión de cambio de uso del suelo en un determinado lugar.	1
Efecto Acumulativo	Presencia de más de una actividad humana ejerciendo presión de cambio de uso del suelo en un determinado lugar.	4



Al igual que los mapas anteriores, para evaluar la magnitud del impacto al factor flora-fauna-paisaje, se utilizó el siguiente algoritmo:

$$Ma = na (i + Ex + Mo + Pe + Rv + Si + Ac + Ef + Pr + Rc).$$

La figura VII.4.4 muestra la distribución de las calificaciones para este factor y su significancia. Como puede observarse, la mayor parte del área corresponde a paisajes transformados, con valores de impactos negativos que van de -28 a -52, y que corresponden a impactos moderados, severos y críticos. Solo una pequeña área del campo se mantiene con impactos irrelevantes (<-25).

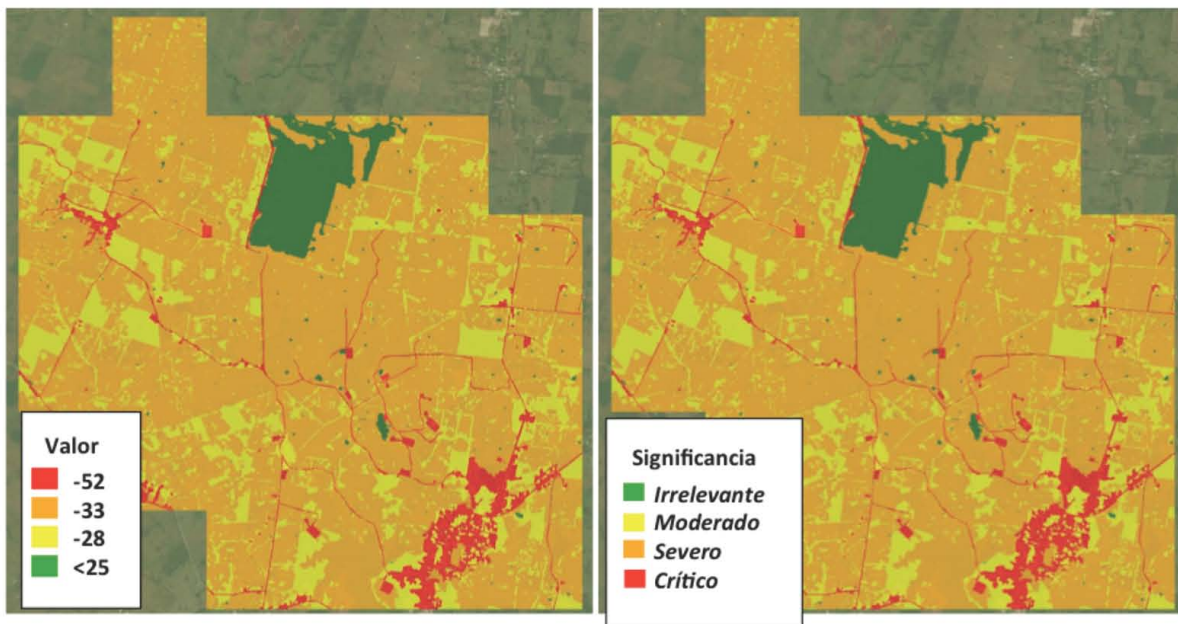


Figura VII.4.4- Magnitud y significancia del Factor Flora-Fauna-Paisaje

### Análisis Multicriterio

Tal y como se mencionó en el apartado de la metodología, la valoración final de cada uno de los indicadores tiene un sesgo metodológico, ya que a todos los criterios se les da la misma importancia y el mismo valor numérico. Para compensar tal sesgo, y poder realizar un mapa integral de daño ambiental, se realizó un análisis multicriterio para jerarquizar la importancia de los indicadores. De esta manera, los miembros del panel de expertos que participaron en el presente estudio, jerarquizaron a los indicadores en función de su importancia.

Posteriormente, los criterios individuales de cada experto se integraron para determinar el orden jerárquico final (ver tabla VII.4.6). En función de su importancia a cada indicador se le asignó un factor numérico del uno al cinco, correspondiendo el número uno al indicador menos importante y el cinco al más importante. Este factor fue multiplicado por el valor de magnitud de cada indicador usando el álgebra de mapas del SIG.

**Tabla VII.4.6. Factor de Ponderación Asignado a Cada Indicador, con Base en el Análisis Multicriterio del panel de expertos.**

Indicador	Factor
Flora-Fauna-Paisaje	5
Calidad del Agua	2
Calidad del Suelo	2
Erosión	1
Calidad del Aire	1

Debido a que los límites de los polígonos de cada indicador (erosión, contaminación, etc.) no siempre coincidían, la suma algebraica de este análisis arrojó 111 polígonos con valores de 0 a -403 (Fig. VII.4.5). Por tal motivo y para una mejor interpretación, este rango de valores fue dividido en las cuatro categorías ya manejadas que corresponden a Impactos Irrelevantes, Moderados, Severos y Críticos (Fig. VII.4.6).

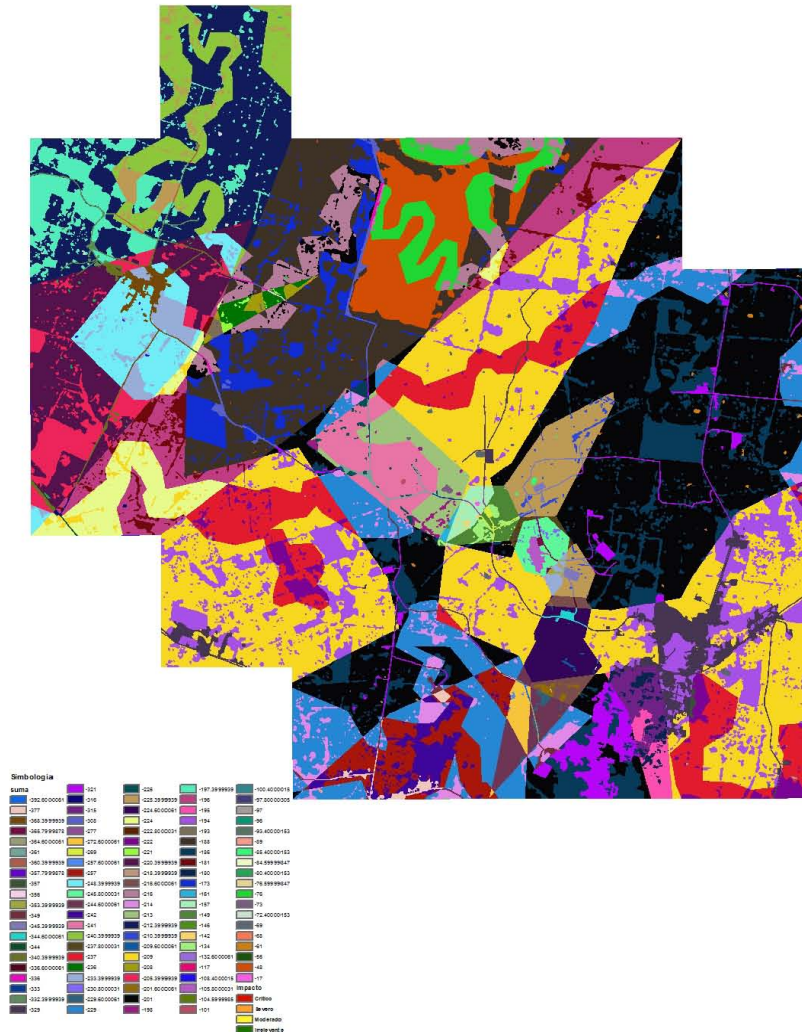
### **Descripción de los Daños Ambientales.**

Derivado del análisis multicriterio y la sumatoria de los mapas de cada indicador, se tiene que cerca del 70% del campo presenta daños ambientales severos, producto de actividades agropecuarias, y 5% presenta daños críticos causados por procesos de urbanización y la industria petrolera. Una cuarta parte presenta impactos moderados, mientras que solo un 4% presenta daños irrelevantes. Considerando estos valores, 96% del campo ha sido transformado por las actividades humanas.

Los daños causados por la industria petrolera se circunscriben a las áreas de las peras de los pozos y las fosas de desechos. Sin embargo, debido al gran número de pozos y su distribución dentro del campo, una cuarta parte del campo presenta daños ambientales por contaminación, sobre todo de metales pesados.



Prácticamente no existen problemas de contaminación de aire, ni niveles de ruido por arriba de la NOM. Sin embargo la calidad del agua es tanto superficial como subterránea es de muy mala calidad. Como producto de las actividades ganaderas y el crecimiento urbano, los niveles de coliformes fecales y totales son muy superiores a la NOM, en ocasiones cientos o miles de veces por arriba. Aunado a lo anterior, existe la presencia de hidrocarburos y metales pesados en cuerpos de agua cercanos a los sitios con infraestructura petrolera. Esta situación es importante ya que una cuarta parte de los cuerpos de agua y pozos contaminados se localizan prácticamente dentro del área urbana de la comunidad de Belén.





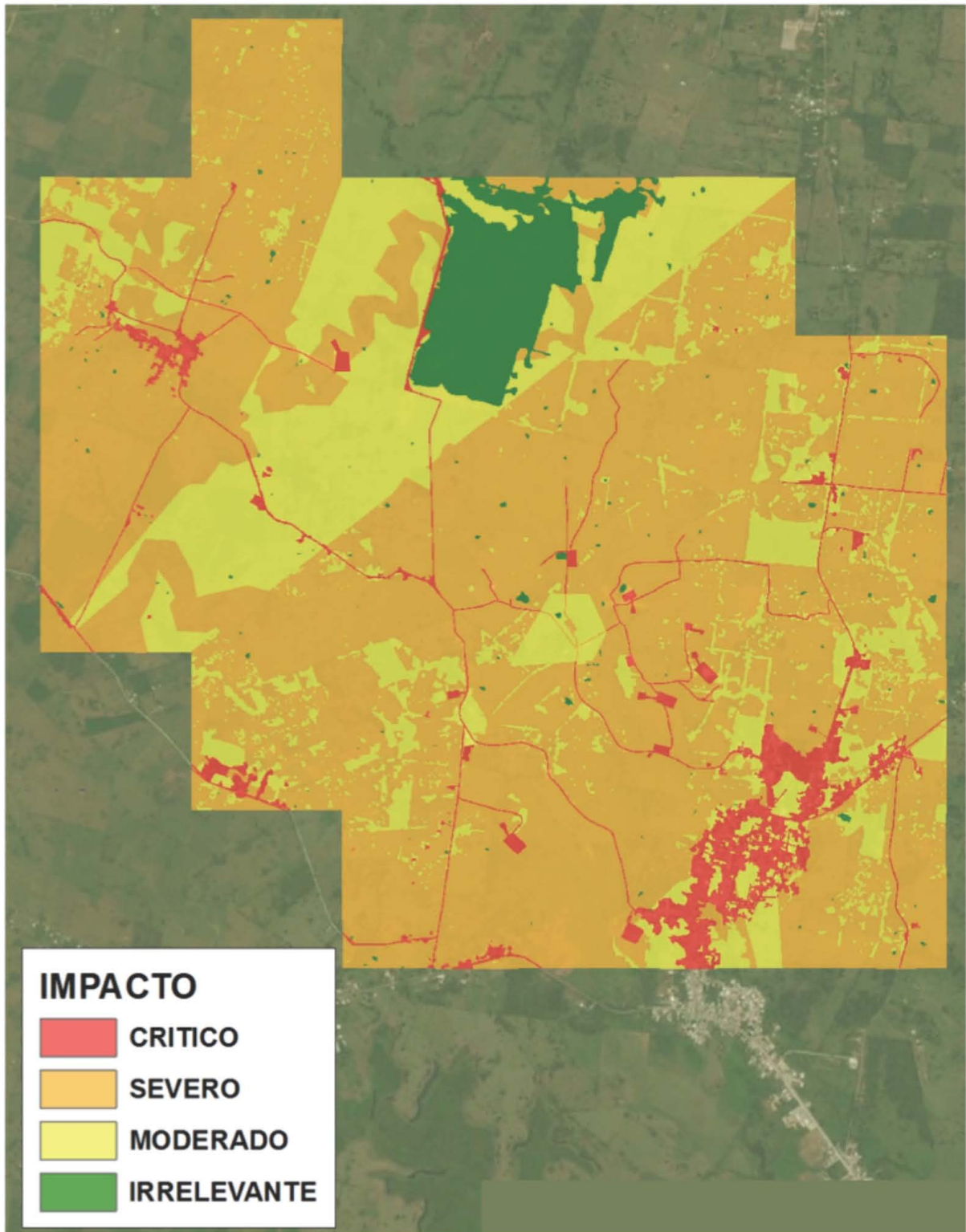


Figura VII.4.6. Mapa de Daños Ambientales

La flora y fauna en categoría de protección se ubico por fuera de las instalaciones petroleras, por lo que no es necesario realizar Programas de rescate.

Con respecto a los suelos contaminados por hidrocarburos y metales pesados, su descripción se aborda en la siguiente Sección VII.5 Registro de Daños Preexistentes.

## **VII.5. Registro de Potenciales Daños Preexistentes Campo Fortuna Nacional**



## 1) Ubicación de los Sitios

A partir de la caracterización general que se realizó para la infraestructura petrolera localizada dentro del campo, la cual incluyó la toma de muestras del laboratorio certificado, fue posible identificar dos sitios con hidrocarburos por arriba de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 y uno con metales pesados por arriba de la NOM-147-SEMARNAT/SAA1-2012 (Fig. VII.5.1). Debido a las restricciones de acceso causadas por los sindicatos locales y los dueños de los predios, aparte de la toma de dichas muestras, no fue posible caracterizar estos sitios de acuerdo a la guía de la ASEA. Por tal motivo los sitios descritos en la presente sección se consideran sitios potenciales con daños preexistentes.

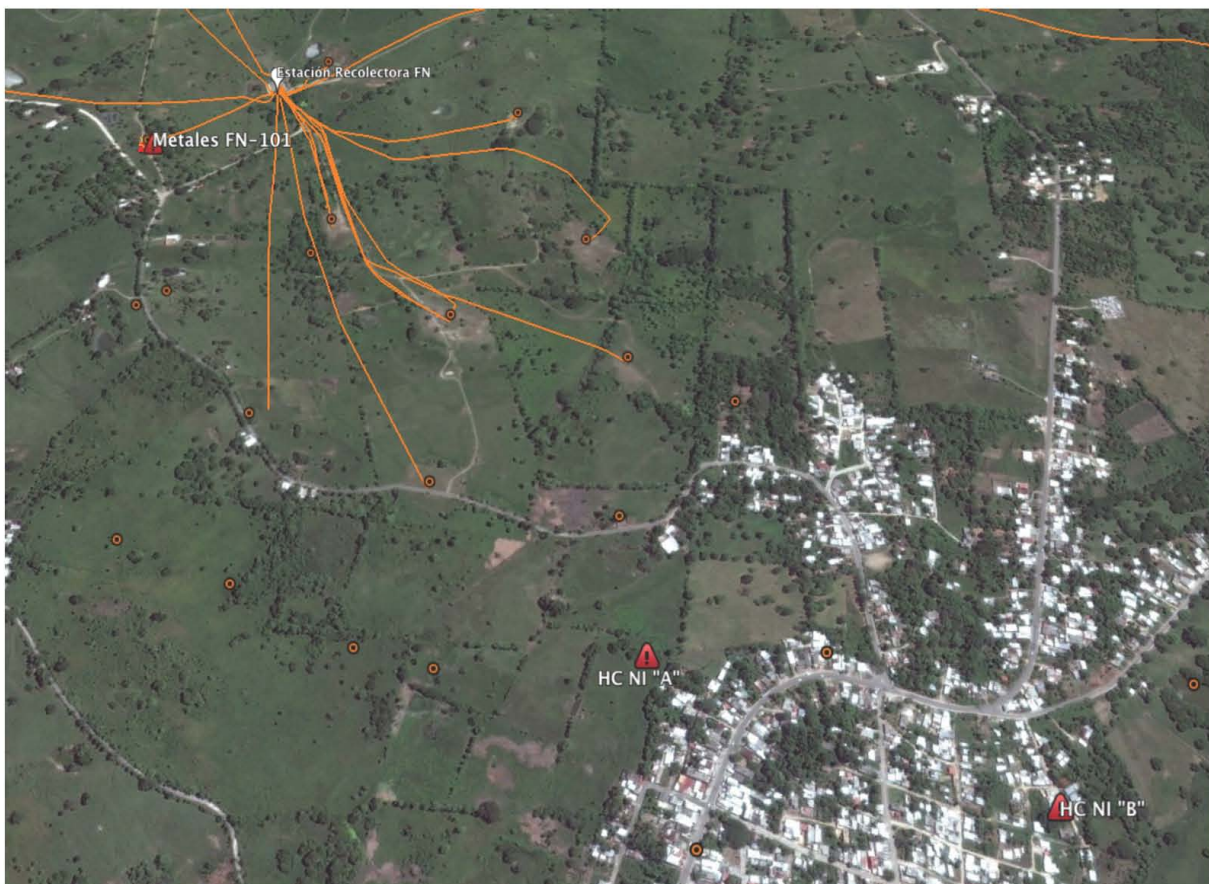


Figura VII.5.1. Ubicación de los Sitios con Potenciales Daños Preexistentes. Pozo FN-101, contaminado con metales pesados, pozos No Identificados "A" y "B", ambos contaminados con hidrocarburos.

## 2) Investigación histórica

Tal y como se describió en el informe parcial I, para el campo Fortuna Nacional no existen registros oficiales de derrames o accidentes. Para el caso particular de los pozos referidos en esta Sección, tampoco existe información referida por los informantes clave. Una breve descripción de los tres sitios es la siguiente.

### Pozo Fortuna Nacional 101.

Es un pozo actualmente taponado, localizado cerca de la entrada al camino hacia la Estación de Recolección Fortuna Nacional. La perforación de este pozo se realizó entre junio y octubre de 1967. De acuerdo con el inventario de la CNH se trata de un pozo exploratorio en reparación menor. Sin embargo, de acuerdo al mismo inventario cuenta con una línea de descarga hacia la estación de recolección central. El pozo presenta una válvula sencilla de cierre y no presenta contrapozo de concreto (Fig. VII.5.2). el pozo se localiza sobre una pera de perforación, la cual ya ha sido cubierta por pastizal y algunos elementos arbóreos. La compañía Perseus no tiene planes de uso de este pozo.



Figura VII.5.2. Características del Pozo Fortuna Nacional 101.



### Pozo No Identificado "A"

Se localiza en un potrero, sobre el margen poniente del poblado de Belén, a 30m del caserío más cercano y a 150m de la calle principal (Fig. VII.5.3). Este pozo no se encuentra referido en el inventario de la CNH y la compañía Perseus no tiene planes para su uso.



**Figura VII.5.3. Ubicación y detalle del Pozo No Identificado "A"**

### Pozo No Identificado "B"

Al igual que el pozo anterior, el pozo "B" no se encuentra referido en el inventario de la CNH y la compañía Perseus no tiene planes para su uso. Este pozo se localiza dentro del área urbana del poblado de Belén, cerca del margen oriental. Actualmente el pozo se encuentra dentro de los terrenos de una casa habitación, la cual fue construida sobre la plataforma de perforación del pozo (Fig. VII.5.4).





Figura VII.5.4. Detalle del Pozo No Identificado "B," localizado dentro de una casa habitación del Poblado de Belén.

### 3) Plan de muestreo y Toma de muestras de Suelo

De manera inicial, en los tres sitios se tomaron cuatro muestras de suelo a dos profundidades (0.3 y 0.5m) alrededor del pozo, con excepción del pozo no identificado "B" el cual se encontraba rodeado de un piso de concreto, por lo que se procedió a tomar las muestras en el patio adjunto. Posteriormente, cuando los primeros resultados indicaron contaminantes por arriba de la NOM se procedió a tomar un mayor número de muestras ampliando la zona previamente supervisada, con excepción del pozo no identificado "B," donde se contó con el permiso de los vecinos para ampliar el muestreo.

La distribución de los puntos de muestreo de cada pozo se representan en la figura VII.5.5, mientras que la tabla VII.5.1 muestra los análisis y las técnicas realizadas. Los resultados del laboratorio pueden también cotejarse en el Servidor de Mapas del proyecto ([www.ecodatumsig.com/perseus](http://www.ecodatumsig.com/perseus)) o en los anexos VI.1 y VII.5.1.



Figura VII.5.5. Ubicación de los puntos de muestreo de suelo para Hidrocarburos y Metales Pesados a dos niveles (0.3 y 0.5m).

**Tabla VII.5.1. Métodos de laboratorio y normas de referencia para los límites máximos permisibles de las muestras de suelo.**

Parámetro	Norma de referencia del laboratorio	Norma de referencia para LMP
Hidrocarburos de Fracción Ligera	NMX-AA-105-SCFI-2014	NOM-138-SEMARNAT/SAA1-2012
Hidrocarburos de Fracción Media	NMX-AA-145-SCFI-2008	
Hidrocarburos de Fracción Pesada	NMX-AA-134-SCFI-2006	
HAPs	NMX-AA-146-SCFI-2008	
BTEX	NMX-AA-141-SCFI-2014	
Cadmio (Cd)	NOM-147-SEMARNAT/SAA1-2004	NOM-147-SEMARNAT/SAA1-2004
Plomo (Pb)		
Cromo Hexavalente (Cr)		
Mercurio (Hg)		
Níquel (Ni)		
Vanadio		
Plata		
Bario		
Selenio		
Arsénico		
Berilio		
Talio		
Materia orgánica (MO)		
Textura del sedimento	NOM-021-SEMARNAT-2000 AS-09	Internacionales de referencia

#### 4) Resultados de las determinaciones Analíticas

La síntesis de resultados de laboratorio para hidrocarburos y metales pesados, se enlista en las Tablas VII.5.2 y VII.5.3. Los resultados para cada pozo se describen a continuación.

##### Pozo Fortuna Nacional 101.

Para el caso de los hidrocarburos el pozo FN-101 no presentó valores detectables en la mayoría de las muestras, con excepción de dos de ellas donde ocurrieron valores muy bajos (< 1000 g/kg) y por lo tanto debajo de la NOM.



Tabla VII.5.2. Concentrado de resultados de hidrocarburos en suelo (ver resultados oficiales en Anexo VII.5.1).

Pozo	Muestra	X	Y	Profundidad (m)	Hidrocarburos Fracción Ligera	Hidrocarburos Fracción Media	Hidrocarburos Fracción Pesada	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	m,p-Xileno	o-Xileno	Benzo (a) antraceno	Benzo (a) pireno	Benzo (b) Fluoranteno	Benzo (k) Fluoranteno	Dibenzo (a,h) antraceno	Indeno (1,2,3-cd) pireno
FN-101	CFN-SU-53	540194	1968257	0.3	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN-SU-53	540194	1968257	0.5	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN-SU-54	540187	1968256	0.3	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN-SU-54	540187	1968256	0.5	18.750	139.97	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN-SU-55	540189	1968251	0.3	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN-SU-55	540189	1968251	0.5	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN-SU-56	540192	1968256	0.3	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN-SU-56	540192	1968256	0.5	18.750	626.64	960.45	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN-SU-83	540185	1968233	0.3	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN-SU-83	540185	1968233	0.5	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN-SU-84	540209	1968238	0.3	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN-SU-84	540209	1968238	0.5	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN-SU-85	540176	1968243	0.3	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN-SU-85	540176	1968243	0.5	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN-SU-86	540205	1968261	0.3	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN-SU-86	540205	1968261	0.5	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN-SU-86 Dup	540205	1968261	0.5	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN-SU-87	540172	1968261	0.3	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN-SU-87	540172	1968261	0.5	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN-SU-88	540194	1968277	0.3	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
CFN-SU-88	540194	1968277	0.5	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	
No Identificado "A"	CFN-SU-97	541015	1967217	0.3	18.750	134.42	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	1.461	2.451	3.305	1.181	0.133	2.067
	CFN-SU-97	541015	1967217	0.5	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN-SU-98	541014	1967215	0.3	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.354	0.555	0.836	0.272	0.133	0.500
	CFN-SU-98	541014	1967215	0.5	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN-SU-99	541018	1967211	0.3	18.750	570.80	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	5.996	4.745	12.935	4.444	0.257	3.966
	CFN-SU-99	541018	1967211	0.5	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN-SU-100	541021	1967215	0.3	18.750	107.30	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.521	0.652	1.268	0.428	0.133	0.630
	CFN-SU-100	541021	1967215	0.5	18.750	95.15	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	NI-SU_01	541015	1967218	0.3	18.750	113.55	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	NI-SU_01	541015	1967218	0.5	18.750	118.47	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	NI-SU_02	541006	1967224	0.3	18.750	181.97	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	NI-SU_02	541006	1967224	0.5	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	NI-SU_03	541003	1967218	0.3	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	NI-SU_03	541003	1967218	0.5	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	NI-SU_04	541004	1967210	0.3	18.750	88.19	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	NI-SU_04	541004	1967210	0.5	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	NI-SU_05	541014	1967208	0.3	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.341	0.453	0.895	0.340	0.133	0.412
	NI-SU_05	541014	1967208	0.5	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	NI-SU_05 Dup	541014	1967208	0.5	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	NI-SU_06	541009	1967217	0.3	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
NI-SU_06	541009	1967217	0.5	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	
No Identificado "B"	CFN-SU_75	541553	1966977	0.3	18.750	214.65	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	4.360	6.617	12.587	4.317	1.486	5.392
	CFN-SU_75	541553	1966977	0.5	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.941	1.514	2.909	0.912	0.361	1.301
	CFN-SU_76	541557	1966972	0.3	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.304	0.571	0.133	0.133	0.598
	CFN-SU_76	541557	1966972	0.5	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN-SU_77	541561	1966978	0.3	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN-SU_77	541561	1966978	0.5	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN-SU_78	541558	1966979	0.3	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	CFN-SU_78 Dup	541558	1966979	0.5	18.750	66.83	266.00	0.625	0.625	0.625	1.250	0.625	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133

Bajo el Límite de Detección		Bajo La Norma	
Residencial	200	1200	3000
Industrial	500	5000	6000
	6	40	10
	15	100	25
	40	100	40
	100	100	100
	2	2	2
	10	10	10
	8	80	2
	10	10	2

Tabla VII.5.3. Concentrado de resultados de metales pesados en suelo

Pozo	Muestra	X	Y	Profundidad (m)	Arsenico total	Selenio Total	Bario Total	Berilio Total	Cadmio Total	Plata Total	Plomo Total	Talio Total	Vanadio Total	Níquel Total	Mercurio Total	Cromo Hexavalente	
FN-101	CFN-SU-53	540194	1968257	0.3	10.00	10.00	13160.00	2.00	2.00	2.00	13.49	5.00	9.63	10.31	0.083	2.00	
	CFN-SU-53	540194	1968257	0.5	526.80	10.00	3526.00	2.00	2.00	16.00	915.40	5.00	43.91	10.69	22.2538	2.00	
	CFN-SU-54	540187	1968256	0.3	39.41	10.00	4693.00	2.00	2.00	4.83	93.80	5.00	13.89	15.28	3.6434	2.00	
	CFN-SU-54	540187	1968256	0.5	10.00	10.00	1813.00	2.00	2.00	2.00	19.60	5.00	7.37	55.93	0.1499	2.00	
	CFN_SU_55	540189	1968251	0.3	28.45	10.00	3219.00	2.00	2.00	2.00	64.13	5.00	65.27	22.16	1.288	2.00	
	CFN_SU_55	540189	1968251	0.5	10.00	10.00	188.50	2.00	2.00	2.00	5.38	5.00	15.21	71.47	0.083	2.00	
	CFN_SU_56	540192	1968256	0.3	10.00	10.00	3565.00	2.00	2.00	2.00	28.63	5.00	17.60	10.70	0.394	2.00	
	CFN_SU_56	540192	1968256	0.5	189.40	10.00	7854.00	2.00	5.44	8.88	788.30	5.00	31.57	37.87	13.169	2.00	
	CFN_SU_83	540185	1968233	0.3	10.00	10.00	858.10	2.00	2.00	2.00	5.74	5.00	5.00	28.06	0.083	2.00	
	CFN_SU_83	540185	1968233	0.5	19.28	10.00	3104.00	2.00	2.00	2.00	35.73	5.00	60.77	26.30	0.083	2.00	
	CFN_SU_84	540209	1968238	0.3	184.80	10.00	6162.00	2.00	2.00	2.00	335.00	5.00	13.64	74.68	0.083	2.00	
	CFN_SU_84	540209	1968238	0.5	13.94	10.00	508.80	2.00	2.00	2.00	9.92	5.00	10.36	77.52	0.318	2.00	
	CFN_SU_85	540176	1968243	0.3	10.00	10.00	148.90	2.00	2.00	2.00	11.10	5.00	12.11	85.53	0.083	2.00	
	CFN_SU_85	540176	1968243	0.5	440.70	10.00	7743.00	2.00	7.47	19.78	707.30	6.84	11.57	16.99	0.083	2.00	
	CFN_SU_86	540205	1968261	0.3	10.11	10.00	1625.00	2.00	2.00	2.00	10.88	5.00	11.57	34.72	32.0416	2.00	
	CFN_SU_86	540205	1968261	0.5	10.00	10.00	446.30	2.00	2.00	2.00	18.08	5.00	7.51	253.50	9.2522	2.00	
	CFN_SU_86 Dup	540205	1968261	0.5	10.00	10.00	772.30	2.00	2.00	2.00	13.50	5.00	8.77	192.70	18.6665	2.00	
	CFN_SU_87	540172	1968261	0.3	10.00	10.00	7544.00	2.00	2.00	2.00	21.27	5.00	9.11	74.16	0.083	2.00	
	CFN_SU_87	540172	1968261	0.5	10.00	10.00	1855.00	2.00	2.00	2.00	14.69	5.00	8.81	117.50	0.083	2.00	
	CFN_SU_88	540194	1968277	0.3	10.00	10.00	6063.00	2.00	2.00	2.00	26.98	5.00	10.55	27.31	0.3759	2.00	
CFN_SU_88	540194	1968277	0.5	10.00	10.00	1131.00	2.00	2.00	2.00	11.56	5.00	5.49	70.71	0.1598	2.00		
No Identificado "A"	CFN-SU-97	541015	1967217	0.3	10.00	10.00	93.22	2.00	2.00	2.00	5.00	5.00	5.00	21.20	0.083	2.00	
	CFN-SU-97	541015	1967217	0.5	10.00	10.00	62.40	2.00	2.00	2.00	5.00	5.00	5.00	5.97	0.083	2.00	
	CFN-SU-98	541014	1967215	0.3	10.00	10.00	441.40	2.00	2.00	2.00	5.51	5.00	5.16	26.28	0.083	2.00	
	CFN-SU-98	541014	1967215	0.5	10.00	10.00	34.78	2.00	2.00	2.00	5.00	5.00	5.00	5.00	0.083	2.00	
	CFN-SU-99	541018	1967211	0.3	10.00	10.00	130.70	2.00	2.00	2.00	6.43	5.00	5.00	36.20	0.083	2.00	
	CFN-SU-99	541018	1967211	0.5	10.00	10.00	23.83	2.00	2.00	2.00	5.00	5.00	5.00	6.55	0.083	2.00	
	CFN-SU-100	541021	1967215	0.3	10.00	10.00	157.20	2.00	2.00	2.00	5.00	5.00	5.00	43.51	0.083	2.00	
	CFN-SU-100	541021	1967215	0.5	10.00	10.00	63.01	2.00	2.00	2.00	5.00	5.00	5.00	25.96	0.083	2.00	
	NI_SU_01	541015	1967218	0.3	11.05	10.00	253.70	2.00	2.00	2.00	9.62	5.00	5.89	27.87	0.083	2.00	
	NI_SU_01	541015	1967218	0.5	10.00	13.26	69.20	2.00	2.00	2.00	5.00	5.00	5.00	7.35	0.083	2.00	
	NI_SU_02	541006	1967224	0.3	10.00	11.70	1221.00	2.00	2.00	2.00	5.00	5.00	6.68	23.77	0.083	2.00	
	NI_SU_02	541006	1967224	0.5	10.00	10.00	153.00	2.00	2.00	2.00	5.00	5.00	17.72	39.52	0.083	2.00	
	NI_SU_03	541003	1967218	0.3	10.00	10.00	269.30	2.00	2.00	2.00	5.35	5.00	12.06	34.40	0.083	2.00	
	NI_SU_03	541003	1967218	0.5	10.00	10.00	60.33	2.00	2.00	2.00	5.00	5.00	14.32	31.37	0.083	2.00	
	NI_SU_04	541004	1967210	0.3	10.00	10.00	96.21	2.00	2.00	2.00	6.24	5.00	6.61	19.16	0.083	2.00	
	NI_SU_04	541004	1967210	0.5	10.00	10.00	54.38	2.00	2.00	2.00	5.00	5.00	11.32	20.94	0.083	2.00	
	NI_SU_05	541014	1967208	0.3	10.00	10.00	88.33	2.00	2.00	2.00	5.24	5.00	12.72	70.45	0.083	2.00	
	NI_SU_05	541014	1967208	0.5	10.00	10.00	30.35	2.00	2.00	2.00	5.00	5.00	5.00	14.01	0.083	2.00	
	NI_SU_06	541009	1967217	0.3	10.00	10.00	174.60	2.00	2.00	2.00	8.91	5.00	12.06	98.21	0.083	2.00	
	NI_SU_06	541009	1967217	0.5	10.00	10.00	61.92	2.00	2.00	2.00	5.00	5.00	5.00	12.10	0.083	2.00	
No Identificado "B"	CFN_SU_75	541553	1966977	0.3	19.56	10.00	5187.00	2.00	2.00	9.88	99.82	5.00	14.88	52.20	1.0138	2.00	
	CFN_SU_75	541553	1966977	0.5	10.00	10.00	3013.00	2.00	2.00	2.00	46.55	5.00	14.61	69.93	0.1987	2.00	
	CFN_SU_76	541557	1966972	0.3	10.00	10.00	3066.00	2.00	2.00	2.00	15.61	5.00	16.07	60.26	0.2145	2.00	
	CFN_SU_76	541557	1966972	0.5	10.00	10.00	4066.00	2.00	2.00	2.00	10.69	5.00	15.59	76.16	0.083	2.00	
	CFN_SU_77	541461	1966978	0.3	10.00	10.00	3587.00	2.00	2.00	2.00	29.98	5.00	19.85	55.96	0.2797	2.00	
	CFN_SU_77	541461	1966978	0.5	10.00	10.00	2024.00	2.00	2.00	2.00	14.49	5.00	13.24	82.10	0.1112	2.00	
	CFN_SU_78	541558	1966979	0.3	10.00	10.00	1579.00	2.00	2.00	2.00	15.53	5.00	18.30	104.80	0.1031	2.00	
	CFN_SU_78	541558	1966979	0.5	10.00	10.00	191.80	2.00	2.00	2.00	6.34	5.00	16.61	97.17	0.083	2.00	
CFN_SU_78 Dup	541558	1966979	0.5	10.00	10.00	276.10	2.00	2.00	2.00	34.05	5.00	14.78	182.90	0.083	2.00		
Bajo el Límite de Detección																	
Bajo La Norma																	
Arriva de la NOM-147-SEMARNAT/SAA1-2004					Residencial	22	390	5400	150	37	390	400	5.2	78	1600	23	280
					Industrial	260	5100	67000	1900	450	5100	800	67	1000	20000	310	510



Contrario a lo ocurrido con los hidrocarburos, el pozo FN-101 presenta metales pesados por arriba de la norma de uso residencial en cuatro muestras para arsénico, en seis muestras para bario, en dos para plomo, en una para talio y una para mercurio. Más importante aún, el pozo FN-101 presentó valores por arriba de la NOM de uso industrial en dos muestras para arsénico y en una para plomo.

La interpolación realizada de los puntos de muestreo indica que en el pozo FN-101 existe un área total contaminada por arsénico de 262 m<sup>2</sup>, con valores hasta de dos veces arriba de la NOM de uso industrial (Fig. VII.5.6). De igual forma, el área impactada por plomo es aproximadamente de 30m<sup>2</sup>, con valores ligeramente arriba de la NOM de uso industrial. Cabe señalar que uno de los puntos de mayor concentración de arsénico y plomo se localizó en la periferia del predio y que en ambos metales la máxima concentración ocurrió a 0.5m. Por lo tanto, el área impactada puede ser mayor en extensión y profundidad.

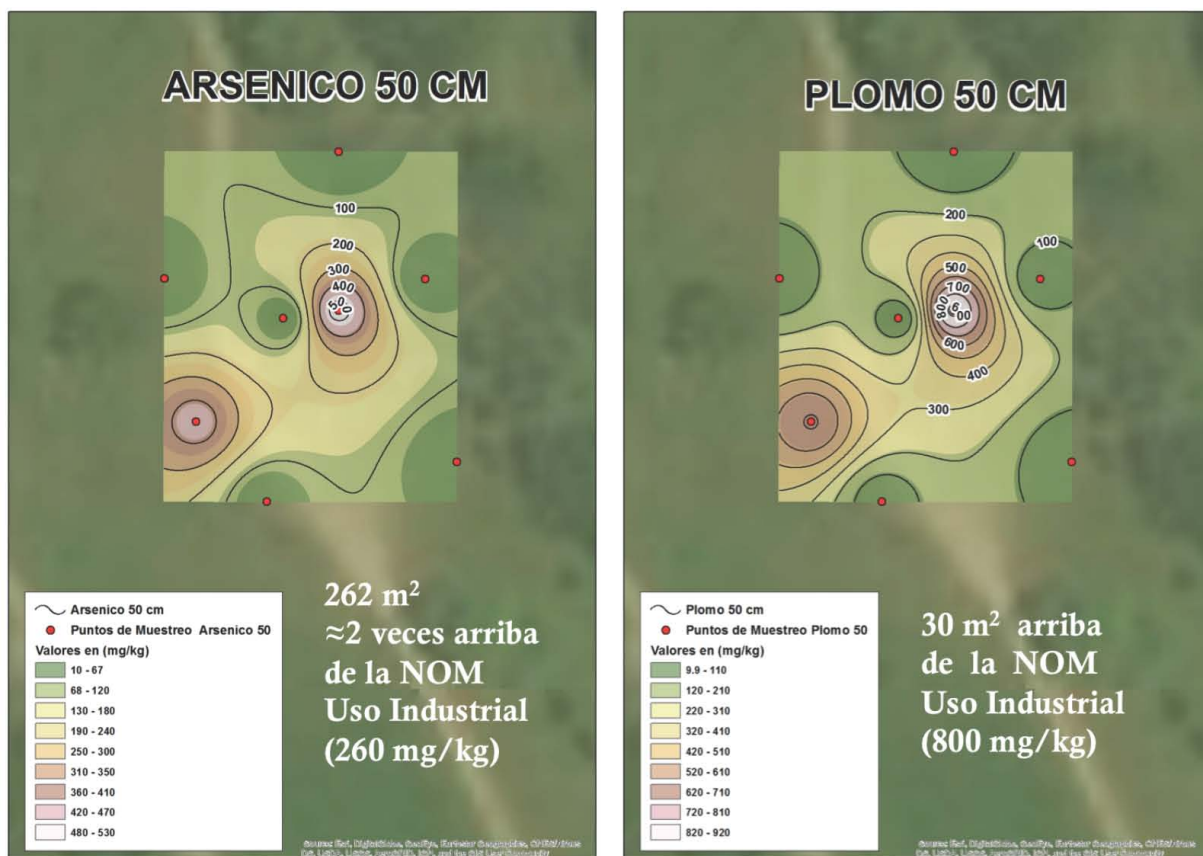


Figura VII.5.6. Áreas contaminadas por Arsénico y Plomo en el Pozo FN-101.



#### Pozo No Identificado "A"

Este sitio tuvo problemas de contaminación por hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), presentándose concentraciones de Benzo(b)fluoranteno por arriba de la NOM de uso industrial en una de las muestras. Aunado a lo anterior, en la misma muestra se presentaron valores por arriba de la NOM de uso residencial para Benzo(a)antraceno y Benzo(a)pireno. Otras cuatro muestras del sitio presentaron valores detectables de HAPs pero sin rebasar ninguna de las NOMs.

Todas las muestras que presentaron HAPs se localizaron en el estrato de 0.3m, por lo que se descarta que la contaminación ocurra a mayor profundidad. Sin embargo, la muestra que presentó valores por arriba de la NOM (tanto residencial como industrial), se localizó en la periferia del predio, por lo que el área afectada puede ser mayor. La interpolación realizada de los puntos de muestreo indica que en el sitio existe un área contaminada por Benzo(b)fluoranteno de 6 m<sup>2</sup>, con valores ligeramente arriba de la NOM de uso industrial (Fig. VII.5.7).

En este sitio la mayoría de los metales pesados se mantuvieron por debajo del límite de detección del equipo y cuando ocurrieron valores detectables éstos se mantuvieron por debajo de la NOM.

#### Pozo No Identificado "B"

Al igual que en el pozo anterior, este sitio tuvo problemas de contaminación por hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), presentándose concentraciones de Benzo(b)fluoranteno por arriba de la NOM de uso industrial en una de las muestras. Aunado a lo anterior, en la misma muestra se presentaron valores por arriba de la NOM de uso residencial para Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno e Indeno(1,2,3-cd)pireno. De igual forma, una segunda muestra presentó valores de Benzo(b)fluoranteno por arriba de la NOM de uso residencial. Debido al bajo número de puntos de muestreo (4), no fue posible realizar la interpolación del área afectada.

DE manera similar al pozo anterior, en este sitio la mayoría de los metales pesados se mantuvieron por debajo del límite de detección del equipo y cuando ocurrieron valores detectables éstos se mantuvieron por debajo de la NOM.

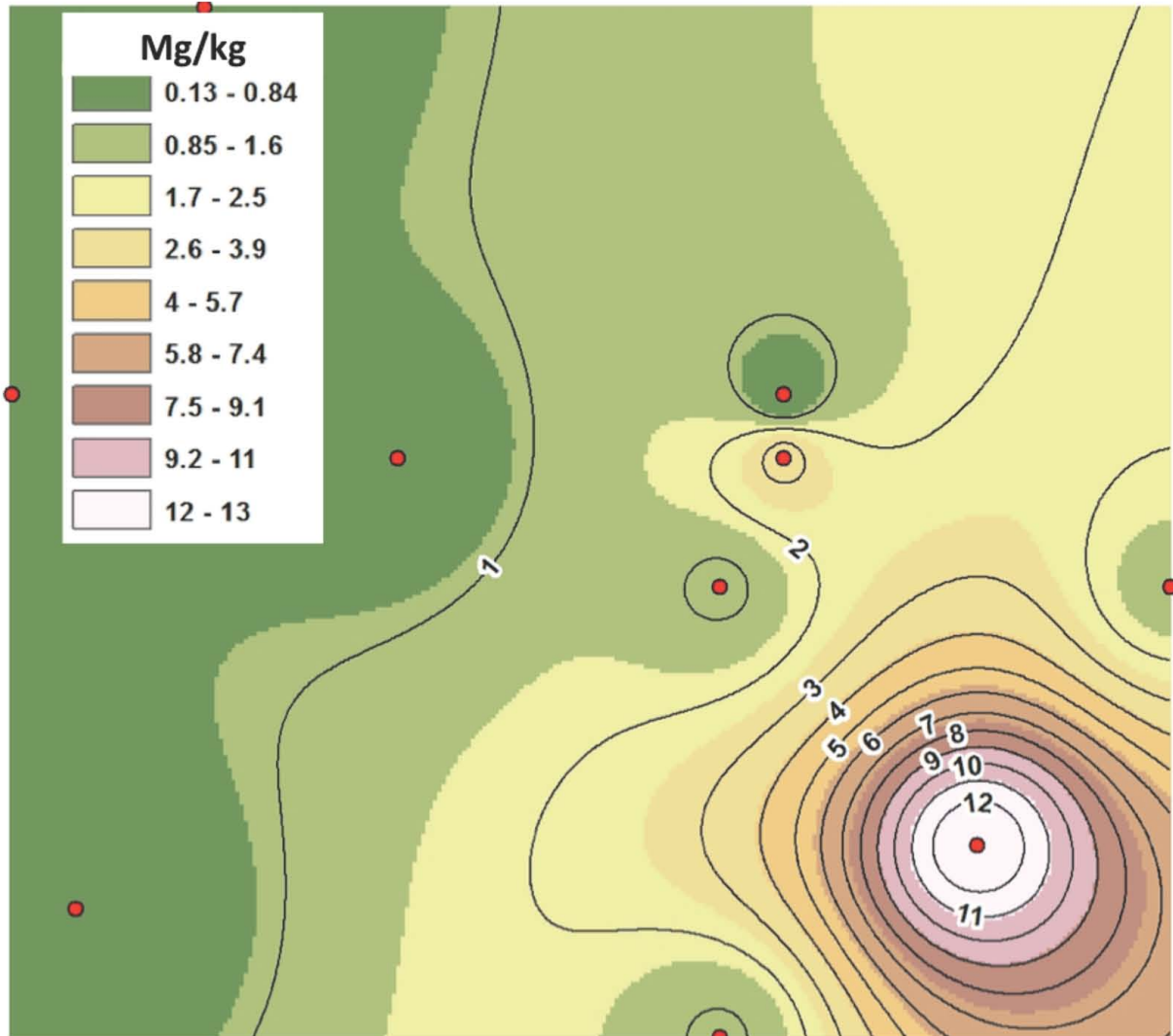


Figura VII.5.7. Áreas contaminadas por Arsénico y Plomo en el Pozo FN-101.

## 5) Condiciones Geológicas, Geo-hidrológicas e Hidrológicas

La información ampliada de las condiciones geológicas, geohidrológicas e hidrológicas se describe en los apartados VI.5-9 de la línea base del campo. A continuación, se hace una síntesis de las características más importantes que aplican al área de los tres pozos.

## Geología

La zona de estudio se ubica sobre el anticlinal Amate-Morales, sobre la Formación Mioceno Belem, constituidas por arcillas de color verde grisáceo, con lechos arenosos laminados. Para el Servicio Geológico Mexicano, en su Carta Geológico-Minera escala 1:250,000 clave E15-8 del año 2005, el área de estudio se localiza sobre Areniscas y Lutitas con clave TmQptAr-Lu, en la cual se engloban a las formaciones Tierra Colorada, Tres Puentes, Belem, Zarzagal, Encajonada, Amate y Encarnación, con mayor distribución para la zona de estudio con Tres Puentes. Sin embargo, del trabajo efectuado por Ingeniería y Geotecnia para la SHR en 1975, se desprende que los sitios donde se ubican los tres pozos se encuentran en la formación Belem.

La estratigrafía, definida con base en los resultados de las perforaciones y estudios del subsuelo y superficiales, es la siguiente (CONAGUA en 2015):

*Mioceno Belem:* se encuentra aflorando en el Anticlinal Amate-Morales. En el subsuelo, se ha subdividido esta formación en Belem Superior e Inferior, porque en este último predomina la fauna de aguas marinas someras, mientras que el Belem Superior contiene fósiles de agua salobre. Ambas formaciones son litológicamente muy semejantes y consisten de arcillas color verde gris, con características homogéneas; tienen nódulos ferruginosos y calcáreos, presentándose con algunos lechos arenosos laminados, con moldes de fósiles y cuerpos de arena de cuarzo sueltas.

*Plioceno Tres Puentes:* Estos sedimentos afloran sobre el área de Macuspana, litológicamente tienen gran semejanza con los de la formación anterior, aunque su contenido de arcillas carbonosas y lignitas es más notable y los hace característicos.

*Pleistoceno Tierra Colorada:* Está compuesta por depósitos de arcilla ferruginosa de color rojo, aunque pueden adquirir otra coloración. Los depósitos, forman lechos que alternan con capas de arena y grava de cuarzo y fragmentos de caliza. Estos sedimentos de acarreo están compuestos por material intemperizado por la acción de un clima tropical antes de su redepositación

*Reciente:* Tiene espesor variable del orden de 50 m y cubre gran parte del área; consiste de depósitos de arena gruesas y finas mal clasificadas,



intercalados con depósitos de arcilla sin estratificación y con ausencia de fauna.

### **Topografía**

El relieve en la zona donde se ubican los pozos es relativamente plano, con elevaciones promedio de 20m sobre el nivel medio del mar.

### **Fisiografía y Morfología**

De acuerdo con la clasificación del INEGI (1989), la zona de estudio se localiza en la provincia fisiográfica "Llanura Costera del Golfo Sur" (subprovincia Llanuras y Pantanos Tabasqueños). Esta es una llanura formada por grandes cantidades de aluvión acarreado por el río Tonalá, el cual atraviesa la provincia para desembocar en la parte sur del Golfo de México. Las corrientes en esta zona son maduras, formando sus cauces sobre aluvión, material lacustre y palustre. La mayor parte de la superficie de esta región tiene una altitud muy próxima al nivel del mar y está cubierta por material aluvial, morfológicamente está integrado por la planicie nominada subprovincia de la Llanura Costera del Golfo Sur. Para INEGI (2011), la zona de estudio se localiza en la topografía de Llanura Aluvial.

Morfológicamente, la zona de estudio forma parte de la provincia geológica de las cuencas terciarias del sureste, en donde se tienen 2 provincias conocidas con los nombres de: subprovincia de Macuspana y subprovincia de Comalcalco, cuyos depósitos aunque semejantes varían en el contenido faunístico, debido a que son de distintos ambientes de formación.

La SRH en 1975 ubica la zona de estudio en la Unidad de Lomeríos de Sedimentos, que se caracteriza por lomas constituidas por sedimentos poco consolidados de tipo arenoso y arcilloso, aunque más al sur se encuentran calizas que forman montañas, las que ya son parte de la Sierra de Madre de Chiapas. Los lomeríos son de menor altura cerca de Villahermosa y están mejor definidos cerca del área de Amate Morales, donde el drenaje superficial adopta un arreglo dendrítico y rectangular bien integrado. Es notable la presencia de lomeríos aislados, lo que indica que ha habido un proceso geomórfico de madurez avanzada en las rocas terciarias, observándose que han quedado reducidas a un nivel horizontal (SRH; 1975). Esta provincia se caracteriza por tener un escaso relieve, casi plano, con altitudes menores de 100 m, las cuales están cortadas por amplios valles,

resultado de la acumulación de grandes depósitos fluviales en diferentes medios, como el lacustre, palustre y litoral.

### **Edafología**

La superficie del área de estudio está dominada por un suelo tipo Cambisol Vértico, que está constituido por suelos no desarrollados a simple vista con variaciones de color y textura en comparación con la capa superficial. La capa superficial puede ser oscura, con más de 0.25 m de espesor, pero pobre en nutrientes y en ocasiones no existe, el término vértico se refiere a subsuelos ligeramente agrietados en alguna parte de la mayoría de los años (INEGI;2014). Lo anterior le confiere una permeabilidad de baja a moderada, presentándose esta segunda durante la época de estiaje en la mayoría de los casos.

### **Hidrología**

El campo Fortuna Nacional se ubica en la Región Hidrológica 30 "Grijalva-Usumacinta", subcuenca del Río Macuspana. La red hidrográfica de dicha región está integrada por el río Grijalva, que es uno de los ríos más importantes del país; además incluye a numerosos ríos como el De González, Tabasquillo, Carrizal, Tacotalpa, Puxcatán, Tepetitán, Colomo, etc., siendo la mayoría de ellos de régimen permanente y afluentes del mencionado río Grijalva. Sin embargo, debido a la alta permeabilidad del terreno, dentro del campo Fortuna Nacional no existen corrientes superficiales importantes. En la zona solo se presentan arroyos temporales.

### **Hidrogeología**

Administrativamente, el área de estudio se encuentra dentro del Acuífero Macuspana, con clave CONAGUA, 2706, que se encuentra subexplotado. Actualmente existe un volumen disponible de 1,557'738,151 m<sup>3</sup> anuales. La recarga total media anual es de 1663 Mm<sup>3</sup>/año y el total de descarga o explotación es de 1.966 Mm<sup>3</sup>/año, con una descarga natural comprometida de 107.285 Mm<sup>3</sup>/año.

De acuerdo con los resultados del censo realizado en 2002 por CONAGUA, se censaron un total de 32 aprovechamientos, de los cuales 81% son de uso Público urbano y 19% Doméstico.

Localmente el área de los pozos se clasifica como un acuífero intergranular de tipo confinado, con una dirección de flujo SSW-NNE, con una elevación del nivel estático de 6.8 msnm, profundidad del nivel estático promedio de 8.5 m.

## 6) Condiciones climáticas y Físicas

### Clima

El clima en el área de estudio es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano Af(m), la temperatura media anual para la zona de estudio es de 27.19°C y una precipitación media anual de 2,269 mm, con una evapotranspiración de 903 mm anuales. El ciclo de lluvias es de Junio a Noviembre, con valores máximos de 397.58 mm para el mes de Septiembre y mínimos de 50.84 mm para el mes de Marzo, las mayores temperaturas se registran en el mes de Mayo (30.89 °C), siendo que el mes de Enero es el más frío (23.28°C). La Evapotranspiración ronda entre los 886 y 926 mm/año, la mayor evaporación se presenta durante el mes de Mayo (Ver figuras 9 a 11). Todos estos datos fueron obtenidos de los registros históricos de las 4 estaciones climatológicas más cercanas a la zona de estudio, cuyos resultados anualizados se presentan en la tabla VII.5.4.

**Tabla VII.5.4. Parámetros Climatológicos del Área de los Pozos**

CLAVE	NOMBRE	X_UTM	Y_UTM	hp (mm/año)	T (°C)	ETR (mm/año)
27092	PLAYAS DEL ROSARIO	507416.44	1974078.43	2139.258	26.5755833	886.702464
27049	TEQUILA	520527.14	1959218.43	2027.357	27.33275	893.289879
27030	MACUSPANA	541872.98	1963312.13	2365.525	26.8525	905.068403
27071	AQUILES SERDAN	554759.87	1968598.71	2127.04	28.6859167	926.286373

### Escorrentía e Infiltración

La Escorrentía calculada mediante algebra de mapas (Galindo et al 2010) arrojó un valor de 1,021 mm/año y una infiltración de 344 mm/año. De lo anterior se desprende que en el área de estudio se tiene un coeficiente de infiltración del 15%, lo cual le confiere una cierta capacidad de infiltración de los derrames. Sin embargo, debido a que los pozos normalmente se localizan sobre una pera de perforación y este tipo de instalaciones son



compactadas al 95% de la prueba Proctor, el coeficiente de infiltración disminuye a 0.5%, limitando aún más la infiltración superficial.

Cabe señalar que las mediciones de infiltración por el método de Galindo se refieren al porcentaje de la precipitación de la zona que se infiltraría en el terreno bajo las condiciones edáficas del sitio. En este sentido, la infiltración medida en campo con el método de cilindros concéntricos dio valores promedio de 7 mm/hr para el caso de las peras de perforación y valores promedio de 20mm/hr para las áreas sin compactar del campo.

## **7) Movilidad de los contaminantes**

Como se mencionó al inicio de esta sección, las complicaciones de acceso a los pozos referidos por razones ajenas a la empresa Perseus, debido a problemas con el sindicato local y la negación de los dueños de los predios para ingresar a sus propiedades (ver Anexo IX), impidió continuar el diagnóstico de los sitios en tiempo y forma. Por esta razón no se tienen los elementos de campo necesarios para realizar la modelación del movimiento de los contaminantes, ni la determinación de las áreas de afectación.

## REFERENCIAS

- Abdel-Shafy, H. I., & Mansour, M. S. (2016). A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: Source, environmental impact, effect on human health and remediation. *Egyptian Journal of Petroleum*, 25, 107–123.
- Abreu CA, Cantoni M, Coscione AR, Paz-Ferreiro J. Organic matter and barium absorption by plant species grown in an area polluted with scrap metal residue. *Applied and Environmental Soil Science*.2012;123:1–7.
- Adams, R. H., Zavala-Cruz, J., & Morales-García, F. (2008). Concentración residual de hidrocarburos en suelo del trópico. II: Afectación a la fertilidad y su recuperación. *Interciencia*, 33(7), 483-489.
- Adamson A.W., (1982). *Physical Chemistry of Surfaces*. J. Wiley. 664 p.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (04 de Enero de 2007). Barium and Barium compounds. Obtenido de Agency for Toxic Substances and Disease Registry: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp24-c1.pdf>
- Aguilar, J.P y Arellano G.J. 2010. *Matemáticas Aplicadas a las Ciencias de la Tierra*, Facultad de Ingeniería – UNAM, p. 555.
- Aitken, J. A. and Stewart, R.R, (2004), *Shallow GPR and seismic surveying in a carbonate environment: Belize, Central America*, CREWES Research Report (16), 17 p.
- Alejo, A. P., Romero, Á. H. H., Luna, J. L., & Díaz, M. D. C. C. (2012). 2 Evaluación de la toxicidad de los suelos mediante bioensayos con lombrices. *Métodos ecotoxicológicos para la evaluación de suelos contaminados con hidrocarburos*, 47.
- Aller, L.; Lerh, J.; Petty; R., Hackett, G.; (1987); *DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings*; Environmental Protection Agency (EPA); Report EPA-600/2-87-0305; Oklahoma, United States of America.
- Álvarez, J. P., Panta, J. E., Ayala, C. R., & Acosta, E. H. (2008). Calidad Integral del Agua Superficial en la Cuenca Hidrológica del Río Amajac. *Información Tecnológica*, 19(6), 21-32.
- American Water Work. *Water quality. Principles and practices of water supply operations*. Association. 4ª edición 213 p.
- Amado Alvarez, J., Rubiños Panta, E., Gavi Reyes, F., Alarcón Cabañero, J. J., Hernández Acosta, E., Ramírez Ayala, C., & Salazar Sosa, E. (2006). Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: Diagnóstico y Predicción. *Revista Internacional de Botánica Experimental*, 75, 71-83.
- American Ornithologists' Union. (2009). *Check-list of North American Birds*. 7th. Edition. American Ornithologists' Union, Washington, D.C.
- Aranda, M. (2000). *Huellas y Otros Rastros de los Mamíferos Grandes y Medianos de México*. CONABIO, México 212 p.

- Ariel Construcciones, S.A. (1981). Estudio Geohidrologico preliminar de la zona de La Chontalpa-Villahermosa, Tabasco. Contrato BZA-81-108-GD. Tomos 1,2 y 3. Inedito.
- ASEA. Guía para definir la Línea Base Ambiental previo al inicio de las actividades petroleras terrestres.
- ATSDR. (06 de Mayo de 2016). Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Obtenido de Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs24.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs24.html)
- Bartram, J., & Ballance, R. (1996). Water Quality Monitoring: A Practical Guide to the Design and Implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes. Londres : E&FN Spon.
- Bates, M.H. 1988. Land farming of reserve pit fluids and sludges: Fates of selected contaminants. *Water Res.* 22: 793- 797.
- Bear J., Verruijt A., (1987). Modeling groundwater flow and pollution, Dordrecht, Netherlands. D. Reidel Publishing Company, p. 414.
- Belina, F., Irving, J., Ernst, J. and Holliger, K., (2011), Evaluation of the reconstruction limits of a frequency-independent crosshole georadar waveform inversion scheme in the presence of dispersion, *Journal of Applied Geophysics*, in press, 11 pp.
- Benitez J.A., L.E. Amábilis y D. Samarrón, (2001). Identificación de las áreas de recarga de los pozos que abastecen de agua a los centros urbanos de San Francisco de Campeche, Champotón y Ciudad del Carmen, en el Estado de Campeche. Comisión Nacional del Agua/Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán. 57p.
- Benitez J.A., R.M. Cerón-Bretón, J.G. Cerón-Bretón, J. Rendón-Von-Osten. (2014). The Environmental Impact of Human Activities in the Mexican Coast of the Gulf of Mexico: review of status and trends. In C.A. Brebbia y T-S. Chon, *Environmental Impact*. Wit Press, London.
- Berlanga, H., J. A. Kennedy, T. D. Rich, M. C. Arizmendi, C. J. Beardmore, P. J. Blancher, G. S. Butcher, A. R. Couturier, A. A. Dayer, D. W. Demarest, W. E. Easton, M. Gustafson, E. Iñigo-Elias, E. A. Krebs, A. O. Panjabi, V. Rodriguez Contreras, K. V. Rosenberg, J. M. Ruth, E. Santana Castellón, R. Ma Vidal, y T. Will. (2010). Conservando a nuestras aves compartidas: La vision trinacional de Compañeros en Vuelo para la conservación de las aves terrestres. Cornell Lab of Ornithology: Ithaca, NY. ([http://www.savingoursharedbirds.org/final\\_reports\\_pdfs/PIF2010%20Spanish%20FINAL\\_small.pdf](http://www.savingoursharedbirds.org/final_reports_pdfs/PIF2010%20Spanish%20FINAL_small.pdf)). Consultado el 30 de Agosto de 2016.
- Bharti P.K., (2015). Water quality: Some major facts. Edición Kindle.
- Blindow, N., Knödel, K., König, F., Lange, G., Lindner, H., Meyer, R., Mittenzwey, K., Schuck, A., Seidel, K., Weidelt, P., Wonik, T., Yaramanci, U., con contribuciones de Eisenburger D., Illich, B., Olea, R., Petzold, H. y Richter, T., (2007), *Geophysics*, En: *Environmental Geology Handbook of field methods and case studies*. Berlín: Springer. p. 161- 495.



- Blume, H.P., 1990. Handbuch des Bodenschutzes. Ecomed Verlagsgesellschaft GmbH, Landsberg/Lech.
- Botello, A. V. (2005). Características, Composición y Propiedades Físicoquímicas del Petróleo. En A. V. Botello, O. Rendón-von , G. Gold-Boucho, & C. Agraz-Hernández, Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias (págs. 261- 268). Campeche: Univ. Autón. de Campeche, Univ. Nal. Autón. de México, Instituto Nacional de Ecología.
- Boyd C.E., (2015). Water quality. An introduction. Ed. Springer-Verlag, 2ª edición. 357 p.
- Brito-Leonet, R. J., 2011, Caracterización de canal turbidítico mediante levantamiento de secciones de georadar, Arkansas, USA: Sartenejas, Caracas, Venezuela, Ilustre Universidad Simón Bolívar, Proyecto de grado, 59 pp.
- Brower, J. E. y J. H. Zar. (1979). Field and laboratory methods for General Ecology. W. M. C. Brown Co., USA 194 pp.
- Bueno, J., F. Álvarez y S. Santiago. (2005). Biodiversidad del estado de Tabasco. México, DF: Instituto de Biología, UNAM.
- Bundschuh, J., Pérez Carrera, A., & Litter, M. (2008). Distribución del arsénico en las regiones Ibérica e Iberoamericana. Argentina: Iberoarsen.
- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). (2013). Canadian soil quality guidelines for the protection of environmental and human health: Barium. Canadian Council of Ministers of the Environment, 1-10.
- Cappello, S., E. Rosique, Ma. G. Rivas, A. Guadarrama, O. Castillo, S. Arriaga, L. Trejo, M. Pérez, S. Páramo, J. Gamboa, L. J. Rangel, M. R. Barragán y M. G. Hidalgo. 2010. La biodiversidad de Tabasco. KUXULKAB'. 17 (4): 43-48.
- Carbonell Barrachina, A. A., Mataix Beneyto, J. J., & Burló Carbonell, F. M. (1995). Arsénico en el sistema suelo-planta, significado ambiental. España: Universidad de Alicante.
- Casado, I.J.M., H.S. Cram, L.P. Fernández, J.M. Hernández, C.A. Mendoza, O.O. Oropeza, P.M.A. Ortiz, J.F. Parrot, S.T. Sánchez y C.I. Sommer. (2014). Guía metodológica para la identificación de sitios ambientales sensibles a los efectos de derrame de hidrocarburos. INECC-SEMARNAT e Instituto de Geografía-UNAM.
- Cassidy, N. J. and Millington, T. M., (2009), The application of finite-difference time-domain modelling for the assessment of GPR in magnetically lossy materials, Journal of Applied Geophysics (67), p. 296–308.
- Cecan L. y Scheiker R. A., (2010). BIOSCREEN, AT123D, and MODFLOW/MT3D, a comprehensive review of model results. Proceedings of the Annual International Conference on Soils, Sediments, Water and Energy: Vol. 13(22).
- Ceballos, G. y G. Oliva. (2005). Los Mamíferos Silvestres de México. CONABIO, EFE. México. 975 p.
- Cedeño-Vázquez, J. R., R. Calderón-Mandujano y C. Pozo. (2006). Anfibios de la región de Calakmul, Campeche, México. CONABIO.

- Cerón-Bretón, R.M., J. G. Cerón-Bretón, J. A. Benítez, C. G. Carballo-Pat, J. J. Guerra-Santos, J. A. Ortínez Álvarez y A. V. Córdova-Quiroz, (2014a). Evaluación de los flujos de depósito atmosférico seco de elementos traza en Ciudad del Carmen, Campeche: implicaciones ecológicas. En: A.V. Botello, J. Rendón von Osten, J. Benítez y G. Gold-Boucht (eds.), Golfo de México. Contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias. UAC, UNAM-ICMyL, CINVESTAV-Unidad Mérida.
- Cerón-Bretón G., R.M. Cerón-Bretón, J. A. Benítez, E. Ramírez-Lara, E.C. Guevara-Carrió y A.V. Córdova-Quiroz, 2014b. Niveles de compuestos orgánicos volátiles en aire ambiente de un sitio ubicado en la laguna de Términos (2011-2012). En: A.V. Botello, J. Rendón von Osten, J. Benítez y G. Gold-Boucht (eds.), Golfo de México. Contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias. UAC, UNAM-ICMyL, CINVESTAV-Unidad Mérida.
- Chapra S. C., (1997). Water-quality modelling. McGraw-Hill. Singapore. 844 p.
- Cirujano Bracamonte, S., Álvarez Cobelas, M., Montero Gonzalez, E., Rojo Garcia-Morato, C., Rodrigo Alacreu, M., Piña Ochoa, E., . . . Araujo Armero, R. (2007). Ecología acuática y sociedad de las lagunas de Ruidera. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Christie, N.T. y M. Costa, 1984. In vitro assessment of the toxicity of metal compounds. IV. Disposition of metals in cells: Interactions with membranes, glutathione, metallothionein, and DNA. Biological Trace Element Research, 6: 139-158.
- Citrón, G., Lugo, A.E., Pool, D.J. y Morris, G. (1978). Mangroves of arid environments in Puerto Rico and adjacent islands. Biotropical. 10: 110.1121.
- Crites R. y Tchobanoglous G., (2000). Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones. McGraw-Hill. Bogotá, Colombia. 2120 pp.
- Coll, M., López-Blanco, M. y Marcuello, A., (2007), Resultados preliminares en la caracterización geométrica 3D de un litosoma arenoso de progradación deltaica mediante georadar (GPR) (Fm. Arenisca de Roda, Eoceno, Cuenca de Graus-Tremp), Geogaceta, Sociedad Geológica de España, V. 41, p. 51-54.
- Comisión Nacional del Agua (CNA). (2016). Ley Federal de Derechos Disposiciones aplicables en Materias de Aguas Nacionales 2016. Diario Oficial de la Federación, 167.
- CONABIO. (2008). Capital natural de México, Vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. México.
- CONAGUA. (2002), Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero La Chontalpa (2702), Estado de Tabasco.
- Contreras -Espinosa, F., Castañeda-López, O., & García-Nagaya, A. (1994). La clorofila a, como base para un índice trófico de las lagunas costeras mexicanas. Instituto Ciencias del Mar y Limnología, 21, 55-66.



- Cossío, B. A. (2007). Conocimiento y comparación del uso de la fauna silvestre en dos comunidades ejidales del municipio de Hueytamalco, Puebla, México. Tesis de maestría. Instituto de Ecología. Jalapa, Veracruz. México. 187 p.
- Cram, S., Siebe, C., Ortíz-Salinas, R., & Herre, A. (2010). Mobility and Persistence of Petroleum Hydrocarbons in Peat Soils of Southeastern Mexico. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 341–360.
- Crocco, L., Prisco, G., Soldovieiri, F. and Cassidy, N. J., (2009), Early-stage leaking pipes GPR monitoring via microwave tomographic inversion, *Journal of Applied Geophysics*, 67(4), pp. 270-277.
- Currier HB, Peoples SA (1954) Phytotoxicity of Hydrocarbons. *Hilgardia* 23: 155-173.
- Curson J., D. Quinn y D. Beadle (1994). *Warblers of the Americas: an identification guide*. Houghton Mifflin Company. EE.UU. 252 pp.
- Daniels, D. J., (2004), *Ground Penetrating Radar*: London, UK, The Institution of Electrical Engineers, 726 p.
- Day, J.W, C. Coronado-Molina, F.R. Vera-Herrera, R. Twilley, V.H. Rivera-Monroy, H. Alvarez-Guillen, R. Day & W. Conner. (1996). A 7-year record of above ground net primary production in southstern Mexican mangrove forest. *Aquat. Bot.* 27:267-284.
- De la Lanza Espino, G., & Lozano Montes, H. (1999). Comparación fisicoquímica de las lagunas de Alvarado y Términos. *Hidrobiología*, 9(1), 15-30.
- DiBello, P.M., J.L. Manganaro, and E.R. Aguinaldo. 1991. Barium compounds. In: Kirk-Othmer *Encyclopedia of Chemical Technology*. 4th edition, vol. 3. John Wiley and Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto and Singapore. pp. 909-931.
- Domenico, P.A. and Schwartz, F.W., (1998). *Physical and Chemical Hidrogeology*. Willey. 502 pp.
- DUMAC. (1999). ¿Hacia dónde vamos?: planeación estratégica. Ducks Unlimited de México. México. Pp. 15-24.
- DUMAC. (2016). Migración. Ducks Unlimited de Mexico. (<http://www.dumac.org/dumac/habitat/esp/qsomos.htm>) Consultado el 1 de septiembre de 2016.
- Ellis D.V., 1991. New dangerous chemicals in the environment: Lesson from TBT. *Marine Pollution Bulletin*, 22: 8-10.
- Environment Agency. (Junio de 2003). Principles for Evaluating the Human Health Risks from Petroleum Hydrocarbons in Soils: A Consultation Paper. R&D Technical Report P5-080/TR1, 1-42.
- Environmental Company of the State of Sao Paulo (CETESB) Report establishment of guiding values for soils and groundwater of the State of Sao Paulo. Sao Paulo, Brazil: Environmental Agency of the State of Sao Paulo; 2001.
- Environmental Protection Agency. (2001). *Parameters of Water Quality: Interpretation and Standards*. Environmental Protection Agency, Ireland, 1-132.
- Environmental Protection Agency. (2005). 2005 Remediation General Permit Fact Sheet Excerpts. Fact Sheet Attachment A, 1-49.



- Environmental Protection Agency. (21 de Julio de 2016). Guidelines and Recommendations. Obtenido de US Environmental Protection Agency: [www.epa.gov/nutrient-policy-data/guidelines-and-recommendations](http://www.epa.gov/nutrient-policy-data/guidelines-and-recommendations)
- Environmental Protection Agency. (2016). The Third Unregulated Contaminant Monitoring Rule (UCMR 3): Data Summary, July 2016. United States Environmental Protection Agency, 1-12.
- EPA, 2000. "Manual of constructed wetlands treatment of municipal wastewaters". Cincinnati, Ohio. 19 Pp.
- Espejel Montes, J. J. (s.f.). Evaluación del riesgo toxicológico, por exposición a suelos contaminados con hidrocarburos, en la ex refinería 18 de marzo, Pemex. *Revista Sistemas Ambientales*, 4(2), 55-81
- Espinosa Garduño, M. (2012). Evaluación y monitoreo de manglar en la Reserva de la Biósfera Los Petenes con énfasis en criterios de sustentabilidad y desarrollo. Asociación Territorios Vivos A. C. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. FN004. México, D.F.
- FDA, 1993. Guidance documents for trace elements in seafood. Guidance documents for arsenic, cadmium, chromium, nickel (January), lead (august). [www.cfsan.fda.gov/~frf/guid-sf.html](http://www.cfsan.fda.gov/~frf/guid-sf.html)
- Félix-Pico, E.F.; O.E Olgúin; H.A. Hernández y F. Flores Verdugo. (2006). Producción primaria del estero El Conchalito en Bahía de la paz (Baja California Sur). *Ciencias Marinas*, 32(01A):53-63.
- Fenton, M. B. (1982). Echolocation, insect hearing and feeding ecology of insectivorous bats. En Kunz, T. *Ecology of bats* (pp. 261-286). New York/London: Plenum Press.
- Fetter W.C., 1999. Contaminant hydrogeology. Prentice Hall. New Jersey. 500 p.
- Flores-Villela, O. y L. Canseco-Márquez. (2004). Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), 20: 115-144.
- Fingerman, M., M. Devi, P.S. Reddy, y R. Katayani, 1996. Impact of heavy metal exposure on the nervous system and endocrine-mediated processes in crustaceans. *Zoological Studies*, 35: 1-8.
- Foster Stephen, Hirata Ricardo; (1988); Groundwater pollution risk evaluation assessment: a methodology using available data. WHO-PAHO/HPE-CEPIS, technical manual; Lima, Peru.
- Fu, F. y Wang, Q. (2011). Removal of heavy metal ion from wastewaters: A review. *Journal of Environmental Management* 92: 407-418.
- Gallardo del Ángel, J. C., E. Velarde González y R. Arreola Alemón. (2004). Aves del Golfo de México y las áreas prioritarias para su conservación. En: Pp. 310-311. Caso Chávez, M., I. Pisanty y E. Ezcurra (comp.). *Diagnóstico ambiental del Golfo de México*, Volumen 1. México, D.F.

- Garbagnati, M. A., Gonzalez, P. S., Anton, R. I., & Mallea, M. A. (2005). Características físico-químicas, capacidad buffer y establecimiento de la línea base ambiental del Río Grande, San Luis, Argentina. *Ecología Austral*, 15, 59-71.
- Gómez-López, R., (2008), Aplicación del radar de penetración en tierra (georadar) a la exploración no destructiva de yacimientos arqueológicos, [en línea], [maxwell.ugr.es/ProyectoRaf/final2-babel-spanish.pdf](http://maxwell.ugr.es/ProyectoRaf/final2-babel-spanish.pdf), 124 pp.
- Gómez-Ortiz, D, Martín-Crespo, T. y Maganto-González, M. F., (2009), Aplicación conjunta de Georradar y Tomografía eléctrica para la evaluación del riesgo de colapso en la Sima de Madrona (Segovia), *Geogaceta*, Sociedad Geológica de España, V. 46, p. 35-38.
- Gómez Romero, S. E., Gutiérrez Bustos, D. C., Hernández Marín, A. M., Hernández Rodríguez, C. Z., Losada Casallas, M., & Mantilla Vargas, P. C. (Junio de 2012). Factores bióticos y abióticos que condicionan la biorremediación por *Pseudomonas* en suelos contaminados por hidrocarburos. *Publicación Científica en Ciencias Biomédicas*, 6(9), 76-84.
- González Sepúlveda, E., Loyola Sepúlveda, R., Neira Hinojosa, J., & Neira González, F. (2013). Contenido, distribución y de origen de Hidrocarburos en sedimentos de tres lagunas urbanas de Concepción-Chile. *Quim. Nova*, 36(5), 669-674.
- Gutiérrez-Estrada, M., & Solís Galaviz, A. (1983). Morfología y sedimentos recientes de las lagunas el Carmen, Pajonal y la Machona, Tabasco. México. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Contribución 328 del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM., 1, 249-270.
- Gustafson J, Griffith Tell J, Orem D (1997) Selection of Representative TPH Fractions Based on Fate and Transport Considerations. Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group Series, Vol. 3. Association of Environmental Health and Sciences. Amherst, MA, EEUU. ([www.aehs.com/publications/catalog/contents/tph.htm](http://www.aehs.com/publications/catalog/contents/tph.htm)). 102 pp.
- Gutiérrez, J. M., (2004), Análisis del subsuelo utilizando técnicas geofísicas. Sistema georadar RAMAC/GPR. TOPCART 2004: VII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía, Madrid, España, 17 pp.
- Harrison R.M. (1999) El medio ambiente. Introducción a la química ambiental y a la contaminación. Ed. ACRIBIA, S.A. 461 pp.
- He, J., Xu, H., Balasubramanian, R., Chan, C. Y., & Wang, C. (2014). Comparison of NO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> measurements using different passive samplers in tropical environment. *Aerosol and Air Quality Research*, 14(1), 355-363.
- Hellawell, J.M., 1989. *Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management*. Elsevier Applied Science, London, 546 p.
- Harris, E.D., 1991. Copper transport: an overview. *Proc. of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 192: 130-140.
- Hidalgo, M., Jiménez, D y Bello, J. (2012). Densidad de la ardilla arborícola (*Sciurus aureogaster*) en plantaciones de palma de coco (*Cocos nucifera*) del estado de



- Tabasco, México. En: Estudios sobre la Biología de Roedores Silvestres Mexicanos, Fernando Cervantes, Claudia Ballesteros (coord.). Instituto de Biología UNAM y Universidad Autónoma Metropolitana, México, D.F. pp.139-149.
- Hill, D. D., Owens, E. W., & Tcho, B. P. (2005). Comparative Assessment of the Physico-Chemical and Bacteriological Qualities of Selected Streams in Louisiana. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2(1), 94–100.
- Ho, Y. S. (2006). Review of second-order models for adsorption systems. *Journal of hazardous materials*, 136(3), 681–689.
- Hock Ong, G., Kong Yap, C., Mahmood, M., Guan Tan, S., & Hamzah, S. (2013). Barium Levels in Soils and Centella asiatica. *Tropical Life Sciences Research*, 24(1), 55–70.
- Howell, S. N. G. y S. Webb. 1995. A guide to the birds of Mexico and northern Central America. Oxford Univ. Press, London, UK.
- Hudson, G. y Wackernagel, H. (1994): "Mapping temperature using kriging with external drift: theory and an example from Scotland", *International Journal of Climatology*, 14, pp. 77-91.
- Huicab Pech, Z. G., Curiel Ramírez, S., Castañeda Chávez, M., Lango Reynoso, F., & Carrillo Alejandro, P. (2012). Variación estacional de Perkinsus marinus en el ostión americano Crassostrea virginica del sistema lagunar Carmen Machona-Pajonal en Tabasco, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15, S40-S50.
- Hutto, R. L., S. M. P. Letschet y P. Hendricks. (1986). A fixed-radius point count method for nonbreeding and breeding season use. *Auk*. 103: 593 - 602.
- INECC-CCA, (2010). manual de métodos de muestreo y preservación de muestras de las sustancias prioritarias para las matrices prioritarias del PRONAME. México. North American Commission for Environmental Cooperation (NACEC) 55p.
- INEGI. 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. [www.censo2010.org.mx/](http://www.censo2010.org.mx/).
- Israelsen E.W. y Hansen V. E.Orson W. 2003. Principios y aplicaciones de riego. 2a edición. Editorial Revertè
- IWA, 2000. "Constructed wetlands for pollution control: Processes, performance, design and operation". IWA publishing in scientific and technical report serie. London, England. 30 Pp.
- Jaffe, W. (1992). Selenio, un elemento esencial y tóxico. Datos de Latinoamérica. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 42(2), 90-93.
- Jiménez, J.A. (1994). Los Manglares del Pacifico Centroamericano. Universidad Nacional, Instituto Nacional de Biodiversidad. UNA. 336 pag.
- Jiménez Cisneros, B. E. (2001). La Contaminación Ambiental en México: Causas, efectos y tecnología apropiada. México: Limusa.
- Jol, H. M. (ed.), (2009), Ground penetrating radar theory and applications, Elsevier B. V., Amsterdam, Netherlands, 508 pp.
- Jol, H. M., and Smith, D. G., (1995), Ground penetrating radar surveys of peatlands for oilfield pipelines in Canada, *Journal of Applied Geophysics* (34), p. 109-123.



- Judd, W. S.; Cambell, C. S.; Kenllogg, E. A.; Stevens, P. F. (1999). *Plant Systematics. A Phylogenetic Approach*. (1a ed.). Massachusetts, USA. Sinauer Associates, Sunderland.p. 494.
- Kadlec R. H., 2009. "Comparison of free water and horizontal subsurface treatment wetlands. *Ecological Engineering* 36: 527-535
- Kalf, D. F., Crommentujin , R., & Van de Plassche , E. J. (1997). Environmental Quality Objectives for 10 Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs). *Ecotoxicology and Environmental Safety* , 36, 89–97.
- Kasparian, M. A., E C. Hellgreen, S. M. Ginger, L. P. Lavesque, J. E. Clark y D. L. Winkerman. (2004). Population characteristics of Virginia opossum in the cross timbers during raccoon reduction. *American Midland Naturalist* 151: 154-163.
- Kunz, T. (1982). Roosting Ecology. En Kunz, T. *Ecology of bats* (pp. 1-56). New York/ London: Plenum Press.
- Latha, K. M., & Badarinath, K. V. S. (2005). Seasonal variations of PM10 and PM2. 5 particles loading over tropical urban environment. *International journal of environmental health research*, 15(1), 63-68.
- Laughlin R.B., R.G. Gustafson y P. Pendoley, 1989. Acute toxicity of tributyltin (TBT) to early life history stages of the heard shell clam, *Mercenaria mercenaria*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 42: 352-358.
- Lee, J. C. (1996). *The Amphibians and Reptiles of the Yucatan Peninsula*. Cornell Univ. Press. Ithaca and London. 500 pp.
- Lever, R. J. A.W. (1969). *Pests of the coconut palm*. FAO, Roma, 190 p.
- Lide DR. *CRC handbook of chemistry and physics*. New York: CRC Press; 2005. pp. 4–51.
- Lima-Carzola L., Olivares-Rieumont, S.,Columbie, I., De la Rosa-Mederos, D., Gil-Castillo , R., 2005. Niveles de plomo, zinc, cadmio y cobre en el Rio Almendares, Ciudad Habana, Cuba. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 21(3):115-124.
- Llagas W. A. y Gómez E. G., 2006. "Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM". *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG* 15(17): 25 Pp.
- López R.E. (1982), *Geología de México*, Tomo II, 3ª Edición, p. 454.
- Lora Silva, R., & Bonilla Gutiérrez, H. (2010). Remediación de un Suelo de la Cuencia Alta del Riño Bogotá Contaminado con los Metales Pesados Cadmio y Plomo. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* , 13(2), 61-70.
- Lovley, D. (1997). Potential for anaerobic bioremediation of BTEX in petroleumcontaminated aquifers. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 18, 75–81.
- Lugo, A.E. y S.C. Snedaker. (1974). *The Ecology of Mangroves*. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5:39-64Müller-Dombois, D.; Ellenberg, H. 2002. *Aims and methods of vegetation ecology*. (2aed.). New York, USA. John Wiley and Sons.The Blackburn Press.p. 547.

- MacKinnon, B. (2013). Sal a pajarear Yucatán. Guía de Aves. La Vaca Independiente S.A. de C.V. México, D.F.
- Malczewski, J., (1999). GIS and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley & Sons, Inc. 363 p.
- Manahan S. E., (2007). Introducción a la Química Ambiental. Reverté ediciones, S.A. de C.V. México D.F. 725 p.
- Master G. M. y Ela W. P. (2008). Introduction to environmental engineering and science. Pearson. Prentice Hall. Upper Saddle River, NY. Tercera edición. 708 p.
- Mateu j. y Morrel I., 2003. Geoestadística y Modelos Matemáticos en Hidrogeología, Castello de la Plana: Publicaciones de la Univeristat Juame I. D. L, p.311.
- Means, J.C., S.G. Wood, J.J. Hassett, y W.L. Banwart, 1980. Sorption of polynuclear aromatic hydrocarbons by sediments and soils. Environmental Science and Technology, 14: 1524-1528.
- Medellín, R. A., M. Equihua y M. A. Amin. (2000). Bat diversity and abundance as indicators of disturbance in neotropical rainforests. Conservation Biology 14: 1666–1675.
- Medellín, R. A, H. T. Arita, y O. Sánchez-Herrera. (2008). Identificación de los murciélagos de México: clave de campo. Segunda Edición. México, D. F.: Instituto de Ecología, UNAM-CONABIO.
- Mallin, M. A. (2000). Impacts of Industrial Animal Production on Rivers and Estuaries. American Scientist, 88, 26-37.
- Miguel Alberto Magaña Alejandro. (2010). Vegetación y Flora del Municipio de Paraíso, Villahermosa, Tabasco. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Miller, S. M., Fugate, E. J., Craver, V. O., Smith, J. A., & Zimmerman, J. B. (2008). Toward Understanding the Efficacy and Mechanism of Opuntia spp. as a Natural Coagulant for Potential Application in Water Treatment. Environmental Science & Technology, 42(12), 4274–4279.
- Mishra, V.N., P. K. Rai, and K.Mohan, "Prediction of land use changes based on land change modeler (1 cm) using remote sensing: a case study of Muzaffarpur (Bihar), India," Journal of the Geographical Institute Jovan Cvijic, vol. 64, no. 1, pp. 111–127, 2014.
- Ministry of Environment. (01 de Septiembre de 2004). Water Quality, Ambient Water Quality Guidelines for Cobalt. Obtenido de Environmental Protection Division: [http://www.env.gov.bc.ca/wat/wq/BCguidelines/cobalt/cobalt\\_over.html](http://www.env.gov.bc.ca/wat/wq/BCguidelines/cobalt/cobalt_over.html)
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 p.
- Moreno-Casasola, P., Infante-Mata D., Espejel, I., Jiménez-Orocio, O., Martínez, M.L., Rodríguez-Revelo, N., y Monroy, R. (2014). Tabasco. En: Martínez, M.L., Moreno-Casasola, P., Espejel, I., Jiménez-Orocio, O., Infante-Mata D., Rodríguez-Revelo, N. Eds. Diagnóstico de las dunas costeras de México. CONAFOR. México D.F. 289-300. ISBN 978-607-8383-17-7.



- Nadal, L., A. Carmona y M. Trouyet. (2013). Tráfico ilegal de vida silvestre. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. 29pp.
- National Environment Agency. (21 de Junio de 2016). Watercourse, Allowable Limits For Trade Effluent Discharge To Sewer/ Watercourse/ Controlled. Obtenido de National Environment Agency: <http://www.nea.gov.sg/anti-pollution-radiation-protection/water-pollution-control/allowable-limits#>
- National Institute for Public Health and the Environment. (2012). Environmental risk limits for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), For direct aquatic, benthic, and terrestrial toxicity. Ministry of Health, Welfare and Sport, 1-339.
- National Institute for Public Health and the Environment. (2012). Environmental risk limits for vanadium in water. A proposal for water quality standards in accordance with the Water Framework Directive. Ministry of Health, Welfare and Sport, 1-75.
- National Research Council. (2000). Clean Coastal Waters. National Academy of Sciences. Washington, D.C. pp 14-19.
- NOM-011-CONAGUA-2000, Conservación del recurso agua. Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales.
- NOM-015-CONAGUA-2007, Infiltración artificial de agua a los acuíferos.- Características y especificaciones de las obras y del agua.
- Normal Oficial Mexicana, NOM-001-SEMARNAT-1996. (2003). Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Diario Oficial de la Federación, 1-33.
- Norma Oficial Mexican, NOM-004-SEMARNAT-2002. (2003). Protección ambiental. Lodos y biosólidos.-Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. Diario Oficial de la Federación, 1-25.
- Norma Oficial Mexicana. NOM-031-SSA-1993. (1995). Bienes y servicios. Productos de la pesca. Moluscos bivalvos frescos refrigerados. Especificaciones sanitarias. Diario Oficial de la Federación, 4-25.
- Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. (2010). Protección ambiental- Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. México, D.F.: Diario Oficial de la Federación.
- Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. (2000). Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Diario Oficial de la Federación, 1-9.
- Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. (2016). Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la



- caracterización y especificaciones para la remediación. Diario Oficial de la Federación, 1-13.
- Novotny V. y Olem H. (1994). Water quality prevention, identification and management of diffuse pollution. Van Nostrand Reinhold, New York. pp 783-786.
- Páez-Osuna, F., 1996. Fuentes de metales en la zona costera marina, p.297-308. In: A. V. Botello, J. L. Rojas, J. A. Benítez and D. Zarate (Eds). Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias. EPOMEX. Campeche. 666 p.
- Páez-Osuna, F., 2005. Efectos de los metales, p. 343-360. In: A. V. Botello, J. Rendón-von Osten, G. Gold-Bouchot y C. Agraz-Hernández (Eds.). Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias, 2da Edición. Univ. Autón. de Campeche, Univ. Autón. de Campeche, Univ. Nal. Autón. de México, Instituto Nacional de Ecología. 696 p.
- Pais I, Benton J, Jones . The handbook of trace elements. Boca Raton: St Lucie Press; 1998.
- Park, K. S., Sims, R. C., Dupont, R. R., Doucette, W. J., & Matthews, J. E. (1990). Fate of pach compounds in two soil types: Influence of volatilization, abiotic loss and biological activity. Environmental Chemistry, 9, 187-195.
- Park, S., & Lee, Y. (2002). A water quality modeling study of the Nakdong River, Korea. Ecological Modelling, 152, 65-75.
- Peláez, M. P., Casierra-Posada, F., & Torres R, G. A. (2014). Tóxicidad de Cadmio y Plomo en Pasto Tanner. Revista de Ciencias Agrícolas, 31(2), 3-13.
- PEMEX. (2013). Programa de Monitoreo y Vigilancia Ambiental del proyecto "ampliación y acondicionamiento de la macro pera pozo Palapa 201 para perforación direccional de los pozos palapa 304, 305, 306". realizado por ECODATUM SC, para PEMEX, a través de la Universidad Autónoma del Carmen.
- PEMEX. (2014). Cumplimiento De Las Condicionantes Ambientales Del Proyecto Protección Marina De Las Tuberías En El Arribo Playero Atasta Del Derecho De Vía Nohoch-Abkatun-Pol-Atasta; Resolutivos S.G.P.A./DGIRA/DG/1762/10 Y DG/7834/12. Realizado por ECODATUM SC, para PEMEX, a través de Ingenieros Civiles Asociados.
- PEMEX. (2016). Elaboración de Manifiesto de Impacto Ambiental (MIA) Modalidad Particular, con Analisis de Riesgo (ERA) del proyecto "Perforación direccional del pozo exploratorio Robusto 1" Realizado para el Activo de Exploración Cuencas del Sureste Terrestre de. Realizado por la Empresa ECODATUM SC.
- Peterson, R. T. y E. L. Chalif. (1998). Aves de México: guía de campo. Diana. México, D.F.
- Pérez-Castillo, A. G., & Rodríguez, A. (2008). Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. Revista de Biología Tropical, 56(04), 1905-1918.

- Pérez, L. A., M. Sousa, A. A. Hanan, F. Chiang y P. Tenorio. (2005). Vegetación terrestre. In Biodiversidad del estado de Tabasco, J. Bueno, E. Álvarez y S. Santiago (eds.). Instituto de Biología, UNAM-Conabio, México, D. F. p. 65-110.
- Phillips O, Reatagui-Ismodes A., López M. Wood S. Farfán A. J. (2002). Una metodología de evaluación de la biodiversidad y de los recursos del bosque "Manual de Campo. En: Evaluaciones botánicas y forestales y evaluación del impacto sobre los recursos del bosque y por los pobladores locales. Instituto de investigaciones de la Amazonia Peruana. P.22.
- Pillai, P. S., Babu, S. S., & Moorthy, K. K. (2002). A study of PM, PM10 and PM2.5 concentration at a tropical coastal station. *Atmospheric Research*, 61(2), 149-167.
- Pronatura. 2012. La migración de las aves. Kambul Boletín Informativo. Pp 1. ([http://www.pronatura-ppy.org.mx/inf\\_conservacion/47\\_BoletinKambulSep2012.pdf](http://www.pronatura-ppy.org.mx/inf_conservacion/47_BoletinKambulSep2012.pdf)) Consultado el 1 de septiembre de 2016.
- Ponce-Vélez, G. y A.V. Botello, 1991. Aspectos geoquímicos y de contaminación por metales pesados en la Laguna de Términos, Campeche. *Hidrobiológica* 1(2):1-10.
- Ramadan, A.A. (2010). Air Quality Assessment in Southern Kuwait Using Diffusive Passive Samplers. *Environ. Monit. Assess.* 160: 413-423.
- Ponce Vélez, G., y A. V. Botello, 2005. Niveles de hidrocarburos en el Golfo de México, p. 269-298. In: A. V. Botello, J. Rendón-von Osten, G. Gold-Bouchot y C. Agraz-Hernández (Eds.). *Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*, 2da Edición. Univ. Autón. de Campeche, Univ. Nal. Autón. de México, Instituto Nacional de Ecología. 696 p.
- Rafael Angulo-Jaramillo, Vincenzo Bagarello, Massimo Iovino. 2016. *Infiltration Measurements for Soil Hydraulic Characterization* Springer. 386 p.
- Rangel O. y Velázquez A. (1997). Métodos de estudio de la vegetación. En: *Colombia diversidad biótica*. Rangel O. Lowy, Lowy C. y Aguilar P.M. Instituto de ciencias naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Reid, F. (2008). *A field guide to the mammals of Central America and Southeast Mexico*. OUP, USA. 384p.
- R. G. Riley, J. M. Zachara, and F. J. Wobber, "Chemical contaminants on DOE lands and selection of contaminated mixtures for subsurface science research," US-DOE, Energy Resource Subsurface Science Program, Washington, DC, USA, 1992.
- Roldán Pérez, G., & Ramírez Restrepo, J. J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Colombia : Universidad de Antioquia.
- Romero Jarero, J., & Rodríguez Santiago, H. (1981). Niveles actuales de contaminación coliforme en el sistema lagunar El Carmen-Machona, Tabasco. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol*, 9(1), 121-126.
- Sadler, R., & Connell, D. (2033). Analytical methods for determination of total petroleum hydrocarbons in Soil. *Proceedings of the fifth national workshop on the assessment of site contamination*, 133-150.



- Salanitro JP, Dorn PB, Huesemann MH, Moore KO, Rhodes IA, Rice Jackson LA, Vipond TE, Western MM, Wisniewski HL (1997) Crude Oil Hydrocarbon Bioremediation and Soil Ecotoxicity Assessment. *Env. Sci. Technol.* 31: 1769-1776.
- Salinas-Melgoza, A. y K. Renton. 2005. Seasonal variation in activity patterns of juvenile Lilac-crowned Parrots in tropical dry forest. *Wilson Bulletin.* 117: 291 - 295.
- Sánchez, A. J., Salcedo, M. Á., Macossay-Cortez, A. A., Fera-Díaz, Y., Vázquez, L., Ovando, N., & Rosado, L. (2012). Calidad ambiental de la laguna urbana La Pólvara en la cuenca del río Grijalva. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 3(3), 143-152.
- Santos-Bermejo J.C., Beltran, R., Gómez- Ariza., 2003. Spatial variations of heavy metals contamination in sediments from Odiel river (Southwest Spain). *Environmental International*, 29(1): 67-77.
- SARH.(1987). Estudio Geohidrológico de la zona de Boca de Panteones, Tabasco.
- Schonoor J. L., (2013). *Environmental modelling: fate and transport of pollutants in water, air and soils*, John Wiley & Sons. NY, USA. 750 p.
- Schmidt, W., & Diet, F. (07 de Mayo de 1987). Determination of beryllium in soils by means of flameless atomic absorption with zirconium-coated graphite tubes. *Springer-Verlag*, 326, 40-42.
- SEMARNAT (2005) Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SS-2003, Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación, 29/03/2005. México, DF, México. 20 pp.
- Shi D., Wang, W., 2004. Understanding the differences in Cd and Zn Bioaccumulation and Subcellular storage among different populations of marine Clams. *Environmental Science and Technology*, 38: 449-456.
- Siebe, C., S. Cram, A. Herre, y N. Fernández-Buces, 2005. Distribución de metales pesados en los suelos de la llanura aluvial baja del Activo Cinco Presidentes, Tabasco, p. 431-450. In: A. V. Botello, J. Rendón-von Osten, G. Gold-Bouchot y C. Agraz-Hernández (Eds.). *Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*, 2da Edición. Univ. Autón. de Campeche, Univ. Nal. Autón. de México, Instituto Nacional de Ecología. 696 p.
- SSA (Secretaría de Salubridad y Asistencia), (2002). Modificación a la norma oficial mexicana NOM-127-SSA-1994. Salud Ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.
- Solís-Castillo B., M.A. Ortíz-Pérez y E. Solleiro-Rebolledo, (2014). Unidades geomorfológico-ambientales de las Tierras Bajas Mayas de Tabasco-Chiapas en el río Usumacinta: Un registro de los procesos aluviales y pedológicos durante el Cuaternario. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 66(2): 279-290.
- Surampalli R. Y., Ong S. K., Seagran E., Nuno J y Banerji S., (2004). Natural Attenuation of Hazardous Wastes. *American Society of Civil Engineers USA*. 247 p.



- Thorington, R., Koprowski, J., Steele, M y Whatton, J. 2012. *Squirrels of the World*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore. 406 p.
- Toledo Ocampo, A. (2005). Marco Conceptual: Caracterización Ambiental del Golfo de México. En A. V. Botello, J. Rendón von Osten, G. Gold-Bouchot , & C. Agraz-Hernández , *Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias* (págs. 25-52). Campeche: EPOMEX.
- Tormoehlen L.M., Tekulve K.J. y Nañagas K.A., 2015. Hydrocarbon toxicity: A review. *Clin Toxicol (Phila)* 52(5): 479-89.
- UNESCO, 1976. Guide to operational procedures for the IGOS pilot project on marine pollution (petroleum). *Monitoring Manual and guides* No. 7.
- UNESCO/WHO/UNEP. (1996). *Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring - Second Edition*. Londrés: Deborah Chapman.
- USEPA (US Environmental Protection Agency). Ground water and drinking water Consumer fact sheet on: Barium. Washington DC: US Environmental Protection Agency; 2009.<http://www.chemtrails911.com.sci-hub.cc/docs/%202007/EPA%20Ground%20Water%20&%20Drinking%20Water%20%20breadcrumb%20%20Consumer%20Factsheet%20on%20BARIUM.htm> (accessed on 5 April 2012).
- Váldez-Alarcón, M y G. Téllez-Girón. (2005). *Sciurus aureogaster* F. Cuvier, 1829. Ardilla gris. En: *Estudios sobre la Biología de Roedores Silvestres*. Hidalgo et al. *Mamíferos de México*, G. Ceballos y G. Oliva (coord.). Fondo de Cultura Económica y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F. p. 547-548.
- Vargas A. y Perea Y. A., 2011. Determinación de la concentración letal media CL50-48 de bario e hidróxido de sodio, mediante bioensayos de toxicidad en un ecosistema, sobre *Daphnia magna*. Tesis de Licenciatura, Universidad de La Salle, Facultad de Ingeniería, Bogotá D. C.
- Vazquez, G., Enciso, G., & Morales, J. (1999). Metal ions in water and sediments of the Pom-Atasta lagoon, Mexico. *Environment International*, 25(5), 1999.
- Vázquez P. R., (2007). Desarrollo del formato para la evaluación de programas de remediación de pasivos ambientales con consideración de estudios de riesgo ambiental para SEMARNAT. *Revista Sistemas Ambientales* 1(1):15-23.
- Vega-García M. P, Osorio-Hernández y Mar-Peralta L. (2012). "Aspectos de la estructura del manglar de Tumilco, Tuxpan, Ver." *Centro De Estudios Tecnológicos Del Mar* N° 20 "Lic. Manuel Maples Arce" Tuxpan Ver.
- Verbruggen, E. (2012). Environmental risk limits for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) For direct aquatic, benthic, and terrestrial toxicity. *National Institute for Public Health and the Environment*, 1-337.

- Verrhiest, G., B. Clément, y G. Blake, 2001. Single and combined effects of sediment-associated PAHs on three species of freshwater macroinvertebrates. *Ecotoxicology*, 10: 363-372.
- Villanueva, F.S., y A.V. Botello, 2005. Vigilancia y presencia de metales tóxicos en la laguna el Yucateco, Tabasco, México, p. 407-430. In: A. V. Botello, J. Rendón-von Osten, G. Gold-Bouchot y C. Agraz-Hernández (Eds.). *Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*, 2da Edición. Univ. Autón. de Campeche, Univ. Nal. Autón. de México, Instituto Nacional de Ecología. 696 p.
- Wainwright J. y Mulligan M., (2013). *Environmental Modelling: Finding simplicity in complexity*. Wiley-Blackwell. Segunda edición. 494 p.
- Wark K. y Warner C. F., 2004. *Contaminación del aire. Origen y control*. Ed. Limusa, 650 p.
- Wcisłowski, E. (1998). Soil Contamination with Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Poland - a Review. *Polish Journal of Environmental Studies*, 7(5), 267-272.
- Weelink, S. A., Van Eekert, M. H., & Stams, A. J. (2010). Degradation of BTEX by anaerobic bacteria: physiology and application. *Rev Environ Sci Biotechnol*, 9, 359-385.
- WEF, Water Environmental Federation.(2003) *Wastewater treatment plant design*. Ed. IWA Publishing. 119 p.
- Wilcke, W. (2000). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Soil- a Review. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 163, 229-24.
- Wong Chang, I., & Barrera Escorcia, G. (2005). Estado Actual de la Contaminación Microbiológica en el Golfo de México. En A. V. Botello, J. Rendón von Osten, G. Gold-Bouchot, & C. Agraz-Hernández, *Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias* (págs. 487-504). Campeche: EPOMEX. Universidad Autónoma de Campeche.
- WHO (World Health Organisation). 1990. *Environmental Health Criteria 107: Barium*. International Programme on Chemical Safety, Geneva: 121. <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc107.htm>
- WHO (World Health Organization). 2001. *Barium and barium compounds*. Concise International Chemistry. Asses. Doc. 33. Geneva, Switzerland: WHO.
- WHO (World Health Organization). 2004. *Inorganic Tin in Drinking-water*. WHO Guidelines for Drinking-water Quality, 1-14.
- Wuana, R. A., & Okieimen, F. E. (2011). *Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation*. ISRN Ecology, 2011, 1-20.
- Xian, X., & Shokohifard, G. (Mayo de 1980). Effect of pH on Chemical Forms and Plant Availability of Cadmium, Zinc, and Lead in Polluted Soils. *Water, air and Soil Pollution*, 45, 265-273.

- Xu M., Eckestein Y., (1995). Use of weighted least-squares method in evaluation of the relationship between dispersivity and field scale, *Ground Water*, 33, no. 6, 905-908 pp.
- Zamora, A., Ramos, J., & Arias, M. (2012). Efecto de la contaminación por Hidrocarburos sobre algunas propiedades químicas y microbiológicas de un suelo de sabana. *Bioagro*, 24(1), 5-12.