

---

# LÍNEA BASE AMBIENTAL ÁREA CONTRACTUAL CALICANTO

ESTA HOJA FUE DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE

## 2 RESUMEN EJECUTIVO DE LA LÍNEA BASE AMBIENTAL

El presente Estudio de línea Base Ambiental **LBA** que se realizó para el área contractual Calicanto, el cual se encuentra actualmente regulado por la resolución emitida en materia de Impacto y Riesgo Ambiental **S.G.P.A./DGIRA.-DG-2288.07** del 05 de octubre de 2007, del proyecto “**Desarrollo de actividades del Proyecto Ogarrio Magallanes**”, y la modificación **S.G.P.A./DGIRA/DG/0151/09** del 15 de enero de 2009, en los cuales se señalan los términos y condicionantes a los que se deberá sujetar todas y cada una de las actividades existentes y por desarrollarse en el periodo establecido por dicha resolución.

Que dicho Estudio de Línea Base Ambiental **LBA** tiene como objetivos principales en conocer las condiciones ambientales de las instalaciones e infraestructura (Pozos, Líneas de Descarga, Estaciones de Recolección, Gasoductos y otras instalaciones atribuibles al sector) que comprende el Área Contractual Calicanto, con base en las metodologías aplicables para la realización de un análisis a detalle del conjunto de instalaciones que comprende el Área Contractual y la caracterización del Sistema Ambiental que ahí se desarrollan.

Es importante señalar que la inspección dentro y fuera de las instalaciones, son determinantes en la identificación probable de daños preexistentes, es decir que aunado a esta actividad; también se cruzará información cartográfica de cada tema y corroborada en campo, como es la topografía, la cercanía con cuerpos de agua, cobertura vegetal, vida silvestre, asentamientos humanos u otras actividades de carácter antrópico. Siguiendo el orden de ideas señaladas, la inspección en la periferia de 50 metros si se llegase a identificar escorrentías, cárcavas, suelo erosionado, ausencia de vegetación, cuerpos de agua que pudieran indicar probables daños ambientales y preexistentes fuera de ese radio. Se hará una inspección más allá siempre que se justifique técnicamente a juicio de experto en cada uno de los factores ambientales.

### 3 INTRODUCCIÓN

En México, durante los procesos de extracción, refinación, transporte, almacenamiento y actividades propias de la industria petrolera, son derramados accidentalmente al ambiente desde décadas pasadas y en la actualidad. Esto representa una problemática que es necesario resolver, debido a que los suelos y cuerpos de agua están contaminados con hidrocarburos, muchos de ellos permanecen largos periodos de tiempo expuestos al ambiente, comúnmente denominados suelos intemperizados. Por lo que se estima que el 0.9% de los hidrocarburos en sus diferentes fases es derramado accidentalmente al mar, suelo, lagos y atmosfera durante dichos procesos (Guerrero, 2014); (Maya, 2005); (Velasco, 2004); (Flores, Et. al. 2004); (Volke, 2003); (García, 2003), (Montes de Oca, 2001).

Muchos de los sitios contaminados con hidrocarburos que resultaron de las fugas o descargas accidentales en el suelo, presas de quema a cielo abierto construidas con materiales permeables que permitieron la filtración de los hidrocarburos, combustóleo, gasóleo, gasolina, diesel y turbosina, así como la disposición de recortes de perforación, lodos aceitosos y aceites lubricantes gastados, que se han producido dentro y fuera de las instalaciones. En muchos casos, estos derrames han dañado el subsuelo y el agua subterránea y han permanecido en el tiempo sin saneamiento alguno o en casos aislados se han remediado unos cuantos, (Roldán e Iturbe 1998), (Ortínez, Et. al. 2003) y (Ferrara-Cerrato, Et. al. 2006).

La permanencia de los hidrocarburos en el suelo al aire libre, se transforman en **hidrocarburos intemperizados**, los cuales están definidos como aquel material que no presenta ningún grado de fluidez a temperatura ambiente (36 grados centígrados en promedio en las zonas de trabajo), sino que su estado físico corresponde a un sólido, por lo que todo material que no presente un determinado grado de fluidez a esta temperatura se considerará como intemperizado, (PEP, 2011).

Por otro lado, los derrames de hidrocarburos que permanece sin ser atendido pueden causar daños constantes y crecientes al suelo y a otros recursos naturales, durante el proceso de intemperización, a los cuales se les denomina **pasivo ambiental**, que para efectos del Reglamento de la Ley General de para la Prevención y Gestión de los Residuos, en el artículo 132, párrafo segundo y que a la letra dice: "...Se

## INTRODUCCIÓN

---

considera pasivo ambiental a aquellos sitios contaminados por la liberación de materiales o residuos peligrosos, que no fueron remediados oportunamente para impedir la dispersión de contaminantes, pero que implican una obligación de remediación...”. Asimismo, en el Artículo 5 fracción XL de la Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos, se define sitio contaminado, el cual se cita textualmente “... Lugar, espacio, suelo, cuerpo de agua, instalación o cualquier combinación de éstos que ha sido contaminado con materiales o residuos que, por sus cantidades y características, pueden representar un riesgo para la salud humana, a los organismos vivos y el aprovechamiento de los bienes o propiedades de las personas; ...”. Por otra parte, solo con fines conceptuales se consideró la **NOM-138-SEMARNAT/SS-2003**, en el apartado 4.17 define como **pasivo ambiental** “Sitio contaminado, que no ha sido remediado, en el que pueden, además, encontrarse depósitos o apilamientos de residuos sólidos, de manejo especial o peligrosos, los cuales deben de ser manejados conforme a la legislación vigente”, por otra parte; en el punto 4.21 define a los **suelos contaminados con hidrocarburos** como “Aquel en el cual se encuentran presentes hidrocarburos que por sus cantidades y características afecten la naturaleza del suelo...”. Cabe señalar, que en la versión actual de **NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012** no se citan dichos conceptos. Siguiendo esta secuencia teórica, se concluye que cuando se trate de un pasivo ambiental se debe realizar una recopilación de los antecedentes históricos sobre las actividades y sucesos que originaron la contaminación, ya que es determinante en la identificación y caracterización de los pasivos ambientales, para deslindar y atribuir al agente generador.

### 3.1 Impactos acumulativos

De acuerdo con el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en materia de Impacto Ambiental, se define en el artículo 3 Fracción VII Impacto Ambiental Acumulativo es “ El efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente” de acuerdo a este concepto en el área del proyecto existe una serie de actividades que ocurrieron en el pasado durante la perforación y operación de pozos, así como el transporte de hidrocarburos a través de la red de las líneas de conducción, los cuales se observan actualmente y que a través del tiempo se han generado impactos acumulativos o pasivos ambientales ya descritos con anterioridad. Este análisis, tiene

## INTRODUCCIÓN

---

congruencia con la descripción técnica del concepto de impacto acumulativo propuesto por V. Conesa, 2010 el cual lo define como aquel efecto que al prolongarse en el tiempo la acción del agente inductor, incrementa progresivamente su gravedad al carecer el medio de mecanismos de eliminación con efectividad temporal similar a la del incremento de la acción causante del impacto.

Siguiendo el criterio del autor, se interpreta que la permanencia de un impacto ambiental en el tiempo y espacio son determinantes sobre un componente ambiental, es decir, que depende de la capacidad de carga del sistema natural para amortiguar cualquier acción antrópica y en el caso extremo que no existan las condiciones ambientales que permitan su recuperación de manera natural.

Partiendo de estos conceptos técnicos – jurídicos se podrán identificar los impactos acumulativos o también denominados *pasivos ambientales* generados por el proyecto, tendrían que ser evaluados de manera indirecta en el diagnóstico ambiental, es decir a través; de la inspección en campo aplicando una metodología que permita identificar dichos pasivos ambientales dentro del Área Contractual Calicanto, para ello; es indispensable ajustarse al principio de legalidad y que a continuación se presenta una síntesis:

### 3.2 El principio de legalidad

En general, legalidad significa conformidad a la ley, es decir; para que un hecho se conserve dentro de lo legal tiene que realizarse con apego a la ley. Existen diversas leyes que regulan el entorno ambiental y la subsecuente actuación del hombre en el medio. Cada actividad está regulada por leyes que la rigen. Sin embargo, no siempre existen normas o leyes específicas para un proceder, de ahí que en el término más amplio, legalidad signifique *"que las decisiones se tomen siempre en apego a la legislación constitucional y la reglamentación vigente, así como al marco institucional en lo referente a las funciones y la coherencia con los programas vigentes"*<sup>1</sup>. Así entendido, el principio de legalidad es un corolario de la doctrina política que ve en la constitución la expresión de la soberanía, razón por la cual todas las actividades del proyecto se realizarán en apego a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

---

<sup>1</sup> La evaluación de impacto ambiental, logros y retos para el desarrollo sustentable 1995 – 2000. INE – SEMARNAP.

INTRODUCCIÓN

---

A continuación se presenta en la Tabla 3-1, el análisis normativo en la conceptualización de los pasivos ambientales, identificación, caracterización y atribuciones para la remediación por parte del generador.

INTRODUCCIÓN

**Tabla 3-1.-** Análisis Normativo y Técnico en la conceptualización de los daños ambientales y preexistentes, identificación, caracterización y atribuciones del generador.

Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos	Leyes	Reglamentos	Normas oficiales mexicanas	Normas de referencia	Otros
Artículos 4, 25, 27, 73 y 115	<p><b>Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.</b> Artículo 2o.- Para los efectos de esta Ley se estará a las siguientes definiciones, así como aquellas previstas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, las Leyes ambientales y los tratados internacionales de los que México sea Parte. Se entiende por:</p> <p>I. Actividades consideradas como altamente riesgosas: Las actividades que implican la generación o manejo de sustancias con características corrosivas, reactivas, radioactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas en términos de lo dispuesto por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente;</p> <p>III. Daño al ambiente: Pérdida, cambio, deterioro, menoscabo, afectación o modificación adversos y mensurables de los hábitat, de los ecosistemas, de los elementos y recursos naturales, de sus condiciones químicas, físicas o biológicas, de las relaciones de interacción que se dan entre estos, así como de los servicios ambientales que proporcionan. Para esta definición se estará a lo dispuesto por el artículo 6o. de esta Ley;</p> <p>IV. Daño indirecto: Es aquel daño que en una cadena causal no constituye un efecto inmediato del acto u omisión que es imputado a una persona en términos de esta Ley;</p>	<p><b>Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Artículo 132.-</b> Se considera pasivo ambiental a aquellos sitios contaminados por la liberación de materiales o residuos peligrosos, que no fueron remediados oportunamente para impedir la dispersión de contaminantes, pero que implican una obligación de remediación. En esta definición se incluye la contaminación generada por una emergencia que tenga efectos sobre el medio ambiente.</p> <p><b>Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.</b> Artículo 3o.- Para los efectos del presente</p>	<p><b>NOM-138-SEMARNAT/SS-2003</b> Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación. <b>Pasivo Ambiental:</b> Sitio contaminado, que no ha sido remediado, en el que pueden encontrarse depósitos o apilamientos de residuos sólidos, de manejo especial o peligrosos, los cuales deben de ser manejados conforme a la legislación vigente. <b>NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012</b> <b>4.2 Derrame</b> Descarga, liberación, rebose o vaciamiento de hidrocarburos en el suelo. <b>4.3 Hidrocarburos</b> Compuestos químicos orgánicos, constituidos principalmente por átomos de carbono e hidrógeno. <b>NOM-117-SEMARNAT-2006</b> Que establece las especificaciones de</p>	<p><b>NRF-261-PEMEX-2010</b> Manejo integral de recortes impregnados con fluidos de control base aceite, generados durante la perforación y mantenimiento de pozos petroleros. <b>Formación receptora:</b> Estrato o depósito permeable, con o sin fracturas naturales o inducidas del subsuelo, identificado como yacimiento de hidrocarburos agotado o improductivo. <b>Manejo integral de recortes:</b> Son las actividades de separación (fluido-recorte), recolección, transporte, reutilización, inyección, valorización, tratamiento, o disposición final de recortes, realizadas individualmente o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada instalación petrolera, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social. <b>Programa de manejo:</b> Descripción de la información básica de actividades y acciones para el manejo de los recortes de perforación que incluye entre otros: línea base de generación, tendencias de generación, políticas, melas de manejo, descripción y justificación de las tecnologías y prácticas a utilizar, instrumentos o mecanismos económicos y jurídicos.</p>	<p><b>Descripción de los Trabajos:</b> <b>Saneamiento y restauración de áreas contaminadas con hidrocarburo</b> <b>Licitación No. 18575008-536-11.</b> <b>Desoroión térmica:</b> Proceso que consiste en calentar de 90 a 540 °C el suelo contaminado con contaminantes orgánicos, con el fin de vaporizarlos y por consiguiente separarlos del suelo, se utiliza hidrocarburo está interperizado. <b>Hidrocarburo Interperizado (Petróleo Crudo):</b> Se define como aquel material que no presenta ningún grado de fluidez a</p>



INTRODUCCIÓN

Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos	Leyes	Reglamentos	Normas oficiales mexicanas	Normas de referencia	Otros
<p>V. Se entiende por cadena causal la secuencia de influencias de causa y efecto de un fenómeno que se representa por eslabones relacionados;</p> <p>VIII. Estado base: Condición en la que se habrían hallado los ecosistemas, los elementos y recursos naturales, las relaciones de interacción y los servicios ambientales, en el momento previo inmediato al daño y de no haber sido éste producido;</p> <p>Artículo 60.- No se considerará que existe daño al ambiente cuando los menoscabos, pérdidas, afectaciones, modificaciones o deterioros no sean adversos en virtud de:</p> <p>I. Haber sido expresamente manifestados por el responsable y explícitamente identificados, delimitados en su alcance, evaluados, mitigados y compensados mediante condicionantes, y autorizados por la Secretaría, previamente a la realización de la conducta que los origina, mediante la evaluación del impacto ambiental o su informe preventivo, la autorización de cambio de uso de suelo forestal o algún otro tipo de autorización análoga expedida por la Secretaría; o de que,</p> <p>II. No rebasen los límites previstos por las disposiciones que en su caso prevean las Leyes Ambientales o las Normas Oficiales Mexicanas.</p>	<p>reglamento se considerarán las definiciones contenidas en la ley y las siguientes:</p> <p>III.- <b>Daño ambiental:</b> Es el que ocurre sobre algún elemento ambiental a consecuencia de un impacto ambiental adverso;</p> <p>VII. <b>Impacto ambiental acumulativo:</b> El efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente;</p>	<p>protección ambiental durante la instalación, mantenimiento mayor y abandono, de sistemas de conducción de hidrocarburos y petroquímicos en estado líquido y gaseoso por ducto, que se realicen en derechos de vía existentes, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales.</p> <p><b>Derecho de vía:</b> Franja de terreno donde se aloja el sistema de conducción de hidrocarburos y petroquímicos, requerida para la construcción, operación, mantenimiento e inspección del mismo.</p> <p><b>NOM-143-SE/MARNAT-2003</b> Que establece las especificaciones ambientales para el manejo de agua congénita asociada a hidrocarburos</p> <p><b>Agua congénita:</b> Agua asociada al hidrocarburo en el yacimiento y que surge durante la extracción del mismo. Contiene sales y puede tener metales. Se considera un subproducto no aprovechable.</p> <p><b>Condensados:</b> Líquido</p>	<p><b>NRF-256-PEMEX-2010</b> Diseño, construcción y mantenimiento de localizaciones y sus caminos de acceso, para la perforación de pozos petroleros terrestres</p> <p><b>Contrapozo:</b> Estructura que se construye en el subsuelo para ubicar por medio de coordenadas geográficas, el sitio donde se debe hacer la perforación del pozo. Tiene como funciones principales facilitar el hincado del tubo conductor y alojar los preventores para el control del pozo durante la perforación.</p> <p><b>Fosa o presa de quema:</b> Bordo de tierra que se construye para contener desfogues del pozo durante los trabajos de perforación, terminación y mantenimiento.</p> <p><b>Localización, pera o macropera.</b> Área diseñada o acondicionada para la instalación del equipo y realización de las actividades de perforación o producción de uno, dos o más pozos petroleros según corresponda.</p> <p><b>Quemador.</b> Elemento utilizado para quemar gases y líquidos producto de la perforación de pozos petroleros.</p> <p><b>Contrapozo:</b> El contrapozo, debe ser de concreto armado con acero de refuerzo, de acuerdo a las características y especificaciones del proyecto aceptado por PEP o en su defecto a los planos alternativos que se muestran en el Anexo 6 de esta Norma de Referencia, donde se debe considerar en el fondo de este, un cárcamo para recolectar por succión los líquidos que se acumulen.</p> <p><b>Guardagagnado.</b> PEP en sus bases de</p>	<p>temperatura ambiente (36 grados centígrados en promedio en las zonas de trabajo), sino que su estado físico corresponde a un sólido, por lo que todo material que no presente un determinado grado de fluidez a esta temperatura se considerará como intemperizado.</p> <p><b>Hidrocarburos Naturales:</b> Compuestos orgánicos naturales, formados por carbono e hidrogeno, a los que pertenecen principalmente el petróleo, gas natural, asfaltos y ceras minerales, bien sea que ocurran en la superficie terrestre o en el subsuelo.</p>	

INTRODUCCIÓN

Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos	Leyes	Reglamentos	Normas oficiales mexicanas	Normas de referencia	Otros
	<p><b>Artículo 7o.-</b> A efecto de otorgar certidumbre e inducir a los agentes económicos a asumir los costos de los daños ocasionados al ambiente, la Secretaría deberá emitir paulatinamente normas oficiales mexicanas, que tengan por objeto establecer caso por caso y atendiendo la Ley de la materia, las cantidades mínimas de deterioro, pérdida, cambio, menoscabo, afectación, modificación y contaminación, necesarias para considerarlos como adversos y dañosos. Para ello, se garantizará que dichas cantidades sean significativas y se consideren, entre otros criterios, el de la capacidad de regeneración de los elementos naturales.</p> <p><b>Artículo 10.-</b> Toda persona física o moral que con su acción u omisión ocasione directa o indirectamente un daño al ambiente, será responsable y estará obligada a la reparación de los daños, o bien, cuando la reparación no sea posible a la compensación ambiental que proceda, en los términos de la presente Ley.</p> <p>De la misma forma estará obligada a realizar las acciones necesarias para evitar que se incremente el daño ocasionado al ambiente.</p> <p><b>Artículo 12.-</b> Será objetiva la responsabilidad ambiental, cuando los daños ocasionados al ambiente devengan directa o indirectamente de:</p> <p>I. Cualquier acción u omisión relacionada con materiales o residuos peligrosos; Artículo 24 y 25.</p>		<p>producido por la condensación del gas natural. Esta compuesto por proporciones variables de butano, propano, pentano y fracciones más pesadas, con poco o nada de metano y etano.</p> <p><b>Pozo para la inyección de agua congénita:</b> Obra de ingeniería construida especialmente para disponer agua congénita en formaciones receptoras o pozo petrolero agotado que cumpla con las especificaciones de la presente Norma.</p> <p><b>Sellar o taponar:</b> Trabajos necesarios para aislar las formaciones perforadas de tal manera que se eviten invasiones de agua congénita o hidrocarburos a acuíferos o a la superficie.</p> <p><b>NOM-027-SESH-2010</b> Administración de la integridad de ductos de recolección y transporte de hidrocarburos.</p> <p><b>Administración de integridad:</b> Proceso que incluye la inspección de los</p>	<p>licitación debe determinar si se construye, en caso afirmativo, este debe ser de estructura de acero tubular de acuerdo a las características y especificaciones del proyecto o en su defecto a los planos alternativos del Anexo 6 de esta Norma de Referencia.</p> <p><b>Puerta metálica o portón de acceso:</b> Se debe construir de acuerdo a las características del proyecto o en su defecto al plano tipo del Anexo 6 de esta Norma de Referencia.</p> <p><b>Cerca perimetral:</b> Se debe construir de acuerdo a las características del proyecto, puede ser de alambre, alambre de púas galvanizado, malla ciclónica, malla tipo gallinero, entre otras (ver una referencia en el plano alternativo del Anexo 6 de esta Norma de Referencia).</p> <p>Barandales en área de árbol de producción. Se debe construir de acuerdo a las características del proyecto o en su defecto al plano alternativo del Anexo 6 de esta Norma de Referencia.</p> <p><b>Agua congénita:</b> Agua asociada al hidrocarburo en el yacimiento y que surge durante la extracción del mismo. Contiene sales y puede tener metales. Se considera un subproducto no aprovechable.</p> <p><b>Color de acabado:</b> Es el color de la superficie expuesta a la vista humana.</p> <p><b>Color de seguridad:</b> Color de uso especial y restringido, cuya finalidad es indicar la presencia de peligro, proporcionar información,</p>	

INTRODUCCIÓN

Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos	Leyes	Reglamentos	Normas oficiales mexicanas	Normas de referencia	Otros
	<p><b>Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.</b> Art.5.- <b>Caracterización de sitios contaminados:</b> Es la determinación cualitativa y cuantitativa de los contaminantes químicos o biológicos presentes, provenientes de materiales o residuos peligrosos, para estimar la magnitud y tipo de riesgos que conlleva dicha contaminación. <b>Generación:</b> Acción de producir residuos a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo. <b>Generador:</b> Persona física o moral que produce residuos, a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo. <b>Proceso productivo:</b> Conjunto de actividades relacionadas con la extracción, beneficio, transformación, procesamiento y/o utilización de materiales para producir bienes y servicios. <b>Remediación:</b> Conjunto de medidas a las que se someten los sitios contaminados para eliminar o reducir los contaminantes hasta un nivel seguro para la salud y el ambiente o prevenir su dispersión en el ambiente sin modificarnos, de conformidad con lo que se establece en esta Ley. <b>Sitio Contaminado:</b> Lugar, espacio, suelo, cuerpo de agua, instalación o cualquier combinación de éstos que ha sido contaminado con materiales o residuos que, por sus cantidades y características, pueden representar un riesgo para la salud humana, a los organismos vivos y el aprovechamiento de los bienes o propiedades de las personas;</p>		<p>sistemas de transporte de hidrocarburos, evaluación de las indicaciones obtenidas de las inspecciones, caracterización de las indicaciones, evaluación de los resultados de la caracterización, clasificación por defecto y severidad y la determinación de la integridad del ducto mediante técnicas de análisis. <b>Derecho de vía (franja de afectación):</b> Es la franja de terreno donde se alojan los ductos, requerida para la construcción, operación, mantenimiento e inspección de los sistemas para el transporte y distribución de hidrocarburos. <b>Ducto de recolección:</b> Es el ducto que colecta aceite y/o gas y agua de los pozos productores para su envío a una batería o estación de separación. <b>NOM-115-SE/MARNAT-2003</b> Que establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y</p>	<p>o bien prohibir o indicar una acción a seguir. <b>Color contrastante:</b> Aquel que se utiliza para resaltar el color de seguridad. <b>Línea de conducción (Ducto):</b> Tubería por medio de la cual se transportan fluidos y sustancias entre centros de trabajo. <b>Rack de tuberías:</b> Conjunto de marcos equidistantes y conectados con puntales o trabes de liga, para apoyar por arriba del nivel de piso las tuberías, sistema de tuberías, charolas de cableado eléctrico y de control, plataformas, escaleras o en algunos casos equipos, entre otros bienes o muebles, los que pueden tener uno o más niveles. <b>RAL (Código de color RAL):</b> Sistema de medición del color organizado sistemáticamente en tono, luminosidad y cromaticidad o saturación, define un color mediante un código numérico, el primero de los cuales define el rango de color. <b>8.2</b> Identificación y color de acabado neumático. <b>8.2.8.</b> Equipo hidráulico. <b>8.2.9.</b> Equipo hidráulico. <b>8.2.11</b> Color e identificación de tuberías y líneas de conducción. <b>8.2.12.</b> Árbol de válvulas de pozos petroleros (Árbol de navidad). Los árboles de válvulas deben tener color de acabado conforme a lo establecido en la Tabla 6 y las Figuras 27 a la 32. <b>NRF-030-PEMEX-2009</b> Diseño, Construcción, Inspección y</p>	

INTRODUCCIÓN

Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos	Leyes	Reglamentos	Normas oficiales mexicanas	Normas de referencia	Otros
<p><b>Tratamiento:</b> Procedimientos físicos, químicos, biológicos o térmicos, mediante los cuales se cambian las características de los residuos y se reduce su volumen o peligrosidad.</p> <p><b>Artículo 31.-</b> Estarán sujetos a un plan de manejo los siguientes residuos peligrosos y los productos usados, caducos, retirados del comercio o que se desechen y que estén clasificados como tales en la norma oficial mexicana correspondiente.</p> <p><b>XI.</b> Todos de perforación base aceite, provenientes de la extracción de combustibles fósiles y lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales cuando sean considerados como peligrosos;</p> <p>La Secretaría determinará, conjuntamente con las partes interesadas, otros residuos peligrosos que serán sujetos a planes de manejo, cuyos listados específicos serán incorporados en la norma oficial mexicana que establece las bases para su clasificación.</p> <p><b>Artículo 58.-</b> Quienes resulten responsables de la contaminación de un sitio, así como de daños a la salud como consecuencia de ésta, estarán obligados a reparar el daño causado, conforme a las disposiciones legales correspondientes.</p> <p><b>Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente</b></p> <p><b>ARTÍCULO 15.-</b> Para la formulación y la conducción de la política ambiental y la expedición de normas</p>	<p>mantenimiento de pozos petroleros terrestres para exploración y producción en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de áreas naturales protegidas o terrenos forestales.</p>		<p><b>NOM-052-SEMARNAT-2005</b> Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.</p>	<p>Mantenimiento de Ductos Terrestres para Transporte y Recolección de Hidrocarburos <b>Cruces:</b> Obra especial en el ducto que atraviesa en su ruta con una serie de obstáculos artificiales y naturales como son: ríos, lagos, pantanos, montañas, poblados, carreteras, vías férreas, tuberías, canales, entre otros.</p> <p><b>Daño mecánico:</b> Es aquel producido por un agente externo, ya sea por impacto, rayadura o presión y puede estar dentro o fuera de norma.</p> <p><b>Derecho de vía:</b> Es la franja de terreno donde se alojan los ductos, requerida para la construcción, operación, mantenimiento e inspección de los sistemas para el transporte y distribución de hidrocarburos.</p> <p><b>Ducto:</b> Sistema de tubería con diferentes componentes tales como: válvulas, bridas, accesorios, espárragos, dispositivos de seguridad o alivio, entre otros, por medio del cual se transportan los hidrocarburos (Líquidos o Gases).</p> <p><b>Ducto enterrado:</b> Es aquel ducto terrestre que está alojado bajo la superficie del suelo.</p> <p><b>Ducto de recolección:</b> Es el ducto que colecta aceite y/o gas y agua de los pozos productores para su envío a una batería o estación de separación. <b>Ducto de transporte:</b> Es la tubería que conduce hidrocarburos en una fase o multifases, entre estaciones y/o plantas para su proceso, trasladado en el que no se presenta ningún proceso físico o químico de los fluidos. Se consideran ductos de transporte los que se encuentran dentro de estaciones de bombeo,</p>	

INTRODUCCIÓN

Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos	Leyes	Reglamentos	Normas oficiales mexicanas	Normas de referencia	Otros
	<p>oficiales mexicanas y demás instrumentos previstos en esta Ley, en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente, el Ejecutivo Federal observará los siguientes principios:</p> <p><b>ARTÍCULO 134.-</b> Para la prevención y control de la contaminación del suelo, se considerarán los siguientes criterios:</p> <p>V.- En los suelos contaminados por la presencia de materiales o residuos peligrosos, deberán llevarse a cabo las acciones necesarias para recuperar o restablecer sus condiciones, de tal manera que puedan ser utilizados en cualquier tipo de actividad prevista por el programa de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que resulte aplicable.</p> <p><b>ARTÍCULO 152 BIS.-</b> Cuando la generación, manejo o disposición final de materiales o residuos peligrosos, produzca contaminación del suelo, los responsables de dichas operaciones deberán llevar a cabo las acciones necesarias para recuperar y restablecer las condiciones del mismo, con el propósito de que éste pueda ser destinado a alguna de las actividades previstas en el programa de desarrollo urbano de ordenamiento ecológico que resulte aplicable, para el predio o zona respectiva.</p>			<p>compresión y almacenamiento.</p> <p><b>Mantenimiento correctivo:</b> Acción u operación que consiste en reparar los daños o fallas en los ductos para evitar riesgos en su integridad o para restablecer la operación del mismo.</p> <p><b>Mantenimiento preventivo:</b> Actividades llevadas a cabo a intervalos predeterminados o de acuerdo a criterios prescritos o como una recomendación emanada del resultado de una actividad predictiva, para reducir la probabilidad de falla o la degradación del funcionamiento por debajo de los límites aceptables de operación, seguridad y diseño de un ducto, componente o accesorio.</p> <p><b>8.3 Inspección:</b> La inspección de un ducto y su respectivo derecho de vía se deben realizar de acuerdo a lo establecido en la Tabla 12, donde se indican: Localización, equipo, personal y frecuencia de inspección para cada nivel de inspección.</p> <p>8.3.1 Inspección Nivel 1 8.3.2 Inspección Nivel 2 8.3.3 Inspección Nivel 3 8.3.4 Inspección Nivel 4</p>	

### INTRODUCCIÓN

Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos	Leyes	Reglamentos	Normas oficiales mexicanas	Normas de referencia	Otros
	<p><b>LEY DE HIDROCARBUROS</b>, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de agosto de 2014.</p> <p><b>Artículo 2.-</b> Esta Ley tiene por objeto regular las siguientes actividades en territorio nacional:</p> <p>I. El Reconocimiento y Exploración Superficial, y la Exploración y Extracción de Hidrocarburos;</p> <p>II. El Tratamiento, refinación, enajenación, comercialización, Transporte y Almacenamiento del Petróleo;</p> <p>III. El procesamiento, compresión, licuefacción, descompresión y regasificación, así como el Transporte, Almacenamiento, Distribución, comercialización y Expendio al Público de Gas Natural;</p> <p>IV. El Transporte, Almacenamiento, Distribución, comercialización y Expendio al Público de Petrolíferos, y</p> <p>V. El Transporte por ducto y el Almacenamiento que se encuentre vinculado a ductos, de Petroquímicos.</p> <p><b>Artículo 4.-</b> Para los efectos de esta Ley se entenderá, en singular o plural, por:</p> <p><b>III. Área Contractual:</b> La superficie y profundidad determinadas por la Secretaría de Energía, así como las formaciones geológicas contenidas en la proyección vertical en dicha superficie para dicha profundidad, en las que se realiza la Exploración y Extracción de Hidrocarburos a través de la celebración de Contratos para la Exploración y Extracción;</p>				

### INTRODUCCIÓN

Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos	Leyes	Reglamentos	Normas oficiales mexicanas	Normas de referencia	Otros
	<p><b>IV. Área de Asignación:</b> La superficie y profundidad determinadas por la Secretaría de Energía, así como las formaciones geológicas contenidas en la proyección vertical en dicha superficie para dicha profundidad, en las que se realiza la Exploración y Extracción de Hidrocarburos a través de una Asignación;</p> <p><b>LEY DE LA AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y DE PROTECCIÓN AL MEDIO AMBIENTE DEL SECTOR HIDROCARBUROS</b> publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de agosto de 2014</p> <p><b>Artículo 1o.-</b> ...</p> <p>La Agencia tiene por objeto la protección de las personas, el medio ambiente y las instalaciones del sector hidrocarburos a través de la regulación y supervisión de:</p> <p>I. La Seguridad Industrial y Seguridad Operativa;</p> <p>II. Las actividades de desmantelamiento y abandono de instalaciones, y</p> <p>III. El control integral de los residuos y emisiones contaminantes.</p> <p><b>Artículo 3o.-</b> Además de las definiciones contempladas en la Ley de Hidrocarburos y en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, para los efectos de esta Ley se entenderá ...</p> <p><b>VII. Instalación:</b> El conjunto de estructuras, plantas industriales, equipos, circuitos de tuberías de proceso y servicios auxiliares, así</p>				

INTRODUCCIÓN

Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos	Leyes	Reglamentos	Normas oficiales mexicanas	Normas de referencia	Otros
	<p>como sistemas instrumentados, dispuestos para un proceso productivo o comercial específicos, incluyendo, entre otros, pozos para la exploración y extracción de hidrocarburos, plataformas, plantas de almacenamiento, refinación y procesamiento de hidrocarburos en tierra y en mar, plantas de compresión y descompresión de hidrocarburos, sistemas de transporte y distribución en cualquier modalidad, así como estaciones de expendio al público, ...</p> <p><b>Artículo 60.-</b> La regulación que emita la Agencia será publicada en el Diario Oficial de la Federación y deberá comprender, entre otros aspectos, los siguientes:</p> <p>I. En materia de Seguridad Industrial y Seguridad Operativa:</p> <p>a) La adopción y observancia obligatoria de estándares técnicos nacionales e internacionales;</p> <p>b) La prevención y contención de derrames y fugas de hidrocarburos en las instalaciones y actividades del Sector, así como los procesos de remediación de las afectaciones que en su caso resulten, en coordinación con las unidades administrativas de la Secretaría;</p> <p>II. En materia de protección al medio ambiente:</p> <p>a) Las condiciones de protección ambiental de los suelos, flora y fauna silvestres a que se sujetarán las actividades de exploración, extracción, transporte, almacenamiento y distribución de hidrocarburos para evitar o</p>				



**INTRODUCCIÓN**

Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos	Leyes	Reglamentos	Normas oficiales mexicanas	Normas de referencia	Otros
	<p>minimizar las alteraciones ambientales que generen esas actividades;</p> <p>b) La caracterización y clasificación de los residuos generados en las actividades del Sector y los criterios generales para la elaboración de los planes de manejo correspondientes, en los que se definan sus etapas, estructura de manejo, jerarquía y responsabilidad compartida de las partes involucradas;</p> <p><b>Artículo 7o.-</b> Los actos administrativos a que se refiere la fracción XVIII del artículo 5o., serán los siguientes:</p> <p>IV. Autorización de las propuestas de remediación de sitios contaminados y la liberación de los mismos al término de la ejecución del programa de remediación correspondiente, en términos de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y de su Reglamento;</p> <p><b>Artículo 13.-</b> Los Sistemas de Administración deben considerar todo el ciclo de vida de las instalaciones, incluyendo su abandono y desmantelamiento, de conformidad con lo que prevean las reglas de carácter general correspondientes y considerar como mínimo lo siguiente:</p> <p>III. La identificación de riesgos, análisis, evaluación, medidas de prevención, monitoreo, mitigación y valuación de incidentes, accidentes, pérdidas esperadas en los distintos escenarios de riesgos, así como las consecuencias que los riesgos representan a la población, medio ambiente, a las</p>				

INTRODUCCIÓN

Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos	Leyes	Reglamentos	Normas oficiales mexicanas	Normas de referencia	Otros
	<p>instalaciones y edificaciones comprendidas dentro del perímetro de las instalaciones industriales y en las inmediaciones;</p> <p><b>Artículo 22.-</b> Cuando alguna obra o instalación represente un Riesgo Crítico en materia de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa o de protección al medio ambiente, la Agencia podrá ordenar cualquiera de las siguientes medidas de seguridad:</p> <p>I. Suspender trabajos relacionados con la construcción de obras e instalaciones;</p> <p>II. Clausurar temporal, total o parcialmente las obras, instalaciones o sistemas;</p> <p>III. Ordenar la suspensión temporal del suministro o del servicio;</p> <p>IV. Asegurar substancias, materiales, equipos, accesorios, ductos, instalaciones, sistemas o vehículos de cualquier especie, y</p> <p>V. Inutilizar substancias, materiales, equipos o accesorios.</p> <p>Al ejercer cualquiera de las medidas de seguridad previstas en el presente artículo, la Agencia deberá, de inmediato, dar aviso a la autoridad que hubiera emitido los permisos o autorizaciones respectivas, para los efectos conducentes.</p>				

### 3.3 Antecedentes

El presente Estudio de línea Base Ambiental **LBA** que se realizó para el área contractual Calicanto, el cual se encuentra actualmente regulado por la resolución emitida en materia de Impacto y Riesgo Ambiental **S.G.P.A./DGIRA.-DG-2288.07** del 05 de octubre de 2007, del proyecto “**Desarrollo de actividades del Proyecto Ogarrio Magallanes**”, y la modificación **S.G.P.A./DGIRA/DG/0151/09** del 15 de enero de 2009, en los cuales se señalan los términos y condicionantes a los que se deberá sujetar todas y cada una de las actividades existentes y por desarrollarse en el periodo establecido por dicha resolución.

Con base en la información presentada en la resolución antes citada y a la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad Regional, se procedió a ubicar el área contractual Calicanto, teniendo como marco de referencia la poligonal general del **Proyecto Ogarrio Magallanes** y la cadena de valor del conjunto de obras como se muestra en la Figura 3-1.



Figura 3-1.- Cadena de valor del sector hidrocarburos.

INTRODUCCIÓN

El seguimiento de la cadena de valor del sector hidrocarburos es determinante para poder observar el cumplimiento de términos y condicionantes, es a través de los Programas de monitoreo y vigilancia ambiental donde se registran cada una de las actividades requeridas por las obras tipo, donde se destaca la selección del sitio para su ubicación, aplicación de programas de rescate de flora y fauna, sensibilidad ambiental, manejo de residuos sólidos y líquidos, restauración de suelos contaminados con hidrocarburos. Todos ellos verificados por la autoridad competente.

### 3.3.1 Ubicación del Proyecto Ogarrio Magallanes

El proyecto Ogarrio Magallanes, está ubicado en los estados de Tabasco y Veracruz, colindando con la costa del Golfo de México, en lo que corresponde a la Llanura Costera del Golfo Sur. Dicho proyecto comprende los parcialmente los municipios de Huimanguillo y Cárdenas en el estado de Tabasco y los municipios de Las Choapas, Agua Dulce, Coatzacoalcos, Ixhuatlán y Moloacán en el estado de Veracruz. La superficie del proyecto es de aproximadamente 645,593.31 Ha En la siguiente Tabla 3-2 y Figura 3-2 se presentan la imagen y las coordenadas del polígono del proyecto, así como del área contractual Calicanto.

Tabla 3-2.- Coordenadas de la poligonal del Proyecto Ogarrio Magallanes.

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	351,124	2,008,405	18	440,902	2,023,506
2	376,695	2,013,270	19	441,219	2,019,269
3	385,619	2,015,814	20	440,699	2,015,054
4	438,436	2,033,544	21	442,246	2,010,814
5	439,581	2,033,561	22	441,867	2,006,699
6	439,801	2,033,544	23	441,980	2,001,298
7	439,012	2,030,320	24	441,661	1,995,775
8	438,988	2,030,242	25	441,728	1,991,845
9	439,003	2,030,151	26	442,555	1,989,997
10	439,064	2,030,034	27	443,260	1,987,479
11	439,078	2,029,925	28	444,432	1,984,777
12	439,079	2,029,804	29	445,667	1,982,075
13	439,058	2,029,677	30	447,306	1,979,153
14	438,994	2,029,573	31	449,636	1,976,882
15	438,945	2,029,507	32	451,671	1,975,298
16	438,920	2,029,408	33	453,967	1,973,344
17	441,274	2,028,154	34	456,506	1,971,319

INTRODUCCIÓN

Continuación Tabla 3-2

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
35	455,090	1,968,482	64	376,251	1,953,756
36	453,585	1,965,494	65	375,307	1,959,416
37	452,308	1,962,554	66	375,307	1,963,818
38	450,885	1,960,098	67	375,621	1,967,277
39	449,156	1,958,698	68	372,161	1,968,534
40	447,788	1,957,686	69	368,386	1,969,792
41	447,428	1,956,207	70	363,668	1,970,735
42	448,966	1,955,415	71	356,747	1,970,421
43	449,959	1,954,630	72	352,343	1,971,364
44	450,025	1,952,715	73	347,939	1,973,251
45	448,376	1,951,516	74	346,367	1,974,194
46	447,051	1,949,909	75	344,794	1,975,766
47	446,418	1,947,862	76	344,479	1,988,941
48	444,709	1,946,974	77	345,737	1,987,400
49	443,442	1,945,994	78	348,254	1,991,173
50	443,072	1,944,679	79	349,198	1,993,059
51	443,062	1,943,855	80	351,085	1,994,317
52	443,401	1,942,482	81	350,141	1,998,090
53	443,689	1,941,033	82	348,883	2,001,234
54	442,760	1,939,674	83	347,625	2,004,379
55	441,654	1,938,925	84	347,511	2,005,177
56	440,325	1,940,170	85	348,016	2,005,091
57	440,185	1,943,290	86	349,946	2,004,948
58	438,081	1,943,353	87	350,289	2,004,923
59	435,576	1,944,815	88	350,619	2,005,854
60	433,623	1,947,893	89	351,021	2,006,945
61	422,556	1,950,756	90	350,730	2,008,409
62	394,617	1,946,071	91	351,124	2,008,404
63	378,138	1,946,839			

INTRODUCCIÓN

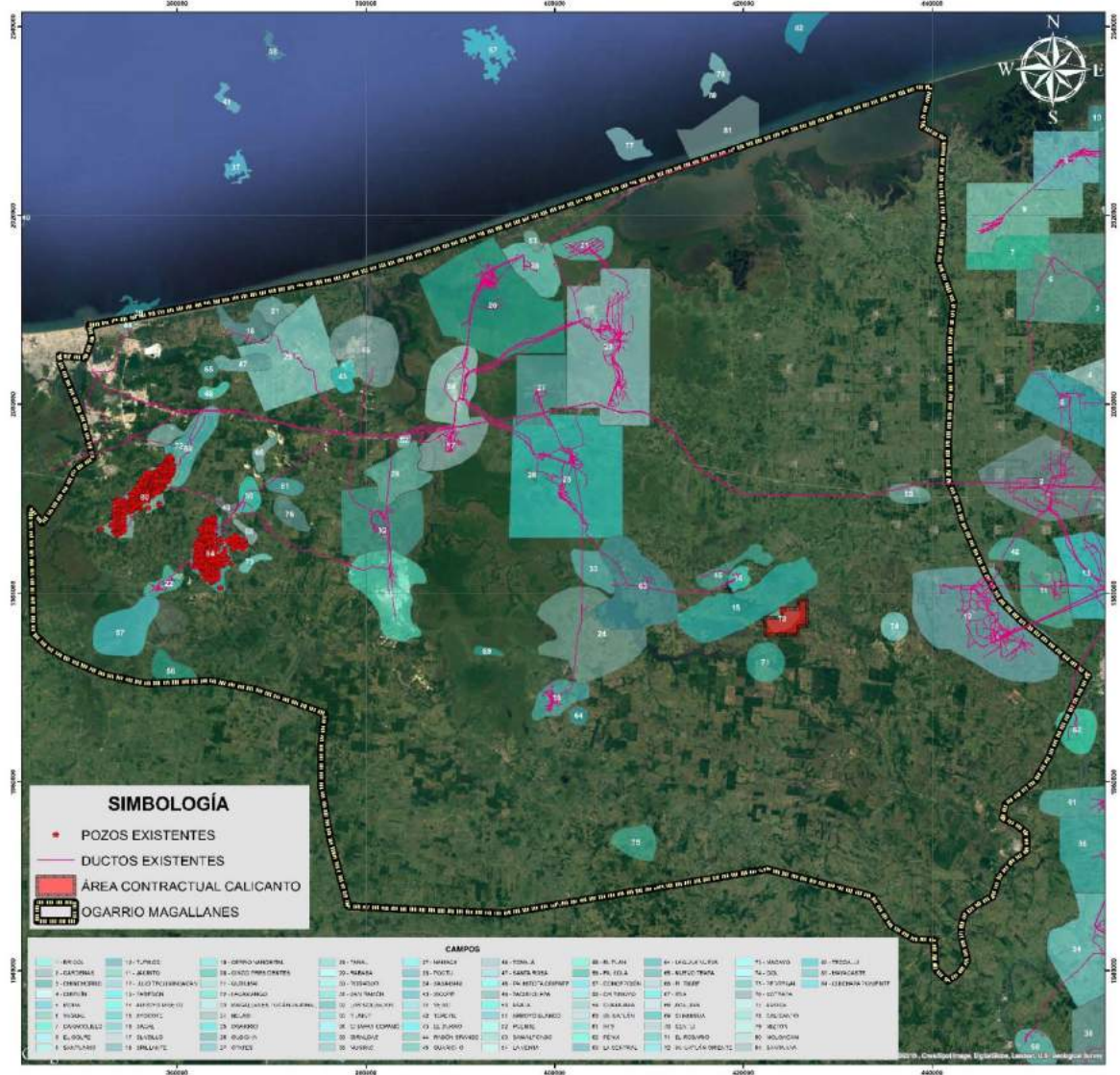


Figura 3-2.- Imagen que muestra el polígono del proyecto Ogarrio Magallanes y el Área Contractual Calicanto.

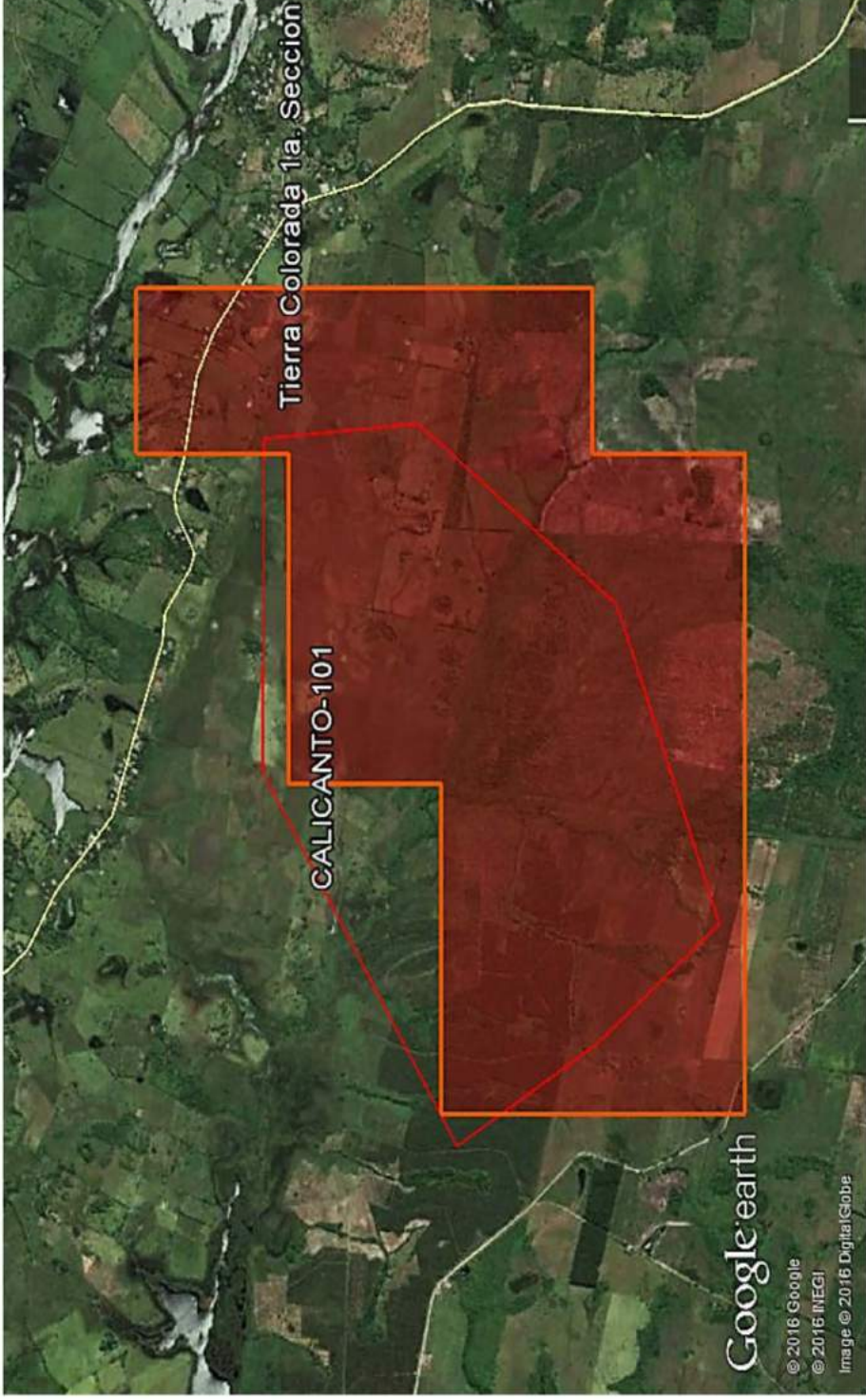
### 3.3.2 Ubicación del Área Contractual Calicanto

El Área Contractual Calicanto (Figura 3-3), la cual pertenece a la Región Sur, Activo Cinco Presidentes y ubicado en el municipio de Huimanguillo y a 97 km de la Ciudad de Villahermosa, Tabasco. Dicha área contractual, tiene una superficie aproximada de 11 km<sup>2</sup> (Tabla 3-3); el campo cuenta con un volumen original en el sitio de 600 mil barriles de aceite y 2 mil millones de pies cúbicos de gas; al 1 de enero de 2015, contaba con una producción acumulada de 100 millones de pies cúbicos de gas. Estos hidrocarburos se encuentran almacenados en calizas del Mioceno.

**Tabla 3-3.-** Coordenadas de la poligonal del Área Contractual Calicanto.

Área Contractual Calicanto				
Vértice	Coordenadas Geográficas		Distancias de cada Lado	
	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)	Lado	Distancia (km)
1	93° 44' 00"	17° 52' 00"	L1 - L2	1.85
2	93° 44' 00"	17° 53' 00"	L2 - L3	1.77
3	93° 43' 00"	17° 53' 00"	L3 - L4	0.92
4	93° 43' 00"	17° 53' 30"	L4 - L5	1.76
5	93° 42' 00"	17° 53' 30"	L5 - L6	0.92
6	93° 42' 00"	17° 54' 00"	L6 - L7	0.88
7	93° 41' 30"	17° 54' 00"	L7 - L8	2.76
8	93° 41' 30"	17° 52' 30"	L8 - L9	0.88
9	93° 42' 00"	17° 52' 30"	L9 - L10	0.92
10	93° 42' 00"	17° 52' 00"	L10 - L1	3.53

INTRODUCCIÓN



**Figura 3-3.-** Imagen que muestra el Área Contractual Calicanto y sus instalaciones petroleras.



INTRODUCCIÓN

---

**4. ALCANCE**

Elaboración de un Estudio de Línea Base Ambiental (ELBA) en las instalaciones del Área Contractual Calicanto que operará la empresa **Calicanto Oil & Gas S.A.P.I de C.V.**, localizado en el Estado de Tabasco y con la finalidad de ser aprobado favorablemente por la ASEA.

**5. OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar la Línea Base Ambiental (LBA) en el Área Contractual Calicanto, que operará la empresa **Calicanto Oil and Gas S.A.P.I de C.V.**

**5.1 Objetivos Específicos**

- Conocer las condiciones ambientales de las instalaciones e infraestructura que comprende el Área Contractual Calicanto.
- Identificar y evaluar los daños ambientales dentro del Área Contractual Calicanto.
- Identificar y evaluar los daños preexistentes dentro del Área Contractual Calicanto.

INTRODUCCIÓN

**6. PERSONAL Y EQUIPO**

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

ÁREA	NOMBRE DE PERSONAL	PUESTO	MATERIALES Y EQUIPO DE CAMPO	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	EQUIPO VEHICULAR
GABINETE	[Redacted]	[Redacted]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equipo de cómputo</li> <li>Equipo celular</li> <li>Impresora</li> <li>Plotter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uniforme correspondiente</li> <li>Zapato de seguridad</li> </ul>	N/A
	[Redacted]	[Redacted]			
	[Redacted]	[Redacted]			
	[Redacted]	[Redacted]			
	[Redacted]	[Redacted]			
	[Redacted]	[Redacted]			
CAMPO (SUPERVISIÓN DE INSTALACIONES)	[Redacted]	[Redacted]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Libreta de Campo</li> <li>Formatos Check list</li> <li>Teléfono Celular</li> <li>GPS</li> <li>Explosímetro</li> <li>Cámara</li> <li>Equipo Lap Top</li> <li>Botiquín</li> <li>Extintor</li> </ul>	Uniforme correspondiente, Botas de seguridad, Casco, Viboreras, Lentes de seguridad, Guantes nafuda, Protección Auditiva, Overol retardante de flama	CC-232 (FORD RANGER L4 XL PICK UP CREW CAB C/A AC STD, MOD. 2012, PLACAS WN38569),  CPA-317 (RAM CHRYSLER MODELO 2012, CABINA SENGILLA, PICK, MOD. 2012, PLACAS WN38399)
	[Redacted]	[Redacted]			
	[Redacted]	[Redacted]			
CAMPO (CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL)	[Redacted]	[Redacted]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Libreta de Campo</li> <li>GPS</li> <li>Teléfono Celular</li> <li>Equipo Lap Top</li> <li>Cámara</li> <li>Trampas para fauna</li> <li>cebo para la trampas</li> <li>Lámparas</li> <li>Redes ornitológicas</li> <li>Tubos de acero</li> <li>Guías</li> <li>Equipo de muestreo de suelo</li> <li>Pala y Pico</li> <li>Bolsas negras</li> <li>Botiquín</li> <li>Extintor</li> </ul>	Uniforme correspondiente, Botas de seguridad, Casco, Viboreras, Lentes de seguridad, Guantes de carmaza, Protección Auditiva	AS-200 (FORD RANGER L4 XL PICK UP CREW CAB C/A AC STD, MOD. 2012, WN38456)
	[Redacted]	[Redacted]			
	[Redacted]	[Redacted]			

INTRODUCCIÓN

ÁREA	NOMBRE DE PERSONAL	PUESTO	MATERIALES Y EQUIPO DE CAMPO	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	EQUIPO VEHICULAR	
CARACTERIZACIÓN DE SUELOS	[REDACTED]	[REDACTED]	Cámara Fotográfica, Botiquín, Extintor, GPS manual, PetroFLAG.		No. 5 (RAM CHRYSLER MODELO 2010, CABINA SENCILLA, PICK UP 8 CILINDROS, MOD. 2010, PLACAS WN38267)	
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		No. 24 (PF FORD RANGER L4 XL PICK-UP CREW CAB STD, MOD. 2012, PLACAS WN38444)	
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		No. 35 (CAMIONETA PICK UP CHRYSLER RAM 1500 4X4 REGULAR CAB ST V6 8AT MOD. 2015, PLACAS WN38251)	
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	<ul style="list-style-type: none"> <li>SYSCAL PRO Switch 24, resistivímetro.</li> <li>Equipo CMD (Medidor de conductividad electromagnético) con frecuencia de 9.8 KHz, con computadora Paltop marca Archer2, EM31-MK2.</li> </ul>	Uniforme correspondiente, Botas de seguridad, Casco, Viboras, Lentes de seguridad, Guantes de carmaza, Guantes de Neopreno, Protección Auditiva, Overol retardante de flama.	No. 37 (NISSAN NP300 DOBLE CABINA, MODELO 2015, PLACAS WN38335)
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	Georadar Quantum Imager Frecuenc Stepped Pulse System Radar Inc.		
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	Antenas GPS South Topográficas, Rover y colectora Unistrong Mobile GISer.		
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	<ul style="list-style-type: none"> <li>MiniRAE 3000 (lector de COV's)</li> <li>Pocera motoconformadora MPK550</li> <li>Hand Augher (Muestreador manual)</li> <li>Pocera Herramienta Manual.</li> <li>Machete.</li> <li>Perforadora Power Probe 9780D montada en camión FORD-550</li> </ul>		
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		
	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]		

INTRODUCCIÓN

ÁREA	NOMBRE DE PERSONAL	PUESTO	MATERIALES Y EQUIPO DE CAMPO	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	EQUIPO VEHICULAR
Monitoreo de la calidad del aire	[REDACTED]	[REDACTED]	Planta de luz, Regulador de Voltaje, Ups, Muestreador de partículas de alto volumen, Analizadores de bióxido de azufre (SO2), nitrógeno (NOx), Carbono (CO), Generador de aire cero, Estación meteorológica modulo calibrador de gases, unidad de adquisición de datos, Lap-top, Tanque de gas de calibración, Manómetro para tanques de gas, Manifold de vidrio, cabezal para muestreo de Pm10, Extensiones, Lona, Calibrador portátil de gases, Kit de calibración	Uniforme correspondiente, Botas de seguridad, Casco, Viboreras, Lentes de seguridad, Guantes de carnaza	No. 138 (VAN ECONLINE MODELO 2006, 8 CILINDROS, PLACAS EZ86203)
	[REDACTED]	[REDACTED]			No. 380 (RAM CHRYSLER MODELO 2011, CABINA SENCILLA, PICK UP 8 CILINDROS, PLACAS 920YUV)
Muestreo de agua	[REDACTED]	[REDACTED]	GPS, Cámara Fotográfica, Hielera, Frascos 500 ml, Hielo, Potenciómetro,	Uniforme correspondiente, Guantes de látex,	No. 652 (TOYOTA HILUX MODELO 2011, DOBLE CABINA, 4 CILINDROS, PLACAS 652XSJ)
	[REDACTED]	[REDACTED]			No. 652 (TOYOTA HILUX MODELO 2011, DOBLE CABINA, 4 CILINDROS, PLACAS 652XSJ)

## **7. METODOLOGÍAS**

A continuación se listan las metodologías aplicadas al estudio de línea base ambiental Área Contractual Calicanto, cabe señalar que solo será de manera enunciativa y en cada apartado se describirá a detalles, con la finalidad de no repetir la información.

### **7.1 Lista de verificación**

A continuación se presenta una serie de puntos que se consideraron en el desarrollo de la línea base ambiental.

- 1.- Cadena de valor del sector hidrocarburos.
- 2.- Listado de obras que comprenden las instalaciones del área contractual.
- 3.- Diagrama de flujo de proceso de las instalaciones del área contractual.
- 4.- La consideración de la nomenclatura de pozos si es que existen elementos para su aplicación.
- 5.- Agrupar los pozos perforados en periodos de 10 años.
- 6.- Agrupar los pozos perforados por año en cada periodo de 10 años.
- 7.- Clasificar y agrupar los pozos en función de su estado actual.
- 8.- Cotejar el listado de pozos publicados por la Comisión Nacional de Hidrocarburos con respecto de las instalaciones que se supervisarán en campo.
- 9.- Realizar un análisis progresivo y acumulado de perforación de pozos por año (impactos acumulados).
- 10.- Agrupar las estaciones de recolección e infraestructura adyacente, conforme a su uso y estado actual.
- 11.- Agrupar las líneas de conducción en función el transporte de gas, condensado y agua, así como su estado actual. (Líneas de descarga, gasoductos, oleoductos, acueductos, etc.).
- 12.- Identificar las actividades principales de las obras tipo en función de sus fases de desarrollo, tomando especial atención en la construcción, operación, mantenimiento y abandono.
- 13.- Plan de atención a fugas y derrames en las instalaciones.

INTRODUCCIÓN

---

- 14.- Identificar otras actividades del sector primario e industrial dentro del área contractual (actividades mineras, agrícolas, pecuarias, forestales, entre otras. La información al respecto se obtendrá de las estadísticas de actividades primarias de la Localidad Huimanguillo, Estado de Tabasco, que presenta INEGI 2015.

## 7.2 Inspección de Instalaciones

La inspección de las instalaciones se realizó en los cuadros de maniobras de pozos (peras y macroperas), líneas de descarga, estaciones de recolección o baterías de separación, infraestructura de producción diversa y líneas de conducción. Estas serán revisadas dentro y fuera en una periferia de 50 metros para cada una de las instalaciones que comprende el Área Contractual Calicanto, como se muestra el **ejemplo** de la Figura 7-1.x

Es importante señalar que la inspección dentro y fuera de las instalaciones, son determinantes en la identificación probable de daños preexistentes, es decir que aunado a esta actividad; también se cruzará información cartográfica de cada tema y corroborada en campo, como es la topografía, la cercanía con cuerpos de agua, cobertura vegetal, vida silvestre, asentamientos humanos u otras actividades de carácter antrópico. Siguiendo el orden de ideas señaladas, la inspección en el la periferia de 50 metros si se llegase a identificar escorrentías, cárcavas, suelo erosionado, ausencia de vegetación, cuerpos de agua que pudieran indicar probables daños ambientales y preexistentes fuera de ese radio. Se hará una inspección más allá siempre que se justifique técnicamente a juicio de experto en cada uno de los factores ambientales.

INTRODUCCIÓN



Figura 7-1.- Inspección del pozo Calicanto 101.

### 7.3 Delimitación del área de estudio o sistema ambiental regional.

La delimitación del sistema ambiental regional se basó en el criterio de manejo integral de cuenca, del polígono del proyecto “Desarrollo de actividades del Proyecto Ogarrio Magallanes”, el cual toma en cuenta en su análisis el criterio de cuenca hidrológica y el Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del estado de Tabasco.

#### 7.3.1 Cuenca hidrológica

Que los criterios antes señalados están basados en el Criterio de Cuenca Hidrológica establecido en la Ley de Aguas Nacionales en su artículo 3° fracción XVI la cual define a “Cuenca Hidrológica”: *Es la unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por un parte aguas o divisoria de las aguas -aquella línea poligonal formada por los puntos de mayor elevación en dicha unidad-, en donde*

## INTRODUCCIÓN

---

ocurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aún sin que desemboquen en el mar. En dicho espacio delimitado por una diversidad topográfica, coexisten los recursos agua, suelo, flora, fauna, otros recursos naturales relacionados con éstos y el medio ambiente. La cuenca hidrológica conjuntamente con los acuíferos, constituye la unidad de gestión de los recursos hídricos. La cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas y estas últimas están integradas por microcuencas. En el inciso a) se describe el concepto de Región hidrológica como: "Región hidrológica": Área territorial conformada en función de sus características morfológicas, orográficas e hidrológicas, en la cual se considera a la cuenca hidrológica como la unidad básica para la gestión de los recursos hídricos, cuya finalidad es el agrupamiento y sistematización de la información, análisis, diagnósticos, programas y acciones en relación con la ocurrencia del agua en cantidad y calidad, así como su explotación, uso o aprovechamiento. Normalmente una región hidrológica está integrada por una o varias cuencas hidrológicas. Por tanto, los límites de la región hidrológica son en general distintos en relación con la división política por Estados, Distrito Federal y Municipios. Una o varias regiones hidrológicas integran una región hidrológico – administrativa. .."

### 7.3.2 Área contractual

La definición de área contractual está señalada en el artículo 4, fracción III de la Ley de Hidrocarburos, establece que "... Área Contractual: La superficie y profundidad determinadas por la Secretaría de Energía, así como las formaciones geológicas contenidas en la proyección vertical en dicha superficie para dicha profundidad, en las que se realiza la Exploración y Extracción de Hidrocarburos a través de la celebración de Contratos para la Exploración y Extracción; ...",

### 7.4 Metodología de sobre-posición de planos

Se utilizó un sistema de información geográfica (SIG) ArcInfo versión 10.4, el cual es una herramienta utilizada para analizar y manejar datos digitales espacialmente referidos y obtener resultados confiables



para la toma de decisiones, a través del análisis e interpretación de datos biofísicos, socio-económicos, estadísticos, espaciales y temporales necesarios para generar de una forma flexible.

## 7.5 Contexto regional

Se eligió el criterio para la delimitación del Sistema Ambiental o contexto regional, donde está insertado el Área Contractual Calicanto como proyecto y las actividades humanas existentes, considerando las características generales de los componentes ambientales que ahí se desarrollan. Entre dichos juicios destaca, el Criterio de Cuenca, ya mencionada su definición en el punto 7.3.1 de este apartado. Por otro lado dicho concepto, se asoció con el criterio de manejo integral de cuencas como uno de los mejores criterios para la planeación ambiental o bien el manejo integral de los recursos naturales, tratándose de cualquier actividad productiva pública o privada. En ese sentido, el Manejo Integral de Cuencas es un mecanismo que permitirá ordenar y guiar los patrones de uso de suelo y uso de los recursos naturales de tal manera que la sociedad pueda satisfacer su demanda de recursos sin detrimento de la calidad ambiental, es decir; la interacción del proyecto y los diferentes componentes ambientales de que está conformada, tales como el suelo, la biodiversidad, la hidrología y los aspectos socioeconómicos en un gradiente entre las zonas altas y las zonas bajas considerando los efectos a distancia. (Cruz Bello, 2003).

### 7.5.1 Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del estado de Tabasco

Se tomó como primer antecedente para el análisis regional la información del *Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Estado de Tabasco*, en dicho programa, se describe el modelo de ordenamiento ecológico, que toma en cuenta la regionalización hidrológica, los límites geopolíticos y sociales. Los resultados de la interacción de dichos factores, permitirán identificar de la problemática ambiental en la región, los cuales serán regulados a través de las unidades de gestión ambiental (UGA).

Por otro lado se considerará el límite del proyecto de **Desarrollo de actividades del Proyecto Ogarrio Magallanes**, el cual está ajustado al POET de la *Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Estado de Tabasco* y que en su conjunto ofrecen un análisis regional, donde se ubica el Área Contractual

## INTRODUCCIÓN

---

Calicanto, es decir, se describe la caracterización del sistema ambiental, donde se encuentra inmerso dicha área contractual. De acuerdo con el citado ordenamiento cada Región incluyó una descripción general de la subcuenca hidrológica, su uso del suelo y vegetación, clima, hidrología superficial y subterránea, aspectos socioeconómicos, entre otros. Esta información de referencia se actualizó con publicaciones actuales en la materia, siempre y cuando estén disponibles en los diferentes medios de información electrónica oficiales.

### 7.5.2 Contexto local (área contractual)

La información bibliográfica generada para el contexto regional, se considerará como el antecedente teórico para desarrollar los trabajos de campo en los temas que se desarrollarán más adelante. Esto significa la comprobación del estado actual del sistema ambiental local que comprende el área contractual a trabajar.

## 7.6 Aspectos abióticos

### 7.6.1 Geología y geomorfología

En este apartado se consideraron las cartas geológicas de INEGI de la zona, en escala 1:250 000. En particular se desarrollará, la geología estructural, geología del subsuelo, geología del área contractual, sismicidad, deslizamientos, derrumbes y actividad volcánica. La información que se genere en este apartado, será totalmente bibliográfica y de información estadística que proporcione los diferentes centros gubernamentales especializados en el tema.

### 7.6.2 Clima y meteorología

Se utilizaron como principales fuentes de información para la caracterización climática del área contractual considerando las Estaciones Climatológicas más cercanas a la zona del proyecto la base de datos Extractor Rápido de Información Climática (ERIC), de las cuales se obtendrán las variables diarias de temperatura máxima y mínima, precipitación, evaporación, tormentas eléctricas, granizo, niebla,

## INTRODUCCIÓN

---

complementado con información de la Base de datos CONAGUA; para determinar el tipo de clima dentro del área contractual se utilizó las cartas de climas escala 1: 1,000 000, de acuerdo con Köppen modificado por E. García (1983).

### 7.6.3 Hidrología superficial y subterránea

Para la caracterización hidrológica del área contractual, se consideraron los factores biofísicos: topografía, precipitación pluvial, suelos y vegetación; información de hidrología superficial y subterránea reportada por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), así como recorridos de campo para la verificación de la hidrología y muestreos realizados en el área de estudio para analizar diversos parámetros.

### 7.6.4 Calidad del aire

Una estación de monitoreo consiste en una caseta que contiene diversos equipos como: analizadores automáticos, monitores, sensores meteorológicos, entre otros, destinados a monitorear las concentraciones de uno o más contaminantes del aire y, por lo general, algunos parámetros meteorológicos; con la finalidad de evaluar la calidad del aire en un área determinada. El objetivo del monitoreo es determinar, de fondo, la calidad del aire en el Área Contractual Calicanto y su zona de influencia; durante un período de 24 horas continuas. En el monitoreo de la calidad del aire se emplean dos tipos de normas: las Normas Oficiales Mexicanas, en materia de salud ambiental que establecen los límites permisibles de los contaminantes, y las técnicas que definen los métodos de medición de las sustancias normadas.

### 7.6.5 Erosión

La metodología aplicada para el cálculo del potencial de erosión, se realizó con base en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS), de Wischmeier modificada por FAO en 1980.

## INTRODUCCIÓN

---

Descripción de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo

La ecuación básica es:  $A = RKLSCP$

Dónde:

A es el promedio anual de pérdida de suelo (ton/ha)

R es el factor de erosividad de la lluvia (MJ mm/ha hr)

K es el factor de erosionabilidad del suelo (ton ha hr/ MJ mm ha)

L es el factor de longitud de la pendiente (Adimensional)

S es el factor de grado de pendiente (Adimensional)

C es el factor de manejo de cultivos (Adimensional)

P es el factor de prácticas mecánicas de control de erosión (Adimensional)

La EUPS se desarrolló como un método para predecir la pérdida anual promedio de suelo, para erosión entre canalillos y en canalillos. Con los parámetros disponibles, se pueden diseñar alternativas de manejo y de cultivos para una región dada, y puede servir como un indicador para evaluar las acciones en un predio o en una zona determinada.

### 7.6.6 Infiltración

Para el caso de la infiltración de agua a acuíferos, se tomó en cuenta la información generada en el apartado de hidrología subterránea, además se consideró el ACUERDO por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican en el Diario Oficial de la Federación DOF el 20 de abril de 2015.

## 7.7 Biota terrestre y acuática/ medio biótico

### 7.7.1 Vegetación

Con el propósito de obtener resultados satisfactorios en cuanto a la descripción de la vegetación en el área contractual, las actividades se realizaron de la siguiente manera: A) fase de gabinete: consulta y recopilación bibliográfica, que constó principalmente de estudios como los de Shreve y Wiggins (1964), Felger (2000), guías de identificación botánica, consulta de cartografía oficial, entre otros; B) Fase de Campo: donde se realizarán recorridos en los diferentes tipos de vegetación en el área contractual y proponer muestreos representativos (subjetivos o selectivos) de la vegetación primaria, o ecosistemas frágiles, colecta de material botánico no identificado in situ, y posteriormente se identificaron con el empleo de claves especializadas, referencia de áreas con presencia de disturbios (agrícolas, pecuarias, sin vegetación aparente) e identificación de los agentes causantes, así como registro fotográfico.

Los criterios para determinar el número y la ubicación probable de los sitios de muestreo se basaron principalmente en la cartografía oficial de INEGI serie V (2015) de acuerdo a los tipos de vegetación principales, a la revisión de imágenes de satélite (Google, 2016) y rectificación en campo, verificando la cobertura vegetal. Con base a lo anterior, se definieron los puntos de muestreo tentativos en las comunidades vegetales con estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo.

### 7.7.2 Descripción de los muestreos

Se aplicó el método de muestreo de cuadrante para la vegetación de las comunidades arbustivas de en una superficie de 10 m x 10 m, dando un área total de 100 m<sup>2</sup> por cuadrante. Se subdivide en cuadrantes de 5 m x 5 m. Se evaluará el número de individuos presentes por especie, considerando la altura y diámetro de cada planta (Brower, *et al.*, 1998), cobertura, calculando la abundancia numérica y la frecuencia de las especies en el área contractual. Asimismo, para la vegetación de pastizales se aplicó Transecto en línea (Brower, *et al.*, 1998) de 50 m de longitud, el cual se dividió cada 10 m y se obtuvieron datos de especies, número de individuos, altura total y cobertura interceptada.

### 7.7.3 Fauna

La metodología que fue utilizada para el muestreo de fauna en el área estudio, estuvo en función de las necesidades y requerimientos, que se establecieron de acuerdo a un instrumento de política ambiental, analítico y de carácter preventivo que permite integrar al ambiente un proyecto, una de las características más visibles es la necesidad de obtener información confiable, con validez científica, aplicada por personal capacitado en el ramo y en un período de tiempo determinado en el cual muchas de las veces no es viable un estudio con perfil de investigación y que arroje datos nuevos sobre la biología de los organismos o sobre la ecología de algún lugar en específico. En ese sentido, se aplicaron las metodologías denominadas “Evaluaciones Ecológicas Rápidas” publicado por The Nature Conservancy (Sobrevila y Bath 1992) y retomado en el trabajo “Un Enfoque en la Naturaleza Evaluaciones Ecológicas Rápidas” (Sayre 2000) en los que explican metodologías útiles para realizar evaluaciones con características compatibles a las requeridas en el presente estudio de impacto ambiental.

### 7.7.4 Áreas sensibles (áreas donde puedan generarse contingencias, sobre la población y sus bienes y/o el ambiente incluye regiones prioritarias para la conservación y sitios ambientales sensibles).

En este apartado se tomó en cuenta la información disponible a nivel estatal y municipal, en referencia a los atlas de riesgo locales que tengan que ver con fenómenos naturales, vías de comunicación, centros industriales, y toda aquella infraestructura que pueda conllevar a eventos no deseados.

Por otro lado, en el aspecto de sensibilidad ambiental de los ecosistemas terrestres, se desarrolló en el apartado de biota terrestre (flora y fauna), donde se consideró las áreas naturales protegidas de carácter estatal y federal, así como las diversas regiones terrestres prioritarias promovidas por la CONABIO y toda la información que arroje la caracterización del sistema ambiental donde se encuentra inmerso el área contractual.

Es importante señalar que esta información quedó inmersa en el apartado de Fauna, ya que es un aspecto relevante en la distribución y abundancia de la fauna silvestre desde el punto de vista de la conservación.

### 7.7.5 Paisaje

Se analizó el paisaje como una característica, que resume los atributos del medio y su estatus actual incluyendo los efectos derivados de la actividad antropogénica. Considerando los criterios geoecológicos y de relieve, con el fin de definir la Calidad Visual Vulnerable, en el sistema como un indicador. Asimismo se analizaron los resultados del estudio del medio abiótico y biótico. Para ello se dividió el área de estudio en unidades paisajísticas de acuerdo a un criterio fisiográfico, de cobertura vegetal y de uso de suelo.

El paisaje se analizó conforme a la cuenca visual, la cual se definió como la superficie visible desde un punto o conjunto de puntos. La percepción del paisaje es mayoritariamente visual, por eso para estudiar el impacto sobre una zona natural determinada, hay que definir:

- i. Calidad visual (CV)
- ii. Fragilidad visual (FV)
- iii. Visibilidad (V).

### 7.7.6 Patrimonio Arqueológico

La identificación del patrimonio arqueológico, se encuentra vinculado con los aspectos sociales de las comunidades o poblaciones que cuentan con un antecedente histórico de su origen. En ese sentido, se tomaron en cuenta la metodología propuesta por Vicente Conesa, este medio, constituido por las estructuras y condiciones sociales, histórico culturales y económicas en general, es susceptible de ser impactado, entre otras cosas, por actividades industriales generadoras de cambios en él. En este sentido, el mismo autor explica que el entorno de un proyecto puede definirse como la parte del sistema ambiental que interacciona con el proyecto en términos de entradas (recursos, mano de obra, espacio,...) y de salidas (productos, empleo, rentas, residuos,...) y por lo tanto en cuanto a provisor de oportunidades, generador de condicionantes y receptor de efectos, razón por la cual al establecer un proyecto cercano a núcleos poblacionales se remarca la importancia de realizar un estudio de la situación presente del medio para así determinar el impacto que el proyecto generaría en la población una vez realizado. Por este motivo, para el presente proyecto, resultó necesario conocer el medio socioeconómico que conforma el entorno del Área Contractual Calicanto.

## 7.8 Registro de daños preexistentes

### 7.8.1 Investigación histórica

En la etapa de investigación histórica, consistió en la revisión y análisis de los registros históricos entregados proporcionados por la empresa operadora, dichos documentos proporcionaron información de diferentes eventos suscitados en el área de estudio que pudiesen haber causado daños ambientales que condujeron a la contaminación del suelo, el subsuelo y/o los mantos acuíferos. El conocimiento de su historia permite resolver si es necesario continuar con las siguientes etapas de investigación que confirmen o descarten la contaminación en el suelo.

En dichos registros se identificó el origen del incidente que dio lugar al derrame del (los) contaminante(s) en el área, la estimación del volumen vertido en el medio, las medidas de atención realizadas para su contención o saneamiento para resarcir los daños efectuados al medio ambiente (en el caso de que hubieran dichos daños pre existentes).

Otro punto importante a considerar de estos registros es conocer si cada evento fue notificado a las autoridades ambientales correspondientes (PROFEPA, CONAGUA, ASEA, etc), identificando si se ha dado el seguimiento de los procedimientos y los resolutive emitidos por estas instituciones. Identificando las afectaciones sociales y económicas que guarda el sitio.

Una vez que se tienen los registros, se recaudó la información documental del sitio cuando sucedió el evento, tomando en cuenta los aspectos meteorológicos, fisiográficos y rasgos antropogénicos de mayor relevancia, considerando los cuerpos de agua así como formaciones geológicas y medio ambiente aledañas al área de estudio.



### 7.8.2 Estudios en campo (Métodos indirectos)

Resultado de este reconocimiento nos permitirá definir en gran parte la metodología indirecta aplicable más idóneo en el sitio. En este reconocimiento se colectan datos superficiales, tales como cambios de vegetación, modificaciones edáficas, topografía, estructuras geológicas presentes, afloramiento de rocas.

La mayor parte de los estudios de caracterización de suelos contaminados por hidrocarburos han venido incluyendo las herramientas ofrecidas por la geofísica. El uso de esta metodología consiste en identificar aquellos contrastes resistivos del subsuelo ocasionados por la presencia de hidrocarburos. Los aportes ofrecidos permiten tener un panorama preliminar de las condiciones del subsuelo. Las propiedades de cada método y las condiciones del terreno determinan la utilidad de las diferentes metodologías. En zonas contaminadas los valores de resistividad presentan alteraciones en comparación con las zonas limpias.

Esta actividad permite reconstruir detalladamente el pasado del sitio para:

- Confirmar los indicios que clasifican al sitio como potencialmente contaminado (denuncias, uso de suelo industrial o disposición de residuos, etc.).
- Conocer las operaciones desarrolladas (principales y secundarias o auxiliares) en el sitio para definir la naturaleza de la potencial contaminación, los contaminantes, las distintas rutas, vías de exposición y los efectos adversos observados en el ambiente o los efectos potenciales que pudieran presentarse.

### 7.8.3 Plan de muestreo

Para determinar el área aproximada de afectación por el derrame de contaminantes en suelo, fue necesario llevar a cabo previamente un estudio por métodos indirectos tal como las tomografías eléctricas, georadar, CMD, Gasometría y/o Petroflag.

El estudio de caracterización por métodos indirectos se realizó con el fin de proponer y generar información que permitiera elaborar un programa de muestreo de suelo para efectuar perforaciones a fin de obtener datos que permitan una mejor delimitación de la pluma de contaminación, tanto superficialmente como en profundidad.

## 8 RESULTADOS

### 8.1 Descripción detallada por cada uno de los temas aplicables al Proyecto

#### Delimitación del Área de Estudio o Sistema Ambiental Regional Cuenca Hidrológica

Existen diversos criterios para la delimitación del Sistema Ambiental (SA), como área de interacción del Área Contractual Calicanto, y las actividades humanas existentes, así como las características generales de los componentes ambientales que ahí se desarrollan. Entre dichos juicios destaca, el Criterio de Cuenca y para definirlo se consideró la conceptualización establecida en la Ley de Aguas Nacionales en su artículo 3° fracción XVI la cual define a "Cuenca Hidrológica" como: *Es la unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por un parte aguas o divisoria de las aguas -aquella línea poligonal formada por los puntos de mayor elevación en dicha unidad-, en donde ocurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aún sin que desemboquen en el mar. En dicho espacio delimitado por una diversidad topográfica, coexisten los recursos agua, suelo, flora, fauna, otros recursos naturales relacionados con éstos y el medio ambiente. La cuenca hidrológica conjuntamente con los acuíferos, constituye la unidad de gestión de los recursos hídricos. La cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas y estas últimas están integradas por microcuencas. En el inciso a) se describe el concepto de Región hidrológica como: "Región hidrológica": Área territorial conformada en función de sus características morfológicas, orográficas e hidrológicas, en la cual se considera a la cuenca hidrológica como la unidad básica para la gestión de los recursos hídricos, cuya finalidad es el agrupamiento y sistematización de la información, análisis, diagnósticos, programas y acciones en relación con la ocurrencia del agua en cantidad y calidad, así como su explotación, uso o aprovechamiento. Normalmente una región hidrológica está integrada por una o varias cuencas hidrológicas. Por tanto, los límites de la región hidrológica son en general distintos en relación con la división política por Estados, Distrito Federal y Municipios. Una o varias regiones hidrológicas integran una región hidrológico – administrativa. ..."*

RESULTADOS

---

La selección del concepto de cuenca, ha sido hasta el día de hoy como uno de los mejores criterios para la planeación ambiental o bien el manejo integral de los recursos naturales, tratándose de cualquier actividad productiva pública o privada. De lo anterior se desprende que, el Manejo Integral de Cuencas es un mecanismo que permitirá ordenar y guiar los patrones de uso de suelo y uso de los recursos naturales de tal manera que la sociedad pueda satisfacer su demanda de recursos sin detrimento de la calidad ambiental, es decir; la interacción del proyecto y los diferentes componentes ambientales de que está conformada, tales como el suelo, la biodiversidad, la hidrología y los aspectos socioeconómicos en un gradiente entre las zonas altas y las zonas bajas considerando los efectos a distancia. (Cruz Bello, 2003).

La principal característica del Manejo Integral de Cuencas es que su proceso es integrativo, adaptativo y participativo, lo cual quiere decir:

- i) Es integrativo, ya que reconoce las interdependencias entre los diferentes elementos del ecosistema, es decir la hidrología, la biodiversidad, la población y las diferentes actividades que se realizan en la cuenca. Además incorpora conocimiento de diferentes disciplinas ya sean técnicas, como hidrológicas y ecológicas con los conocimientos de la sociedad y emplea diferentes modelos para proponer las técnicas de manejo.
- ii) Es adaptativo, ya que reconoce que la sociedad es dinámica y que los enfoques tanto de la sociedad como de las instancias gubernamentales (Estatad o Federal) están sujetas a modificarse. Por lo tanto, este modelo tiene que ir cambiando y adecuándose a esas condiciones. En otras palabras considera las características de la población actual y trata de ir manejándolas en el futuro.

Uno de los componentes principales dentro del enfoque adaptativo es el monitoreo, ya que continuamente se tiene que estar evaluando el éxito de las prácticas y medidas que se están proponiendo en el caso de una actividad productiva como lo es la explotación de los yacimientos de hidrocarburos con respecto del medio ambiente. De esta manera se puede ver qué tanto han impactado en el beneficio de la sociedad y qué tanto han detenido el deterioro de los sistemas ambientales, y obviamente todo el tiempo se está

RESULTADOS

---

generando nueva información. Si dicha información es pertinente se deberá incorporar para mejorar los planes de manejo.

- iii) Por último, se dice que es participativo ya que propone nuevas formas de colaboración entre los diferentes sectores sociales, pues considera los diversos puntos de vista de los grupos de usuarios de los recursos naturales. Es importante considerarlos desde el momento de la planeación, en el momento de la instrumentación y también en la evaluación.

El manejo integral de cuencas es también un criterio muy utilizado en el ordenamiento ecológico del territorio, por lo cual será considerado como parte de la metodología de la caracterización biótica y abiótica regional donde se ubica el área contractual. En este caso, se considerará el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del estado de Tabasco (POET), solo como referencia ya que este ha quedado sin efecto para el sector hidrocarburos.

### Área contractual

Sumado al concepto de cuenca hidrológica, se describe la definición de área contractual señalada en el artículo 4 fracción III de la Ley de Hidrocarburos, establece que “... *Área Contractual: La superficie y profundidad determinadas por la Secretaría de Energía, así como las formaciones geológicas contenidas en la proyección vertical en dicha superficie para dicha profundidad, en las que se realiza la Exploración y Extracción de Hidrocarburos a través de la celebración de Contratos para la Exploración y Extracción; ...*”,

Bajo estos criterios técnicos legales, se podrá realizar un diagnóstico ambiental de la *cuenca hidrológica* donde está insertada el *área contractual*, y de este modo observar las tendencias de cambio de la calidad ambiental actual la cual se considerará como *línea base* y de esta forma demostrar la compatibilidad o bien si son otras actividades las que están ejerciendo presión sobre el sistema de la cuenca. El diagnóstico ambiental consiste básicamente el estado actual de los componentes ambientales de la cuenca y posteriormente ajustarse a la metodología del manejo integral de cuencas, siempre teniendo como objetivo las actividades actuales y a futuro del área contractual, tal y como se muestra en la Figura 8.1-1.



Figura 8.1-1.- Fases de manejo integral de una cuenca tipo.

De acuerdo con la Figura 8.1-1 donde se marca el ciclo de manejo integral de una cuenca tipo consta de tres etapas, primero la fase de *caracterización*, esta consiste con el establecimiento de *metas y objetivos*, en este caso se trata de un proyecto que albergará una serie de empresas industriales en un periodo de tiempo mayor a cincuenta años dentro de un limite económico definido. Posteriormente se hará la *caracterización del sistema ambiental* de las cuencas donde se pretende llevar a cabo el proyecto, y los resultados de la caracterización llevan al siguiente paso que es la determinación de problemas y oportunidades, es decir; si existe la factibilidad de llevarse a cabo el proyecto. De este derivan las estrategias o alternativas de manejo de la cuenca, conforme a las actividades proyectadas.

La siguiente etapa es la fase de soluciones, esta se refiere a la selección de estrategias de atención que permitan hacer compatible las actividades proyectadas con respecto de los componentes ambientales caracterizados y donde se hayan identificados daños ambientales o preexistentes, a través de la propuesta y ejecución de las medidas de prevención y mitigación. La fase de resultados se avoca a la verificación de la aplicación correcta de las medidas propuestas o bien que estas no hayan sido las idóneas, valoradas a través

RESULTADOS

de un programa de monitoreo y evaluación del éxito de las medidas diseñadas, las cuales se verán reflejadas en las metas establecidas, es decir la calidad del estado actual del área contractual, (Tabla 8.1-1).

**Tabla 8.1-1.-** Ciclo del manejo integral de cuencas para el Área Contractual Calicanto.

ETAPAS DEL MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS		
CUENCA / PROYECTO	ETAPAS	PASOS A SEGUIR
Región Hidrológica y proyecto	CARACTERIZACIÓN	METAS Y OBJETIVOS: Delimitación del límite económico del proyecto en la cuenca, antecedentes del proyecto.
		CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL: Realización de trabajos de campo y gabinete de los componentes ambientales suelo, vegetación, clima, biodiversidad, hidrología, geología y socioeconómico. Identificación de impactos acumulados (pasivos ambientales).
		FACTIBILIDAD: En función de los indicadores ambientales.
	SOLUCIONES	ESTRATEGIAS Y ALTERNATIVAS: La sensibilidad ambiental en función de la actividad petrolera.
		PROPUESTAS DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN: Diseño de medidas por componente ambiental y etapa de desarrollo.
	RESULTADOS	APLICACIÓN DE LAS MEDIDAS: Resultados de éxito.
PROGRAMA DE MONITOREO: Seguimiento de cumplimiento de la aplicación de medidas.		

Derivado de lo antes señalado, se llevó a cabo la delimitación del sistema ambiental SA, con respecto de la regionalización hidrológica de México, a través de la técnica de sobre posición de planos, utilizando un Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcInfo versión 9.1, el cual es una herramienta utilizada para analizar y manejar datos digitales espacialmente referidos y obtener resultados confiables para la toma de decisiones, a través del análisis e interpretación de datos biofísicos, socio-económicos, estadísticos, espaciales y temporales necesarios para generar de una forma flexible. De este análisis se obtuvo que la poligonal del Área Contractual Calicanto se ubica en la Región Hidrológica Coatzacoalcos (RH 29), cuenca (A) Río Tonalá y Lagunas del Carmen y Machona, subcuenca (c) Río Tancochapa. En la Tabla 8.1-2 se detallan las características de la Región Hidrológica (RH 29), como se muestra en la Figura 8.1-2, Figura 8.1-3 se presenta la poligonal del Proyecto Regional Ogarrio Magallanes y Tabla 8.1-2.

RESULTADOS

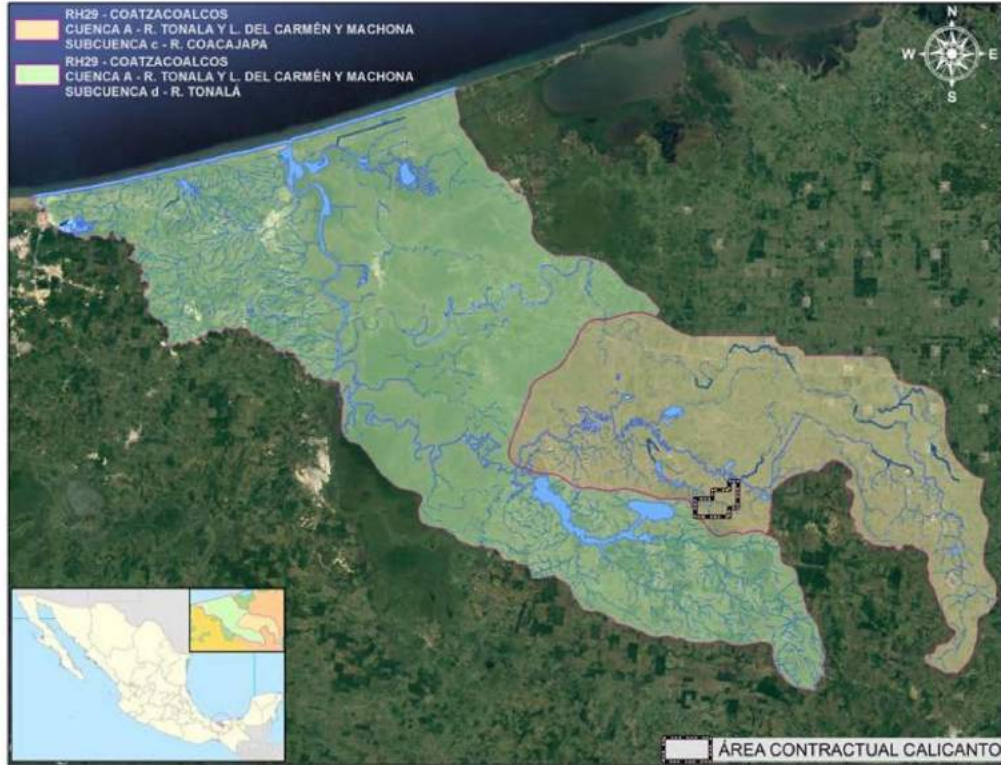


Figura 8.1-2.- Región hidrológica y Área Contractual Calicanto.

Tabla 8.1-2.- Regionalización hidrológica conforme al proyecto Ogarrio Magallanes y Calicanto.

Región Hidrológica	Cuenca Hidrológica	Subcuenca Hidrológica	MIA-R	Calicanto	Porcentaje %
			Superficie en km <sup>2</sup>		
RH-30 Grijalva- Usumacinta	D Río Grijalva- Villahermosa	c Río Mezcalapa	3.3058	---	0.05
		y Río Cunduacán	25.4055	---	0.39
RH-29 Coatzacoalcos	A Río Tonalá y Laguna Del Carmen y Machona	a Laguna del Carmen y Machona	1212.5942	---	18.72
		c Río Coacajapa	761.5008	10.4823	11.76
		b Río Santa Ana	8.0750	---	0.12
		d Río Tonalá	1695.3330	0.20	26.17
		f Río Rio Poza Crispin	195.6502	---	3.02
		h Río Zanapa	432.9255	---	6.68
		e Río Tancochapa Bajo	533.4643	---	8.24
		g Río Tancochapa Alto	480.8818	---	7.42
	B Río Coatzacoalcos	a Río Coatzacoalcos	200.2538	---	3.09
		l Río Uspanapa	925.2816	---	14.28
		c Río Calzadas	2.7377	---	0.04
<b>Total</b>			6477.4093	10.6817	100

RESULTADOS

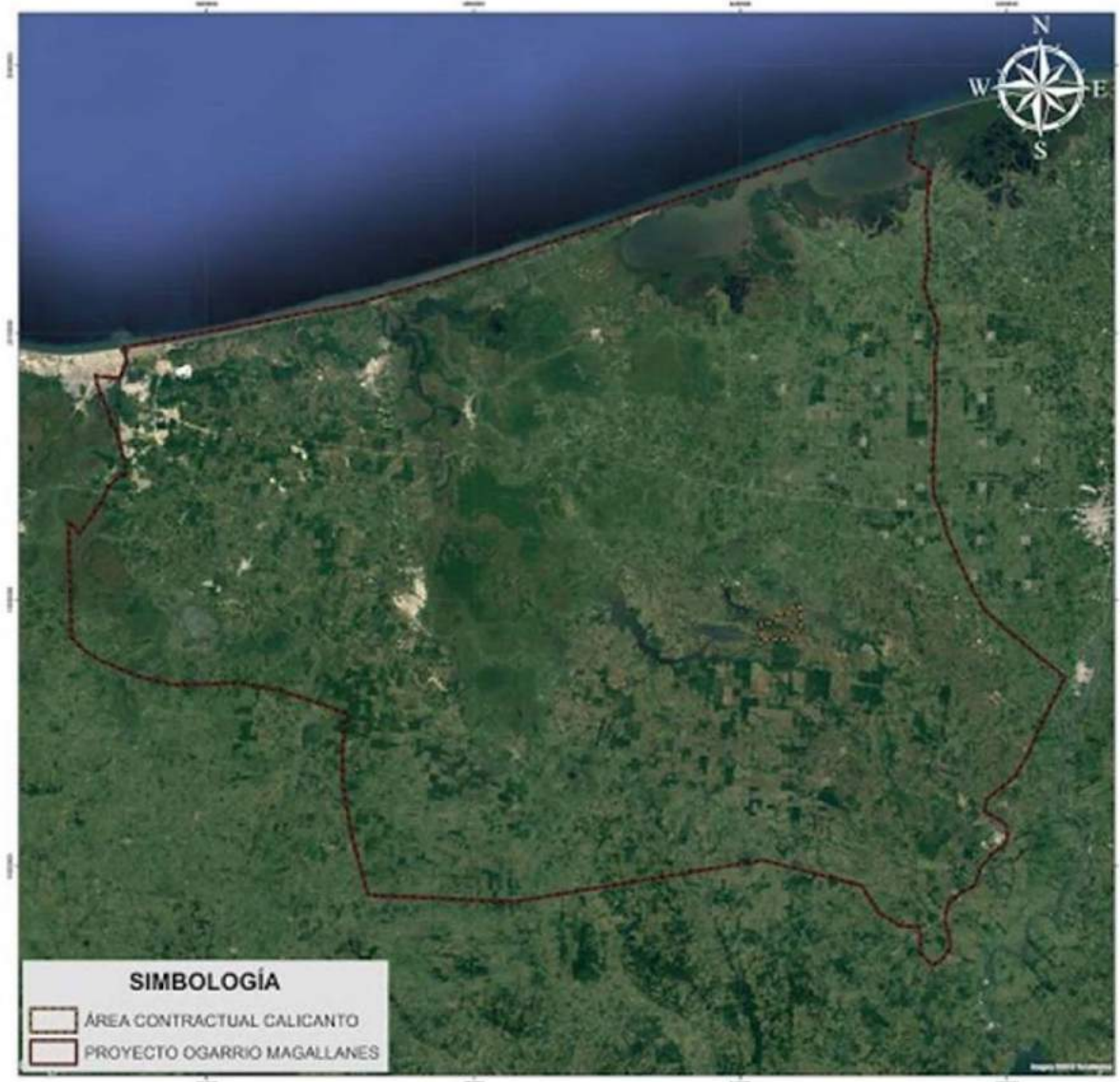


Figura 8.1-3.- Imagen que muestra la poligonal del proyecto Ogarrío Magallanes y Área Contractual Calicanto.

La acotación o delimitación de un área de contexto regional donde está insertada el Área Contractual Calicanto, a través de las unidades de gestión ambiental del Ordenamiento Ecológico del estado de Tabasco y de la caracterización del sistema ambiental descrita en la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad Regional Ogarrío Magallanes, donde ambos están íntimamente ligados ya que comparten



RESULTADOS

---

información general a nivel regional. En ese sentido, se partirá de este contexto regional, para la caracterización local o puntual del Área Contractual Calicanto.

**Información General del Sistema Ambiental Proyecto Ogarrio Magallanes, donde se ubica el Área Contractual Calicanto**

En la resolución emitida en materia de Impacto y Riesgo Ambiental **S.G.P.A./DGIRA.-DG-2288.07** del proyecto “**Desarrollo de actividades del Proyecto Ogarrio Magallanes**”, se describe de manera general los aspectos ambientales que comprenden la poligonal del proyecto regional, donde se encuentra inmerso el Área Contractual Calicanto. Al cual denominan **Caracterización Ambiental** en la página 37 de la citada resolución y a continuación se presenta una tabla resumen de las características generales del proyecto regional (Tabla 8.1-3).

RESULTADOS

Tabla 8.1.3.- Caracterización ambiental bajo el criterio de cuenca hidrológica.

Regionalización hidrológica del polígono del proyecto Ogarrío Magallanes					
<p>La delimitación del SAR con base en el concepto de cuenca hidrológica, propuesto por Floke (1997) quien señala que es unidad geográfica que permite delimitar e incorporar de forma integral todos los recursos existentes en el área geográfica propuesta. En este nivel se considera que la cuenca hidrológica, es la unidad incluyente de procesos dinámicos e integrales, entre los que se encuentran los flujos fisicoquímicos, a través del ciclo hidrológico y sus componentes se encuentran estrechamente interconectados a través de sus funciones y servicios ambientales a los componentes bióticos.</p> <p>La cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas o cuencas de orden inferior, se demarcan por áreas de drenaje superficial en donde las precipitaciones (principalmente las pluviales) que caen sobre éstas, tienden a ser drenadas hacia un mismo punto de salida.</p>					
Región hidrológica	Cuenca	Subcuenca	Superficie (ha)	Participación (%)	Superficie total (ha)
RH-29 Coatzacoalcos	A Río Tonalá y Lagunas del Carmen y Machona	a-Laguna del Carmen y Machona	118,937.59	18.42	645,593.31
		c-Río Coacajapa	88,333.29	13.68	
		d-Río Tonalá	169,142.35	26.20	
		e- Río Tancochapa Bajo	43,692.92	6.77	
		f-Río Crispín	23,869.91	3.70	
		g-Río Tancochapa Alto	42,807.75	6.63	
		h-Río Zanapa	43,129.04	6.68	
	B Río Coatzacoalcos	a-Río Coatzacoalcos	19,966.04	3.09	
		l-Río Uspanapa	95,764.35	14.83	
Caracterización abiótica					
Clima					
<p>El SAR: delimitado se ubica en la zona tropical, con un porcentaje alto en la parte norte con solo un tipo de clima de tipo Am, subtipo Am (f) (549,937.05 ha) clima cálido húmedo caracterizado por presentar abundantes lluvias en verano (al menos diez veces más lluvia en el mes más húmedo, que en el más seco) y parte de otoño, época de los ciclones tropicales.</p> <p>En la zona sur de la región de estudio el clima representativo es Af (nl) (95,656.26 ha), cálido húmedo con lluvias todo el año, con una precipitación media anual superior a los 2,000 mm. Este tipo de clima, presenta lluvias todo el año que decrecen ligeramente en el mes de diciembre, ya que el porcentaje de lluvia invernal con respecto a la anual es menor de 18%. Los meses de sequía (relativa) no tienen menos de 60 mm de precipitación mensual y estos son febrero, marzo y abril. En los meses de julio-agosto se presenta una sequía relativa intra estival o "canícula".</p>					
Suelo					
<p>Con base en la información proporcionada a través de la MIA-R, los suelos son el resultado de tres factores: la acumulación aluvial de sedimentos, el agua aportada por los ríos debido a las altas precipitaciones, así como a los tipos de vegetación. Para el sistema ambiental regional la Promovente describe siete unidades diferentes de suelos; Vertisoles, Gleysoles, Acrisoles, Solonchaks, Cambisoles, Regosoles, y Feosem.</p> <p>Adicionalmente, la Promovente determinó el grado de erosión del sistema ambiental regional delimitado, con base en la valoración de las unidades del suelo realizadas por la FAO en valores de erosión, con las áreas resultantes elaboró un mapa de erosión potencial, determinando que 45,605.83 ha con (7% del SAR), erosión moderada fuerte 235,066.82 ha corresponden a erosión baja (36.5%) y 325,105.5 ha (50.3%) de erosión fuerte, el resto de la superficie (6.7%) corresponde a cuerpos de agua.</p>					

RESULTADOS

Continuación de la Tabla 8.1-3

<b>Regionalización hidrológica del polígono del proyecto Ogarrio Magallanes</b>					
<p>La delimitación del SAR con base en el concepto de cuenca hidrológica, propuesto por Floke (1997) quien señala que es unidad geográfica que permite delimitar e incorporar de forma integral todos los recursos existentes en el área geográfica propuesta. En este nivel se considera que la cuenca hidrológica, es la unidad incluyente de procesos dinámicos e integrales, entre los que se encuentran los flujos fisicoquímicos, a través del ciclo hidrológico y sus componentes se encuentran estrechamente interconectados a través de sus funciones y servicios ambientales a los componentes bióticos.</p> <p>La cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas o cuencas de orden inferior, se demarcan por áreas de drenaje superficial en donde las precipitaciones (principalmente las pluviales) que caen sobre éstas, tienden a ser drenadas hacia un mismo punto de salida.</p>					
<b>Región hidrológica</b>	<b>Cuenca</b>	<b>Subcuenca</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Participación (%)</b>	<b>Superficie total (ha)</b>
RH-29 Coatzacoalcos	A Río Tonalá y Lagunas del Carmen y Machona	a-Laguna del Carmen y Machona	118,937.59	18.42	645,593.31
		c-Río Coacajapa	88,333.29	13.68	
		d-Río Tonalá	169,142.35	26.20	
		e- Río Tancochapa Bajo	43,692.92	6.77	
		f-Río Crispín	23,869.91	3.70	
		g-Río Tancochapa Alto	42,807.75	6.63	
		h-Río Zanapa	43,129.04	6.68	
	B Río Coatzacoalcos	a-Río Coatzacoalcos	19,966.04	3.09	
		l-Río Uspanapa	95,764.35	14.83	
<b>Caracterización abiótica</b>					
<b>Hidrología</b>					
<p>Con base en la información proporcionada a través de la MIA-R y la información adicional, el SAR se encuentra dentro de la Región Hidrológica RH-29 denominada Coatzacoalcos, se caracteriza por una densidad hídrica del tipo dendrítico en la cual se observan escasos cuerpos lénticos, pero predominan una gran cantidad de cauces perennes e intermitentes con anchos no mayores a 15 m, estos se distribuyen hacia el sureste, suroeste y noreste. Hacia la parte norte se encuentra el sistema lagunar costero Carmen Pajonal-Machona y hacia el este se encuentra una serie de infraestructura con un patrón de flujo rectangular que forman parte de denominado Plan Chontalpa, los cuerpos de agua de mayor importancia ocupan una superficie correspondiente al 5.1 % del SARío</p> <p>Las áreas de inundación en el SAR se encuentra en las zonas bajas de la región en las cuales los aportes de agua son principalmente por escurrimiento fluvial provenientes de zonas más altas, es decir, que están condicionadas por la intensidad de las precipitaciones, desbordamiento de ríos y lagunas, esto sucede cuando se rebasa la capacidad de los cauces para conducir el agua y se rebasa el nivel de aguas normales (NAN) abarcando principalmente las áreas bajas (áreas susceptibles a inundación) con lo cual se tiene el riesgo de que las poblaciones aledañas a los márgenes de estas zonas resulten afectadas. La mejor parte del área se distribuye de la parte central hacia el Golfo de México abarcando las márgenes de los ríos Tonalá, Chiccozapote, Blasillo, Zanapa, Tancochapa y la laguna el Yucateco (subcuenca d) y las lagunas del Carmen, Pajonal, Machona y la Palma (subcuenca a). Las otras áreas de inundación se distribuyen en las márgenes del Río Uspanapa hasta llegar al Río San Antonio el cual desemboca en el Río Coatzacoalcos.</p>					

RESULTADOS

Continuación de la Tabla 8.1-3

Regionalización hidrológica del polígono del proyecto Ogarrio Magallanes					
<p>La delimitación del SAR con base en el concepto de cuenca hidrológica, propuesto por Floke (1997) quien señala que es unidad geográfica que permite delimitar e incorporar de forma integral todos los recursos existentes en el área geográfica propuesta. En este nivel se considera que la cuenca hidrológica, es la unidad incluyente de procesos dinámicos e integrales, entre los que se encuentran los flujos fisicoquímicos, a través del ciclo hidrológico y sus componentes se encuentran estrechamente interconectados a través de sus funciones y servicios ambientales a los componentes bióticos.</p> <p>La cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas o cuencas de orden inferior, se demarcan por áreas de drenaje superficial en donde las precipitaciones (principalmente las pluviales) que caen sobre éstas, tienden a ser drenadas hacia un mismo punto de salida.</p>					
Región hidrológica	Cuenca	Subcuenca	Superficie (ha)	Participación (%)	Superficie total (ha)
RH-29 Coatzacoalcos	A Río Tonalá y Lagunas del Carmen y Machona	a-Laguna del Carmen y Machona	118,937.59	18.42	645,593.31
		c-Río Coacajapa	88,333.29	13.68	
		d-Río Tonalá	169,142.35	26.20	
		e- Río Tancochapa Bajo	43,692.92	6.77	
		f-Río Crispín	23,869.91	3.70	
		g-Río Tancochapa Alto	42,807.75	6.63	
		h-Río Zanapa	43,129.04	6.68	
	B Río Coatzacoalcos	a-Río Coatzacoalcos	19,966.04	3.09	
		l-Río Uspanapa	95,764.35	14.83	
Caracterización abiótica					
Hidrología					
<p>La Promovente, señaló que derivado de la aproximación al balance hidrológico que efectuó, existe una descarga importante del agua continental al mar en los meses de junio a diciembre, y el resto del año, tras disminuir las descargas de agua, se favorece la entrada de agua marina. La magnitud de la intrusión no está definida, aunque se observan efectos hasta 18 km lineales en el continente, en la zona del río Tonalá evidenciados por la presencia de mangle. La intrusión del agua de mar es favorecida por /a presencia de canales conectados hidráulicamente con él, y su efecto se puede ver favorecido por la baja topografía.</p> <p>Las áreas de inundación condicionan el tipo de vegetación en las zonas pudiéndose tener comunidades de popal, tular, cibal, tasiste o asociaciones de estos. Los manglares se distribuyen alrededor de las lagunas costeras y se extienden hasta zonas de inundación donde se tienen influencias del agua de mar con el agua dulce.</p> <p>Por tanto, las zonas frágiles hidrológicamente, están representadas por las zonas bajas principalmente las localizadas alrededor de cuerpos de agua como el sistema lagunar Carmen-Machona, Laguna La Palma, Laguna el Yucateco y las márgenes del Río Tonalá, en donde se localiza principalmente la vegetación de manglar. De acuerdo con los datos de la Promovente las áreas de inundación representan el 25.44% (164,480.86 ha) del SARío</p>					

RESULTADOS

Continuación de la Tabla 8.1-3

<b>Regionalización hidrológica del polígono del proyecto Ogarrio Magallanes</b>					
<p>La delimitación del SAR con base en el concepto de cuenca hidrológica, propuesto por Floke (1997) quien señala que es unidad geográfica que permite delimitar e incorporar de forma integral todos los recursos existentes en el área geográfica propuesta. En este nivel se considera que la cuenca hidrológica, es la unidad incluyente de procesos dinámicos e integrales, entre los que se encuentran los flujos fisicoquímicos, a través del ciclo hidrológico y sus componentes se encuentran estrechamente interconectados a través de sus funciones y servicios ambientales a los componentes bióticos.</p> <p>La cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas o cuencas de orden inferior, se demarcan por áreas de drenaje superficial en donde las precipitaciones (principalmente las pluviales) que caen sobre éstas, tienden a ser drenadas hacia un mismo punto de salida.</p>					
<b>Región hidrológica</b>	<b>Cuenca</b>	<b>Subcuenca</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Participación (%)</b>	<b>Superficie total (ha)</b>
RH-29 Coatzacoalcos	A Río Tonalá y Lagunas del Carmen y Machona	a-Laguna del Carmen y Machona	118,937.59	18.42	645,593.31
		c-Río Coacajapa	88,333.29	13.68	
		d-Río Tonalá	169,142.35	26.20	
		e- Río Tancochapa Bajo	43,692.92	6.77	
		f-Río Crispín	23,869.91	3.70	
		g-Río Tancochapa Alto	42,807.75	6.63	
		h-Río Zanapa	43,129.04	6.68	
	B Río Coatzacoalcos	a-Río Coatzacoalcos	19,966.04	3.09	
		l-Río Uspanapa	95,764.35	14.83	
<b>Caracterización biótica</b>					
<b>Vegetación</b>					
<p>De acuerdo en lo reportado tanto en la MIA-R como en la información adicional, los tipos de vegetación identificados a través de imágenes satelitales y los muestreos realizados en zonas con vegetación natural dentro del SAR, corresponden a siete asociaciones de vegetación, describiendo los más representativos y relevantes de siguiente manera.</p> <p>Que de acuerdo con los datos de la Promovente y los verificados por esta DGIRA en el SAR fueron identificadas 6 especies de flora, con estatus de protección según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001 las cuales se mencionan a continuación</p>					
<b>Asociación vegetal</b>	<b>Tipo de vegetación identificada</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>% del SAR</b>		
Manglar	Manglar	28,187.29	4.36		
Vegetación Riparia	Bosque de Galería	92.81	0.014		
Selva	Selva alta Perennifolia	41,884.60	12.32		
	Selva baja Perennifolia	32,779.13			
Acahual	Acahual	32,409.69	5.07		
Vegetación hidrófila	Popal, Tular, Tasistal, Flotante	54,732.91	9.09		
Plantaciones	Temporal, coco, caña, cítricos, cacao, eucalipto	73,495.73	11.5		
Pastizales	Cultivado, inducido, inundables, sabana.	341,945.53	56.45		
<b>Total</b>		605527.69	100		

RESULTADOS

Continuación de la Tabla 8.1-3

<b>Regionalización hidrológica del polígono del proyecto Ogarrio Magallanes</b>					
<p>La delimitación del SAR con base en el concepto de cuenca hidrológica, propuesto por Floke (1997) quien señala que es unidad geográfica que permite delimitar e incorporar de forma integral todos los recursos existentes en el área geográfica propuesta. En este nivel se considera que la cuenca hidrológica, es la unidad incluyente de procesos dinámicos e integrales, entre los que se encuentran los flujos fisicoquímicos, a través del ciclo hidrológico y sus componentes se encuentran estrechamente interconectados a través de sus funciones y servicios ambientales a los componentes bióticos.</p> <p>La cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas o cuencas de orden inferior, se demarcan por áreas de drenaje superficial en donde las precipitaciones (principalmente las pluviales) que caen sobre éstas, tienden a ser drenadas hacia un mismo punto de salida.</p>					
<b>Región Hidrológica</b>	<b>Cuenca</b>	<b>Subcuenca</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Participación (%)</b>	<b>Superficie total (ha)</b>
RH-29 Coatzacoalcos	A Río Tonalá y Lagunas del Carmen y Machona	a-Laguna del Carmen y Machona	118,937.59	18.42	645,593.31
		c-Río Coacajapa	88,333.29	13.68	
		d-Río Tonalá	169,142.35	26.20	
		e- Río Tancochapa Bajo	43,692.92	6.77	
		f-Río Crispín	23,869.91	3.70	
		g-Río Tancochapa Alto	42,807.75	6.63	
		h-Río Zanapa	43,129.04	6.68	
		B Río Coatzacoalcos	a-Río Coatzacoalcos	19,966.04	
		l-Río Uspanapa	95,764.35	14.83	
	<b>Caracterización biótica</b>				
<b>Fauna</b>					
<p>Que con base en los datos proporcionados, para el diagnóstico de la fauna presente en el área del SAR, la Promovente estableció puntos de monitoreo en cinco de las asociaciones vegetales reportadas, que equivalen 29.25% (155,287 ha) con respecto al total de la superficie de las cinco asociaciones.</p> <p>En los sitios muestreados se registraron un total de 210 especies distribuidas en 138 de aves, 34 de mamíferos, 21 de reptiles y 17 especies de anfibios, datos que para el caso de las aves y la herpetofauna, comparadas con los reportados por Álvarez, et al, 2005 representan el 74% para estas especies en el sur de Veracruz y noroeste de Tabasco.</p> <p>De acuerdo a la información de la MIA-R presentada por la promovente, en el SAR se detectaron 21 especies que se encuentran dentro algún estatus de protección por la NOM-059-SEMARNAT-2001, distribuidas en los siguientes grupos: anfibios 2 especies, 11 especies de aves y 8 mamíferos; los cuales representan el 10% del total de la fauna registrada. Considerando esta situación la promovente ha diseñado un programa de protección y dispersión de especies de fauna.</p>					

RESULTADOS

Continuación de la Tabla 8.1-3

Regionalización hidrológica del polígono del proyecto Ogarrio Magallanes					
<p>La delimitación del SAR con base en el concepto de cuenca hidrológica, propuesto por Floke (1997) quien señala que es unidad geográfica que permite delimitar e incorporar de forma integral todos los recursos existentes en el área geográfica propuesta. En este nivel se considera que la cuenca hidrológica, es la unidad incluyente de procesos dinámicos e integrales, entre los que se encuentran los flujos fisicoquímicos, a través del ciclo hidrológico y sus componentes se encuentran estrechamente interconectados a través de sus funciones y servicios ambientales a los componentes bióticos.</p> <p>La cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas o cuencas de orden inferior, se demarcan por áreas de drenaje superficial en donde las precipitaciones (principalmente las pluviales) que caen sobre éstas, tienden a ser drenadas hacia un mismo punto de salida.</p>					
Región Hidrológica	Cuenca	Subcuenca	Superficie (ha)	Participación (%)	Superficie total (ha)
RH-29 Coatzacoalcos	A Río Tonalá y Lagunas del Carmen y Machona	a-Laguna del Carmen y Machona	118,937.59	18.42	645,593.31
		c-Río Coacajapa	88,333.29	13.68	
		d-Río Tonalá	169,142.35	26.20	
		e- Río Tancochapa Bajo	43,692.92	6.77	
		f-Río Crispin	23,869.91	3.70	
		g-Río Tancochapa Alto	42,807.75	6.63	
		h-Río Zanapa	43,129.04	6.68	
	B Río Coatzacoalcos	a-Río Coatzacoalcos	19,966.04	3.09	
		l-Río Uspanapa	95,764.35	14.83	
Caracterización biótica					
Paisaje					
Categoría de modificación	Denominación	Descripción		Tipo de vegetación	
1	Zonas poco modificadas	Paisajes prácticamente sin alteración en sus propiedades, componentes, elementos y atributos en estado natural o muy cercanos al natural, y cuyas posibles modificaciones han sido originadas por eventos naturales o procesos debidos a la dinámica evolutiva de los mismos.		-Selva alta perennifolia -Selva baja perennifolia -Manglar -Bosque de galería	
2	Zonas débilmente modificadas	Paisajes que han sufrido ligeras modificaciones de carácter humano como la extracción a pequeña escala que afectan en la composición de los componentes bióticos, pero que no llegan a afectar de forma significativa los procesos de dinámica, funcionamiento, autodesarrollo y autorregulación de los mismos, por ende, su propia estabilidad.		-Vegetación hidrófita -Tasiste -Sabana -Popal -Tular -Popal-Tular -Tular-Popal	
3	Zonas parcialmente modificadas	Paisajes que han sufrido determinadas alteraciones en la composición y estructura de los componentes bióticos, originando procesos de secundarización de los mismos, pero sin que haya cambios en sus propiedades más estables, por lo que es posible aún su recuperación por vías naturales. Ejemplo sería tala para manejo silvícola o agropecuario de pequeños fragmentos que son posteriormente abandonados.		-Plantación de cacao -Acahual	

RESULTADOS

Continuación de la Tabla 8.1-3

Regionalización hidrológica del polígono del proyecto Ogarrio Magallanes					
<p>La delimitación del SAR con base en el concepto de cuenca hidrológica, propuesto por Floke (1997) quien señala que es unidad geográfica que permite delimitar e incorporar de forma integral todos los recursos existentes en el área geográfica propuesta. En este nivel se considera que la cuenca hidrológica, es la unidad incluyente de procesos dinámicos e integrales, entre los que se encuentran los flujos fisicoquímicos, a través del ciclo hidrológico y sus componentes se encuentran estrechamente interconectados a través de sus funciones y servicios ambientales a los componentes bióticos.</p> <p>La cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas o cuencas de orden inferior, se demarcan por áreas de drenaje superficial en donde las precipitaciones (principalmente las pluviales) que caen sobre éstas, tienden a ser drenadas hacia un mismo punto de salida.</p>					
Región Hidrológica	Cuenca	Subcuenca	Superficie (ha)	Participación (%)	Superficie total (ha)
RH-29 Coatzacoalcos	A Río Tonalá y Lagunas del Carmen y Machona	a-Laguna del Carmen y Machona	118,937.59	18.42	645,593.31
		c-Río Coacajapa	88,333.29	13.68	
		d-Río Tonalá	169,142.35	26.20	
		e- Río Tancochapa Bajo	43,692.92	6.77	
		f-Río Crispin	23,869.91	3.70	
		g-Río Tancochapa Alto	42,807.75	6.63	
		h-Río Zanapa	43,129.04	6.68	
	B Río Coatzacoalcos	a-Río Coatzacoalcos	19,966.04	3.09	
		l-Río Uspanapa	95,764.35	14.83	
Caracterización biótica					
Paisaje					
Categoría de modificación	Denominación	Descripción		Tipo de vegetación	
4	Zonas moderadamente modificadas	Paisajes que aunque mantienen restos de los componentes bióticos secundarios, presentan alteraciones de composición, estructura y de la dinámica funcional, originadas por un proceso gradual y constante de asimilación y transformación humana como las plantaciones particularmente las de especies nativas.		-Plantación de cacao -Plantación de coco -Cultivo de temporal	
5	Zonas fuertemente modificadas	Paisajes donde existe predominio espacial de los agrosistemas poco mecanizados, sobre el resto de las formaciones secundarias y donde las prácticas humanas comienzan a afectar de forma directa algunos de los componentes abióticos, tales como el microclima y la cobertura edáfica. El restablecimiento de sus propiedades geoecológicas puede lograrse a través de tratamientos socio-culturales.		-Plantación de coco -Plantación de cítricos -Plantación de caña -Cultivo de temporal -Pastizal cultivado -Pastizal inducido inundable	
6	Zonas muy fuertemente modificadas	Han sufrido una total sustitución de los componentes bióticos, de forma que los ecosistemas naturales y secundarios han sido remplazados por agrosistemas mecanizados u otros tipos de sistemas creados por el hombre y donde estos tipos de actividades comienzan a transformar no sólo la estructura vertical de los paisajes (microrelieve, microclima, aguas superficiales y subterráneas, entre otros), sino también su estructura horizontal, es decir su interrelación con los paisajes vecinos.		-Pastizal cultivado -Pastizal inducido inundable -Plantación de caña -Pastizal cultivado inundable -Pastizal inducido	



RESULTADOS

Continuación de la Tabla 8.1-3

<b>Regionalización hidrológica del polígono del proyecto Ogarrio Magallanes</b>					
<p>La delimitación del SAR con base en el concepto de cuenca hidrológica, propuesto por Floke (1997) quien señala que es unidad geográfica que permite delimitar e incorporar de forma integral todos los recursos existentes en el área geográfica propuesta. En este nivel se considera que la cuenca hidrológica, es la unidad incluyente de procesos dinámicos e integrales, entre los que se encuentran los flujos fisicoquímicos, a través del ciclo hidrológico y sus componentes se encuentran estrechamente interconectados a través de sus funciones y servicios ambientales a los componentes bióticos.</p> <p>La cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas o cuencas de orden inferior, se demarcan por áreas de drenaje superficial en donde las precipitaciones (principalmente las pluviales) que caen sobre éstas, tienden a ser drenadas hacia un mismo punto de salida.</p>					
<b>Región Hidrológica</b>	<b>Cuenca</b>	<b>Subcuenca</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Participación (%)</b>	<b>Superficie total (ha)</b>
RH-29 Coatzacoalcos	A Río Tonalá y Lagunas del Carmen y Machona	a-Laguna del Carmen y Machona	118,937.59	18.42	645,593.31
		c-Río Coacajapa	88,333.29	13.68	
		d-Río Tonalá	169,142.35	26.20	
		e- Río Tancochapa Bajo	43,692.92	6.77	
		f-Río Crispin	23,869.91	3.70	
		g-Río Tancochapa Alto	42,807.75	6.63	
		h-Río Zanapa	43,129.04	6.68	
	B Río Coatzacoalcos	a-Río Coatzacoalcos	19,966.04	3.09	
		l-Río Uspanapa	95,764.35	14.83	
<b>Caracterización biótica</b>					
<b>Paisaje</b>					
<b>Categoría de modificación</b>	<b>Denominación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tipo de vegetación</b>		
7	Zonas drásticamente modificadas	Han sufrido severas alteraciones en sus propiedades geoecológicas, muchas de ellas de carácter irreversibles, siendo afectados algunos de los componentes más estables como es el macrorelieve, ejemplo son actividades extractivas de materiales de construcción.	-Complejos petroquímicos -Plantación de eucalipto		
8	Paisajes antrópicos	Paisajes que aunque creados sobre elementos naturales, han sido modificados por el hombre como marco y sustento de sus propias necesidades y esfera socioeconómica y cuya dinámica funcional ocurre de manera totalmente artificial.	-Asentamientos humanos		
<p>De esta forma identificó, que las zonas consideradas como poco modificadas y las débilmente modificadas ocupan el 26.3%, las zonas consideradas como moderadamente modificadas determinó que corresponden al 2.17 % (14,066.36 ha), las fuertemente modificadas representan el 59.6%, las zonas clasificadas como muy fuertemente modificadas por laboreo implican una superficie correspondiente al 5.5% y - los paisajes antrópicos, representan el 1.3% (8,947.45 ha) del SAR delimitado.</p>					

RESULTADOS

Continuación de la Tabla 8.1-3

<b>Regionalización hidrológica del polígono del proyecto Ogarrio Magallanes</b>					
<p>La delimitación del SAR con base en el concepto de cuenca hidrológica, propuesto por Floke (1997) quien señala que es unidad geográfica que permite delimitar e incorporar de forma integral todos los recursos existentes en el área geográfica propuesta. En este nivel se considera que la cuenca hidrológica, es la unidad incluyente de procesos dinámicos e integrales, entre los que se encuentran los flujos fisicoquímicos, a través del ciclo hidrológico y sus componentes se encuentran estrechamente interconectados a través de sus funciones y servicios ambientales a los componentes bióticos.</p> <p>La cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas o cuencas de orden inferior, se demarcan por áreas de drenaje superficial en donde las precipitaciones (principalmente las pluviales) que caen sobre éstas, tienden a ser drenadas hacia un mismo punto de salida.</p>					
<b>Región Hidrológica</b>	<b>Cuenca</b>	<b>Subcuenca</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Participación (%)</b>	<b>Superficie total (ha)</b>
<b>RH-29</b> Coatzacoalcos	A Río Tonalá y Lagunas del Carmen y Machona	a-Laguna del Carmen y Machona	118,937.59	18.42	645,593.31
		c-Río Coacajapa	88,333.29	13.68	
		d-Río Tonalá	169,142.35	26.20	
		e- Río Tancochapa Bajo	43,692.92	6.77	
		f-Río Crispín	23,869.91	3.70	
		g-Río Tancochapa Alto	42,807.75	6.63	
		h-Río Zanapa	43,129.04	6.68	
	B Río Coatzacoalcos	a-Río Coatzacoalcos	19,966.04	3.09	
		I-Río Uspanapa	95,764.35	14.83	
<b>Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Tabasco (POEET)</b>					
<p>El Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Tabasco (POEET), publicado el 20 de diciembre del 2006, el cual establece un modelo de ordenamiento territorial de la superficie total del estado, basado en un análisis del procesamiento de datos ambientales, a través sistemas digitales de información geográfica, dando como resultado una zonificación funcional compuesta por ocho categorías principales (zonas de conservación, zonas de amortiguamiento, zonas de restauración, zonas de manejo racional, zonas de uso extensivo, zonas de uso intensivo, zonas de explotación con estrategias de restauración y zonas de infraestructura y asentamientos urbanos), para las cuales ha convenido la aplicación de criterios de ordenamiento ecológico por cada una de las actividades preponderantes en el estado, entre las que se encuentran las actividades petroleras.</p>					
<b>Categoría de zonificación</b>			<b>Cobertura (ha)</b>	<b>Porcentaje del SAR</b>	
Zonas de uso intensivo predominando especies herbáceas			139,914.438	22	
Zonas de restauración			72,166.313	11.2	
Zonas de conservación			68,319.542	10.6	
Zonas de manejo racional			36,507.827	5.7	
Zonas de uso extensivo predominado por especies arborescentes			32,645.228	5.1	
Zonas de uso intensivo predominado por especies arborescentes			31,930.175	4.9	
Zona de infraestructura y asentamientos humanos			2,498.165	0.4	
<b>Totales</b>			<b>383,981.68</b>	<b>59.9</b>	

### **Programa de Ordenamiento Ecológico Estatal (POEET) del Estado de Tabasco.**

El Programa de Ordenamiento del Estado de Tabasco se sustenta en el Artículo 20 Bis 2 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), en donde se menciona que los Gobiernos de los Estados, en los términos de las leyes locales aplicables, podrán formular y expedir programas de ordenamiento ecológico regional, que abarquen la totalidad o una parte del territorio de una entidad federativa. De igual manera, se establece que cuando un programa de ordenamiento ecológico regional incluya un área natural protegida de competencia de la Federación, o parte de ella, el programa deberá ser elaborado y aprobado en forma conjunta por la SEMARNAT y los Gobiernos de los Estados, el Distrito Federal y Municipios en que se ubique, según corresponda.

El POEET es conforme al artículo 17 de la LGEEPA, es un instrumento de la política ambiental nacional, que se orienta a la inducción y regulación de los usos del suelo del territorio (emplazamiento geográfico de las actividades productivas), basado en la evaluación actual de los recursos naturales, en la condición socio-productiva del área, y en la aptitud o potencial de utilización del sitio analizado, considerando elementos de propiedad y de mercado, para determinar la capacidad de usar el territorio con el menor riesgo de degradación.

La Ley de Protección Ambiental del Estado de Tabasco define al ordenamiento 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

RESULTADOS

---

establecimientos industriales, comerciales o de servicios, la creación de reservas territoriales y de nuevos centros de población.

**Actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Tabasco**

El 22 de diciembre de 2012 se modificó el Programa de Ordenamiento Ecológico Estatal de Tabasco, homologándolo a los términos establecidos en el Reglamento de la LGEEPA en materia de ordenamiento ecológico, con base en la información correspondiente al estudio técnico existente, e identificando los problemas ambientales de la región y categorizándolos por prioridad, para poder generar un modelo de ordenamiento que atienda las nuevas necesidades poblacionales, manteniendo el equilibrio ecológico y considerando la vulnerabilidad ante eventos hidrometeorológicos y los impactos esperados por el cambio climático.

El proceso inició con la construcción de una agenda ambiental, para orientar el estudio técnico de la "Modificación al Ordenamiento Ecológico Estatal". El objetivo fue detectar, valorar y jerarquizar posibles conflictos ambientales, a nivel estatal con respecto a la vulnerabilidad ante amenazas por el cambio climático. Sus resultados sirvieron como una referencia que permitió completar la caracterización y el diagnóstico de la modificación a realizar.

El proceso permitió identificar y evaluar las amenazas con más incidencia en la región, de acuerdo a la intensidad con la que se dan, la extensión geográfica que representan, el grado de afectación en que resultan y la duración que tienen, esta información fue usada para clasificarlos y jerarquizarlos, otorgándoles así un grado de evaluación.

En el análisis se encontró que resalta el problema de las inundaciones que son señaladas como de origen antrópico/natural, vinculado en general a la falta de un plan adecuado para el manejo de las mismas y el no tener una buena estrategia de protección e infraestructura contra inundaciones. Con base en esta información, se solicitó información a instancias federales y estatales (CONAGUA, SAOP y CONAFOR), para obtener la información más actualizada.

## Diagnóstico

### Aptitud

De acuerdo con el artículo 43 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico, la etapa de diagnóstico tuvo por objeto identificar y analizar los conflictos ambientales en el área. Durante la etapa de diagnóstico se actualizaron los análisis de aptitud sectorial en el caso de CONAGUA, conservación y PEMEX, así como el crecimiento de la infraestructura de protección contra inundaciones, para obtener los diagnósticos y la información espacial.

El Análisis de aptitud se construyó con la identificación de los atributos por sector en Talleres Sectoriales, adicionalmente se complementó contrastándolo con cartografía relacionada a la Vulnerabilidad, con el fin de determinar la aptitud final de los 3 sectores actualizados.

### Fragilidad

La pérdida de conectividad de los ecosistemas es uno de los vectores de presión derivados entre otras razones, por el incremento poblacional y a sus actividades sectoriales. La Cuenca del Grijalva-Usumacinta presenta un grado de fragmentación muy notorio, el objetivo, fue identificar áreas considerablemente frágiles asociadas a atributos ambientales catalogados como sensibles a cualquier alteración de su medio como lo son: humedales, manglares, dunas, tipos de costas, edafología, vegetación etc.

Dentro de la zona de ordenamiento se delimitaron ciertas áreas, que por la concurrencia espacial de atributos ambientales son catalogadas como frágiles o sensibles a variaciones o modificaciones de su entorno. Destaca la situación de la selva alta perennifolia que ha quedado restringida a las zonas de alto y con muy alto riesgo de erosión. Otras zonas frágiles y amenazadas son las zonas de humedales.

### Presión

RESULTADOS

---

En el Estado de Tabasco se realizan actividades sectoriales que afectan en gran medida al ambiente algunas de ellas son la extracción de especies, extracción petrolera, agricultura y ganadería, las cuales generan fuentes de trabajo pero son vectores de presión sobre los ecosistemas. El incremento de la población ocasiona una mayor demanda sobre la extracción de recursos, así mismo, se incrementa el área apta requerida para realizar desarrollos industriales y habitacionales, sin importar en algunos casos el relleno de algunas lagunas.

La población como tal es un vector de presión al medio ambiente, ya que genera una gran cantidad de desechos sólidos, además de que las aguas residuales de las poblaciones son vertidas en algunos casos a los ríos, mismos que desembocan al mar. Las Unidades de Gestión Ambiental (UGA's) con mayor presión son las que están ligadas a la presencia de zonas petroleras y a una gran densidad poblacional.

### **Riesgos Hidrometeorológicos**

Se utilizó la información sobre inundaciones, sequías, huracanes y lluvias para identificar riesgos, aunque existen otros factores que incrementan la exposición a las amenazas para la población al aumentar o disminuir el riesgo en que se encuentran las poblaciones, tales como su condición socioeconómica o su capacidad de respuesta ante la amenaza. Las unidades con alto riesgo de inundaciones están ubicadas a lo largo de las costas en los municipios de Cárdenas, Paraíso y Centla, y las susceptibles a inundación a lo largo de los márgenes de los Ríos, Grijalva, Mezcalapa y Usumacinta principalmente.

### **Vulnerabilidad**

En el estado existen varias zonas de vulnerabilidad, debido a la presión del incremento en la densidad poblacional y las actividades que esto conlleva, además de la fragilidad de los ecosistemas presentes en el área como son los humedales. A lo largo de la costa se encuentran unos sitios con muy alta vulnerabilidad, especialmente en la desembocadura del Río Grijalva-Usumacinta.

El crecimiento de las ciudades con mayor población, se concentra en zonas de mayor vulnerabilidad en cuanto a inundaciones, siendo la región de la cuenca del Grijalva la más vulnerable, lo que incluye la región

---

RESULTADOS

---

de la Chontalpa (Paraiso, Comalcalco, Cunduacán y una parte de Cárdenas principalmente), la sub-región del Centro (Centro, Nacajuca y Jalpa de Méndez), así como también parte de la costa (Centla).

Esto representa un conflicto de uso de suelo inadecuado, ya que se están poblando de una manera acelerada las zonas de mayor conflicto en cuanto a asentamientos inapropiados. Si analizamos esta información y la comparamos contra las estimaciones de las tasas de crecimiento a futuro que se tienen para los municipios de Tabasco, podemos apreciar que ocho municipios (Paraiso, Cunduacán, Centro, Nacajuca, Macuspana, Jalpa de Méndez, Comalcalco y Centla) son los más afectados por inundaciones, y además ocupan los primeros lugares en las tasas de crecimiento y el tiempo de duplicación de su población es de los más acelerados.

Los estudios de vulnerabilidad y las predicciones hechas en cuanto a amenazas por calentamiento global, muestran que las costas de Tabasco son susceptibles a ser inundadas por una elevación del nivel del mar, o afectadas por lluvias torrenciales al ser zonas bajas (menos de un metro sobre el nivel del mar en zonas de Centla). De acuerdo a los pronósticos se esperan penetraciones de las aguas oceánicas que podrían arrasar zonas hasta de 10 kilómetros y la llanura costera tabasqueña se vería como una zona de riesgo particularmente en las costas de Paraiso y Cárdenas, así como las zonas de pantanos de Centla.

### **Pronóstico**

De acuerdo con el Reglamento de la LGEEPA en Materia de Ordenamiento Ecológico, la etapa de pronóstico tendrá por objeto examinar la evolución de los conflictos ambientales, a partir de las previsiones de las variables naturales, sociales y económicas. Para este ordenamiento en específico, los pronósticos estarán relacionados con los procesos ambientales del territorio terrestre.

Los desastres ocurridos en el 2007 fueron los que determinaron la actualización del ordenamiento, para que se incluyeran escenarios de vulnerabilidad del territorio ante este tipo de eventos, así como los que potencialmente se podrían presentar asociados al calentamiento global. Como impactos se identificaron los siguientes:

## RESULTADOS

---

- Eventos extraordinarios de precipitación que dieran origen a desastres de inundaciones
- Sequías y aumentos extremos de la temperatura
- Erosión de la costa
- Elevación del nivel del mar

Con los datos que se tienen actualmente y extrapolando posibles cambios, se generaron escenarios potenciales de vulnerabilidad. El pronóstico no es una predicción de lo que irremediamente pasará en el futuro, más bien, se debe de entender como la información con cierto grado de probabilidad de lo que pudiera pasar en el área con las tendencias observadas y analizadas.

### Indicadores

La construcción de escenarios permitirá estimar el comportamiento futuro y las condiciones a las cuales debemos enfrentarnos, de acuerdo a las tendencias generadas a partir de la situación actual que prevalece en la región. Esto permitirá establecer las estrategias a seguir en cada caso para mejorar o revertir las condiciones consideradas como positivas o negativas, lo que convierte a esta etapa en un elemento importante para la asignación de acciones y criterios de regulación ecológica en la propuesta del modelo.

La base para la construcción de los escenarios fue la proyección de los elementos de presión identificados para la zona. Los agentes de presión que se identificaron en el diagnóstico mediante diversos indicadores, son los siguientes:

- La extracción de especies
- La extracción petrolera
- La agricultura
- La ganadería

La relación entre estos elementos, permitió definir zonas que presentan degradación ambiental. Lo anterior se basa sobre la premisa de que el aumento o disminución de las actividades humanas (fuerzas motrices)



RESULTADOS

---

generan fuentes de empleo, pero por el contrario, ejercerán presión sobre el medio ambiente y serán la causa de los cambios en los atributos ambientales.

Es muy probable que en el futuro las zonas costeras tengan que afrontar cada vez mayores presiones, especialmente sobre los hábitats y los recursos naturales (suelo, aguas continentales/marinas y energía), derivado principalmente o como consecuencia del aumento de la demanda de diferente tipo de infraestructura.

### **Escenarios**

Con base a lo anteriormente señalado, los escenarios para la región podrían ser los siguientes:

- El escenario de Cambio Climático Global (CCG) prevé que los eventos extremos del clima (sequías, lluvias abundantes, mayor incidencia de huracanes y depresiones tropicales) se acentuarán en el futuro, desde el punto de vista de la amenaza que representan estos fenómenos al combinarse con las condiciones geomorfológicas del estado, se establecieron dos indicadores centrales: la probabilidad de inundaciones y la presencia de sequías.
- La zona costera es altamente susceptible a ser inundada por fenómenos extremos como consecuencia del CCG, en particular los municipios de Cárdenas, Paraíso y Centla, siendo más susceptibles a inundarse los suelos por el escaso drenaje de los gleysoles que se asocian con humedales y pantanos.
- En promedio, se calcula un aumento del nivel del Golfo en su parte mexicana del orden de los 13 cm durante los 40 años comprendidos entre 1950 y 1990. Una proyección lineal indica que el alza del mar lograría 90 cm en el 2100, poniendo en riesgo por los efectos de la marea de tormenta porciones considerables del estado, sin embargo, estudios recientes apuntan a que podría llegar en algunas zonas a metro y medio.
- Es probable que ocurran modificaciones importantes en los manglares, los cuales podrán ser afectados por el aumento del nivel del mar proyectado donde el agua de mar podría entrar hasta 40 kilómetros tierra adentro en casos extremos. En cuanto a las formaciones vegetales que se

RESULTADOS

---

encuentran en estas condiciones de riesgo están los ecosistemas de humedales costeros y vegetaciones de duna y la vegetación de pantanos.

- Sobre la fauna, además de la extinción de especies y la reducción drástica de los rangos de distribución de las especies endémicas, se puede favorecer el establecimiento de especies invasoras y oportunistas de animales en zonas donde antes no se encontraban, propiciar la ampliación de sus áreas de distribución y crear las condiciones ambientales adecuadas para que aumenten su abundancia.
- Respecto al cambio de uso de suelo y la pérdida de coberturas vegetales nativas, los resultados indican que los remanentes de selvas se están transformando a mayor velocidad. Si continúa esta tendencia, en un escenario al año 2020 las selvas se habrán reducido otro 14%. Para el año 2050 se perdería el 27% de la selva perennifolia respecto a las superficies al 2020, las áreas más afectadas se verán transformadas para usos del suelo, ya sea agrícola, pecuarios o para la instalación de infraestructura así como el establecimiento de asentamientos urbanos.
- La combinación del incremento en el nivel del mar junto con el incremento en la intensidad de las mareas (que viene asociado al mismo), aunado a la modificación de las condiciones de la vegetación natural y el perfil de la costa por las actividades humanas, incrementará la susceptibilidad de los ecosistemas costeros y colocará en condiciones de vulnerabilidad a la población, particularmente la que se encuentra en condiciones de aislamiento o marginación.
- De acuerdo a los datos del censo del INEGI, 2010, los municipios costeros, albergan concentraciones de población importantes, de las cuales un alto porcentaje corresponden a localidades catalogadas como rurales (menores a 2,500 habitantes) sin embargo para Tabasco se considera que salvo por los municipios de Tenosique, Teapa, Tacotalpa y Jalapa, el resto de los municipios ya sea que tenga o no línea de costa, tienen importante influencia costera y los impactos esperados por el cambio climático asociados les afectarán.
- El crecimiento demográfico que se espera va a estar estrechamente relacionado con la actividad económica que se desarrollará. Al igual que el indicador de presión anterior, los mayores impactos generados por residuos sólidos se localizarán sobre zonas metropolitanas y los municipios más poblados.

RESULTADOS

---

- El estado se ubica en la llanura costera de naturaleza inundable estacionalmente, en una región de baja altitud y mayormente plana, donde las precipitaciones superan en la mayoría del territorio tabasqueño los 2,000 mm anuales. En el estado se identificaron zonas por debajo de la cota de los 10 m, que de acuerdo a la CONAGUA deben ser considerados como zonas propensas a inundación.
- Zonas importantes de la costa en cotas por debajo de los 5 metros sobre el nivel del mar, están ya perdiendo un promedio de 5 m de franja costera por erosión. El dato proyectado como posible aumento del mar es de 60 cm, aunque recientemente se señala que por el deshielo habrá un incremento de casi 40 centímetros. Considerando las pérdidas por erosión y el aumento del mar se construyeron escenarios a 30, 60 y 90 años.
- Los escenarios de temperatura a 90 años en el modelo más aceptado, pronostican un incremento de temperatura de hasta 4 grados centígrados. Actualmente se tiene un promedio de máximas mensuales de 34.6 y mínimas de 21.7, con lo que se tendría un cambio a 25.6 como mínima y una máxima de 38.6; que en la temporada de estiaje cuando el termómetro alcanza los 42 grados centígrados podría llegar a extremos de 45 o 46 grados, lo que contribuirá a agravar la época de sequía especialmente en la Región de los Ríos, con impactos en la flora y la fauna aún no identificados.

### **Programa de Ordenamiento Ecológico**

El POEET se compone de 156 criterios, los cuales se dividen en dos tipos: Generales (G) y Específicos (E). Los criterios generales tendrán una aplicación en todo el territorio del estado de Tabasco, mientras que los criterios específicos están orientados de acuerdo a la vocación del territorio y la política ambiental asociada a la actividad que se desee realizar, considerando prioritariamente a las condiciones hidrológicas y de vulnerabilidad ante eventos vinculados al cambio climático.

El POEET se compone de tres tipos de cuadros que deberán de tomarse en cuenta para la aplicación de los Criterios Específicos de Regulación Ecológica (CRE):

RESULTADOS

---

- El primer cuadro titulado "Criterios Específicos de Regulación Ecológica para aplicarse a las UGA's de acuerdo a las actividades productivas", es para que su aplicación sea por actividad productiva.
- El segundo cuadro titulado "Criterios ecológicos Específicos para aplicarse a las UGA's de acuerdo a su Política Ambiental".
- El tercer cuadro titulado "Criterios ecológicos Específicos para el establecimiento de infraestructura y asentamientos humanos que deben aplicarse a las UGA's de acuerdo a su Política Ambiental".

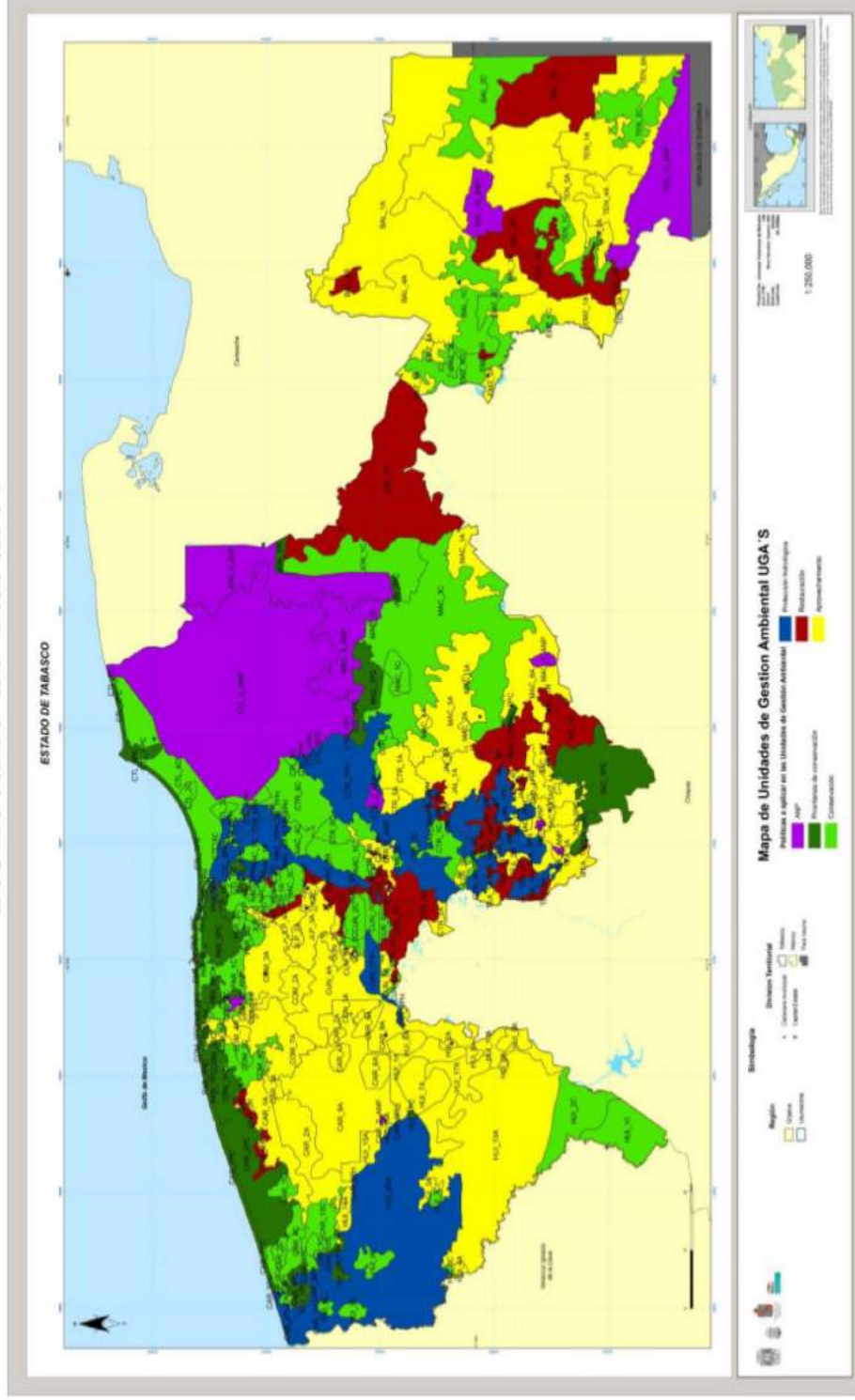
El Programa de Ordenamiento Ecológico considera un modelo con Lineamientos Ecológicos y Unidades de Gestión Ambiental (UGA), además de una estrategia ecológica con objetivos específicos, acciones y criterios ecológicos.

### Modelo de Ordenamiento Ecológico

El **Modelo de Ordenamiento Ecológico del Estado de Tabasco** contiene Lineamientos Ecológicos, los cuales están orientados a la atención de las tendencias de deterioro ambiental, identificados en la Agenda de la Política Ambiental durante la etapa de diagnóstico, pronóstico y en el ejercicio de visión prospectiva. En el Programa de Ordenamiento se incluyen 311 Unidades de Gestión Ambiental (UGA, Figura 8.1-4), clasificadas en:

- A, Aprovechamiento
- ANP Área natural protegida
- C Conservación
- PC Prioritaria de Conservación
- PH Protección Hidrológica
- R Restauración

**RESULTADOS**



**Figura 8.1-4.-** Unidades de Gestión Ambiental (UGA) en el estado de Tabasco.

RESULTADOS

Cada UGA de la Figura 8.1-4 incluye una ficha que contiene su toponimia, ubicación y características, así como la presencia de áreas de exclusión entre otros datos. Además, las fichas contienen una tabla con las acciones específicas aplicables a la UGA correspondiente.

Con base a lo anteriormente señalado y de acuerdo a las UGA's de la Figura 8.1-4, el Área Contractual Calicanto está situado en el municipio de Huimanguillo, y de acuerdo a su ubicación se sitúa entre las UGA's HUI\_2PH, HUI\_3A y HUI\_3C (Figura 8.1-5), la cual describiremos a continuación:



Figura 8.1-5.- UGA's del municipio de Huimanguillo.

A estas UGA's le aplican los Lineamientos Ecológicos, las Estrategias y los Criterios Específicos de Regulación Ecológica (CRE) mencionados en la Tabla 8.1-4. De los 25 CRE que aplican a estas 3 UGA's, ninguna tienen relación con la industria petrolera, el 100% están relacionados con actividades productivas que se desarrollan en el municipio como la acuicultura, la forestal, la agricultura y la pecuaria.

RESULTADOS

**Tabla 8.1-4.-** Criterios Específicos de Regulación Ecológica (CRE) que le aplican al Área Contractual Calicanto.

UGA HUI_2PH				
LINEAMIENTOS ECOLÓGICOS	ESTRATEGIAS	DESCRIPCIÓN	CLAVE DE CRE	TIPO
Evitar y reducir la pérdida de biodiversidad	Disminuir los impactos de las actividades productivas e infraestructura	En las UGA's con actividad agropecuaria deberá de incrementarse al menos en un 10% la cobertura forestal, no incluyéndose los cercos vivos, mediante la conservación de acahuales y vegetación primaria, para asegurar la conservación de las especies y mantener corredores de fauna.	13	E
Evitar la deforestación y el cambio de uso del suelo	Reducir la pérdida de cobertura forestal, estructura o funcionalidad de los ecosistemas en el estado	La ganadería extensiva deberá implementar prácticas silvopastoriles considerando especies y tecnologías adecuadas a cada unidad de producción.	22	E
		Solo se permiten las quemas agrícolas con base en la NOM-015-/SAGARPA-007	26	E
	Restaurar en lo posible la cobertura vegetal del estado para recuperar la estructura y función de los ecosistemas	En las áreas agropecuarias de las zonas serranas deberán establecerse prácticas agrícolas para la conservación de suelos, así como cortinas rompevientos con vegetación arbórea nativa.	29	E
		En las zonas consideradas de alto riesgo, de laderas o deslizamientos no se permitirá el establecimiento de la agricultura porque hay una vulnerabilidad a deslizamientos e incrementa la erosión de los suelos.	31	E
Recuperar el equilibrio hidrológico de las microcuencas en el estado y su área de influencia	Implementar estrategias de aprovechamiento racional	Los proyectos agropecuarios podrán emplear agroquímicos establecidos en la normatividad vigente pero, dar preferencia al uso y manejo adecuado de insumos orgánicos.	48	E
Reducir la contaminación del suelo	Se fomentará la implementación de programas para la restauración del suelo	Para actividades de agricultura se recomiendan suelos sin pendientes o con pendientes moderadas no susceptibles a la erosión hídrica, de no más del 5%, utilizando curvas de nivel y surcado en contorno para reducir escorrentías.	57	E
		Queda prohibido el establecimiento de nuevas áreas agrícolas en suelos con pendientes mayores al 10%.	58	E
Reducir la contaminación del suelo	Se fomentará la implementación de programas para la restauración del suelo	Se deberá practicar la rotación de cultivos para mejorar las características físicas del suelo incluyendo cultivos de cobertura.	60	E
		Se deberán establecer cultivos con una cobertura de entre el 75 al 100% del área total, en las UGA's destinadas a la agricultura, para evitar la erosión.	64	E
Mitigar los efectos del calentamiento climático global en el estado	Reducir la vulnerabilidad de la población ante los efectos adversos a eventos de desastres hidrometeorológicos	En zonas costeras se promoverán cultivos de especies nativas resistentes a los nuevos rangos de temperatura y salinidad.	99	E

RESULTADOS

Continuación de la Tabla 8.1-4

UGA HUI_2PH				
LINEAMIENTOS ECOLÓGICOS	ESTRATEGIAS	DESCRIPCIÓN	CLAVE DE CRE	TIPO
Promover las actividades productivas	Reactivar la capacidad de las actividades primarias de acuerdo a la vocación agrícola, ganadera, pesquera y forestal	El producto de desecho derivado de la cosecha y del proceso de obtención del azúcar en el manejo de la caña, deberá utilizarse previo tratamiento en caso de requerirse a través de prácticas y tecnologías sustentables.	112	E
		Las áreas agrícolas deberán mantener una cubierta vegetal permanente o bien estar recubiertas con esquilmos agrícolas o mosaicos de vegetación, en los que se combinen áreas forestales y cultivos perennes arbóreos para prevenir la erosión hídrica especialmente en áreas con pendientes mayores a 5%, para reducir la escorrentía superficial promoviendo prácticas de conservación del suelo.	113	E
		Quedan prohibidas las quemas en UGA's prioritarias de conservación, de conservación y áreas naturales protegidas.	116	E
		Quedan restringidas las quemas en zonas establecidas para la actividad agrícola, conforme lo determine la autoridad correspondiente.	117	E
Promover las actividades productivas	Reactivar la capacidad de las actividades primarias de acuerdo a la vocación agrícola, ganadera, pesquera y forestal	Los proyectos agropecuarios y forestales deberán considerar prácticas y tecnologías sustentables con el ambiente.	122	E
		Se fomentará la creación de plantaciones forestales en las zonas con aptitudes para tal propósito.	123	E
		Las plantaciones forestales de especies nativas y comerciales deberán contar con planes de manejo que incluyan los impactos generados por el aprovechamiento y las acciones de mitigación que consideren la restauración del sitio a través de la reforestación con especies nativas y el retiro de la infraestructura empleada.	124	E
		El establecimiento de plantaciones forestales deberá garantizar la permanencia de corredores biológicos.	125	E
Promover las actividades productivas	Reactivar la capacidad de las actividades primarias de acuerdo a la vocación agrícola, ganadera, pesquera y forestal	Los programas de aprovechamiento forestal, de manejo de plantaciones y de operación de la industria forestal, deberán contener acciones de manejo y disposición de residuos sólidos y peligrosos y para el tratamiento de aguas residuales.	126	E
		Queda restringido por la autoridad ambiental correspondiente, el establecimiento de la acuicultura semi-intensiva de especies nativas en las zonas de conservación, y condicionada de forma semi-intensiva e intensiva en zonas de restauración.	127	E
		Quedan restringido por la autoridad correspondiente los procesos constructivos e infraestructura para la actividad acuícola, en las UGA's prioritarias de conservación y de conservación.	128	E
		Los proyectos acuícolas deberán privilegiar el uso de especies nativas sobre las exóticas, estas últimas quedaran restringidas por la autoridad correspondiente.	129	E
		En el caso de cultivos intensivos y semi-intensivos de especies exóticas en zonas de aprovechamiento deberán contar con las provisiones necesarias para impedir la fuga de organismos.	131	E



RESULTADOS

Continuación de la Tabla 8.1-4

UGA HUI_3A				
LINEAMIENTOS ECOLÓGICOS	ESTRATEGIAS	DESCRIPCIÓN	CLAVE DE GRE	TIPO
Evitar y reducir la pérdida de biodiversidad	Proteger especies nativas	La introducción de especies exóticas o potencialmente invasoras de flora y fauna en UGA's prioritarias para la conservación, conservación y restauración, queda restringida a las ya utilizadas y la aprobación de la autoridad ambiental para especies nuevas, considerando la pérdida o ganancia de servicios ambientales.	3	E
	Disminuir los impactos de las actividades productivas e infraestructura	En las UGA's con actividad agropecuaria deberá de incrementarse al menos en un 10% la cobertura forestal, no incluyéndose los cercos vivos, mediante la conservación de acahuales y vegetación primaria, para asegurar la conservación de las especies y mantener corredores de fauna.	13	E
Evitar la deforestación y el cambio de uso del suelo	Restaurar en lo posible la cobertura vegetal del estado para recuperar la estructura y función de los ecosistemas	En las áreas agropecuarias de las zonas serranas deberán establecerse prácticas agrícolas para la conservación de suelos, así como cortinas rompevientos con vegetación arbórea nativa.	29	E
Recuperar el equilibrio hidrológico de las microcuencas en el estado y su área de influencia	Implementar estrategias de aprovechamiento racional	Los proyectos agropecuarios podrán emplear agroquímicos establecidos en la normatividad vigente pero, dar preferencia al uso y manejo adecuado de insumos orgánicos.	48	E
Promover las actividades productivas	Reactivar la capacidad de las actividades primarias de acuerdo a la vocación agrícola, ganadera, pesquera y forestal	Los proyectos agropecuarios y forestales deberán considerar prácticas y tecnologías sustentables con el ambiente.	122	E
		Se fomentará la creación de plantaciones forestales en las zonas con aptitudes para tal propósito.	123	E
		Las plantaciones forestales de especies nativas y comerciales deberán contar con planes de manejo que incluyan los impactos generados por el aprovechamiento y las acciones de mitigación que consideren la restauración del sitio a través de la reforestación con especies nativas y el retiro de la infraestructura empleada.	124	E
		El establecimiento de plantaciones forestales deberá garantizar la permanencia de corredores biológicos.	125	E

RESULTADOS

Continuación de la Tabla 8.1-4

UGA HUI_3A				
Promover las actividades productivas	Reactivar la capacidad de las actividades primarias de acuerdo a la vocación agrícola, ganadera, pesquera y forestal	Los programas de aprovechamiento forestal, de manejo de plantaciones y de operación de la industria forestal, deberán contener acciones de manejo y disposición de residuos sólidos y peligrosos y para el tratamiento de aguas residuales.	126	E
		Queda restringido por la autoridad ambiental correspondiente, el establecimiento de la acuicultura semi-intensiva de especies nativas en las zonas de conservación, y condicionada de forma semi-intensiva e intensiva en zonas de restauración.	127	E
		Quedan restringidos por la autoridad correspondiente los procesos constructivos e infraestructura para la actividad acuícola, en las UGA's prioritarias de conservación y de conservación.	128	E
		Los proyectos acuícolas deberán privilegiar el uso de especies nativas sobre las exóticas, estas últimas quedaran restringidas por la autoridad correspondiente.	129	E
		En el caso de cultivos intensivos y semi-intensivos de especies exóticas en zonas de aprovechamiento deberán contar con las previsiones necesarias para impedir la fuga de organismos.	131	E
Evitar y reducir la pérdida de biodiversidad	Proteger especies nativas	La introducción de especies exóticas o potencialmente invasoras de flora y fauna en UGA's prioritarias para la conservación, conservación y restauración, queda restringida a las ya utilizadas y la aprobación de la autoridad ambiental para especies nuevas, considerando la pérdida o ganancia de servicios ambientales.	3	E
	Disminuir los impactos de las actividades productivas e infraestructura	En las UGA's con actividad agropecuaria deberá de incrementarse al menos en un 10% la cobertura forestal, no incluyéndose los cercos vivos, mediante la conservación de acahuals y vegetación primaria, para asegurar la conservación de las especies y mantener corredores de fauna.	13	E
Evitar la deforestación y el cambio de uso del suelo	Restaurar en lo posible la cobertura vegetal del Estado para recuperar la estructura y función de los ecosistemas	En las áreas agropecuarias de las zonas serranas deberán establecerse prácticas agrícolas para la conservación de suelos, así como cortinas rompevientos con vegetación arbórea nativa.	29	E
Recuperar el equilibrio hidrológico de las microcuencas en el estado y su área de influencia	Implementar estrategias de aprovechamiento racional	Los proyectos agropecuarios podrán emplear agroquímicos establecidos en la normatividad vigente pero, dar preferencia al uso y manejo adecuado de insumos orgánicos.	48	E

RESULTADOS

Continuación de la Tabla 8.1-4

UGA HUI_3C				
LINEAMIENTOS ECOLÓGICOS	ESTRATEGIAS	DESCRIPCIÓN	CLAVE DE CRE	TIPO
Promover las actividades productivas	Reactivar la capacidad de las actividades primarias de acuerdo a la vocación agrícola, ganadera, pesquera y forestal	Los proyectos agropecuarios y forestales deberán considerar prácticas y tecnologías sustentables con el ambiente.	122	E
		Se fomentará la creación de plantaciones forestales en las zonas con aptitudes para tal propósito.	123	E
		Las plantaciones forestales de especies nativas y comerciales deberán contar con planes de manejo que incluyan los impactos generados por el aprovechamiento y las acciones de mitigación que consideren la restauración del sitio a través de la reforestación con especies nativas y el retiro de la infraestructura empleada.	124	E
		El establecimiento de plantaciones forestales deberá garantizar la permanencia de corredores biológicos.	125	E
Promover las actividades productivas	Reactivar la capacidad de las actividades primarias de acuerdo a la vocación agrícola, ganadera, pesquera y forestal	Los programas de aprovechamiento forestal, de manejo de plantaciones y de operación de la industria forestal, deberán contener acciones de manejo y disposición de residuos sólidos y peligrosos y para el tratamiento de aguas residuales.	126	E
		Queda restringido por la autoridad ambiental correspondiente, el establecimiento de la acuicultura semi-intensiva de especies nativas en las zonas de conservación, y condicionada de forma semi-intensiva e intensiva en zonas de restauración.	127	E
		Quedan restringidos por la autoridad correspondiente los procesos constructivos e infraestructura para la actividad acuícola, en las UGA's prioritarias de conservación y de conservación.	128	E
		Los proyectos acuícolas deberán privilegiar el uso de especies nativas sobre las exóticas, estas últimas quedaran restringidas por la autoridad correspondiente.	129	E
		En el caso de cultivos intensivos y semi-intensivos de especies exóticas en zonas de aprovechamiento deberán contar con las previsiones necesarias para impedir la fuga de organismos.	131	E

Adicionalmente a las acciones señaladas en la Tabla 8.1-4, se establecieron criterios adicionales (Tablas 8.1-5 y 8.1-6) que regularán el establecimiento de infraestructura en la zona donde se pretende llevar a cabo el proyecto.

RESULTADOS

**Tabla 8.1-5.-** Criterios ecológicos específicos para el establecimiento de infraestructura y asentamientos humanos que deben aplicarse a las UGA's de acuerdo a su política ambiental.

Política ambiental	Clave del criterio de regulación ecológica (CRE) para infraestructura	Clave del criterio de regulación ecológica (CRE) para asentamientos humanos.
Áreas Naturales Protegidas	11,25,87	89
Prioritaria de conservación	11, 25, 87 ,94, 96, 97 ,104, 111, 128	71, 89, 94
Conservación	11, 87, 94, 96, 104, 111, 128	71, 89, 94
Restauración	11, 87, 104, 111	89
Protección hidrológica	94, 96, 97, 104, 111, 124	71, 89, 90, 94
Aprovechamiento sustentable	87, 104, 111, 124	71, 89

**Tabla 8.1.6.-** Criterios específicos de regulación ecológica (CRE) que le aplican al Área Contractual Calicanto, para el establecimiento de infraestructura y asentamientos humanos.

LINEAMIENTOS ECOLÓGICOS	ESTRATEGIAS	DESCRIPCIÓN	CLAVE DE CRE	TIPO
Evitar y reducir la pérdida de biodiversidad	Disminuir los impactos de las actividades productivas e infraestructura	La rehabilitación y establecimiento de vías de comunicación en UGA's prioritarias de conservación, conservación, restauración y áreas naturales protegidas deberán implementar reductores de velocidad y señalamientos de protección de la fauna.	11	E
<b>En caso de que durante las actividades del proyecto se requiera de la apertura de nuevos caminos de acceso, se implementarán reductores de velocidad y señalamientos de protección de la fauna a lo largo de la vialidad nueva.</b>				
Evitar la deforestación y el cambio de uso del suelo	Reducir la pérdida de cobertura forestal, estructura o funcionalidad de los ecosistemas en el estado	Queda restringida la ampliación de derechos de vía de comunicación en ANP's estatales y municipales, así como en zonas prioritarias de conservación, previa justificación técnica y autorización correspondiente.	25	E
<b>En caso de que durante las actividades del proyecto se requiera de la ampliación de un derecho de vía existente, se harán los estudios pertinentes para justificar las obras y obtener la autorización correspondiente.</b>				
Mitigar los efectos del calentamiento climático global en el estado	Reducir las actividades humanas que actúan sinérgicamente con los principales factores de cambio climático global (temperatura y precipitación) en contra de la estructura y funcionalidad de los ecosistemas en el estado	Queda prohibido el establecimiento de termoelectricas, hidroelectricas, generadores de energía eólica y refinarias en las UGA's prioritarias de conservación, de conservación, cuerpos de agua, restauración, y áreas naturales protegidas.	87	G
Mitigar los efectos del calentamiento climático global en el estado	Reducir la vulnerabilidad de la población ante los efectos adversos a eventos de desastres hidrometeorológicos	Queda prohibido o restringido el establecimiento de nueva infraestructura en las UGA's prioritarias de conservación susceptibles a la erosión costera según dictamine la autoridad correspondiente, y prohibidos los nuevos asentamientos humanos con base en las tasas netas de pérdida de costa.	94	E
		El mantenimiento y/o rehabilitación de caminos costeros, deberá garantizar que se mantengan y protejan las corrientes, cuerpos de agua superficiales y manto freático.	96	E
		Los proyectos de construcción de muelles, atracaderos y escolleras, deberán permitir la dinámica de transporte del material del litoral y calidad del agua.	97	E

RESULTADOS

Continuación de la Tabla 8.1-6

LINEAMIENTOS ECOLÓGICOS	ESTRATEGIAS	DESCRIPCIÓN	CLAVE DE CRE	TIPO
Atender el problema de la marginación de la población	Reducir la vulnerabilidad y marginación e incrementar el nivel de bienestar humano para los habitantes del Estado	Promover espacios con las áreas verdes en las zonas urbanas con vegetación nativa con superficie mínima de 8.17 m <sup>2</sup> / habitante.	104	E
		Queda restringido el establecimiento de vías de comunicación en las UGA's prioritarias de conservación, conservación, restauración y cuerpos de agua; salvo previa justificación técnica y autorización de la autoridad competente.	111	E
		En caso de que durante las actividades del proyecto se requiera de la apertura de una vía de comunicación, se harán los estudios pertinentes para justificar las obras y obtener la autorización correspondiente.		
Promover las actividades productivas	Reactivar la capacidad de las actividades primarias de acuerdo a la vocación agrícola, ganadera, pesquera y forestal	Las plantaciones forestales de especies nativas y comerciales deberán contar con planes de manejo que incluyan los impactos generados por el aprovechamiento y las acciones de mitigación que consideren la restauración del sitio a través de la reforestación con especies nativas y el retiro de la infraestructura empleada.	124	E
		Quedan restringidos por la autoridad correspondiente los procesos constructivos e infraestructura para la actividad acuícola, en las UGA's prioritarias de conservación y de conservación.	128	E

Por otra parte, se realizó un análisis del contexto regional donde se ubica el Área Contractual Calicanto, donde interaccionan con otras actividades del sector primario e industrial (actividades mineras, agrícolas, pecuarias, forestales, entre otras). La información al respecto se obtendrá de las estadísticas de actividades primarias del Municipio de Huimanguillo, estado de Tabasco, que presenta INEGI 2015.

En la Tabla 8.1-7 se presenta un resumen de otras actividades humanas como es el sector agropecuario, forestal y minero en el municipio de Huimanguillo Tabasco y donde se ubica el Área Contractual Calicanto, que se cierto modo son indicadores del cambio de uso del suelo en la región, el cual desde el punto de vista del impacto ambiental se consideran daños ambientales, mismo que serán evaluados con el índice de incidencia.

RESULTADOS

Tabla 8.1-7.- Resumen de las actividades primarias en el municipio de Huimanguillo donde se ubica el Área Contractual Calicanto.

Tabla resumen de los sectores productivos en el municipio de Huimanguillo, Tabasco						
Unidades de producción y superficie por municipio según desarrollen o no actividad agropecuaria o forestal 2007						
Municipio	Unidades de producción			Superficie en unidades de producción en Ha		
Huimanguillo	Total	Con actividad agropecuaria o forestal	Sin actividad agropecuaria o forestal	total	Con actividad agropecuaria o forestal	Sin actividad agropecuaria o forestal
		13544	10845	2699	258925	156014
Superficies sembrada y cosechada por tipo de cultivo, principales cultivos y municipios según disponibilidad de agua Año agrícola 2014 (Hectáreas)						
Cultivo	Superficie sembrada			Superficie cosechada		
	Total	Riego	Temporal	Total	Riego	temporal
Maíz	6920	0	6920	6770	0	6770
Frijol	270	0	270	246	0	246
Sandía	7	0	7	5	0	5
Plátano	461	301	160	461	301	160
Caña de azúcar	7111	78	7033	6084	78	6006
Cacao	5671	0	5671	5671	0	5671
Limón	7015	1499	5516	7015	1499	5516
Ganadería volumen de la producción de ganado y ave en pie por municipio 2014 (Toneladas)						
Ganado	Bovino	Porcino	Ovino	Ave	Guajolote	---
	19052	1684	75	13340	97	---
Volumen de la producción diaria y anual de petróleo crudo y gas natural en 20 campos, en el municipio de Huimanguillo						
20 campos de desarrollo en Humanguillo	Volumen de producción diaria de petróleo crudo (barriles)	Volumen de producción anual de petróleo crudo (miles barriles)	Volumen de producción diaria de gas natural (millones de pies cúbicos)	Volumen de producción anual de gas natural (millones de pies cúbicos)	---	---
Total	58,981	21,528	244.584	89,272,980	---	---
Pozos perforados, terminados y en explotación 2014						
Pozos perforados	Pozos terminados			Pozos en explotación a/		
	Total	Exploratorios b/	De desarrollo c/	Total	Gas	Aceite
22	23	0	23	332	3	329

INEGI 2015, Anuario estadístico y geográfico de Tabasco.

## Delimitación del Área de Estudio Local

### Área Contractual Calicanto

Partiendo de la información que se desarrolló en el apartado de la delimitación del sistema ambiental del contexto regional, para la caracterización ambiental general, basada en la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad Regional del proyecto **“Desarrollo de actividades del Proyecto Ogarrio Magallanes”** y fundamentada en los criterios de Cuenca, basada en la Ley de Aguas Nacionales y en la metodología del Manejo Integral de Cuencas; ambas consideran el ordenamiento del uso del suelo y uso de los recursos naturales de tal manera que la sociedad pueda satisfacer su demanda de recursos sin detrimento de la calidad ambiental, es decir; la interacción del proyecto y los diferentes componentes ambientales de que está conformada, tales como el suelo, la biodiversidad, la hidrología y los aspectos socioeconómicos en un gradiente entre las zonas altas y las zonas bajas considerando los efectos a distancia (Cruz Bello, 2003).

### Concepto de área contractual

Sumado al concepto de cuenca hidrológica, se describe la definición de área contractual señalada en el artículo 4 fracción III de la Ley de Hidrocarburos, establece que *“... Área Contractual: La superficie y profundidad determinadas por la Secretaría de Energía, así como las formaciones geológicas contenidas en la proyección vertical en dicha superficie para dicha profundidad, en las que se realiza la Exploración y Extracción de Hidrocarburos a través de la celebración de Contratos para la Exploración y Extracción; ...”*,

Bajo estos criterios técnicos legales, se podrá realizar un diagnóstico ambiental de la *cuenca hidrológica* donde está insertada el *área contractual*, y de este modo observar las tendencias de cambio de la calidad ambiental actual, la cual se considerará como *línea base* y de esta forma demostrar la compatibilidad o bien si son otras actividades las que están ejerciendo presión sobre el sistema de la cuenca. La línea base ambiental, consiste básicamente el estado actual de los componentes ambientales que están dentro del límite económico del Área Contractual Calicanto, imagen que se presenta en la Figura 8.1-6 y Tabla 8.1-8.

RESULTADOS

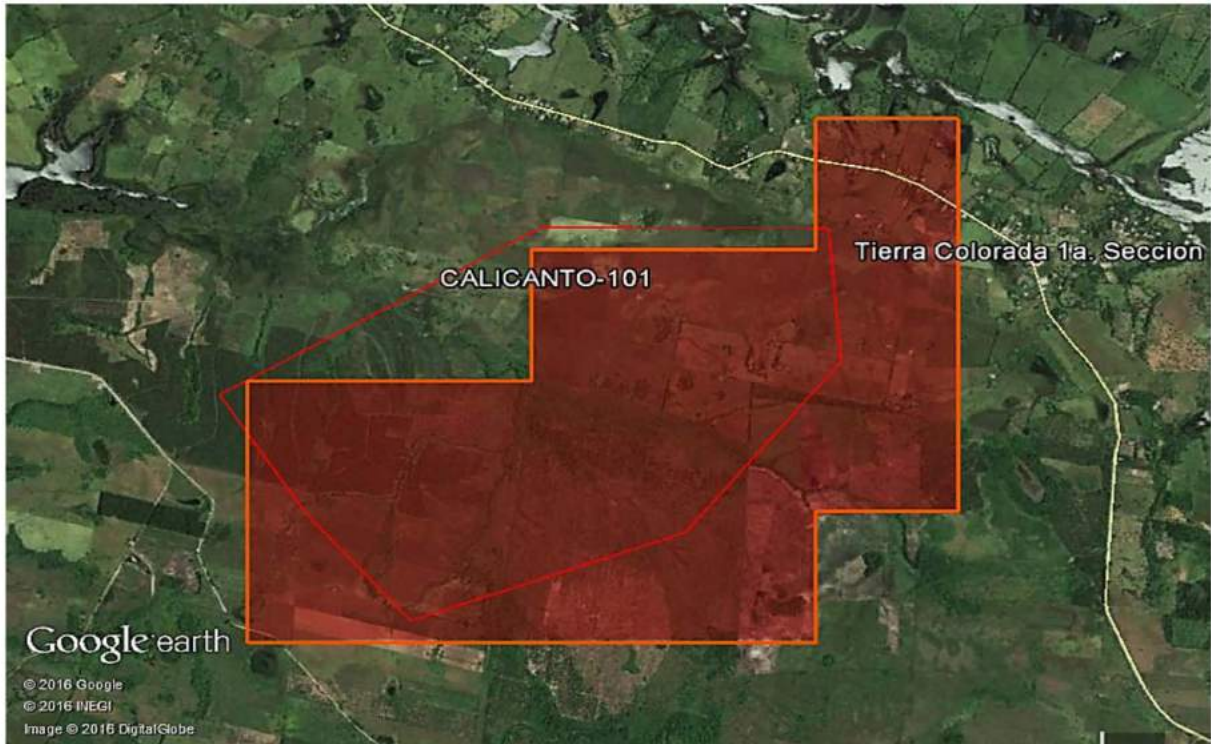


Figura 8.1-6.- Área Contractual Calicanto.

Tabla 8.1-8.- Regionalización hidrológica del Área Contractual Calicanto.

Región Hidrológica	Cuenca hidrológica	Subcuenca hidrológica	MIA-R	Calicanto	Porcentaje %
			Superficie en km <sup>2</sup>		
RH-29 Coatzacoalcos	A Río Tonalá y Laguna del Carmen y Machona	a Laguna del Carmen y Machona	1212.5942	----	18.72
		c Río Coacajapa	761.5008	10.4823	11.76
		b Río Santa Ana	8.0750	----	0.12
		d Río Tonalá	1695.3330	0.20	26.17
		f Río Río Poza crispin	195.6502	----	3.02
		h Río Zanapa	432.9255	----	6.68
		e Río Tancochapa Bajo	533.4643	---	8.24
		g Río Tancochapa Alto	480.8818	----	7.42
Total			6477.4093	10.6817	100



## 8.1.1 GENERALIDADES

### 8.1.1.1 Identificación de infraestructura existente

Para este apartado se realiza un análisis a detalle del conjunto de instalaciones que comprende el Área Contractual Calicanto, con la finalidad de identificar el estado actual de éstas y aquellos aspectos técnicos que pudieron incidir de encontrarse, en daños a la infraestructura y por ende posibles fugas o derrames de hidrocarburos, los cuales quizás no se atendieron en su momento y que probablemente se han convertido en pasivos ambientales. En ese sentido, se aplica el listado de verificación señalado en el punto 7.1, el cual señala los aspectos más relevantes de las actividades del sector hidrocarburos y de esta forma permitió calificar el estado actual de la infraestructura que comprende el Área Contractual Calicanto, que a continuación se describe.

#### 8.1.1.1.1 Antecedentes del Área Contractual Calicanto.

Desde el punto de vista económico, el Área Contractual Calicanto, forma parte del Activo Integral Cinco Presidentes, la cual tiene como objetivo primordial la exploración y explotación de los hidrocarburos del subsuelo, dicha producción es conducida desde los pozos de desarrollo de los campos, a través de una red de líneas de descarga hacia las baterías de separación, así como diversa infraestructura de producción, para finalmente ser transportada por ductos a puntos de venta en las terminales marítimas de Salina Cruz, Oaxaca y Pajaritos en Coatzacoalcos, Veracruz, (Aulis García, R.).

El activo Integral Cinco Presidentes actualmente cuenta con 4,522 pozos en 24 campos de desarrollo, siendo estos: Ágata, Arroyo Prieto, Arroyo Blanco, Bacal, Blasillo, Brillante, Cerro Nanchital, Cinco Presidentes, Cuichapa, Concepción, El Plan, Filisola, Guaricho, Ixhuatlán, La Central, Lacamango, Los Soldados, La Venta, Sánchez Magallanes, Moloacán, Nelash, Tonalá, El Burro, Ogarrío, Otates, Palmitota, Rabasa, Rodador, San Ramón, Santa Rosa y Tiunut, ver Figura 8.1.1-1.

GENERALIDADES

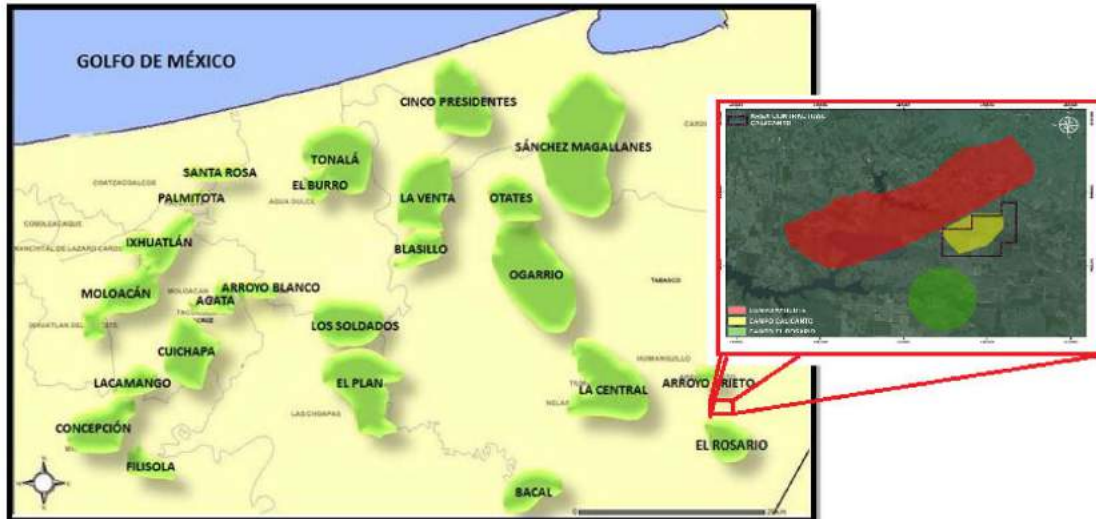


Figura 8.1.1-1.- Activo Integral Cinco Presidentes y Área Contractual Calicanto.

El conjunto de campos de desarrollo que comprende el Activo Integral Cinco Presidentes data de inicio del Siglo XX, pero su desarrollo máximo se dió entre 1960 a 1970 y hasta la fecha sigue operando, pero en la fase de campos maduros; es decir la fase de producción ha disminuido significativamente. Por tal razón, es de vital importancia, hacer nuevas reinterpretaciones de la información geológica disponible con la finalidad de desarrollar nuevos proyectos en campos maduros para mantener o incrementar la producción.

#### 8.1.1.1.2 Instalaciones que comprende el Área Contractual Calicanto

En el Área Contractual Calicanto está constituido por un pozo exploratorio denominado Calicanto 101, el cual está identificado económicamente en la Región Sur, Activo Integral Cinco Presidentes y ubicado en el municipio de Huimanguillo, estado de Tabasco. En la Tabla 8.1.1-1 se presentan la descripción del pozo Calicanto 101, como única infraestructura existente, cabe señalar que no se identificaron otras instalaciones dentro del Área Contractual Calicanto.

GENERALIDADES

**Tabla 8.1.1-1.- Infraestructura del Área Contractual Calicanto.**

Área Contractual Calicanto							
Pozo	Ubicación	Tipo de pozo	Coordenadas X	Coordenadas Y	Tipo de hidrocarburo	Fecha de inicio	Fecha de termino
Calicanto-101	Terrestre	Exploratorio	424196.26	1977937.96	Aceite/gas	31/01/2013	05/10/2013

**8.1.1.1.3 Identificación de infraestructura existente en el Área Contractual Calicanto**

Como se mencionó en la metodología, en el apartado de infraestructura existente, se realizó un recorrido de campo tomando en cuenta como primer punto las instalaciones existentes en este caso, solo se identifica el pozo exploratorio Calicanto 101, ya mencionado en la Tabla 8.1.1-1 y se procede a hacer el levantamiento de información conforme a las fichas técnicas diseñadas para esta actividad y que se adjuntan a este apartado del documento (Anexo A).

Es importante señalar que la información que contienen en las fichas técnicas fue indispensable en la realización del análisis a detalle del conjunto de instalaciones que comprende el Área Contractual Calicanto, con la finalidad de identificar el estado actual de éstas y aquellos aspectos técnicos que pudieron promover daños a la infraestructura y por ende posibles fugas o derrames de hidrocarburos, los cuales quizás no se atendieron en su momento y que se han convertido en pasivos ambientales. Partiendo de este supuesto, se aplica una lista de verificación que tiene que ver con las actividades del sector hidrocarburos, las cuales permitirán hacer un análisis del estado actual de la infraestructura que comprende el área contractual y que a continuación se mencionan.

**8.1.1.1.4 Lista de verificación**

- 1.- Cadena de valor del sector hidrocarburos.

En la Figura 3.1 de la introducción, donde se presentó la cadena de valor del sector hidrocarburos, con la finalidad de observar todas las etapas de desarrollo de un proyecto desde la exploración, explotación y punto de venta de los hidrocarburos. De este modo identificar cualquier detalle técnico de construcción,

GENERALIDADES

---

operación y mantenimiento que pudieran haber generado daños ambientales o preexistentes, sobre algún componente ambiental. En el caso particular, el área contractual cuenta con un pozo exploratorio cerrado y no existe más infraestructura en el área, por lo tanto; la cadena de valor no esta concluida.

**2.-** Diagrama de flujo de proceso de las instalaciones del área contractual.

El Área Contractual Calicanto solo cuenta con un pozo exploratorio y no existe línea de descarga ni infraestructura de producción para su aprovechamiento, en ese sentido; no se realizó un diagrama de flujo de proceso, que ayude a indicar problemas técnicos de operación o mantenimiento y por ende, no es probable detectar daños preexistentes fuera del cuadro de maniobras del pozo exploratorio Calicanto 101.

**3.-** La consideración de la nomenclatura de pozos si es que existen elementos para su aplicación.

La definición y establecimiento de una nomenclatura de pozos, debe ser uniforme y común en todo el sistema petrolero nacional, antes se realizaba entre los grupos de Exploración e Ingeniería Petrolera (Gerencias y Superintendencias), cuando estas actividades eran regidas por la Subdirección de Producción Primaria. Con los cambios administrativos y de estructuras organizacionales, las funciones, actividades y responsabilidades relacionadas a las actividades de perforación, terminación y mantenimiento de pozos así como su normatividad no siempre mantuvieron una continuidad o actualización, llegando a ser diferentes en cada Activo o Región, esto generó confusiones, problemas de integración en archivos o sistemas, cuando se presenta intercambio de información o cuando ésta es integrada en las diferentes entidades centralizadoras de información de PEMEX o del Gobierno Federal, debido a estas diferencias, se propone una nomenclatura que uniformice y estandarice la nomenclatura de pozos en todo el sistema de PEMEX Exploración y Producción PEP. Para este trabajo se usan documentos normativos y planos que fueron editados bajo el esquema de Producción Primaria, que a la fecha son vigentes pero desconocidos, actualizando lo necesario de acuerdo con las prácticas actuales, (*comunicación personal PEMEX Exploración y Producción, 2002*).

La nomenclatura se divide claramente para actividades exploratorias y de desarrollo.

### 3.1 Pozos Exploratorios y de Desarrollo

En el caso de exploración, el primer pozo que va en busca de una nueva reserva denominado el exploratorio, normalmente lleva un nombre propio seguido del número 1; Ejemplo: Calicanto 1. En caso de que el pozo original tenga un accidente mecánico durante la perforación y sea necesario taponarlo, el equipo de perforación se mueve de 5 a 10 metros, de la posición original, para iniciar otro pozo exploratorio, este tendrá el mismo nombre y número pero se le agregará la letra "A". Así quedaría el Calicanto 1A. En caso de que los accidentes se repitieran y se tuviera que iniciar otros pozos, se usarían las letras A, B, C, y así sucesivamente, exceptuando la letra D ya que ésta se utiliza para definir a los pozos dobles.

#### **Sistema Institucional de Pozos Productores de Aceite, Gas y Condensados (PAGAC).**

En cuanto a la **estructura del nombre de los pozos**, conviene mencionar otras regulaciones que tiene para su incorporación el sistema institucional de pozos productores de aceite, gas y condensados (PAGAC). En este Sistema se usa la nomenclatura que consta de 3 partes.

- *Nombre del campo*
- *Número*, según la posición de la retícula de yacimientos.
- Un *carácter alfabético* que tiene el siguiente significado:

- ❖ La primera letra se obtiene de su posicionamiento en la localización, es decir:

Cuando el número del pozo no tiene literal, se refiere a un solo objetivo en la retícula del yacimiento.

Cuando se tiene una **D** es un objetivo doble productor en la distribución de varios yacimientos verticalmente, y una **T** es un triple objetivo productor en la retícula.

- ❖ La segunda letra indica si el pozo tuvo un accidente durante su etapa de perforación, terminación, etc., es decir:

GENERALIDADES

---

Cuando el número del pozo se acompaña por una letra **A**, significa que existe un pozo anterior que fue abandonado, taponado y registrado con el mismo número y sin letra para fines contables. Si fuese necesario abandonar y taponar también el pozo **A**, entonces el siguiente pozo se representa con una **B**, y así sucesivamente se utilizan las letras en orden alfabético, exceptuando la consonante **D**, la cual se utilizará cuando un pozo sea doble de otro.

- ❖ La tercera letra indica las ramas por las cuales fluye el pozo, es decir, pozos con terminación múltiple en el mismo yacimiento:

Se asocia una letra inferior **I**, medio **M** y superior **S** para distinguir la rama que fluye de un determinado yacimiento, (*comunicación personal PEMEX Exploración y Producción, 2002*).

En conclusión por tratarse de un pozo exploratorio que aún no cuenta con una etapa de explotación o desarrollo de un campo, por lo tanto; la nomenclatura solo señala la existencia de un pozo con posibilidades de producción y se deja entrever que no se generaron daños ambientales o preexistentes durante la etapa de localización y perforación del pozo Calicanto 101.

**4.- Agrupar los pozos perforados en periodos de 10 años.**

En este caso no es viable hacer una agrupación del conjunto de pozos de un campo de desarrollo maduro, ya que solo se trata de una localización exploratoria reciente del 2013, por lo tanto no es posible hacer un análisis más preciso.

**5.- Agrupar los pozos perforados por año en cada periodo de 10 años.**

Igual que el punto anterior tampoco es viable la aplicación de esta metodología, ya que se trata solo de un pozo exploratorio y metodológicamente se requiere de una cantidad considerable de pozos exploratorios y de desarrollo.

GENERALIDADES

6.- Clasificar y agrupar los pozos en función de su estado actual.

Del mismo modo al no contar con mayor infraestructura en el área contractual, no es posible comparar el estado actual de un pozo, sin embargo al ser una obra reciente, se analizará el cumplimiento de términos y condicionantes con el cual se amparó la perforación de dicho pozo. Este análisis se presenta más adelante.

7.- Cotejar el listado de pozos publicados por la Comisión Nacional de Hidrocarburos con respecto de las instalaciones que se supervisarán en campo.

Se corroboró que el Pozo Calicanto 101, está registrado en la base de datos del Sistema Nacional e Inventario de Hidrocarburos de la CNH, el cual se presenta en la Tabla 8.1.1-2.

**Tabla 8.1.1-2.-** Registro del Pozo Calicanto 101 en la base de datos de la CNH.

Organismo	Identificador	Nombre	Región	Activo	Proyecto	Campo	Tipo	Ubicación	Entidad	Municipio
Pemex Exploración y Producción	000300023219	Calicanto-1	Sur	Activo de Exploración Cuencas del Sureste Terrestre	Exploratorio	Exploratorio	Exploratorio	Terrestre	Tabasco	Huimanguillo

Reporte de pozos PEP, SNIH 2013.

8.- Realizar un análisis progresivo y acumulado de perforación de pozos por año (impactos acumulados).

El desarrollo de este punto no es aplicable al Área Contractual Calicanto, debido a que no es un campo de desarrollo.

9.- Agrupar las estaciones de recolección e infraestructura adyacente, conforme a su uso y estado actual.

No aplica al no contar con infraestructura de producción dentro del Área Contractual Calicanto.

GENERALIDADES

---

**10.-** Agrupar las líneas de conducción en función el transporte de gas, condensado y agua, así como su estado actual. (Líneas de descarga, gasoductos, oleoductos, acueductos, etc.).

No aplica ya que el pozo no cuenta con línea de descarga.

**11.-** Identificar las actividades principales de las obras tipo en función de sus fases de desarrollo, tomando especial atención en la construcción, operación, mantenimiento y abandono.

Este punto se desarrollará más adelante, cuando se describa el estado actual del pozo exploratorio Calicanto 101.

**12.-** Plan de atención a fugas y derrames en las instalaciones.

Al ser un pozo cerrado y sin línea de descarga, no cuenta con un plan de atención a fugas y derrames.

**13.-** Identificar otras actividades del sector primario e industrial dentro del área contractual (actividades mineras, agrícolas, pecuarias, forestales, entre otras. La información al respecto se obtendrá de las estadísticas de actividades primarias del Municipio de Huimanguillo, estado de Tabasco, que presenta INEGI 2015.

En la Tabla 8.1.1-3 se presenta un resumen de otras actividades humanas como es el sector agropecuario, forestal y minero en el municipio de Huimanguillo Tabasco y donde se ubica el Área Contractual Calicanto, que en cierto modo son indicadores del cambio de uso del suelo en la región, el cual desde el punto de vista del impacto ambiental se consideran daños ambientales, mismo que serán evaluados con el índice de incidencia.



GENERALIDADES

**Tabla 8.1.1-3.-** Resumen de las actividades primarias en el municipio de Huimanguillo donde se ubica el Área Contractual Calicanto.

<b>Resumen de los sectores productivos en el municipio de Huimanguillo, Tabasco</b>						
<b>Unidades de producción y superficie por municipio según desarrollen o no actividad agropecuaria o forestal 2007</b>						
Municipio	Unidades de producción			Superficie en unidades de producción en Ha		
Huimanguillo	Total	Con actividad agropecuaria o forestal	Sin actividad agropecuaria o forestal	Total	Con actividad agropecuaria o forestal	Sin actividad agropecuaria o forestal
		13544	10845	2699	258925	156014
<b>Superficies sembrada y cosechada por tipo de cultivo, principales cultivos y municipios según disponibilidad de agua Año agrícola 2014 (Hectáreas)</b>						
Cultivo	Superficie sembrada			Superficie cosechada		
	Total	Riego	Temporal	Total	Riego	Temporal
Maíz	6920	0	6920	6770	0	6770
Frijol	270	0	270	246	0	246
Sandía	7	0	7	5	0	5
Plátano	461	301	160	461	301	160
Caña de azúcar	7111	78	7033	6084	78	6006
Cacao	5671	0	5671	5671	0	5671
Limón	7015	1499	5516	7015	1499	5516
<b>Ganadería volumen de la producción de ganado y ave en pie por municipio 2014 (Toneladas)</b>						
Ganado	Bovino	Porcino	Ovino	Ave	Guajolote	---
	19052	1684	75	13340	97	---
<b>Volumen de la producción diaria y anual de petróleo crudo y gas natural en 20 campos, en el municipio de Huimanguillo</b>						
20 campos de desarrollo en Huimanguillo	Volumen de producción diaria de petróleo crudo (barriles)	Volumen de producción anual de petróleo crudo (miles barriles)	Volumen de producción diaria de gas natural (millones de pies cúbicos)	Volumen de producción anual de gas natural (millones de pies cúbicos)	---	---
Total	58,981	21,528	244.584	89,272,980	---	---
<b>Pozos perforados, terminados y en explotación 2014</b>						
Pozos perforados	Pozos terminados			Pozos en explotación a/		
	Total	Exploratorios b/	De desarrollo c/	Total	Gas	Aceite
22	23	0	23	332	3	329

INEGI 2015, Anuario estadístico y geográfico de Tabasco.

GENERALIDADES

---

**14.-** Análisis de la resolución emitida en materia de Impacto y Riesgo Ambiental **S.G.P.A./DGIRA.-DG-2288.07** del 05 de octubre de 2007, del proyecto “**Desarrollo de actividades del Proyecto Ogarrio Magallanes**”, y la modificación **S.G.P.A./DGIRA/DG/0151/09** del 15 de enero de 2009.

A continuación se presenta un resumen de la Resolución citada, en el cual se emitieron los términos y condicionantes que se deberán aplicar durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y abandono; por componentes ambientales siendo estos la vegetación, fauna, el suelo, la hidrología, atmósfera, los cuales son los indicadores de la calidad ambiental.

En primera instancia se revisó la Resolución en materia de Impacto y Riesgo Ambiental, en donde se describen las obras tipo que comprende el sector petrolero por fase de desarrollo, es decir; preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, finalmente abandono, la cual se presenta en la Tabla 8.1.1-3. Dicho análisis será el marco de referencia técnico legal para analizar las obras existentes y nuevas, que se pretenden realizar en el Área Contractual Calicanto, así como de los resultados que se obtengan de campo en la inspección de las obras tipo (pozos, estaciones de recolección y gasoductos).

La información presentada en la Tabla 8.1.1-4, hace hincapié en las etapas de operación, mantenimiento y abandono, ya que es donde se dan las mayores actividades de proceso de perforación de pozos, de la etapa de producción a través de la conducción de los hidrocarburos en fase líquida y gaseosa, así como de agua de yacimiento o congénita, los cuales son separados en las baterías de separación y demás infraestructura de producción que es requerida en la cadena de valor del sector petrolero.

**GENERALIDADES**

**Tabla 8.1.1-4.-** Matriz de interacción de obras tipo por fase de desarrollo.

Obras tipo	Etapas de desarrollo			Abandono del sitio
	Preparación del sitio	Construcción	Operación y mantenimiento	
Prospección Sismológica 3D	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Despalme y acondicionamiento</li> <li>- Instalación de campamento temporal.</li> <li>- Mantenimiento de equipo mecánico.</li> <li>- Transporte de maquinaria y personal.</li> <li>- Instalación de polvorín.</li> </ul>	No aplica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trazo de retícula de líneas.</li> <li>- Acondicionamiento de línea.</li> <li>- Transporte de explosivos.</li> <li>- Perforación de punto de tiro y cargado de explosivos.</li> <li>- Detonación de explosivos.</li> <li>- Registro de datos sísmicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desmantelamiento de campamento.</li> <li>- Transporte de equipo y maquinaria.</li> <li>- Limpieza de brechas.</li> <li>- Revisión y tapado de pozos.</li> </ul>
Perforación de pozos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Despalme y limpieza.</li> <li>- Nivelación del terreno.</li> <li>- Compactación</li> <li>- Construcción de caminos de acceso.</li> <li>- Transporte de equipo de infraestructura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construcción de la plataforma y contrapozo.</li> <li>- Construcción de canal perimetral.</li> <li>- Instalación de campamentos y letrinas</li> <li>- Transporte de material y equipo</li> <li>- Delimitación de la localización</li> <li>- Instalación de laboratorios de análisis de muestras.</li> <li>- Instalación de centro de telecomunicaciones y cómputo.</li> <li>- Instalación de torre de perforación.</li> <li>- Armado y uso de barrena.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perforación del pozo</li> <li>- Inyección de fluidos de perforación.</li> <li>- Lubricación de corona y polea viajera.</li> <li>- Extracción de barrena y toma de registros convencionales.</li> <li>- Cementación de tuberías de revestimiento.</li> <li>- Instalación de charolas de manejo de fluidos de perforación.</li> <li>- Instalación de las bombas de fluidos de perforación, operados por planta eléctrica.</li> <li>- Toma de muestras de perforación y cambio de barrena.</li> <li>- Desfogue y quema de productos del pozo.</li> <li>- Desmantelamiento de campamento y limpieza de la zona.</li> <li>- Instalación del árbol de válvulas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpieza del sitio y zonas aledañas.</li> <li>- Recuperación de tubería de revestimiento.</li> <li>- Taponamiento del pozo.</li> <li>- Restauración de la vegetación.</li> </ul>

MIA-R Ogerrio Magallanes 2007.

**GENERALIDADES**

Continuación de la tabla 8.1.1-4

Obras tipo	Etapas de desarrollo			
	Preparación del sitio	Construcción	Operación y mantenimiento	
Obras de infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desmonte, despalle y limpieza del terreno.</li> <li>- Trazo y nivelaciones.</li> <li>- Compactación</li> <li>- Construcción de terraplenes</li> <li>- Transporte de personal y equipo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trazo y nivelación</li> <li>- Cercado o bardeado</li> <li>- Cimentaciones</li> <li>- Instalación de tanques de almacenamiento.</li> <li>- Instalación de tuberías.</li> <li>- Instalación de drenajes de tipo industrial, pluvial y sanitario.</li> <li>- Señalamientos</li> <li>- Instalaciones eléctricas</li> <li>- Instalación de quemadores ecológicos.</li> <li>- Instalación de separadores trifásicos.</li> <li>- Instalación de líneas trampas de diablos.</li> <li>- Instalación de cabezales de baja, media y alta presión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recepción de hidrocarburos.</li> <li>- Separación de gas y condensados.</li> <li>- Mantenimiento de caminos de acceso.</li> <li>- Transporte de materiales y equipos.</li> <li>- Mantenimiento preventivo y correctivo.</li> <li>- Mantenimiento a quemadores.</li> <li>- Mantenimiento a instalaciones eléctricas.</li> <li>- Envío de gas y condensados a puntos de venta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desmantelamiento de instalaciones.</li> <li>- Transporte y descarga de personal, materiales, lubricantes, etc.</li> <li>- Saneamiento y limpieza del terreno.</li> </ul>
Ductos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Selección del sitio</li> <li>- Despalle y limpieza del terreno y del camino de acceso.</li> <li>- Trazo del derecho de vía y nivelaciones</li> <li>- Transporte del personal</li> <li>- Transporte del equipo, materiales, lubricantes y combustible.</li> <li>- Transporte, acarreo y descarga de tubería.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carga, acarreo de tubería</li> <li>- Excavación de zanja</li> <li>- Doblado, alineado y soldado de la tubería.</li> <li>- Protección mecánica.</li> <li>- Inspección radiográfica.</li> <li>- Tendido de la tubería.</li> <li>- Cruces con cuerpos de agua y caminos.</li> <li>- Perforación direccional controlada.</li> <li>- Prueba de hermeticidad y limpieza exterior.</li> <li>- Protección anticorrosiva.</li> <li>- Instalación de señalamientos.</li> <li>- Inyección de agua utilizada en la prueba hidrostática a pozos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reparación de tuberías y sustitución de tramos dañados.</li> <li>- Mantenimiento de derecho de vía.</li> <li>- Corridas de diablos para la limpieza del ducto.</li> <li>- Pruebas de espesor de tubería.</li> <li>- Inspección y vigilancia de los derechos de vía.</li> <li>- Supervisión de válvulas, análisis y pruebas de corrosión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desmantelamiento de trampas de diablos y válvulas de seccionamiento.</li> <li>- Clausura de los sistemas de conducción de hidrocarburos.</li> </ul>

MIA-R Ogarrio Magallanes 2007.

GENERALIDADES

Por otra parte, se consideró la cartera de obra para el periodo 2007 a 2026 señalado tanto en la resolución como en la MIA-R del proyecto Ogarrio Magallanes, Tabla 8.1.1-5. Esto con la finalidad de observar el desarrollo progresivo de la actividad en el periodo 2007 al 2026 y verificar el cumplimiento de términos y condicionantes de obras nuevas.

Por otra parte en la resolución, se señala que se autorizaron 3,885 obras, entre las que destacan la perforación de 70 pozos exploratorios y 404 de desarrollo, la construcción o instalación de 10 estaciones de compresión, 200 cabezales, así como la realización de 4 prospecciones sismológicas en un periodo de 20 años (2007-2026).

**Tabla 8.1.1-5.-** Cartera de obras (pozos) del proyecto Ogarrio Magallanes.

TIPO/AÑO	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	Total
Pozos exploratorios	3	4	3	4	3	4	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	70
Pozos de desarrollo	22	15	23	19	22	15	21	24	27	19	21	23	24	19	23	17	18	20	17	15	404
Totales	25	19	26	23	25	19	25	27	31	25	25	26	28	27	20	20	22	23	21	18	474

#### 8.1.1.1.5 Cumplimiento de términos y condicionantes para la perforación del pozo exploratorio Calicanto 101

Siguiendo el cumplimiento de términos y condicionantes establecidos en la resolución emitida en materia de Impacto y Riesgo Ambiental S.G.P.A./DGIRA.-DG-2288.07 y modificación S.G.P.A./DGIRA/DG/0151/09 del proyecto “Desarrollo de actividades del Proyecto Ogarrio Magallanes”, en ellas se señala que cualquiera de las obras descritas en las Tablas 8.1.1-4 y 8.1.1-5 de este documento, deberá realizar un Estudio Ambiental del Sitio EIS, las cuales deberán ser supervisados por un acreditado ambiental (institución universitaria), como lo señala la citada resolución.

En consecuencia, se llevó a cabo el Estudio Ambiental de Sitio para la **Construcción de camino de acceso, pera y presa de quema para la perforación del pozo exploratorio Calicanto 101**, desarrollado

GENERALIDADES

por la Universidad Popular de la Chontalpa. En la Tabla 8.1.1-6 se presenta un resumen del estudio ambiental del sitio de dicha obra, en la cual se confirma que se dio cumplimiento a los términos y condicionantes de las resoluciones mencionadas anteriormente.

Tabla 8.1.1-6.- Resumen del proyecto pozo exploratorio Calicanto 101.

Monitoreo de las condiciones ambientales y seguimiento, evaluación y validación del cumplimiento de Términos y Condicionantes del proyecto Ogarrio-Magallanes No. de convenio PEP-UPCH425101811			
Proyecto	Desarrollo de Actividades Petroleras del Proyecto Regional Ogarrio-Magallanes		
Obra	Construcción de camino de acceso, pera y presa de quema para la perforación del pozo exploratorio Calicanto 101		
Ubicación física de la obra	Localidad	Municipio	Estado
	Paso de la Mina	Huimanguillo	Tabasco
Coordenadas		X	Y
Camino de acceso 1,356.8 m 2.71 ha	Origen	424379	1979263
	Destino	424302	1978007
Vértices de la pera (vértices) 1.33 ha	1	424177	1978031
	2	424316	1978016
	3	424306	1977921
	4	424167	1978035
Presa de quema 0.39 ha	Centro	424138	1978030
Zonificación funcional	MIA-R	Uso intensivo	
	POEET	Uso intensivo con predominancia de herbáceas	
<b>Diagnóstico inicial del área</b>			
Hidrología superficial	Llanura Costera Inundable (Llanura Costera del Golfo Sur de México, subprovincia fisiográfica Llanuras y Pantanos Tabasqueños)		
Edafología	Con base al acervo de información geográfica INEGI y al mapa digital de México el suelo en el área propuesta para la obra corresponde a un <b>Vertisol</b>		
Componente florístico	La vegetación del área del proyecto se delimitó cartográficamente por medio de imágenes satelitales, tomando como referencia inicial el mapa de vegetación de la MIA-R. De acuerdo a dicha zonificación, el área del proyecto se localiza en su totalidad en una <b>Zona de Pastizal Cultivado</b> . No se identificaron especies en estatus de la NOM-059-SEMARNAT-2010.		
Fragilidad ecológica	De acuerdo al análisis de fragmentación derivado de la MIA-R, el área propuesta para la obra se ubica en su totalidad en una zona de <b>Fragilidad Baja</b> .		
Calidad visual del paisaje	Con base en las características observadas en campo, la mayoría de la superficie propuesta para la obra corresponde a la categoría de <b>Zonas Fuertemente Modificadas</b> ,		
Componente faunístico	Se registraron un total de 21 individuos correspondientes a 8 especies. Las aves fueron el grupo con mayor diversidad y abundancia con 6 especies equivalentes a 15 individuos, seguido del grupo de los anfibios con 2 especies. No se identificaron especies en estatus de la NOM-059-SEMARNAT-2010.		
Medidas de prevención, mitigación y compensación	La obra en todas sus etapas de operación, se deberá apegar a lo puntualizado en el Oficio Resolutivo S.G.P.A./DGIRA/DG/2288/07; además se dará cumplimiento a todas las medidas de prevención, mitigación y compensación, así como la aplicación de las Normas Oficiales Mexicanas y las disposiciones legales aplicables, en materia de emisiones a la atmósfera, ruido, luz, vibraciones, aguas residuales, sustancias peligrosas y residuos, establecidas en la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional (MIA-R) del proyecto regional Ogarrio-Magallanes, las especificaciones de las buenas prácticas laborales del Anexo "S" y la normatividad interna de PEMEX aplicable a la obra.		
Conclusión	El Acreditado Ambiental con base a la información obtenida en el recorrido en campo y a lo evaluado cartográficamente determina que la obra: <b>Construcción de camino de acceso, pera y presa de quema para la perforación del pozo exploratorio Calicanto 101 es ambientalmente viable para su realización, siempre y cuando se cumplan cada una de las medidas ambientales puntualizadas en la presente evaluación.</b>		

GENERALIDADES

---

La información presentada en la Tabla 8.1.1-6, se refiere únicamente a la etapa de selección de sitio y perforación del pozo exploratorio Calicanto 101 y no continuó con la fase de producción, es decir; no se construyó la línea de descarga de producción, por lo tanto; no se dio cumplimiento a otros términos y condicionantes en materia de producción, operación y mantenimiento de esta obra.

Para continuar con la operación y mantenimiento del pozo exploratorio 101 y de obras nuevas, en el caso de desarrollar el campo Calicanto, se deberá dar cabal cumplimiento a los términos y condicionantes emitidos en las resoluciones antes señaladas. Cabe mencionar, que en el Dictamen del proyecto de Exploración Cuichapa 2011, la cual tuvo como objetivo dictaminar técnicamente los proyectos de exploración y explotación, previo a las asignaciones que otorguen la Secretaría de Energía SENER y la Comisión Nacional de Hidrocarburos CNH. El pozo exploratorio Calicanto 101 se cita textualmente en el dictamen técnico con probabilidad de éxito geológico y comercial, está amparado en materia de Impacto y Riesgo Ambiental en la resolución **S.G.P.A./DGIRA.-DG-2288.07** y modificación **S.G.P.A./DGIRA/DG/0151/09** del proyecto “**Desarrollo de actividades del Proyecto Ogarrio Magallanes**”.

#### 8.1.1.1.6 Actividades a futuro en el Área Contractual Calicanto

La empresa Calicanto Oil & Gas, S.A.P.I. de C.V, una vez que cuente con la autorización de los estudios de línea base ambiental y de impacto social del área contractual Calicanto, pretende perforar un nuevo pozo convencional desviado y reactivación del pozo exploratorio Calicanto 101 en 2017, en la Tabla 8.1.1-7 se presenta un resumen del nuevo pozo que se pretende perforar. Para mayor información se puede consultar el documento denominado *Extracción de Hidrocarburos bajo la Modalidad de Licencia*, de Calicanto Oil & Gas, S.A.P.I. de C.V.

**Tabla 8.1.1-7.-** Características del pozo nuevo en Área Contractual Calicanto.

Obra a desarrollar	Actividad
Tipo de pozos	Pozo convencional tipo vertical desviado terminado como productor de hidrocarburo.
Ubicación	El pozo será perforado desde la Pera del pozo Calicanto-101. Su objetivo es llegar hasta un horizonte productor de edad Mioceno Medio (Terciario) a una profundidad aproximada de 2600 mvbnm.
Tipo de roca productora	Areniscas. Presión y Temperatura del Yacimiento: 269 Kg/cm <sup>2</sup> y 80 °C respectivamente.
Metodología de perforación	Convencional con mesa rotaria, perforación direccional y transmisión de datos real-time.
Programa de trabajo	Tiempo de perforación y terminación del pozo de 90 días.
Producción	Para el manejo de la producción en superficie, almacenamiento, transporte y comercialización son: Líneas de descarga, oleoductos, válvulas, separadores, tanques de almacenamiento, bombas, compresores, equipos de medición para aceite y gas, equipos de monitoreo, quemadores, que constituirán una Batería de Separación y Estación de Compresión.

Como se ha venido mencionando a lo largo de este capítulo, el desarrollo de nuevas obras en el Área Contractual Calicanto, se tendrán que ajustar en materia de Impacto y Riesgo Ambiental a la resolución **S.G.P.A./DGIRA.-DG-2288.07** y modificación **S.G.P.A./DGIRA/DG/0151/09** del proyecto “**Desarrollo de actividades del Proyecto Ogarrio Magallanes**”.

#### 8.1.1.1.7 Inspección de instalaciones

A continuación se presenta la información referente a la inspección de las instalaciones existentes en el Área Contractual Calicanto y verificar si cumplió con los términos y condicionantes, así como las medidas de prevención y mitigación propuestas en la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad Regional del proyecto “**Desarrollo de actividades del Proyecto Ogarrio Magallanes**”.

#### 8.1.1.1.8 Infraestructura del Área Contractual Calicanto

Durante la inspección realizada en el Área Contractual Calicanto se verificó la existencia de infraestructura petrolera partiendo del reconocimiento y exploración superficial hasta lo aplicable de acuerdo a la cadena de valor (Art. 3, fracción XI Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y Protección al Ambiente del



GENERALIDADES

---

Sector Hidrocarburos), se identificó un pozo exploratorio vertical "Calicanto 101", el cual para fines de cumplimiento legal se encuentra ubicado dentro del polígono del proyecto de Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional del proyecto Ogarrío-Magallanes (MIA-R), el Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Tabasco (POEET).

La infraestructura existente en dicha instalación es la siguiente:

- 1 Camino de acceso
- 1 Presa de quema
- 1 Pozo (Calicanto 101)
- Preparación para LDD hasta límite de Macro Pera
- 2 Contrapozos (Calicanto 102 y Calicanto 103)

Dicha instalación se encuentra ubicada en el Municipio de Huimanguillo, Tabasco, dentro del Activo Integral Cinco Presidentes, Campo Calicanto con coordenadas en UTM WGS 84 X: 424177; Y: 1978139.

Aunado a la información del pozo resalta la fecha de inicio de perforación treinta y uno de enero de dos mil trece realizada por el equipo PEMEX 4017 finalizando el cinco de octubre de dos mil trece, registrando datos de profundidad total de 4,160.00 metros el cual extrae producto Hidrocarburo a base de ACEITE/GAS.

En lo referente a la terminación del pozo se encuentra una fecha de inicio para el 15/10/2013 sin fecha de puesto en producción, sin embargo de acuerdo a los comentarios expuestos por el propietario del predio se indica que recientemente se realizaron actividades petroleras en dicha instalación directamente en pozo, aprox. En el mes de abril 2016 por Cii. SCHLUMBERGER.

El estado actual del pozo de acuerdo a lo recabado en campo es "fuera de operación" sin infraestructura petrolera para su transporte.

GENERALIDADES

Lo recabado en las actividades de campo para el estudio línea base ambiental se detectaron y registraron treinta y un anomalías ambientales desglosadas de la siguiente manera: diez en el área de cuadro de maniobras y veintún directamente en el pozo (Tabla 8.1.1-8). Asimismo, en el anexo fotográfico A, se presentan todas las anomalías desde el punto de vista ambiental, de operación y mantenimiento de la instalación, en este caso el pozo. Cabe señalar, que estas anomalías pueden ser indicadores de la identificación de daños ambientales y preexistentes, tanto de manera puntual como dispersa o en los alrededores que comprende el Área Contractual Calicanto.

**Tabla 8.1.1-8.- Anomalías identificadas en la instalación del pozo exploratorio Calicanto 101.**

ASPECTOS A CONSIDERAR PARA LAS INSTALACIONES PETROLERAS								
N°	Tipo de Obra	Instalación	Coordenadas UTM		Estado de la Obra	Observaciones	Factor Afectado	Nivel de Afectación
			X	Y				
1	Cuadro de Maniobras	Calicanto 101	424245	1977980	Fuera de operación	Cercado perimetral incompleto.	Mantenimiento	Medio
						Falta de señalización, portón de acceso y guardagigante.	Mantenimiento	Medio
						Chatarra dentro del cuadro de maniobras.	Mantenimiento	Medio
						Presencia de manchas de aceite.	Mantenimiento	Medio
						Presencia de RSU (Manguera de presa metálica).	Mantenimiento	Medio
						Presencia de RP (Trapos impregnados con aceite).	Mantenimiento	Medio
						Contra pozos sin barandales e inundado al 50%.	Mantenimiento	Medio
						Manchas de aceite en Cuadro de maniobras.	Mantenimiento	Medio
						Fosa séptica abandonada.	Mantenimiento	Medio
						HC Intemperizado con restos de ceniza (posible brizeo).	Mantenimiento	Medio

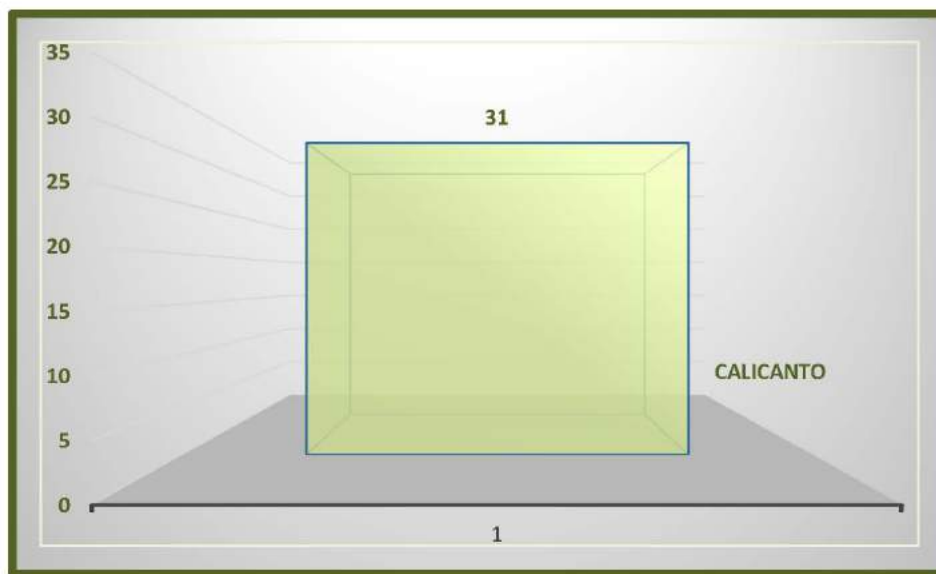
GENERALIDADES

Continuación Tabla 8.1.1-8

ASPECTOS A CONSIDERAR PARA LAS INSTALACIONES PETROLERAS								
N°	Tipo de Obra	Instalación	Coordenadas UTM		Estado de la Obra	Observaciones	Factor Afectado	Nivel de Afectación
			X	Y				
1	Pozo	Calicanto 101	424245	1977980	Fuera de operación	Faltante de brida de sondeo.	Mantenimiento	Medio
						Faltante de capuchón.	Mantenimiento	Medio
						Faltante de válvula lateral externa de trabajo.	Mantenimiento	Medio
						Faltante de tapón roscado en brida de reducción lateral de trabajo.	Mantenimiento	Medio
						Faltante de válvula lateral externa de descarga.	Mantenimiento	Medio
						Faltante de brida ciega en válvula lateral de descarga.	Mantenimiento	Medio
						Corrosión en Árbol de Válvulas.	Mantenimiento	Medio
						Árbol de válvulas contaminado con HC.	Mantenimiento	Medio
						Faltante de brida ciega en válvula lateral izquierda de primer TR.	Mantenimiento	Medio
						Faltante de tapón roscado en válvula lateral izquierda en segunda TR.	Mantenimiento	Medio
						Faltante de brida ciega en válvula lateral derecha de primer TR.	Mantenimiento	Medio
						Faltante de tapón roscado en válvula lateral derecha de segunda TR.	Mantenimiento	Medio
						Faltante de volante en válvula lateral interna de trabajo.	Mantenimiento	Medio
						Faltante de volante en válvula maestra.	Mantenimiento	Medio
						Faltante de volantes de primer TR.	Mantenimiento	Medio
						Possible tercer TR inundada.	Mantenimiento	Medio
						Volante de la válvula lateral interna de trabajo quebrado.	Mantenimiento	Medio
Contrapozo inundado al 50% de agua contaminada con HC.	Mantenimiento	Medio						
Contrapozo dañado.	Mantenimiento	Medio						
Faltante de rejilla tipo Irving.	Mantenimiento	Medio						
Faltante de barandal de contrapozo.	Mantenimiento	Medio						

GENERALIDADES

En las Gráficas 8.1.1-1 y 8.1.1-2, se presenta el total de las anomalías de operación y mantenimiento identificadas y la comparación entre las del pozo y las que comprenden el cuadro de maniobras y sus alrededores. Dichos resultados de las inspecciones, son determinantes para la aplicación de un programa de mantenimiento de las instalaciones; aún cuando estas estén abandonadas por razones económicas u otros factores que se desconocen.



Gráfica 8.1.1-1.- Anomalías Totales en Instalaciones.



Gráfica 8.1.1-2.- Anomalías desglosadas de acuerdo a rubros de instalación.

## 8.1.2 Medio Abiótico

### 8.1.2.1 Climatología y meteorología

La climatología es una herramienta importante de las investigaciones en ecología y recursos naturales, trabaja en estrecha relación con la meteorología, la primera estudia el clima y la segunda el estado del tiempo en un momento dado; además de que a partir del clima se distribuyen los organismos, comunidades, ecosistemas y los biomas. En las características climáticas de una región, se encuentran intrínsecas las posibilidades de desarrollo de las interacciones entre organismos. Estas interacciones se pueden entender a partir de los dos principales elementos del tiempo y el clima: la temperatura del aire y la precipitación pluvial. Lo anterior motiva y hace necesario incluir en los estudios mencionados a la climatología (Bautista *et. Al.* 200 Landa et al, 2008).

El clima es la síntesis de las condiciones meteorológicas correspondientes a un área dada, caracterizada por las estadísticas basadas en un período largo de las variables referentes al estado de la atmósfera en dicha área (OMM, 2011).

Con base en la definición anterior el clima es el estado medio del tiempo, en donde los elementos son el resultado de la interacción de factores climáticos (latitud, altitud, orografía, circulación general de la atmósfera, distribución de continentes y océanos así como las corrientes marinas). De esta manera las variables climáticas y los elementos nos permiten definir así como caracterizar el clima de un área determinada, además de ser considerados como benéficos o limitantes en las obras que se pretenden realizar en el proyecto.

Por lo anterior el clima es un componente ambiental importante donde se desarrollan las actividades del Área Contractual Calicanto, por lo que es fundamental conocer los elementos y distribución de las condiciones que prevalecen en él y, prevenir riesgos por precipitación, temperatura, dirección y velocidad de vientos entre otros la variabilidad espacial, temporal e interrelacionada.

### 8.1.2.1.1 Metodología

Las fuentes de información para la caracterización climática del Área Contractual Calicanto son las siguientes: base de datos normales climatológicas de la estación Huimanguillo (00027017), ubicada en el municipio del mismo nombre, y de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), de donde se obtuvieron las variables de temperatura máxima, mínima, media, precipitación, niebla, tormentas eléctricas y granizo. Por evaporación total se usaron datos de la estación climatológica Francisco Rueda (00027015), en cuanto a la humedad relativa, dirección y velocidad del viento, se utilizaron datos de la estación agroclimática C-41, de la Red de Estaciones del (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias) INIFAP. En determinación del tipo de clima del Área Contractual Calicanto se consideró la carta de climas escala 1: 1,000 000, de acuerdo a Köppen modificado por E. García (INEGI, 1982). En cuanto a la trayectoria y frecuencias de huracanes se utilizó la base de datos del Centro Nacional de Huracanes, Miami, Florida del período 1950-2009 e información publicada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

En la Tabla 8.1.2.1-1, se presentan los datos de ubicación de las estaciones climatológicas y agroclimáticas utilizados como referencia para el estudio.

**Tabla 8.1.2.1-1.-** Localización geográfica de las estaciones utilizadas para la caracterización del Área Contractual Calicanto.

Estación	Latitud	Longitud	Altitud/msnm
Estación climatológica Huimanguillo (00027017)	17° 49' 45"	093° 23' 30"	36
Estación agroclimática C-41	17°56'32"	093°27'22"	ND
Estación climatológica Francisco Rueda (00027015)	17° 50' 12"	093° 56' 30"	7

Fuente: Comisión Nacional de Agua e INIFAP.

CLIMA



Figura 8.1.2.1-1.- Ubicación de las estaciones climatológicas (CONAGUA) y agroclimatológica (INIFAP) para la caracterización del Área Contractual Calicanto.

### 8.1.2.1.1 Tipo de clima

En el Plano 3 (Geología), Figura 8.1.2.1-2 se presenta el tipo de clima característico del proyecto, de acuerdo con Köppen modificado por E. García (INEGI, 1982), el Área Contractual Calicanto presenta un tipo de clima identificado como Am(f), es cálido, húmedo, con temperatura media anual mayor a 22°C y temperatura del mes más frío mayor a 18°C.



CLIMA

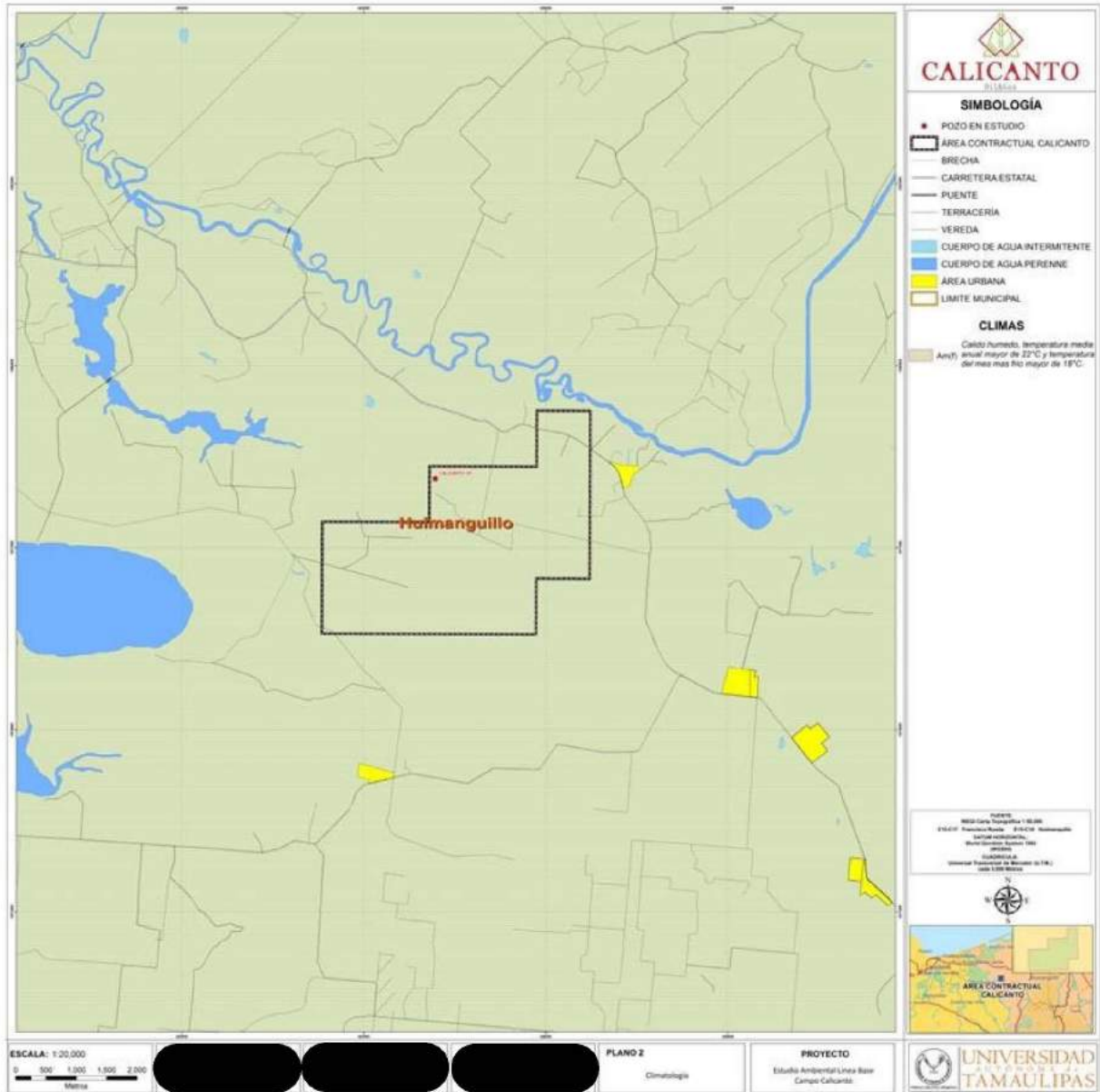


Figura 8.1.2.1-2.- Clima característico del Área Contractual Calicanto.

### 8.1.2.1.2 Temperatura

El promedio de temperatura máxima anual, para el área de estudio, es de 31,5°C, la mínima promedio anual es de 20,9°C y la temperatura promedio de 26,2°C, como se aprecia en la Tabla 8.1.2.1-2.

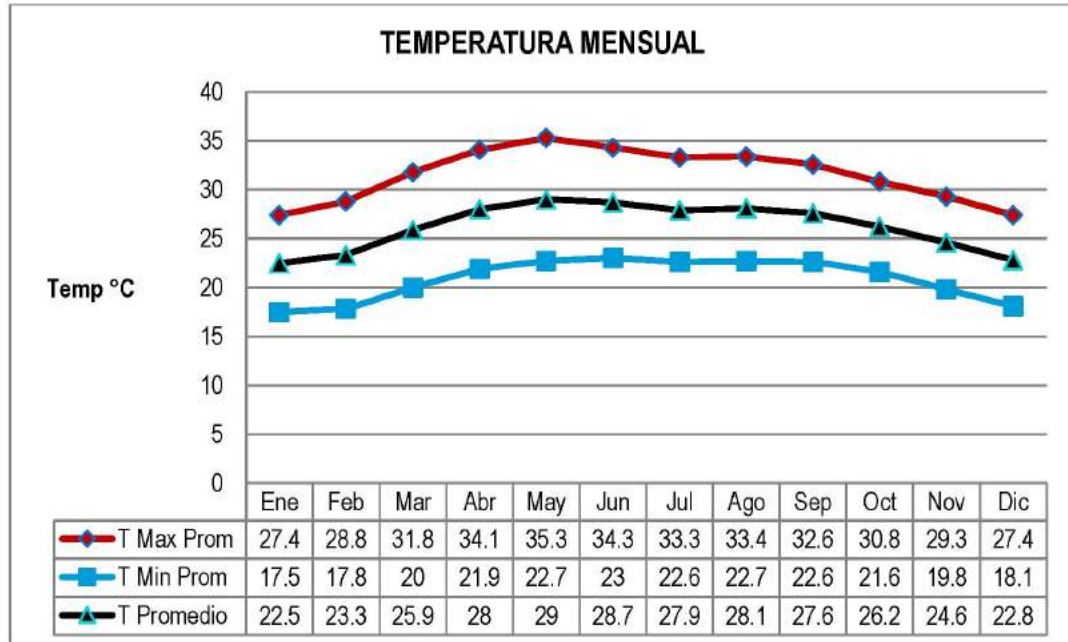
**Tabla 8.1.2.1-2.-** Temperaturas promedio mensuales y anuales de la estación climatológica Huimanguillo, para el periodo 1951-2010.

Temperatura		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Huimanguillo	Máxima	27,4	28,8	31,8	34,1	35,3	34,3	33,3	33,4	32,6	30,8	29,3	27,4	31,5
	Minima	17,5	17,8	20,0	21,9	22,7	23,0	22,6	22,7	22,6	21,6	19,8	18,1	20,9
	Media	22,5	23,3	25,9	28,0	29,0	28,7	27,9	28,1	27,6	26,2	24,6	22,8	26,2

Fuente: Normales Climatológicas de la Comisión Nacional del Agua, 2010.

La temperatura máxima extrema registrada en la estación Huimanguillo es de 42,0°C, se presentó el 17 de Mayo de 1981; la mínima con 9,0°C se registró el 5 de Febrero de 1951. Como puede observarse la oscilación de temperaturas térmica es de 10,6°C.

En la Gráfica 8.1.2.1-1, muestra la marcha anual de las temperaturas máxima, mínima y media mensuales en la estación Huimanguillo, en donde se observa que en las tres curvas los meses más calientes son abril, mayo y junio, y los meses más fríos son enero, febrero y diciembre.



**Gráfica 8.1.2.1-1.-** Temperaturas máxima, mínima y media mensual de la estación climatológica Huimanguillo.

Fuente: Normales Climatológicas de la Comisión Nacional del Agua, 2010.

### 8.1.2.1.3 Precipitación

La precipitación promedio anual del área de influencia, es de 2 054,2 mm, la máxima mensual promedio es de 356,1 mm, se presenta en septiembre y la mínima promedio con 64,2 mm, en abril (Tabla 8.1.2.1-3).

La precipitación máxima mensual histórica en la estación Huimanguillo ocurrió en noviembre de 1959, con 738,0mm; y el día con más lluvia en 24 horas ocurrió el 06 de noviembre del 1959 con 310,0 mm; el mes y día con las precipitaciones máximas históricas han ocurrido en los meses con temporada de huracanes.

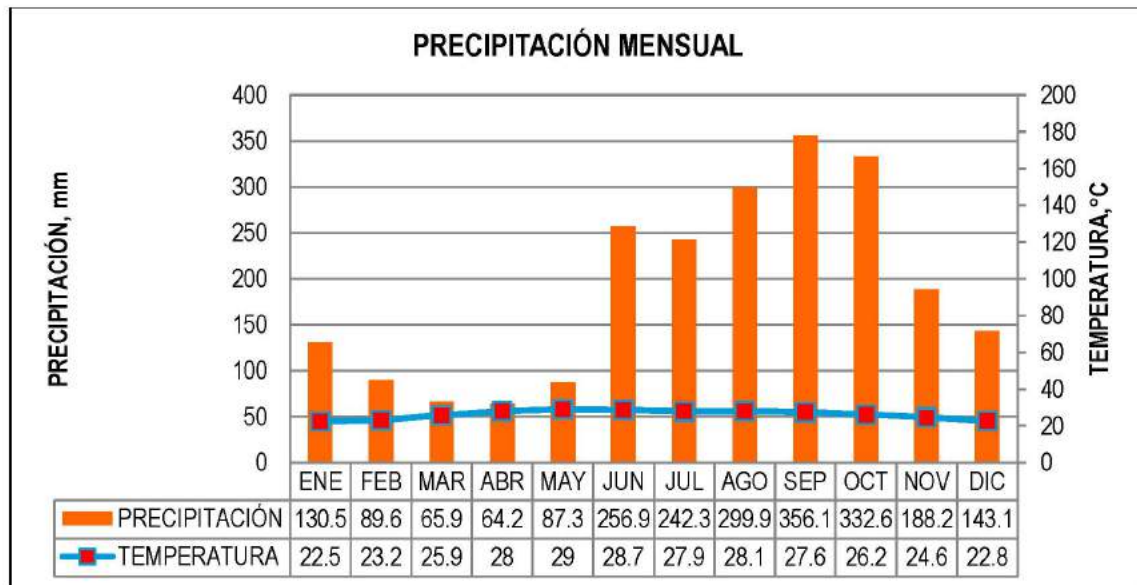
CLIMA

Tabla 8.1.2.1-3.- Precipitación promedio mensual, anual de la estación climatológica Huimanguillo para el periodo 1951 - 2010.

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Huimanguillo	130,5	89,6	65,9	64,2	87,3	256,9	242,3	299,9	356,1	332,6	188,2	143,1	2054.2

Fuente: Normales Climatológicas de la Comisión Nacional del Agua, 2010.

En la Gráfica 8.1.2.1-2, se presenta el climograma de la estación climatológica Huimanguillo para el periodo de 1951 a 2010, los meses con menor precipitación son: marzo y abril, en tanto que la época de lluvias ocurre de junio a noviembre; la máxima precipitación ocurre en septiembre debido a la temporada de huracanes, presenta 11 meses con recarga de agua al suelo.



Gráfica 8.1.2.1-2.- Climograma para la estación climatológica Huimanguillo para el periodo 1951-2010.

Fuente: Normales Climatológicas de la Comisión Nacional del Agua, 2010.

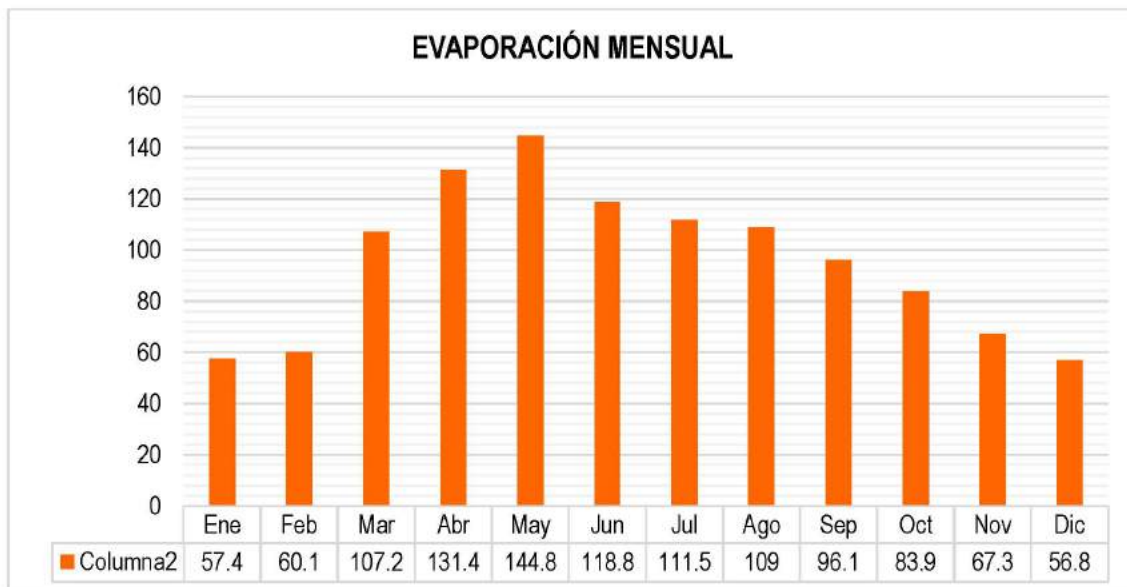
#### 8.1.2.1.4 Evaporación

En la Gráfica 8.1.2.1-3, se puede apreciar la evaporación promedio mensual en el área de influencia de la estación climatológica Francisco Rueda, en donde el mes con menor evaporación es diciembre con 56,8mm y la mayor evaporación ocurre en el mes de mayo con 144,8 mm. La evaporación promedio anual es de 1,144.3 mm.

Tabla 8.1.2.1-4.- Evaporación promedio mensual y anual de la estación climatológica Francisco Rueda.

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Francisco Rueda	57,4	60,1	107,2	131,4	144,8	118,8	111,5	109,0	96,1	83,9	67,3	56,8	1144,3

Fuente: Normales Climatológicas de la Comisión Nacional del Agua, 2010.



Gráfica 8.1.2.1-3.- Evaporación promedio mensual de la estación climatológica Francisco Rueda.

Fuente: Normales Climatológicas de la Comisión Nacional del Agua, 2010.

### 8.1.2.1.5 Humedad relativa

La humedad relativa es la proporción de vapor de agua real en el aire, comparado con la cantidad de vapor de agua necesaria para la saturación a temperatura dada en el sitio, así mismo indica la proximidad a la saturación, representado en porcentaje de 0-100, en donde el cero indica aire totalmente seco y 100 ambiente 100%, saturado con presencia de rocío en las mañanas.

**Tabla 8.1.2.1-5.-** Humedad relativa en la estación agroclimática C-41 en el año 2011.

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
Estación C-41	86,42	85,88	76,34	68,33	70,20	77,05	85,03	77,33	86,23	89,03	78,45	83,20	<b>80,29</b>

Fuente: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2015.

Como se observa la humedad relativa se mantiene dentro de ciertos límites estable a lo largo del año.

### 8.1.2.1.6 Intemperismos severos

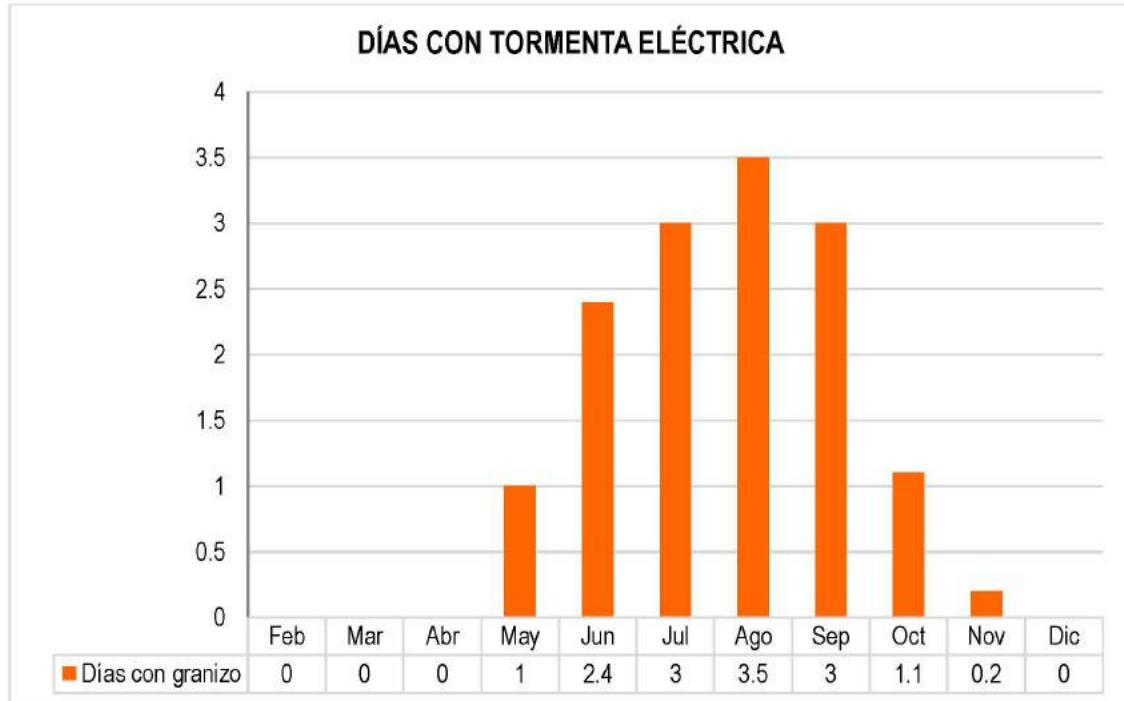
#### 8.1.2.1.6.1 Frecuencia de tormentas eléctricas

En los meses de febrero, marzo y abril no hay tormentas eléctricas, en junio, julio, agosto y septiembre se registran 11,9 días con tormentas eléctricas de un total de 14,2 en todo el año (Tabla 8.1.2.1-6 y Gráfica 8.1.2.1-4).

**Tabla 8.1.2.1-6.-** Días con tormentas eléctricas promedio mensual y anual de la estación climatológica Huimanguillo, periodo 1951-2010.

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Huimanguillo	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,4	3,0	3,5	3,0	1,1	0,2	0,0	<b>14,2</b>

Fuente: Normales Climatológicas de la Comisión Nacional del Agua, 2010.



**Gráfica 8.1.2.1-4.-** Número promedio de días con tormentas eléctricas de la estación climatológica Huimanguillo para el periodo 1951-2010.

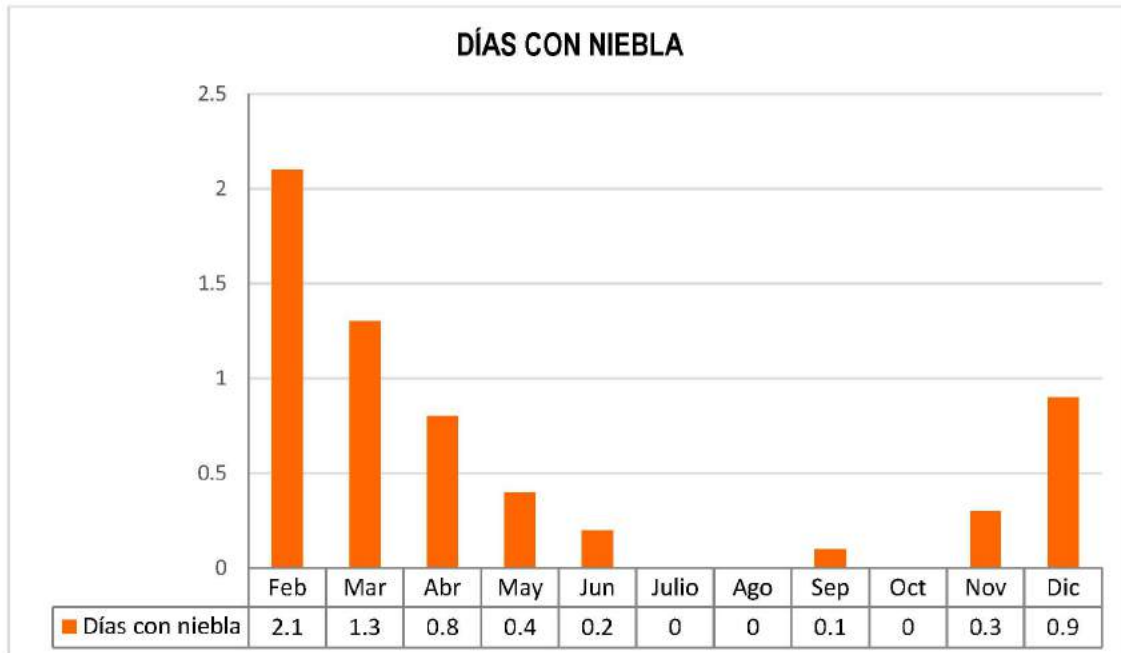
#### 8.1.2.1.6.2 Niebla

La presencia de este fenómeno es más frecuente en la temporada invernal, característica de altas concentraciones de humedad; para el área de influencia del Área Contractual Calicanto ocurre principalmente en los meses de diciembre, enero y febrero con 5,0 de un total de 7,7 días promedio por año de acuerdo con datos de 50 años de la estación climatológica Huimanguillo (Gráfica 8.1.2.1-5).

**Tabla 8.1.2.1-7.-** Días con niebla promedio mensual y anual de la estación climatológica Huimanguillo, periodo 1951-2010.

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Huimanguillo	2,1	1,3	0,8	0,4	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,9	1,6	7,7

Fuente: Normales Climatológicas de la Comisión Nacional del Agua, 2010.



Fuente: Normales Climatológicas de la Comisión Nacional del Agua, 2010.

**Gráfica 8.1.2.1-5.-** Días con niebla promedio mensual y anual de la estación climatológica Huimanguillo, período 1951-2010.

### 8.1.2.1.6.3 Frecuencia de granizadas

En el período 1951-2010, con 28 años de observación, no existen reportes de granizadas en la estación climatológica Huimanguillo.

### 8.1.2.1.7 Dirección y velocidad de vientos

Los vientos dominantes durante los meses de abril a septiembre son del este al sureste y de octubre a marzo soplan los denominados "nortes", que se presentan con intervalos de ocho días.

En la Tabla 8.1.2.1-8, se reportan las velocidades máximas, promedio mensuales y dirección del viento que predomina en la estación agroclimática C-41 del año 2011.



**Tabla 8.1.2.1-8.-** Velocidades máximas, promedio mensuales en km/h, de la Estación agroclimática C-41 del año 2011.

Estación	C-41			
	Mes	VW máxima	DV máxima	W promedio
Enero				
Febrero	16,6	5,1 (N)	2,15	270,4 (O)
Marzo	18,9	49,1 (NE)	3,51	263,23 (O)
Abril	18,3	205 (SO)	3,84	324,9 (NO)
Mayo	17,8	37,2 (NE)	3,55	163,67 (S)
Junio	25,0	41,3 (NE)	2,72	352,49 (N)
Julio	23,6	32,8(NE)	2,29	232,47 (S)
Agosto	71,6	0,0 (N)	34,87	166,02 (S)
Septiembre	74,8	241,3 (S)	32,22	180,69 (S)
Octubre	ND	ND	ND	ND)
Noviembre	ND	ND)	ND	ND
Diciembre	ND	ND	ND	ND

Fuente: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2016.

### 8.1.2.1.8 Trayectorias y frecuencias de huracanes

El Golfo de México y el Mar Caribe se caracterizan por ser generadores de fenómenos meteorológicos que escalan a huracanes muy severos. Los huracanes tropicales ocasionados por las intensas depresiones atmosféricas que se generan en la zona intertropical de convergencia y, que a su vez generan vientos en torbellino de gran magnitud, han alcanzado velocidades de hasta 287 km/h, ubicándose en la categoría (H5). Figura 8.1.2.1-3.

De acuerdo con el National Weather Service de EE.UU, citado por la CONAGUA en el Atlas Digital del Agua, 2012, el Área Contractual Calicanto ha sido afectada por 7 huracanes intensos (Tabla 8.1.2.1-9).

Tabla 8.1.2.1-9.- Huracanes intensos que han afectado el Área Contractual Calicanto, en el periodo 1970-2011.

Nombre	Lugar de entrada a tierra	Fecha ocurrencia	Velocidad máxima (km/hora)	Categoría
Carmen	Punta Herradura, Q.R.	29/08/1974	222	H4
Gilbert	Puerto Morelos, Q.R.	08/09/1988	287	H5
Roxanne	Tulum, Q.R.	08/10/1995	185	H3
Isidore	Tel Chac, Yuc.	18/09/2002	205	H3
Emily	20 km N de Tulum, Q.R.	10/07/2005	215	H4
Wilma	Cozumel-Playa del Carmen, Q.R.	15/10/2005	230	H4
Dean	Puerto Bravo, Q.R.	13/08/2007	260	H5

Fuente: CONAGUA, 2012.

Tabla 8.1.2.1-10.- Escala de Huracanes Saffir-Simpson, del Centro Nacional de Huracanes.

Clave	Nombre	Velocidad
DT	Depresión tropical	Menor de 62 km/h
TT	Tormenta Tropical	63-118 km/h
H1	Categoría 1	119-153 km/h
H2	Categoría 2	154-177 km/h
H3	Categoría 3	178-208 km/h
C4	Categoría 4	209-251 km/h
H5	Categoría 5	Más de 252 km/h

CLIMA

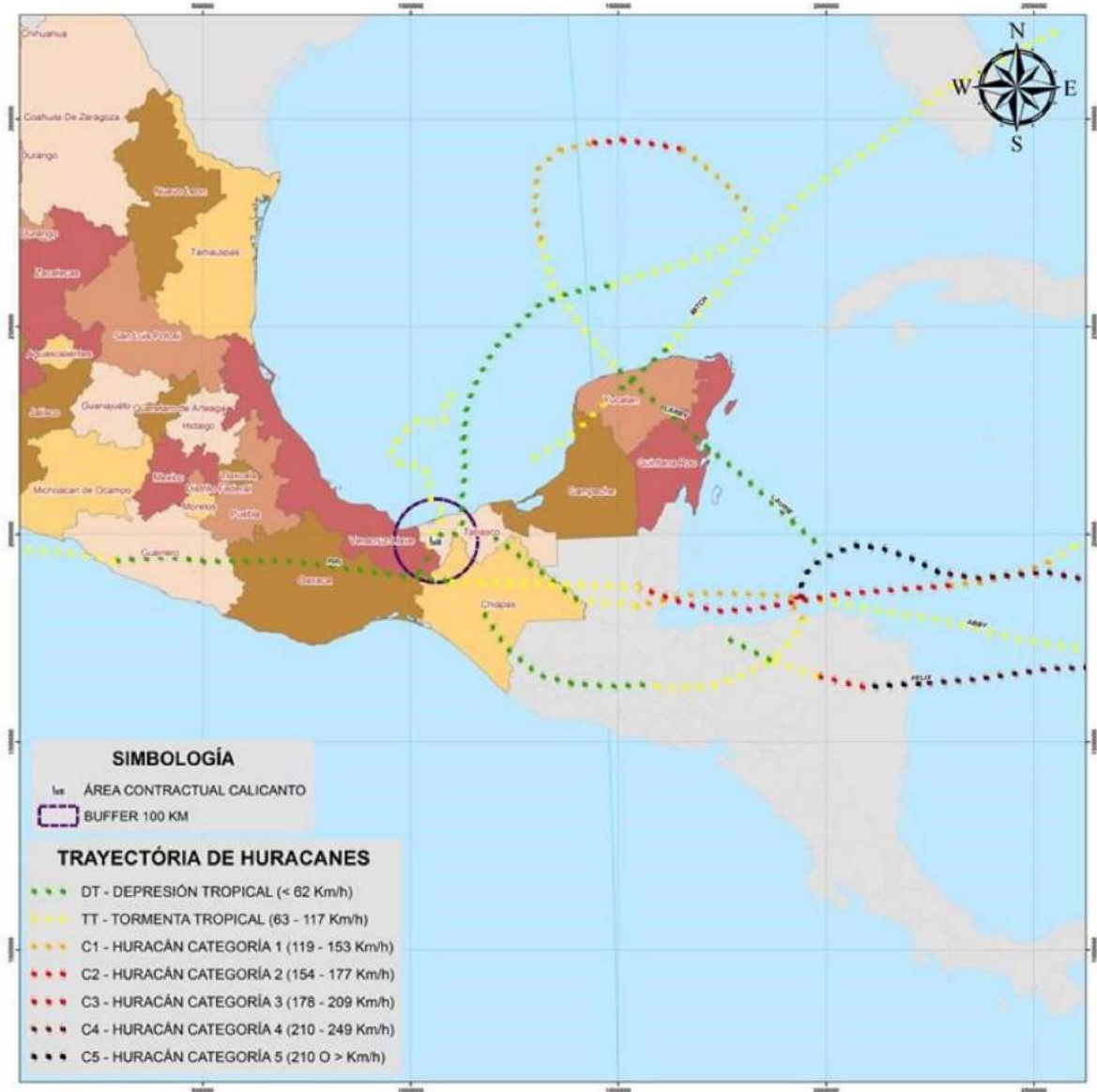
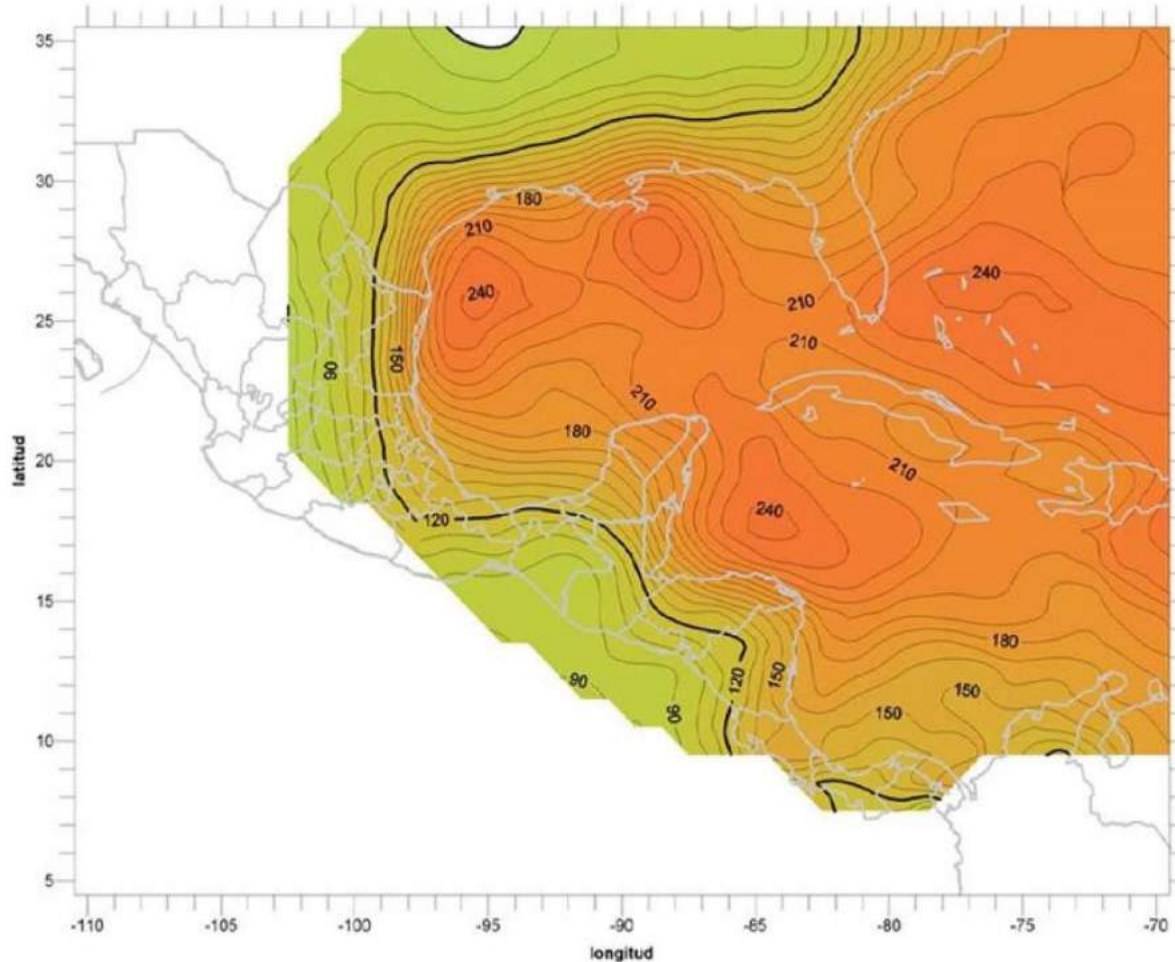


Figura 8.1.2.1-3.- Ubicación del sitio del proyecto, con respecto a la trayectoria de huracanes que tocaron o se acercaron a menos de 100 km de distancia del Área Contractual Calicanto.

Fuente: Atlas Climatológico de Ciclones Tropicales en México, 2002.

CLIMA



Fuente: Atlas Climatológico de Ciclones Tropicales en México, 2002.

**Figura 8.1.2.1-4.-** Velocidad de vientos máximos sostenidos en km/h de ciclones tropicales que se han presentado en el Atlántico en el periodo de 1851 a 2000 (Atlas Climatológico de Ciclones Tropicales en México, 2002).

Por lo anterior, la probabilidad de un riesgo por incidencia de altas velocidades de viento en la trayectoria del proyecto es alta es decir, se esperan depresiones, tormentas tropicales y huracanes de categoría uno a cinco alcanzando velocidades de 287 km/h, que ratifica la Figura 8.1.2.1-4.

### 8.1.2.1.9 Inundaciones

Las inundaciones están íntimamente ligadas a la historia del estado de Tabasco. Tienen su origen en la confluencia de factores naturales y antropogénicos.

El estado de Tabasco es la entidad que tiene el nivel de precipitación más alto del país. Además, del análisis de la precipitación pluvial se verifica que se presentan dos máximos, separados por la canícula. El primer máximo ocurre en el mes de junio en tanto que el segundo, que corresponde al mayor absoluto se alcanza en el mes de septiembre o bien de octubre. El período de mayor precipitación va de junio a noviembre, lapso en el cual se concentra alrededor del 72% de la lluvia total anual (Tabla 8.1.2.1-11).

Tabla 8.1.2.1-11.- Períodos de lluvia, sequías, temporales y nortes.

Nortes (Periodo lluvioso)	Enero
	Febrero
Seca	Marzo
	Abril
	Mayo
Temporal (Periodo lluvioso)	Junio
	Julio
	Agosto
	Septiembre
Nortes (Periodo lluvioso)	Octubre
	Noviembre
	Diciembre

Los ríos con características divagantes, como el Mezcalapa pasando por la zona oriente de la ciudad de Huimanguillo, con cauce de gran anchura, casi nula pendiente del terreno, presentando grandes playones e islotes, serpentea en un lecho muy permeable de fondos movedizos y márgenes sin cohesión (se ha observado en los últimos años, la tendencia del río a cargarse hacia su margen izquierda, a retomar el cauce del hoy denominado río Seco).

CLIMA

La intervención antropogénica ha contribuido en la alteración de los sistemas hidráulicos en repetidas ocasiones. Para definir este procedimiento, se utiliza el término rompido.

Por ejemplo, hacia 1675, los habitantes de la región de La Chontalpa, específicamente de los municipios de Cunduacán, Jalpa y Huimanguillo sufrían los continuos embates de los piratas ingleses que saqueaban los poblados. La vía de entrada de estos piratas eran tanto la barra de Dos Bocas como el río González. Como una medida de prevención ante estos ataques, en ese año se realizó el primer rompido que consiste en la desviación del río Mezcalapa hacia el oriente, a la altura del poblado de Nueva Zelanda, Huimanguillo.

De tal suerte que el río Mezcalapa quedó unido al viejo (original) río Grijalva, formando una sola corriente. Por lo que al cauce en el que transitaba el río Mezcalapa hasta Dos Bocas, comenzó a secarse y lo nombraron por esta razón como "Río Seco".

Otro de los factores antropogénicos que ha contribuido a la alteración de los flujos naturales en el estado de Tabasco, es la construcción del sistema de presas, conocido como complejo hidroeléctrico del Grijalva.



Figura 8.1.2.1-5.- Perspectiva aérea de las Centrales Hidroeléctricas ubicadas en el Complejo Grijalva.

**Tabla 8.1.2.1-12.-** Cronología de inundaciones (1879-2009) en el estado de Tabasco.

FECHA	MUNICIPIOS AFECTADOS
1879	Villahermosa
1909	Villahermosa
1912	Tenosique, Cárdenas, Comalcalco, Cunduacán, Huimanguillo, Jalpa y Nacajuca
1918	Villahermosa
1921	Jonuta y Villahermosa
1921	Huimanguillo
1922	Jonuta, Tenosique, Villahermosa
1927	Villahermosa
1927	Tenosique
1927	Tres cuartas partes del estado inundado incluyendo Villahermosa, Huimanguillo y Tacolpa
1929	Cunduacán, Huimanguillo, Nacajuca, Jalpa de Méndez, Teapa Villahermosa
1930	Jalapa, Balancán, Tenosique, Huimanguillo, Teapa
1932	Trece municipios de los diecisiete
1936	Tabasco, incluido Villahermosa
1941	Nacajuca
1942	Cárdenas, Comalcalco, Cunduacán, Huimanguillo, Paraiso, Teapa, Tacotalpa, Macuspana, Emiliano Zapata, Balancán, Tenosique
1944	Paraiso, Cunduacán
1952	Villahermosa
1955	Villahermosa
1999	Villahermosa
2007	57,5% del estado
2009	Huimanguillo, Cárdenas, Paraiso, Comalcalco y Cunduacán

FUENTE: Para las inundaciones hasta 1955: Inundaciones y lluvias extremas en Tabasco, 2008, Gama Campillo, L., et. al., Semana de Divulgación y Video Científico 2008. Recuperado en agosto de 2016 de:

<http://www.archivos.ujat.mx/dip/divulgacion%20y%20video%20cientifico%202008/DA%20CBI%20OL%20GamaC.pdf>

Para inundaciones de 2007: Informe de las inundaciones de 2007 en el estado de Tabasco, 2008, Senado de la República, Recuperado en agosto de 2016 de: <https://www.imta.gob.mx/gaceta/antecedentes/g12-04-2008/informe-tabasco.pdf>

Para inundaciones de 2009: Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2009, Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2010: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Publicaciones/CDs2010/CDProteccion/pdf/31D.pdf>

#### 8.1.2.1.10 Calidad del aire

Es el “estado de la concentración de los diferentes contaminantes atmosféricos en un periodo de tiempo y lugar determinados, cuyos niveles máximos de concentración se establecen en las normas oficiales mexicanas y que son catalogados por un índice estadístico atendiendo sus efectos en la salud humana”, de acuerdo con la NORMA Oficial Mexicana NOM-156-SEMARNAT-2012, Establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire. Diario Oficial de la Federación, 18 de junio de 2012.

La mala calidad del aire tiene un impacto negativo en el desarrollo social y económico, afectando la competitividad económica de los países. La mala salud resultante de la contaminación del aire cuesta billones de dólares anualmente, a nivel mundial, en costos médicos y pérdida de productividad.

Los contaminantes del aire se han clasificado como contaminantes criterio y contaminantes no criterio. Los contaminantes criterio se han identificado como perjudiciales para la salud y el bienestar de los seres humanos. Se les llamó contaminantes criterio porque fueron objeto de evaluaciones publicadas en documentos de calidad del aire en los Estados Unidos (EEUU), con el objetivo de establecer niveles permisibles que protegieran la salud, el medio ambiente y el bienestar de la población. Actualmente el término “contaminantes criterio” ha sido adoptado en muchos países. Para cada contaminante criterio se han desarrollado guías y normas. Las guías son recomendaciones que establecen los niveles de exposición a contaminantes atmosféricos, a fin de reducir los riesgos o proteger de los efectos nocivos. Las normas establecen las concentraciones máximas de los contaminantes atmosféricos que se permiten durante un período definido, estos valores límite son diseñados con un margen de protección ante los riesgos y tienen la finalidad de proteger la salud humana y el medio ambiente.

El monitoreo de la calidad del aire se debe llevar a cabo de una manera continua para poder observar los cambios en las concentraciones de los contaminantes con el tiempo, y se define como el conjunto de metodologías diseñadas para muestrear, analizar y procesar en forma continua y sistemática las concentraciones de sustancias o de contaminantes presentes en el aire. Esto lo hace diferente al muestreo y análisis de contaminantes.



---

CLIMA

---

El monitoreo sirve de herramienta para la identificación y evaluación de problemas de la calidad del aire (OMS, 2000). El monitoreo, junto con los modelos de predicción y los inventarios de emisiones, son parte integral de la gestión de la calidad del aire.

Una estación de monitoreo consiste en una caseta que contiene diversos equipos, como analizadores automáticos, monitores, sensores meteorológicos, entre otros, destinados a monitorear las concentraciones de uno o más contaminantes del aire y, por lo general, algunos parámetros meteorológicos; con la finalidad de evaluar la calidad del aire en un área determinada.

El objetivo del monitoreo es determinar, de fondo, la calidad del aire en el Área Contractual Calicanto y su zona de influencia; durante un período de 24 horas continuas.

### Contaminantes criterio

#### *Material particulado (PM10 y PM2.5)*

Es una mezcla de partículas líquidas y sólidas, de sustancias orgánicas e inorgánicas, que se encuentran en el aire que respiramos. Del material particulado, las partículas “finas” o más pequeñas (aquellas con un diámetro aerodinámico menor a 2.5 micrómetros o PM2.5) son especialmente dañinas, puesto que pueden penetrar profundamente en los pulmones, donde pueden causar inflamación y empeoramiento de condiciones cardíacas o pulmonares; lo que puede ocasionar una muerte prematura. Las partículas tienen distintos tamaños y formas, y pueden formarse a partir de cientos de diferentes químicos, algunos de los cuales poseen propiedades carcinogénicas. Algunas partículas, conocidas como partículas primarias, son emitidas directamente por una fuente, por ejemplo, los automóviles, autobuses y camiones de carga, industrias, ciertos comercios, obras de construcción, vías sin pavimentar, chimeneas, humo de cigarrillo o incendios. Otras, nombradas partículas secundarias, son formadas por medio de complicadas reacciones en la atmósfera, a partir de otros químicos emitidos por plantas de generación de energía, industrias y automóviles. Además de sus impactos en la salud, las partículas contienen una gran proporción de carbón negro (u hollín), el cual es el componente del material particulado que más luz absorbe e, igual que otros contaminantes que afectan la salud, es formado en la combustión incompleta de combustibles fósiles,

CLIMA

---

biocombustibles y biomasa; aunque es un contaminante de corta vida, esto es, permanece en la atmósfera por sólo una a cuatro semanas, sus efectos en el clima son de carácter primordialmente regional.

*Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)*

Es un gas que, en altas concentraciones, puede irritar las vías aéreas de los pulmones, empeorando los síntomas de aquellas personas que sufren enfermedades pulmonares. También contribuye a la formación de ozono troposférico y material particulado fino. Es formado como resultado de la quema de combustibles fósiles a temperaturas altas. Sus principales fuentes de emisión son los automóviles y otras fuentes móviles, y las calderas de las plantas de generación de energía. Otras fuentes pueden abarcar las calderas industriales, la manufactura de vidrio, las refinerías de petróleo y la manufactura de ácido nítrico. Algunas fuentes naturales o biogénicas de óxidos de nitrógeno incluyen relámpagos, incendios forestales, incendios de pastizales, árboles, arbustos, grasas y levaduras.

*Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)*

Como el NO<sub>2</sub>, es un gas que puede exacerbar los síntomas de aquellos individuos que sufren enfermedades respiratorias o cardíacas. Es primordialmente formado en la combustión de combustibles fósiles en las plantas generadoras de energía y en otras instalaciones industriales, así como en fuentes móviles en un menor grado; y por consiguiente es un problema en algunas áreas urbanas e industriales.

*Monóxido de carbono (CO)*

El monóxido de carbono se forma durante la combustión incompleta del material orgánico. En altas concentraciones puede provocar asfixia, debido a que la hemoglobina de la sangre tiene una gran afinidad por este compuesto, compitiendo con el oxígeno durante la respiración. La exposición prolongada a concentraciones moderadas puede provocar desde dolor de cabeza hasta la pérdida del conocimiento. La

presencia de monóxido de carbono en altas concentraciones dentro de espacios cerrados y con poca ventilación, puede provocar una intoxicación grave e incluso la muerte.

### **Normatividad**

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), en materia de salud ambiental, establecen los límites máximos permisibles para la protección de la salud pública contra los daños ocasionados por la contaminación. Su creación, revisión y actualización es competencia de la Secretaría de Salud del Gobierno Federal. Los límites se definen de acuerdo a la evidencia científica sobre los efectos de la contaminación en la salud humana.

En el monitoreo de la calidad del aire se emplean dos tipos de normas: las NOM de salud ambiental que establecen los límites permisibles para el contaminante criterio y las NOM técnicas que definen los métodos de medición del contaminante criterio que se describen más adelante

Todo el proceso de monitoreo de la calidad del aire se realizó de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-156-SEMARNAT-2012, Establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire. Diario Oficial de la Federación, 18 de junio de 2012.

Los valores que se toman como referencia para comparar los obtenidos por el monitoreo, son los establecidos en las siguientes normas (Tabla 8.1.2.1-13):

Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-1993, Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO). Valor permisible para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población. Diario Oficial de la Federación, 18 de agosto de 1994.

NORMA Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2010, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Valor normado para la concentración de dióxido de

CLIMA

azufre (SO<sub>2</sub>) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. Diario Oficial de la Federación, 11 de junio de 2010.

NORMA Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-1993, Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población. Diario Oficial de la Federación, 18 de agosto de 1994.

NORMA Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014, Salud ambiental. Valores límites permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> en el aire ambiente y criterios para su evaluación. Diario Oficial de la Federación, 4 de agosto de 2014.

**Tabla 8.1.2.1-13.- Niveles máximos permisibles para los parámetros a monitorear.**

Contaminante	Norma	
Monóxido de Carbono (CO)	NOM-021-SSA1-1993	11 ppm Promedio móvil de ocho horas
Bióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	NOM-022-SSA1-2010	0,110 ppm Promedio de 24 horas 0,025 ppm Promedio anual 0,200 ppm Promedio de ocho horas
Bióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	NOM-023-SSA1-1993	0,210 ppm Promedio horario
PM-10	NOM-025-SSA1-2014	75 µg/m <sup>3</sup> Promedio de 24 horas 40 µg/m <sup>3</sup> Como promedio anual
PM – 2.5	NOM-025-SSA1-2014	45 µg/m <sup>3</sup> Como promedio de 24 horas 12 µg/m <sup>3</sup> Como promedio anual

Los métodos aplicados para la medición de los parámetros monitoreados son los establecidos en las siguientes normas (Tabla 8.1.2.1-14):

Norma Oficial Mexicana NOM-034-SEMARNAT-1993, Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

CLIMA

Norma Oficial Mexicana NOM-035-SEMARNAT-1993, Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

Norma Oficial Mexicana NOM-036-SEMARNAT-1993, Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de ozono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

Norma Oficial Mexicana NOM-037-SEMARNAT-1993, Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de nitrógeno en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

NOM-038-SEMARNAT-1993, Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de azufre en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

**Tabla 8.1.2.1-14.-** Métodos analíticos utilizados.

Parámetro	Método de evaluación	NORMA Oficial Mexicana
Bióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	Fluorescencia	NOM-038-SEMARNAT-1993
Monóxido de carbono (CO)	Infrarrojo no dispersivo	NOM-034-SEMARNAT-1993
Bióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	Quimioluminiscencia	NOM-037-SEMARNAT-1993
Partículas suspendidas totales (PST)	Muestreo de alto volumen	NOM-035-SEMARNAT-1993
Partículas suspendidas finas (PM-10 y 2.5)	Muestreo de bajo volumen	Dichotomus sampler Method EPA Reference RFPS-0789-073

**Calidad del aire a nivel regional**

En el Informe Nacional de Calidad del Aire 2014, no se incluye información del estado de Tabasco; Sin embargo existe una estación de monitoreo de la calidad del aire en el Instituto Tecnológico de Villahermosa

CLIMA

---

y se han realizado algunos estudios de calidad del aire en sitios específicos, ninguno en el Área Contractual, pero se presentan como referencias.

En 2008 se realizó el estudio “Análisis de partículas suspendidas totales (PST) y partículas fracción respirable (PM-10), en Cunduacán, Tabasco”, por H. Pérez-Vidal, et al, de la UJAT, en donde encontraron que la principal fuente de emisión que coincide con los meses que registraron altas concentraciones de partículas monitoreadas en Cunduacán, son los incendios agropecuarios. De acuerdo con los resultados obtenidos, los niveles de PST más altos se presentaron en los meses de abril y mayo del año 2003; dos días se superó la norma de  $260 \mu\text{m}^3$ . En cuanto a las PM-10, ocho días se rebasó la norma ( $150 \mu\text{m}^3$ ), esto sucedió sobre todo en la época de sequía, periodo en el cual se prepara a la tierra para el cultivo y comúnmente se realiza la quema de pastizales lo que causa una gran emisión de partículas.

Al respecto, Protección Civil reporta que durante el mes el de abril del 2003 en Cunduacán, se registraron 30 controles de incendios. En mayo reportaron 39, originándose estos en predios baldíos urbanos, quemas de pastizales y agropecuarios; mientras que en junio, julio y agosto se reportaron 11, en septiembre 2, en octubre ninguno y en noviembre 2 controles de incendios. Los incendios agropecuarios afectaron un total de 411 hectáreas de enero a noviembre del 2003, de los cuales sólo el 75% pudieron ser controlados (Anónimo 2003). Además, en mayo del año 2003, la Secretaría de Salud manifestó que la contaminación ambiental generada por la quema de pastizales rebasó la Norma Oficial Mexicana, de  $150 \mu\text{m}^3$  y ante ello, exhortó a la población tabasqueña a tomar medidas preventivas para evitar enfermedades respiratorias (PNUMA 2003).

Los promedios mensuales de las partículas PST y PM-10, así como datos meteorológicos de Humedad relativa, Temperatura, Velocidad y Dirección del viento permiten concluir que es en la temporada de seca donde se registran las concentraciones más elevadas de material particulado y en la temporada de lluvias disminuye. Esto puede estar asociado a la influencia de la lluvia que actúa como depuradora de partículas en la atmósfera, sin embargo, esto no implica que el riesgo a la salud desaparezca por que la exposición de los contaminantes asociados a las partículas permanecen en el ambiente (Escalona et al. 2002).

CLIMA

---

En 2007, Sergio Ramos Herrera, et al, de la UJAT, condujeron el estudio “Análisis temporal de la partículas PM-10 en Villahermosa, Tabasco”, en donde obtuvieron que el máximo diario y la media anual de PM-10 no rebasaron los máximos permitidos, por lo que la calidad del aire fue satisfactoria durante 2007. La concentración media de PM-10 en la temporada de secas fue mayor que en temporada de lluvias. El mes de mayo presentó el promedio mensual más alto de partículas,  $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . El domingo fue el día con menor concentración de partículas,  $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la época de lluvias y  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la de secas. La variación diurna de la concentración presentó picos típicos de concentración, uno a las 9:00 horas y el otro a las 20:00 horas. En la época de secas estos picos fueron de  $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y en la época de lluvias fueron de  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente.

De acuerdo con los boletines emitidos por la estación de monitoreo Instituto Tecnológico de Villahermosa, para los parámetros  $\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_2$  y  $\text{PM}_{10}$ , en el año 2015, la calidad del aire en la ciudad de Villahermosa, Tabasco fue buena; excepto en algunos días de los meses de julio y agosto, donde las concentraciones de  $\text{CO}$ ,  $\text{O}_3$  y  $\text{PM}_{10}$  estuvieron elevadas, resultando con una calidad del aire no satisfactoria y muy mala.

Así como quedó establecido en la metodología autorizada, se buscó la pertenencia del Área Contractual Calicanto a una cuenca atmosférica, se encontró que se encuentra dentro de los límites de la cuenca atmosférica Campeche, Figura 8.1.2.1-6.

CLIMA

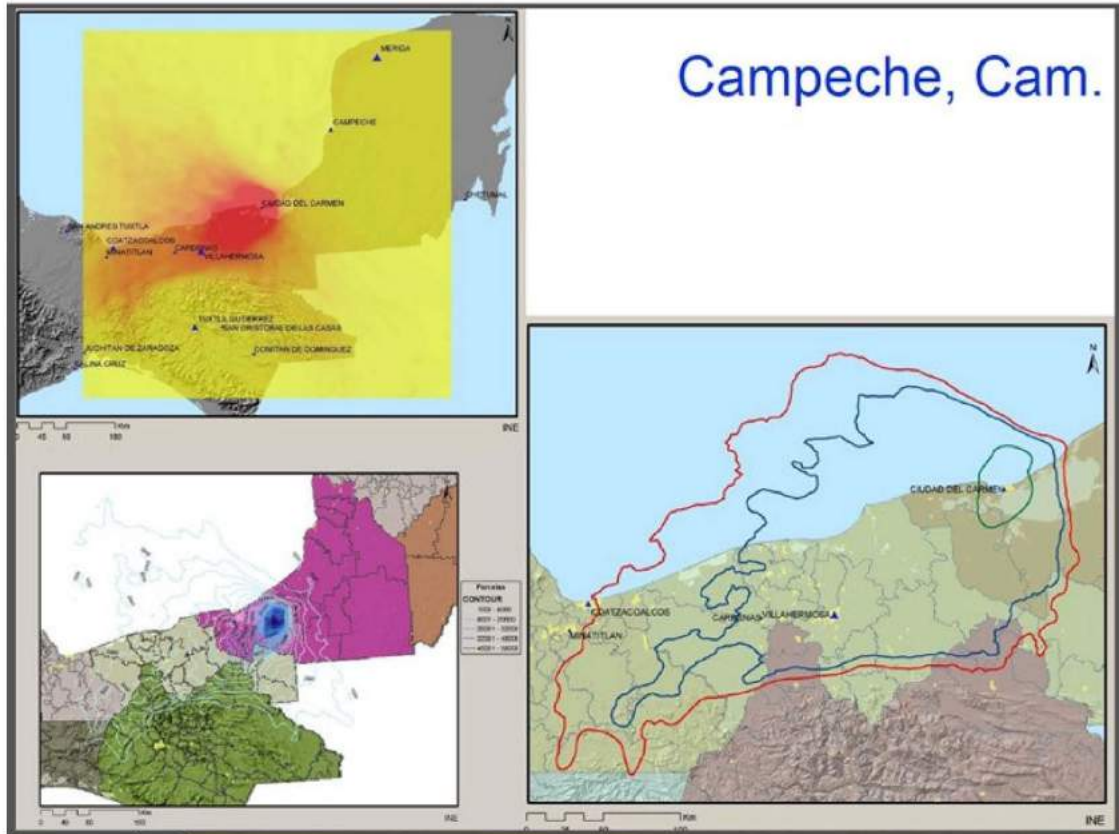


Figura 8.1.2.1-6.- Patrón de dispersión, densidad de parcelas de viento y límites probables de la cuenca atmosférica Campeche.

Fuente: Identificación de Cuencas Atmosféricas en México, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2007.

### Monitoreo de la calidad del aire Área Contractual Calicanto

Se estableció un sitio de monitoreo para identificar las concentraciones de fondo de los contaminantes criterio a determinar.

Los criterios para la selección del sitio de monitoreo fueron:

La ubicación del Área Contractual Calicanto dentro de la Cuenca Atmosférica Campeche.



CLIMA

---

Dirección de los vientos dominantes.

Ubicación cercana de casas habitadas, cuyos habitantes pudieran ser afectados por algún detrimento en la calidad del aire.

Sí en el pozo existieran emisiones, la influencia de éstas en la calidad del aire debe registrarse en el monitoreo.

En la Tabla 8.1.2.1-15 y Figura 8.1.2.1-7 se presentan las coordenadas y localización del sitio que mejor cumplió con los criterios establecidos.

**Tabla 8.1.2.1-15.-** Coordenadas del sitio de monitoreo de la calidad del aire.

SITIO ÚNICO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL ÁREA CONTRACTUAL CALICANTO	
COORDENADAS UTM	
X	Y
424177.27	1978139.03

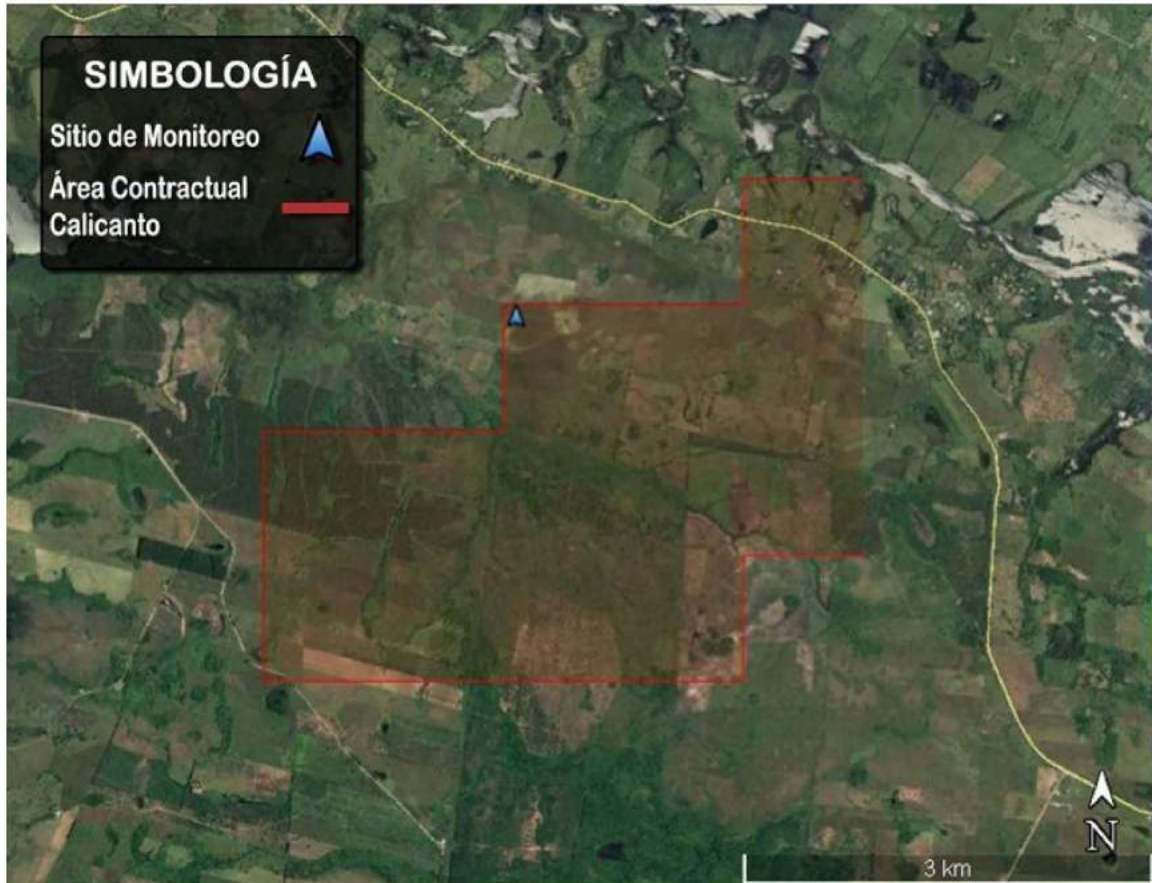


Figura 8.1.2.1-7.- Ubicación del sitio de monitoreo dentro del Área Contractual Calicanto.

La unidad móvil de monitoreo está conformada por los siguientes equipos: Analizador de óxidos de nitrógeno, analizador de bióxido de azufre, analizador de monóxido de carbono, muestreador de partículas alto volumen, kit de calibración para muestreadores de alto volumen, generador de aire cero, estación meteorológica, módulo calibrador de gases, lap top, muestreador de bajo volumen (dicotomo) y difusor, montados en un vehículo tipo van. En el **Anexo B** se presentan la marca, modelo y características de cada uno de estos equipos.

De acuerdo con la metodología autorizada, los parámetros que fueron registrados son óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, bióxido de azufre, partículas suspendidas totales, partículas menores a 10

CLIMA

micrómetros, partículas menores a 2.5 micrómetros, temperatura ambiente, humedad relativa, presión barométrica, dirección y velocidad del viento.

Los días anteriores al monitoreo se registraron lluvias intensas, durante el monitoreo se registró precipitación pluvial durante 20 minutos; los alrededores al sitio de monitoreo son superficies de gramíneas para el ganado.

El monitoreo de 24 horas continuas inició a las 11:25 horas del día 28 de octubre de 2016 y terminó a las 11:35 horas del día siguiente.



Fotografía 8.1.2.1-1.- 1. Montaje de la unidad de monitoreo. 2. Equipo instalado. 3. Verificación del funcionamiento de los analizadores. 4. Identificación de los filtros y unidades de almacenamiento de datos.

## Resultados

### Parámetros meteorológicos

En la Tabla 8.1.2.1-16 se presentan la velocidad y dirección del viento durante las 24 horas de monitoreo, como se observa los vientos que dominaron fueron los del suroeste; con velocidades que oscilan entre los 1,2 y 6,0 metros por segundo; con un promedio de 3,64 metros por segundo.

Tabla 8.1.2.1-16.- Dirección y velocidad del viento.

TIEMPO HORAS	VELOCIDAD DEL VIENTO ( m/s )	W.D. GRADOS	DIRECCION PROVENIENTE DEL VIENTO
12:25	2.9	206	SW
13:25	4.9	211	SW
14:25	5.9	220	SW
15:25	5.4	232	SW
16:25	5.2	240	SW
17:25	5.4	235	SW
18:25	6.0	229	SW
19:25	5.1	313	NW
20:25	3.4	267	W
21:25	5.1	274	W
22:25	5.4	296	NW
23:25	2.6	298	NW
00:25	1.2	285	W
01:25	2.3	226	SW
02:25	2.5	229	SW
03:25	3.1	199	S
04:25	2.0	204	S
05:25	1.7	163	S
06:25	3.4	153	S
07:25	2.7	227	SW
08:25	1.9	187	S
09:25	2.9	223	SW
10:25	3.2	200	SW
11:25	3.2	221	SW
<b>PROMEDIO</b>	<b>3.64</b>	.....	.....

SW=Suroeste, W=Oeste, S=Sur, NW=Noroeste.

### Temperatura y humedad relativa

En la Tabla 8.1.2.1-17 presenta la temperatura y la humedad relativa que se registraron en las 24 horas de monitoreo.

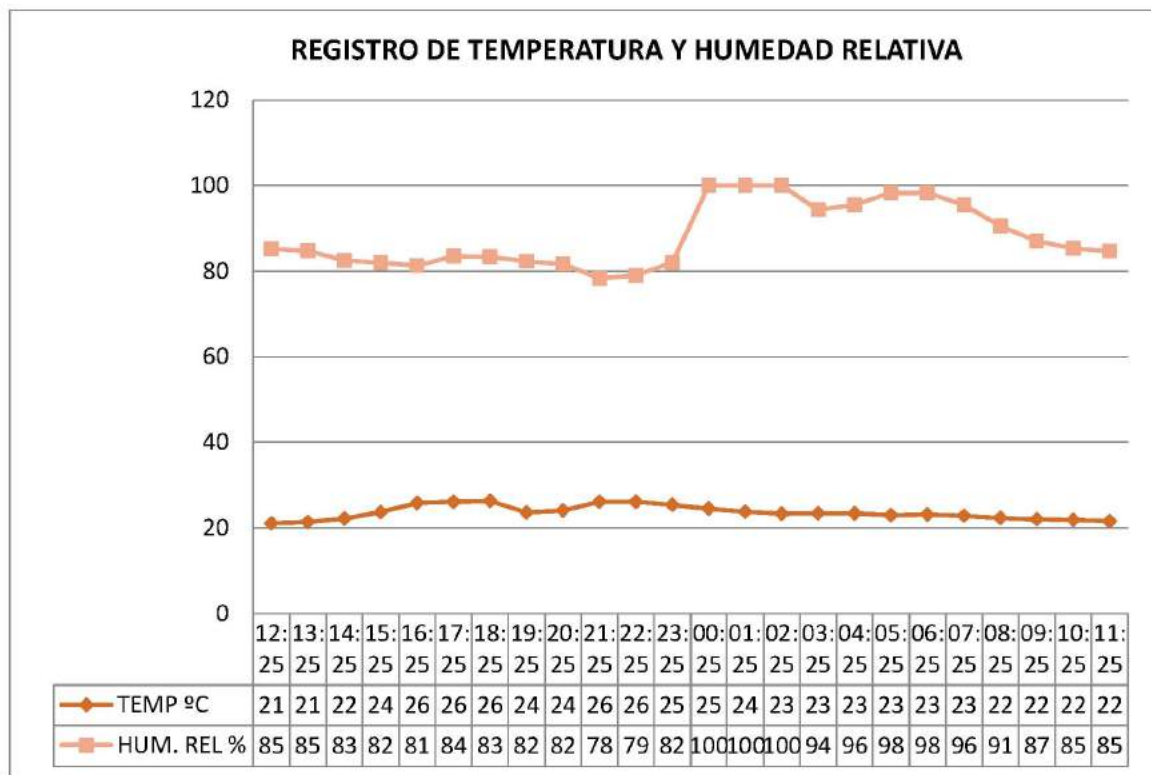
Se registró una temperatura promedio de 23,61 °C, en un rango de 21,1 a 26,3 °C; la humedad relativa promedio fue de 87,3 %, con un rango de 78,2 a 100%.

Tabla 8.1.2.1-17.- Registro de temperatura y humedad relativa.

TIEMPO HORAS	TEMPERATURA °C	HUMEDAD RELATIVA %
12:25	21.1	85.2
13:25	21.4	84.8
14:25	22.2	82.5
15:25	23.7	82.0
16:25	25.8	81.3
17:25	26.1	83.5
18:25	26.3	83.3
19:25	23.6	82.3
20:25	24.1	81.7
21:25	26.1	78.3
22:25	26.1	78.3
23:25	25.4	79.0
00:25	24.5	82.0
01:25	23.8	100.0
02:25	23.3	100.0
03:25	23.4	100.0
04:25	23.4	94.3
05:25	23.0	95.5
06:25	23.1	98.3
07:25	22.8	95.5
08:25	22.3	90.5
09:25	22.0	87.0
10:25	21.9	85.3
11:25	21.6	84.7
<b>PROMEDIO</b>	<b>23.6</b>	<b>87.3</b>

CLIMA

En la Gráfica 8.1.2.1-6 se presenta el comportamiento a través de las 24 horas de la temperatura y la humedad relativa; la temperatura siguió el comportamiento esperado, es decir, valores más altos durante la tarde y más bajos durante la noche; la humedad relativa es muy alta, llegando a la saturación (100,0 %) entre las 1:25 y 3:25 de la mañana.



Gráfica 8.1.2.1-6.- Comportamiento de la temperatura y la humedad relativa durante el monitoreo.

### Presión atmosférica

La presión atmosférica se mantuvo, invariable, en los 1 011,0 mBar (milibares), esto es prácticamente la presión atmosférica al nivel del mar.

### Partículas suspendidas totales

Se obtuvo un promedio de 47.3  $\mu\text{m}^3$  de partículas suspendidas totales durante las 24 horas que duró el monitoreo. Éstas han dejado de ser un parámetro criterio en México, por lo que no existe un valor de referencia para comparar estos resultados.

### Partículas menores a 10 micrómetros

Se obtuvieron 24.2  $\mu\text{m}^3$  en promedio de 24 horas; el límite máximo permisible indicado en la NOM-025-SSA1-2014 es de 75.0  $\mu\text{m}^3$ , por lo que este parámetro cumple con esta norma.

### Partículas menores a 2.5 micrómetros

Se registraron 20.4  $\mu\text{m}^3$  en promedio de 24 horas; el límite máximo permisible marcado por la NOM-025-SSA1-2014 es de 45.0  $\mu\text{m}^3$ , por lo que este parámetro en el Área Contractual Calicanto cumple con esta norma.

En la Tabla 8.1.2.1-18 se presentan los resultados obtenidos en el monitoreo del material particulado en esta área contractual y los límites máximos permitidos por la NOM-025-SSA1-2014.

**Tabla 8.1.2.1-18.-** Resultados del monitoreo de las partículas y especificaciones de acuerdo a la NOM-025-SSA1-2014.

Sitio Área Contractual Calicanto			
Parámetros	PST, $\mu\text{m}^3$	PM-10, $\mu\text{m}^3$	PM-2.5, $\mu\text{m}^3$
Resultados	47,3	24,2	20,4
Límite Máximo Permisible (NOM-025-SSA1-2014)		75,0	45,0

### Óxidos de nitrógeno

La NOM-023-SSA1-1993 indica un límite máximo permisible de 395  $\mu\text{m}^3$  de bióxido de nitrógeno en promedio de una hora máximo una vez al año. Se registraron también los óxidos de nitrógeno en general y el monóxido de nitrógeno pero éstos no están normados.

En la Tabla 8.1.2.1-19 se presentan los resultados obtenidos, en donde se observa que ninguna de las lecturas de cada una de las 24 horas se rebasa el límite máximo permisible.

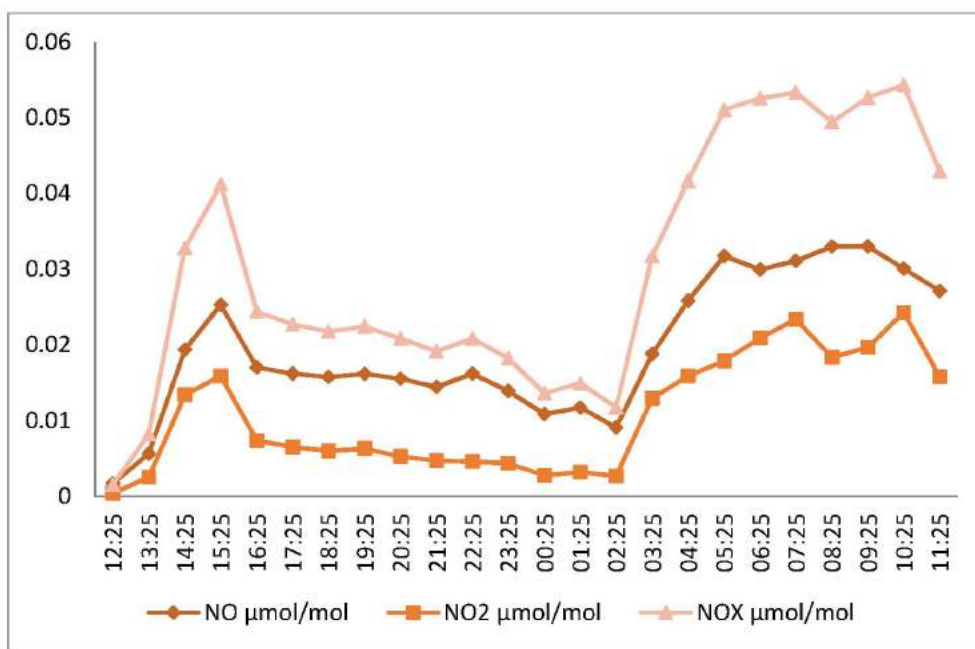
Tabla 8.1.2.1-19.- Resultados del monitoreo de óxidos de nitrógeno

TIEMPO HORAS	NO $\mu\text{m ol/m ol}$	NO <sub>2</sub> $\mu\text{m ol/m ol}$	NO <sub>x</sub> $\mu\text{m ol/m ol}$	NO <sub>2</sub> $\mu\text{g/m}^3$
12:25	0.00117	0.00039	0.00156	0.726
13:25	0.00563	0.00255	0.00818	4.789
14:25	0.01936	0.01341	0.03277	25.210
15:25	0.02530	0.01586	0.04116	29.820
16:25	0.01701	0.00736	0.02437	13.841
17:25	0.01618	0.00650	0.02269	12.229
18:25	0.01576	0.00598	0.02175	11.250
19:25	0.01615	0.00627	0.02242	11.780
20:25	0.01555	0.00527	0.02082	9.898
21:25	0.01444	0.00471	0.01914	8.847
22:25	0.01618	0.00461	0.02079	8.661
23:25	0.01390	0.00433	0.01823	8.139
00:25	0.01085	0.00274	0.01359	5.153
01:25	0.01173	0.00318	0.01491	5.984
02:25	0.00906	0.00265	0.01171	4.988
03:25	0.01878	0.01294	0.03172	24.320
04:25	0.02583	0.01586	0.04168	29.811
05:25	0.03316	0.01788	0.05104	33.620
06:25	0.03169	0.02087	0.05256	39.238
07:25	0.02995	0.02336	0.05331	43.921
08:25	0.03107	0.01835	0.04942	34.504
09:25	0.03297	0.01966	0.05263	36.955
10:25	0.03004	0.02425	0.05429	45.599
11:25	0.02710	0.01580	0.04290	29.707
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.01954</b>	<b>0.01062</b>	<b>0.03015</b>	<b>19.958</b>



CLIMA

En la Gráfica 8.1.2.1-7 se presenta una gráfica con la representación del comportamiento de los óxidos de nitrógeno a través de las 24 horas de monitoreo. Ahí se observa que los tres parámetros analizados tienen un comportamiento similar a lo largo del día. Se presentan dos picos de máximas concentraciones, a las 06:30 y a las 10:20 horas. Sin embargo, están muy lejos del límite máximo permitido por la norma.



Gráfica 8.1.2.1-7.- Comportamiento de los óxidos de nitrógeno durante las 24 horas del monitoreo.

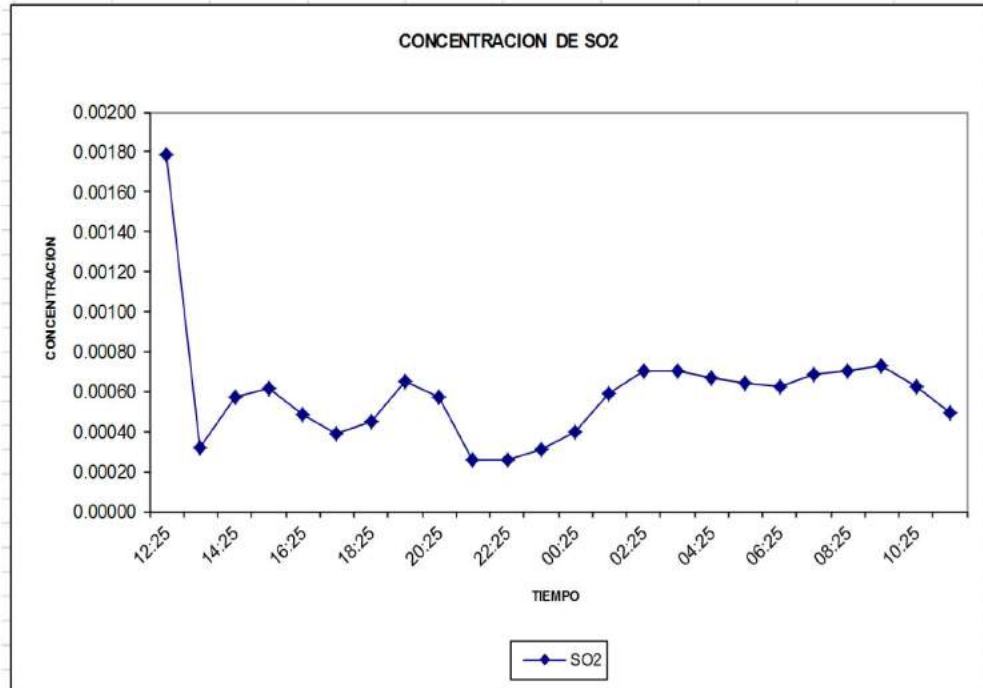
**Bióxido de azufre**

El límite máximo permisible de bióxido de azufre establecido en la NOM-022-SSA1-1993 es de 288  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en un promedio de 24 horas y de 66  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para un promedio anual. Como se observa en la Tabla 8.1.2.1-20, el promedio de las 24 horas monitoreadas para este parámetro es de 1.55  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , lo que está muy por debajo del límite máximo indicado en la norma.

Tabla 8.1.2.1-20.- Registro de bióxido de azufre.

TIEMPO HORA	SO <sub>2</sub>	
	µm ol/m ol	µg/m <sup>3</sup>
12:25	0.00179	4.7
13:25	0.00032	0.8
14:25	0.00057	1.5
15:25	0.00062	1.6
16:25	0.00048	1.3
17:25	0.00038	1.0
18:25	0.00045	1.2
19:25	0.00065	1.7
20:25	0.00058	1.5
21:25	0.00026	0.7
22:25	0.00026	0.7
23:25	0.00031	0.8
00:25	0.00040	1.1
01:25	0.00059	1.6
02:25	0.00070	1.8
03:25	0.00070	1.8
04:25	0.00067	1.7
05:25	0.00064	1.7
06:25	0.00062	1.6
07:25	0.00068	1.8
08:25	0.00070	1.8
09:25	0.00073	1.9
10:25	0.00062	1.6
11:25	0.00050	1.3
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.0006</b>	<b>1.55</b>

La Gráfica 8.1.2.1-8 presenta el comportamiento de las concentraciones de bióxido de azufre durante las 24 horas de monitoreo; se presenta un pico de máxima concentración durante la primera hora de monitoreo, las 12:25 horas, pero no rebasa el límite máximo normado.



Gráfica 8.1.2.1-8.- Comportamiento del bióxido de azufre durante las 24 horas del monitoreo.

### Monóxido de carbono

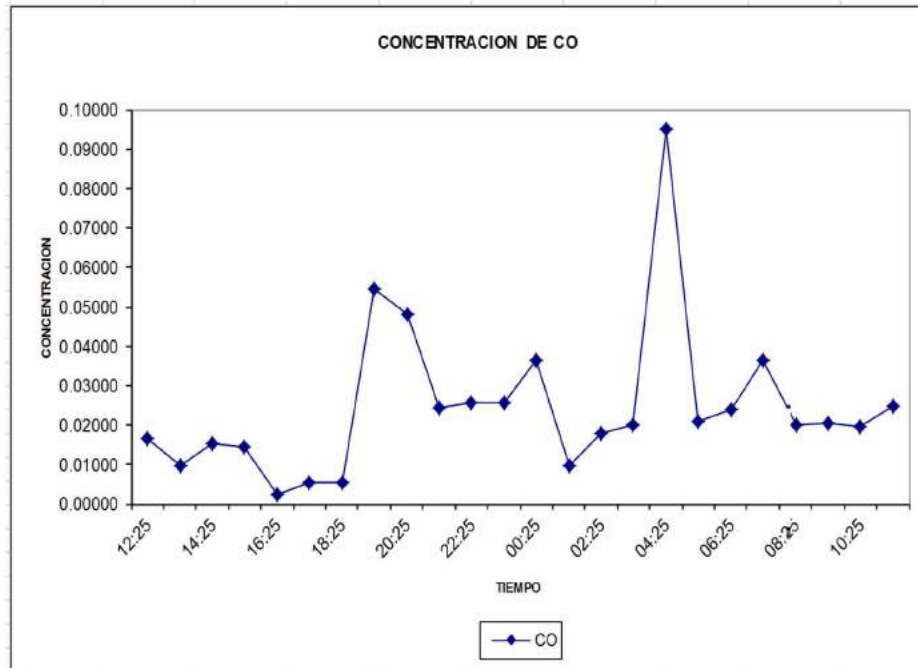
El límite máximo permisible de monóxido de carbono señalado en la NOM-021-SSA1-1993 es de 12 595  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en promedio móvil de 8 horas una vez al año.

La Tabla 8.1.2.1-21 presenta las concentraciones de cada hora durante las 24 horas monitoreadas; el promedio registrado para las 24 horas es de 28.251  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , esto está dentro del límite de la norma.

Tabla 8.1.2.1-21.- Registro de monóxido de carbono.

TIEMPO HORAS	CO $\mu\text{mol/mol}$	CO $\mu\text{g/m}^3$	CO $\mu\text{mol/mol}$
12:25	0.01680	19.233	-----
13:25	0.00958	10.971	-----
14:25	0.01526	17.469	-----
15:25	0.01450	16.608	-----
16:25	0.00223	2.552	-----
17:25	0.00518	5.930	-----
18:25	0.00524	5.997	-----
19:25	0.05448	62.380	-----
20:25	0.04821	55.198	0.01541
21:25	0.02422	27.729	0.01933
22:25	0.02554	29.246	0.02116
23:25	0.02575	29.482	0.02245
00:25	0.03651	41.809	0.02386
01:25	0.00990	11.339	0.02814
02:25	0.01807	20.695	0.02873
03:25	0.01987	22.748	0.03034
04:25	0.09497	108.735	0.02601
05:25	0.02080	23.811	0.03185
06:25	0.02383	27.282	0.03143
07:25	0.03621	41.462	0.03121
08:25	0.01993	22.815	0.03252
09:25	0.02069	23.686	0.03045
10:25	0.01976	22.625	0.03179
11:25	0.02466	28.233	0.03200
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.02467</b>	<b>28.251</b>	<b>0.02729</b>

La gráfica 8.1.2.1-9 nos muestra el comportamiento de las concentraciones de monóxido de carbono a lo largo de las 24 horas de monitoreo; se observa un pico de máxima concentración a las 04:30 horas, muy por debajo del límite máximo señalado en la norma.



Gráfica 8.1.2.1-9.- Comportamiento del monóxido de carbono durante las 24 horas del monitoreo.

## Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

La concentración de partículas PM-10 y PM-2.5 se encuentran dentro del límite máximo permisible especificado en la norma la NOM-025-SSA1/2014.

El promedio de las concentraciones de gases ( S02, N02 y CO ) se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles especificados en la normas NOM-021-SSA1/1993 , NOM-022- SSA1/1993 y NOM-023-SSA 1/1993 respectivamente.

La calidad del aire en el Área Contractual Calicanto es buena, para los parámetros analizados y de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas actuales.

## REFERENCIAS

García, Enriqueta, 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.

Landa et al, 2008. Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México.

Magaña, V, Caetano, 2007, E. Identificación de cuencas atmosféricas en México, Instituto Nacional de Ecología.

NORMA Oficial Mexicana NOM-156-SEMARNAT-2012. Establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire, Diario Oficial de la Federación, 16 de julio de 2012.

Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-1993. Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO). Valor permisible para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población. Diario Oficial de la Federación, 18 de agosto de 1994.

NORMA Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2010. Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Valor normado para la concentración de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. Diario Oficial de la Federación, 11 de junio de 2010.

NORMA Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-1993. Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población. Diario Oficial de la Federación, 18 de agosto de 1994.

CLIMA

---

NORMA Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014. Salud ambiental. Valores límites permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente y criterios para su evaluación. Diario Oficial de la Federación, 4 de agosto de 2014.

Norma Oficial Mexicana NOM-034-SEMARNAT-1993. Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

Norma Oficial Mexicana NOM-035-SEMARNAT-1993. Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

Norma Oficial Mexicana NOM-036-SEMARNAT-1993. Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de ozono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

Norma Oficial Mexicana NOM-037-SEMARNAT-1993. Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de dióxido de nitrógeno en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

NOM-038-SEMARNAT-1993. Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de dióxido de azufre en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

INEGI, 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Huimanguillo, Tabasco.

Organización Meteorológica Mundial, 2011. Guía de Prácticas Climatológicas, OMM-Nº 100.

CLIMA

---

Pérez-Vidal, et. al., 2008. Análisis de partículas suspendidas totales (PST) y partículas fracción respirable (PM-10), en Cunduacán, Tabasco, Universidad y Ciencia, Vol.26, No.2, 2010.

Ramos-Herrera, S, et al, 2010. Análisis temporal de la concentración de partículas PM10 en Villahermosa, Tabasco, Kukulcab', Vol. XVI, No. 30, Enero-Junio 2010.

Velázquez V., G., 1994, Los Recursos Hidráulicos del Estado de Tabasco, UJAT, Centro de Investigación de la División Académica de Ingeniería y Tecnología.

Boletín informativo de la calidad del Aire. Estación Instituto Tecnológico de Villahermosa (ITVH).  
[http://sernapam.tabasco.gob.mx/sites/all/files/sites/sernapam.tabasco.gob.mx/files/Cal\\_Aire\\_1115Oct\\_2010\\_2015\\_ITVH.pdf](http://sernapam.tabasco.gob.mx/sites/all/files/sites/sernapam.tabasco.gob.mx/files/Cal_Aire_1115Oct_2010_2015_ITVH.pdf)

Normales climatológicas por estación. Comisión Nacional Del Agua.  
[http://smn1.conagua.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=42&Itemid=75](http://smn1.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75)

Simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas. [http://antares.inegi.org.mx/analisis/red\\_hidro/SIATL/](http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/)

Atlas del agua en México, 2015. Comisión Nacional del Agua.

**<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/ATLAS2015.pdf>**

Condición de los acuíferos a nivel nacional. **[http://201.116.60.25/sina/index\\_jquery-mobile2.html?tema=acuiferos](http://201.116.60.25/sina/index_jquery-mobile2.html?tema=acuiferos)**

Disponibilidad de cuencas hidrológicas. **[http://201.116.60.25/sina/index\\_jquery-mobile2.html?tema=cuencas](http://201.116.60.25/sina/index_jquery-mobile2.html?tema=cuencas)**

Interpretación de la calidad del agua a nivel nacional. Demanda bioquímica de oxígeno DBO5.

**[http://201.116.60.25/sina/index\\_jquery-mobile2.html?tema=calidadAgua](http://201.116.60.25/sina/index_jquery-mobile2.html?tema=calidadAgua)**

Cuencas Hidrológicas de México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

**<http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjE3LjQ5Mjk4LGxvbjotOTMuMzE2ODQsejo4LGw6dGMxMTFzZXJ2aWNpb3N8YzQwMg==>**



### 8.1.2.2 Erosión (Edafología)

El suelo es un cuerpo natural localizado en la superficie terrestre que es capaz de soportar plantas en forma natural. Es dinámico, cambia con el tiempo y en el espacio, contiene material mineral y orgánico no consolidado. Un suelo difiere del material del cual se ha formado en características físicas, químicas, biológicas y morfológicas (SSSA, 1997), citado en (Bautista *et al*, 2004).

La formación de un suelo es un proceso largo que dura de cientos a miles de años, por lo que este recurso debe considerarse como no renovable. Los suelos constituyen el medio natural en donde se desarrolla la vegetación y los cultivos agrícolas, en él se inicia y termina la cadena alimenticia: las plantas toman de ahí varios nutrimentos, los herbívoros necesitan de las plantas para vivir, en tanto que los consumidores secundarios, los carnívoros, requieren de los herbívoros para su subsistencia. Cuando plantas, herbívoros y carnívoros mueren los desintegradores los descomponen y se reciclan los nutrimentos. Si se corta la base de la cadena, se altera fuerte e irremediablemente al ecosistema (Bautista y Estrada, 1998).

Las necesidades actuales de la sociedad van más allá de la simple producción de alimentos, hoy en día se debe de ordenar el territorio para lograr el adecuado uso del suelo y optimizar costos, además de ser más rentable. Esta necesidad demanda una adecuada utilización de los recursos de manera sustentable, con el propósito de conservar y garantizar el patrimonio natural.

Por tal motivo el suelo es un componente ambiental importante que puede ser afectado por las actividades del Proyecto, por lo que es preciso conocer las características físicas y químicas así como el estado de fertilidad, estabilidad y procesos de erosión que existen en el Área Contractual Calicanto.

#### 8.1.2.2.1 Metodología

La identificación de los tipos de suelos presentes en el Área Contractual Calicanto, se realizó considerando la carta edafológica escala 1: 250 000 del INEGI (Serie II Abril, 2008), bajo los criterios de clasificación de suelos FAO/UNESCO 1988, complementada con verificación en campo, consistente en la realización y

descripción de perfiles de suelos, mediante pozos a cielo abierto a profundidad efectiva de acuerdo al uso de suelo. Los criterios para definir y ubicar los puntos de muestreo fueron a través de selección de unidades de suelo principalmente considerando la topografía y la vegetación. Se realizó la descripción de los parámetros físicos en campo, análisis físicos y químicos en laboratorio de las muestras colectadas, bajo la metodología propuesta por Cuanalo, 1990.

#### 8.1.2.2.2 Tipos de suelos presentes en el Área Contractual Calicanto

Los tipos de suelos del Área Contractual Calicanto, se listan en la Tabla 8.1.2.2-1. Así como también el porcentaje representa cada tipo de suelo en dicha Área.

Tabla 8.1.2.2-1.- Tipos de suelo y porcentaje en el Área Contractual Calicanto.

Tipo de Suelo	Porcentaje
Cambisol	64.41%
Vertisol	31.02%
Gleysol	4.58%

En la tabla anterior se observa que el 64.41% del suelo del Área Contractual Calicanto es de tipo Cambisol, le sigue tipo Vertisol con 31.02% y, finalmente, Gleysol con 4.58%.

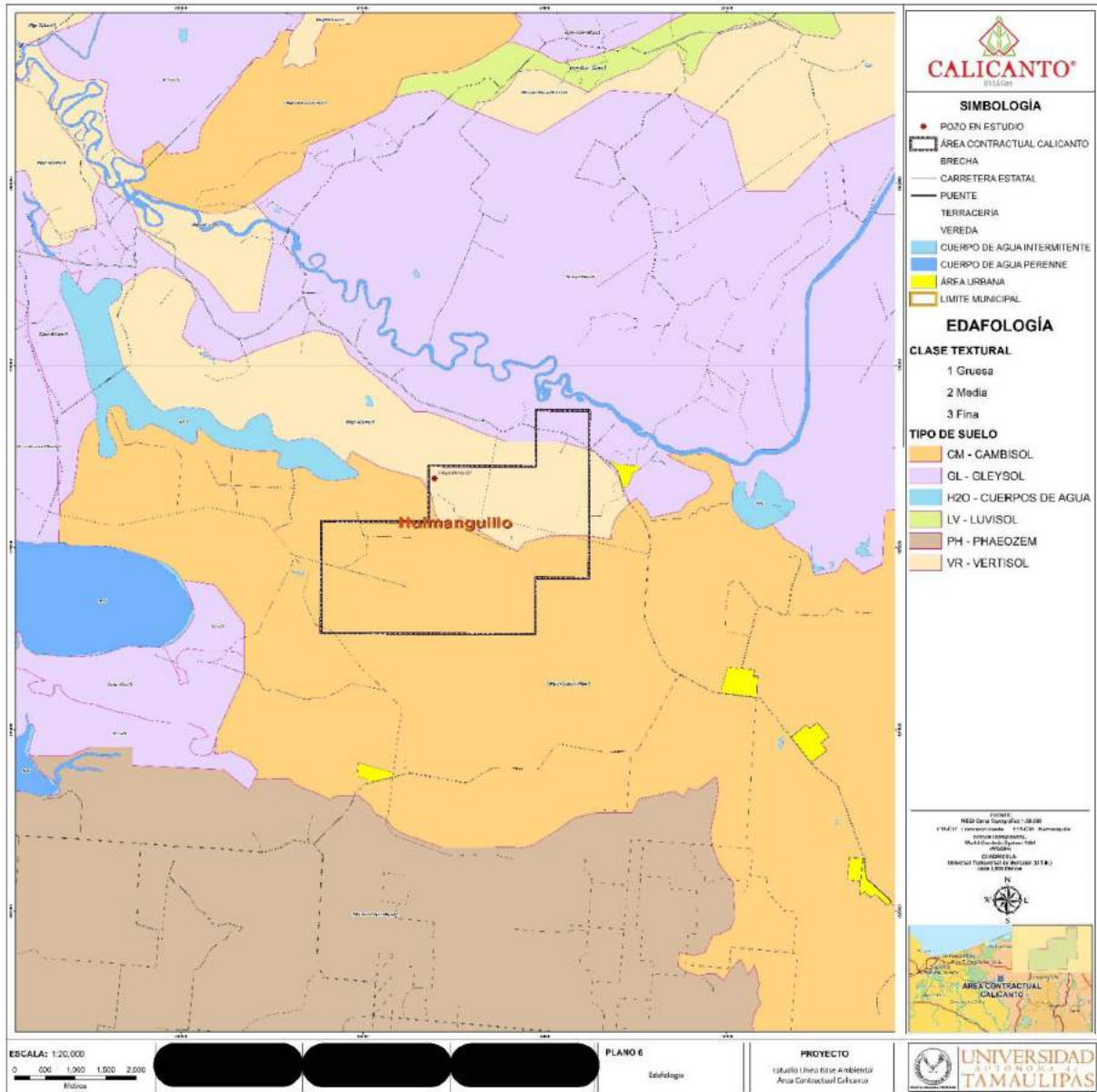


Figura 8.1.2.2-1.- Tipos de suelos y muestreos en el Área Contractual Calicanto.

#### **8.1.2.2.2.1 Características de los suelos**

##### **8.1.2.2.2.1.1 Gleysol**

Son suelos con drenaje insuficiente por lo que permanecen encharcados, o que sufren tal proceso durante largos periodos de tiempo todos los años.

##### **8.1.2.2.2.1.2 Cambisol**

El término Cambisol deriva del vocablo latino “cambiare”, que significa cambiar, ya que la diferenciación de horizontes se da con marcados cambios de color. Se desarrollan sobre materiales de alteración procedentes de un amplio abanico de rocas, entre ellos destacan los depósitos de carácter eólico, aluvial y coluvial.

##### **8.1.2.2.2.1.3 Vertisol**

Suelo que tiene más de 30% de arcilla en todas sus capas dentro de los primeros 100 cm de espesor, son duros y masivos es seco y forman grietas, buen contenido de carbono orgánico en la capa arable.

#### **8.1.2.2.3 Características de los suelos predominantes en el Sistema Ambiental**

Con base a la interpretación cartográfica, en el Sistema Ambiental presentan las siguientes características, de acuerdo con los criterios de la FAO/UNESCO 1988.

En la Figura 8.1.2.2-2 se presentan las localizaciones de los sitios donde se realizaron los muestreos de Suelo en el Área Contractual Calicanto y en la Tabla 8.1.2.2-2 se presentan las coordenadas de dichos sitios de muestreo.

Tabla 8.1.2.2-2.- Coordenadas UTM sitios de muestreo Área Contractual Calicanto.

IDENTIFICACIÓN	COORDENADAS UTM	
	X	Y
01-BC	0422892	1975868
02-BC	0425683	1977732



Figura 8.1.2.2-2.- Localización de los puntos de muestreo en el Área Contractual Calicanto.

### Perfil 01-BC

Se realizó en la unidad de suelos Cambisol, textura gruesa y sin fase rúbrica. La ubicación en coordenadas UTM es X= 422892, Y= 1975868.



Fotografía 8.1.2.2-1.- Perfil característico de la unidad de suelos Cambisol, X= 42 28 92 Y= 197 58 68.

**Descripción del paisaje natural:** Es un suelo de origen aluvial con un relieve plano de una pendiente de 2% con drenaje normal, sin pedregosidad superficial y uso de suelo pecuario.



Norte



Este



Sur



Oeste

**Fotografías 8.1.2.2-2 a 8.1.2.2-5.-** Panorámicas donde se realizó el perfil agrológico, ubicado en coordenadas X= 422892 Y= 1975868.

Suelo con unas horas de haber recibido lluvia, con una profundidad de muestreo de 0-40 cm, el horizonte A presenta color en húmedo (10YR 2/1), negro, una estructura débilmente desarrollado de forma granular media, consistencia húmedo friable, cuando muy húmedo es ligeramente pegajoso y ligeramente plástico; sin presencia de cutanes; la cantidad de poros son pocos (1 a 50 por  $\text{dm}^2$ ), finos y delgados, discontinuos, con orientación caóticos, dentro de los agregados; la cantidad de raíces son abundantes (100-500 por  $\text{dm}^2$ )

de diferentes tamaños desde finas a gruesas y buen drenaje del perfil. En la Tabla 8.1.2.2-3 se presentan las características fisico-químicas del perfil 01-BC.

**Tabla 8.1.2.2-3.-** Características fisico-químicas de la unidad de suelo Cambisol.

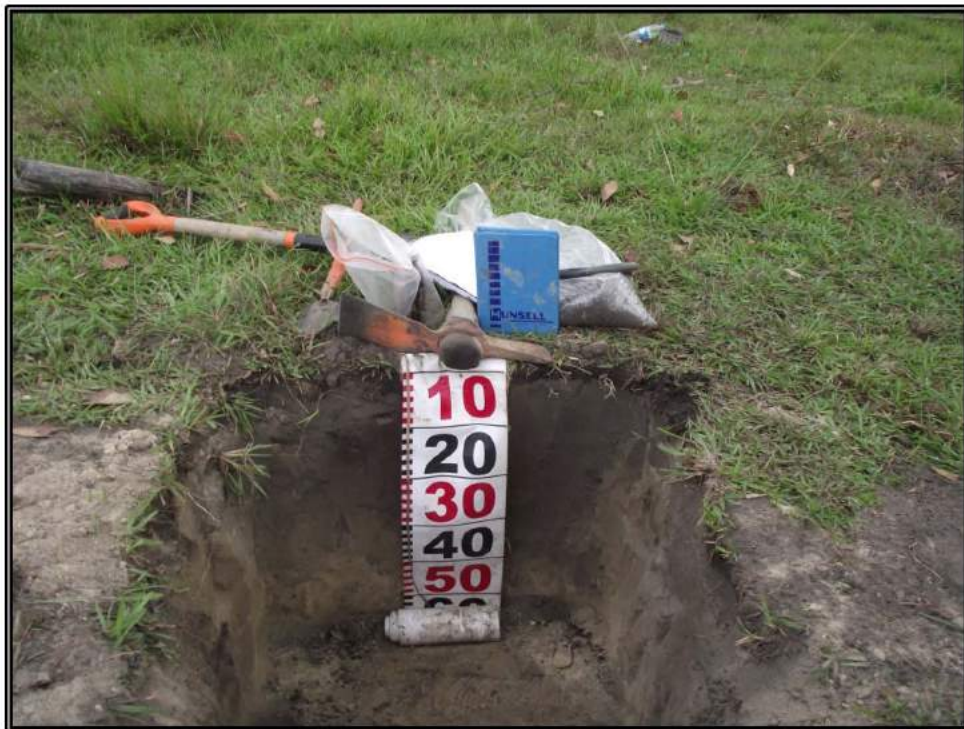
PARÁMETRO	HORIZONTE
	A
Profundidad (cm)	0-40
pH relación. 1:2	5,94
Materia orgánica %	4,16
Nitrógeno ppm	3,8
Fósforo disp. ppm	1,0
Potasio ppm	0,0
CACIONES Me/L	
Ca	0,18
Mg	0,18
Na	3,86
K	0,10
C.E. dS/m	0,22
ANIONES Me/L	
CO <sub>3</sub>	0,0
HCO <sub>3</sub>	2,09
Cl	0,80
SO <sub>4</sub>	1,43
Capacidad de retención de agua %	27,0
Porcentaje de saturación del suelo %	50
Densidad aparente g/cm <sup>3</sup>	1,38
Textura %	
Arena	76,76
Arcilla	3,24
Limo	20
Clasificación	Arena Franca

De acuerdo con lo reportado en la Tabla 8.1.2.2-3, las características fisico-químicas de este suelo son las siguientes: Textura arena franca; de pH moderadamente ácido, el porcentaje de materia orgánica es alto, deficiente en nitrógeno, fósforo y potasio. La capacidad de retención de agua del 27,0%, el porcentaje de saturación de 50,0 y una densidad aparente de 1,38 g/cm<sup>3</sup>.



### Perfil 02-BC

Se realizó en la unidad de suelos Vertisol, textura arena gruesa, sin fase rúbrica. La ubicación en coordenadas UTM es X= 425683 Y= 1977732 (Fotografía 8.1.2.2-6).



Fotografía 8.1.2.2-6.- Perfil característico de la unidad de suelos de Vertisol, ubicado en X= 425683 Y= 1977732.

**Descripción del paisaje natural:** Es un suelo de origen aluvial con relieve plano pendiente del 2%, drenaje normal y material parental aluvial estable, sin pedregosidad, con uso de suelo pecuario.

EDAFOLOGÍA



Norte



Este



Sur



Oeste

Fotografías 8.1.2.2-7 a 8.1.2.2-10.- Panorámicas donde se realizó el perfil agrológico, ubicado en coordenadas X= 425683 Y= 1977732.

Corresponde a un suelo profundo con muestreo de 0-40 cm en el horizonte A , en seco presenta un color café rojizo oscuro (5YR 3/3) y en húmedo gris muy oscuro (5YR 3/1), sin piedras con una estructura débilmente desarrollada de forma poliédrica granular fina, consistencia en seco suelto, en húmedo suelto, cuando muy húmedo es no pegajoso y no plástico; sin presencia de cutanes, sin nódulos; la cantidad poros muy pocos (1 por  $\text{dm}^2$ ), medianos, continuos, con orientación caóticos, fuera de los agregados; las raíces son comunes (de 10-100 por  $3 \text{ dm}^2$ ), delgadas; excesivamente drenado.

**Tabla 8.1.2.2-4.-** Características fisico-químicas de la unidad de suelo Vertisol.

PARÁMETRO	HORIZONTE
	A
Profundidad (cm)	0-40
pH relación. 1:2	5,27
Materia orgánica %	1,72
Nitrógeno ppm	6,5
Fósforo disp. ppm	1,0
Potasio ppm	0,0
CACIONES Me/L	
Ca	0,19
Mg	0,66
Na	6,97
K	0,10
C.E. dS/m	0,15
ANIONES Me/L	
CO <sub>3</sub>	0,0
HCO <sub>3</sub>	4,18
Cl	2,40
SO <sub>4</sub>	1,43
Capacidad de retención de agua %	27,0
Porcentaje de saturación del suelo %	50
Densidad aparente g/cm <sup>3</sup>	1,38
Textura %	
Arena	76,76
Arcilla	5,24
Limo	18,0
Clasificación	Arena Franca

De acuerdo con lo reportado en la Tabla 8.1.2.2-4, las características fisico-químicas de este suelo son las siguientes: Textura arena franca; de pH moderadamente ácido, el porcentaje de materia orgánica es bajo, deficiente en nitrógeno, fósforo y potasio. La capacidad de retención de agua del 27,0%, el porcentaje de saturación de 50,0 y una densidad aparente de 1,38 g/cm<sup>3</sup>.

#### 8.1.2.2.4 Grado de erosión

##### **Erosión**

INEGI, 2014: Es el desgaste que se produce en la superficie del suelo por la acción de agentes externos como el viento y el agua y que son acelerados por la acción del hombre (INEGI, 2014).

FAO, 2015: Es la eliminación acelerada de la capa superior del suelo de la superficie de la tierra por el agua, el viento o la labranza (FAO, 2015).

La erosión hídrica ocurre cuando el agente causal de la erosión es el agua en sus formas de torrente, lluvia, arroyadas, granizadas, crecida de ríos y el efecto del riego. El agua es un agente erosivo muy enérgico. Cuando el suelo ha quedado desprotegido de la vegetación y sometido a las lluvias, los torrentes arrastran las partículas del suelo hacia arroyos y ríos. El suelo, desprovisto de la capa superficial, pierde la materia orgánica (humus) y entra en un proceso de degradación por endurecimiento que puede derivar en una zona desertificada (INEGI, 2014).

El 76% de la superficie nacional tiene algún grado de afectación por erosión hídrica, que corresponde a 6.79% con un grado de erosión extrema, el 5.79% fuerte, 26.37% moderada y 37.06% leve. Los estados más afectados por erosión apreciable (superficie relativa) son: Distrito Federal, Tlaxcala, Estado de México y Michoacán y, por el contrario, los menos afectados: Tabasco, Quintana Roo y Campeche (Bolaños, et al, 2016) (Figura IV.3.4). El 50.03% de la superficie del estado de Tabasco presenta algún grado de erosión (Bolaños, et al, 2016).

De acuerdo con la SEMARNAT (2005), las principales causas de degradación del suelo en el mundo son la deforestación, las prácticas agrícolas inadecuadas y el sobrepastoreo; el grado de responsabilidad de cada una es de 29, 28 y 35 %, respectivamente. En México, el 22 % de su territorio presenta degradación del suelo por erosión hídrica con una clasificación FAO que va de moderada a extrema, lo que representa pérdidas de 10 a 200 ton/ha/año.

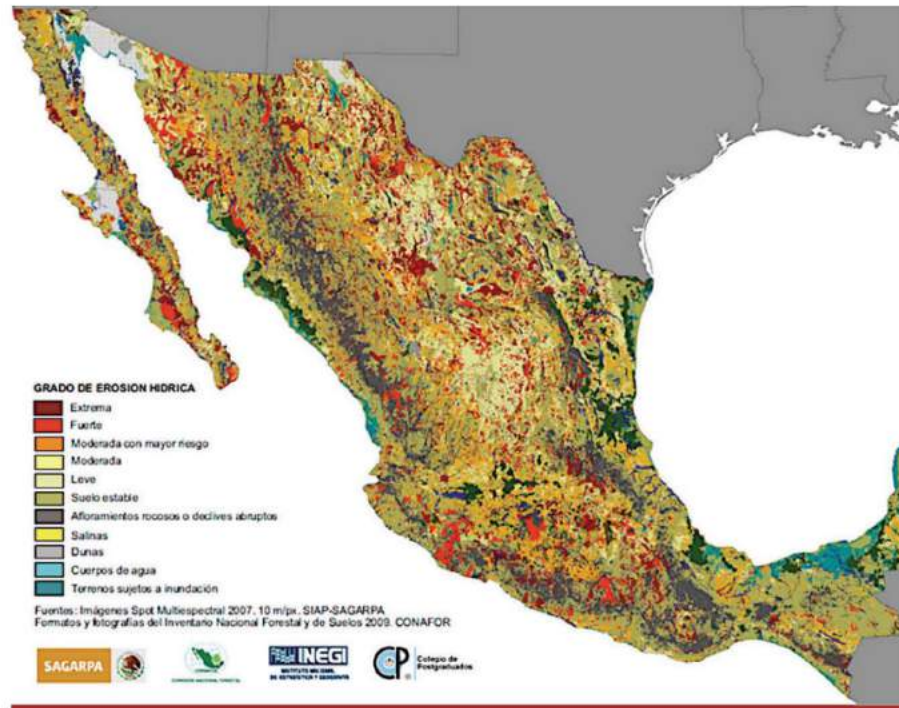


Figura 8.1.2.2-3.- Mapa Nacional de Erosión, escala 1:50,000. SAGARPA-INEGI-CONAFOR-COLPOS.

Considerando lo anterior y la importancia de la conservación del recurso suelo se realiza el cálculo de erosión hidrica para cuantificar los valores de pérdida de suelo actual y potencial mediante la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) modificado, considerado como la más adecuada por la Organización de Naciones Unidas (ONU).

#### 8.1.2.2.4.1 Erosión actual y potencial

La erosión potencial, se refiere a la pérdida de suelo anual que se presentaría si el suelo se mantuviera sin cubierta vegetal, es decir suelo desnudo en forma continua. Considerando los factores de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, R (Erosividad de la lluvia), K (Erodabilidad del suelo) y LS (Longitud y Grado de Pendiente), en la Tabla 8.1.2.2-5 se presentan los valores de erosión potencial hidrica en el Área Contractual Calicanto.

La erosión actual es la pérdida de suelo anual que se tiene considerando la cobertura actual del terreno y las prácticas de manejo que se realizan en él. Es decir, considerando los valores RKLS además de C (Cobertura vegetal) y P (Prácticas de conservación de suelos), para los suelos del Área Contractual Calicanto se obtuvieron los estimados de erosión actual para las distintas unidades de suelo de dicha área, tal y como puede verse en la Tabla 8.1.2.2-5.

**Tabla 8.1.2.2-5.-** Erosión hídrica potencial en el Área Contractual Calicanto.

Tipo de suelo	Erosión (ton/ha/año)	
	Actual	Potencial
Cambisol	14,78	155,58
Vertisol	16,0	168,54

En el Área Contractual Calicanto el 64,41% (Cambisol) de la superficie presenta una erosión actual de 14,78 ton/ha/año y el 35,6 % (Vertisol y Gleysol) presenta una erosión hídrica actual de 16, 0 ton/ha/año. Así, tenemos un grado de afectación moderado, de acuerdo a la clases de riesgo de erosión propuesto por Shields y Coote.

En relación a la erosión hídrica potencial encontramos que el 64,41% resulta con 155,58 ton/ha/año y en el 35,6% la erosión hídrica potencial es de 168,54, que refleja la susceptibilidad de los suelos a erosionarse si la cubierta vegetal fuera eliminada al 100%.

Es importante destacar que los valores obtenidos son promedios por tipos de suelo de la unidad principal y, considerando promedios de pendientes y cobertura vegetal sobre el suelo. Por lo que los criterios para mitigar el efecto estarán en función de la posibilidad de mantener la cubierta vegetal.

Tabla 8.1.2.2-6.- Clases de riesgo de erosión propuestos por Shields y Coote.

Clase de Riesgo	Pérdida de suelo (ton/ha/año)
Nulo	< 2,0
Bajo	2,0 – 9,9
Moderado	10,0 – 49,9
Severo	50,0 – 199,9

## REFERENCIAS

Bolaños González, M. A., F. Paz Pellat, C. O. Cruz Gaistardo, J. A. Argumedo Espinoza, V. M. Romero Benitez y J. C. de la Cruz Cabrera, 2016. Mapa de erosión de los suelos de México y posibles implicaciones en el almacenamiento de carbono orgánico del suelo, *Terra Latinoamericana* 34: 271-288.

Cuanalo, H, 1990, Manual para la descripción de perfiles de suelo en campo, Colegio de Postgraduados.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), 2009, Guía para la descripción de suelos, Cuarta edición.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), 2007, Base referencial mundial del recurso suelo, Segunda edición, 2006, primera revisión 2007.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2015. Chapter 6: Global soil status, processes and trends. In: FAO. Status of the World's Soil Resources. Rome, Italy. ISBN 978-92-5-109004-6.

Galindo Alcántara, Adalberto, 2006, Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Tabasco, Secretaría de Desarrollo Social y Protección al Ambiente del estado de Tabasco.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), 2014, Guía para la interpretación de la cartografía de erosión del suelo escala 1: 250 000 Serie I, INEGI, Aguascalientes, México, ISBN 978-607-739-013-8.

SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales), 2002. Inventario Nacional de Suelos, México, D.F.

Shields, J. and D. Coote, 1990. Development, documentation and testing of the soil and terrain (SOSTER) database and its use in the global assessment of soil degradation th (GLASOD), Trans. 14 International Congress Soil Sc.

Zavala-Cruz, J, D.J. Palma-López, C.R. Fernández C, A. López C. y E. Shirma T, 2011, Degradación y conservación de suelos en la cuenca del río Grijalva, Tabasco, Colegio de Postgraduados, Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental y PEMEX, Villahermosa, Tabasco, 90 p.



GEOLOGÍA

---

**8.1.2.3 Aspectos abióticos**

**8.1.2.3.1 Geología y geomorfología**

El Área Contractual Calicanto se encuentra dentro de la provincia fisiográfica denominada Llanura Costera del Golfo Sur, en la subprovincia Llanuras y Pantanos Tabasqueños, (Figura 8.1.2.3-1).

La región fisiográfica Llanura Costera del Golfo Sur, es una provincia localizada en el sureste de México. Políticamente abarca territorio de los estados de Campeche, Chiapas, Oaxaca, Tabasco y Veracruz., su anchura promedio varía entre 125 y 150 km.

Limita al norte con el Golfo de México y la provincia Eje Neovolcánico; al este, tiene límites con la provincia de la Península de Yucatán y Belice; al sur, limita con las provincias de la Cordillera Centroamericana y la provincia de la Sierra de Chiapas y Oaxaca; y en la porción oeste, limita con las provincias de la Sierra Madre Sur y la provincia de la Sierra Volcánica Transversal o Eje Neovolcánico.

En la provincia Llanura Costera del Golfo Sur abundan suelos profundos formados por materiales depositados por los ríos, debido a que en esta zona tienen su desembocadura al Golfo de México algunos de los más caudalosos y grandes ríos del país, como son el Grijalva, el Usumacinta, el Coatzacoalcos y el Papaloapan. Al oriente del estado de Tabasco se tiene una gran zona inundable con abundancia de pantanos permanentes hasta cerca de la Laguna de Términos en Campeche.

GEOLOGÍA



Figura 8.1.2.3-1.- Provincia Fisiográfica Llanura Costera del Golfo Sur.

### Llanuras y Pantanos Tabasqueños

Llanura tabasqueña, considerada como la más grande llanura costera aluvial del país, se formó a partir de los sedimentos depositados en las cuencas marinas y lacustres, a partir del final de la Era Paleozoica y el comienzo de la Era Mesozoica hasta la Era Cenozoica, específicamente en el periodo Cuaternario. Los materiales arrastrados por la red de los ríos y arroyos de toda la llanura tabasqueña, siguen formando depósitos que dan origen a las barras litorales (Figura 8.1.2.3-2). Los sistemas morfogénicos que pueden identificarse en la llanura tabasqueña son los siguientes:

GEOLOGÍA

---

**Bordes y dunas de playa:** Son depósitos que se originan por los desbordamientos de los ríos y la acción del oleaje. De tal manera el material que los conforma es arenoso, suelto y con mineralogía mezclada. Se localizan en casi toda la línea de costa, predominando en el gran delta de los ríos Grijalva y Usumacinta, en el sistema fluvial de Mezcalapa y del río San Pedro y San Pablo; en su mayor parte en los municipios de Huimanguillo, Cárdenas, Paraíso y Centla. Este sistema morfogénico posee un relieve que tiene una serie de bordes o camellones alargados en dirección paralela de la costa.

**Gran planicie del llano costero aluvial del período reciente:** Es una extensa planicie que se encuentra conformada por terrenos bajos y pantanosos; está integrada por los depósitos de los ríos en su transportación fluvial de material que proviene de las partes altas por medio de los bajos deltaicos de los ríos Grijalva, Mezcalapa y Usumacinta hasta el Golfo de México. Las lagunas y pantanos en la zona baja se generaron por las frecuentes inundaciones.

**Lomeríos o terrazas aluviales del pleistoceno:** Su formación es la más remota, y se debe a la última glaciación. El desplazamiento del mar ocasionó el surgimiento de la actual planicie costera del pleistoceno, quedando un desnivel con respecto a la planicie aluvial antigua; la erosión provocada por el agua provocó la segmentación y formación de una serie de lomeríos o terrazas de baja altura. En la antigua planicie contiene suelos rojos y amarillos, ácidos, erosionables y poco fértiles. Se ubica en los lomeríos de Cárdenas, Huimanguillo, Macuspana, Jalapa, Tacotalpa, Teapa, Emiliano Zapata, Balancán y Tenosique.

GEOLOGÍA

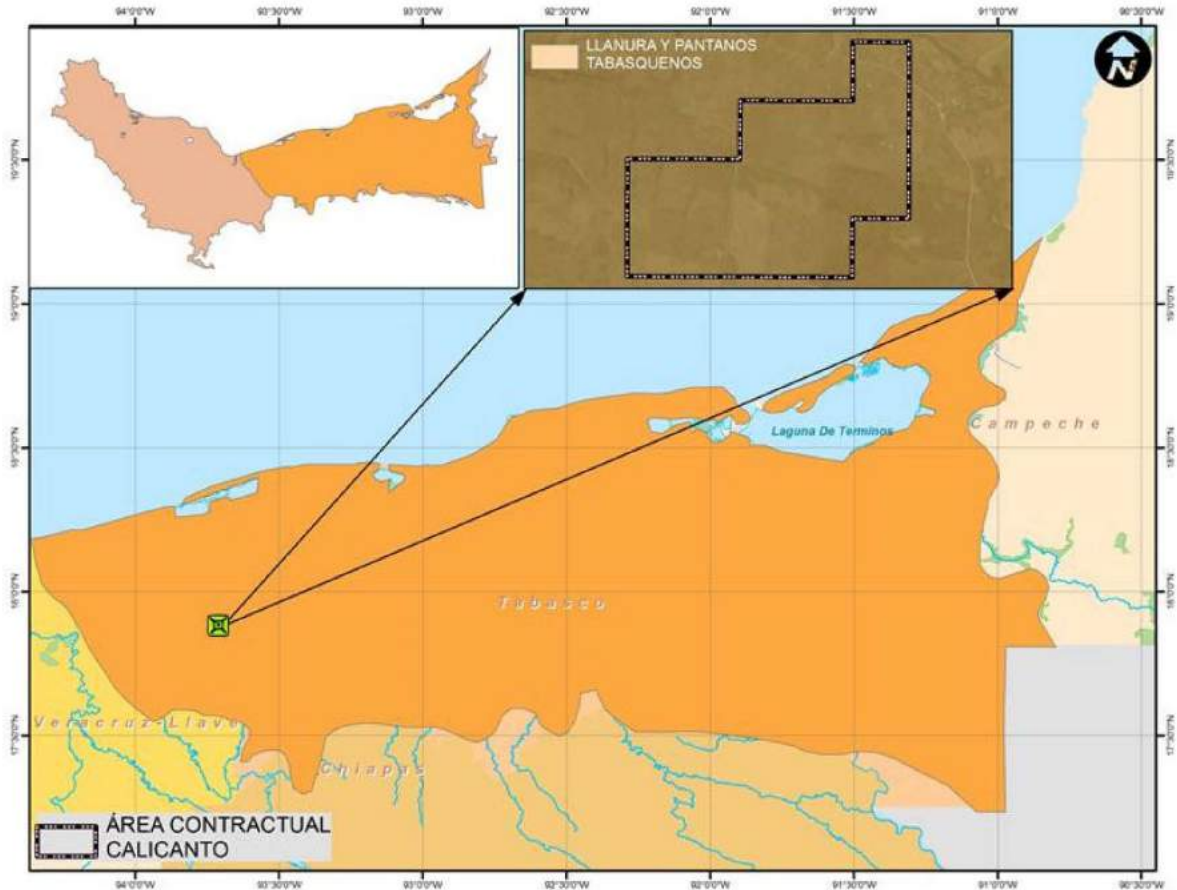


Figura 8.1.2.3-2.- Subprovincia Fisiográfica Llanuras y Pantanos Tabasqueños, INEGI, 1991.

### 8.1.2.3.2 Geología y estratigrafía

Desde el punto de vista geológico el sureste mexicano es una de las áreas más complejas de Norteamérica. Esta complejidad se debe a que los movimientos de las placas tectónicas Norteamericana, del Caribe y de Cocos, convergen en esta región desde el Oligoceno Tardío (Morán Zenteno et al., 2000); la Placa Norteamericana tiene un movimiento relativo hacia el oeste respecto a la del Caribe, mientras que la de Cocos se mueve hacia el noroeste en dirección hacia las dos primeras. Las estructuras resultantes de esta actividad tectónica durante el Mesozoico y Cenozoico presentan tendencias estructurales diversas, así como también edades de deformación diferentes.

GEOLOGÍA

De acuerdo con la Figura 8.1.2.3-3, el Área Contractual Calicanto se encuentra formada por arenisca y material aluvial del periodo Cuaternario y Mioceno. Q (ar) Era Cenozoico del periodo Cuaternario, arenisca, formado por depósitos de materiales sedimentarios con clastos de tamaño arena.

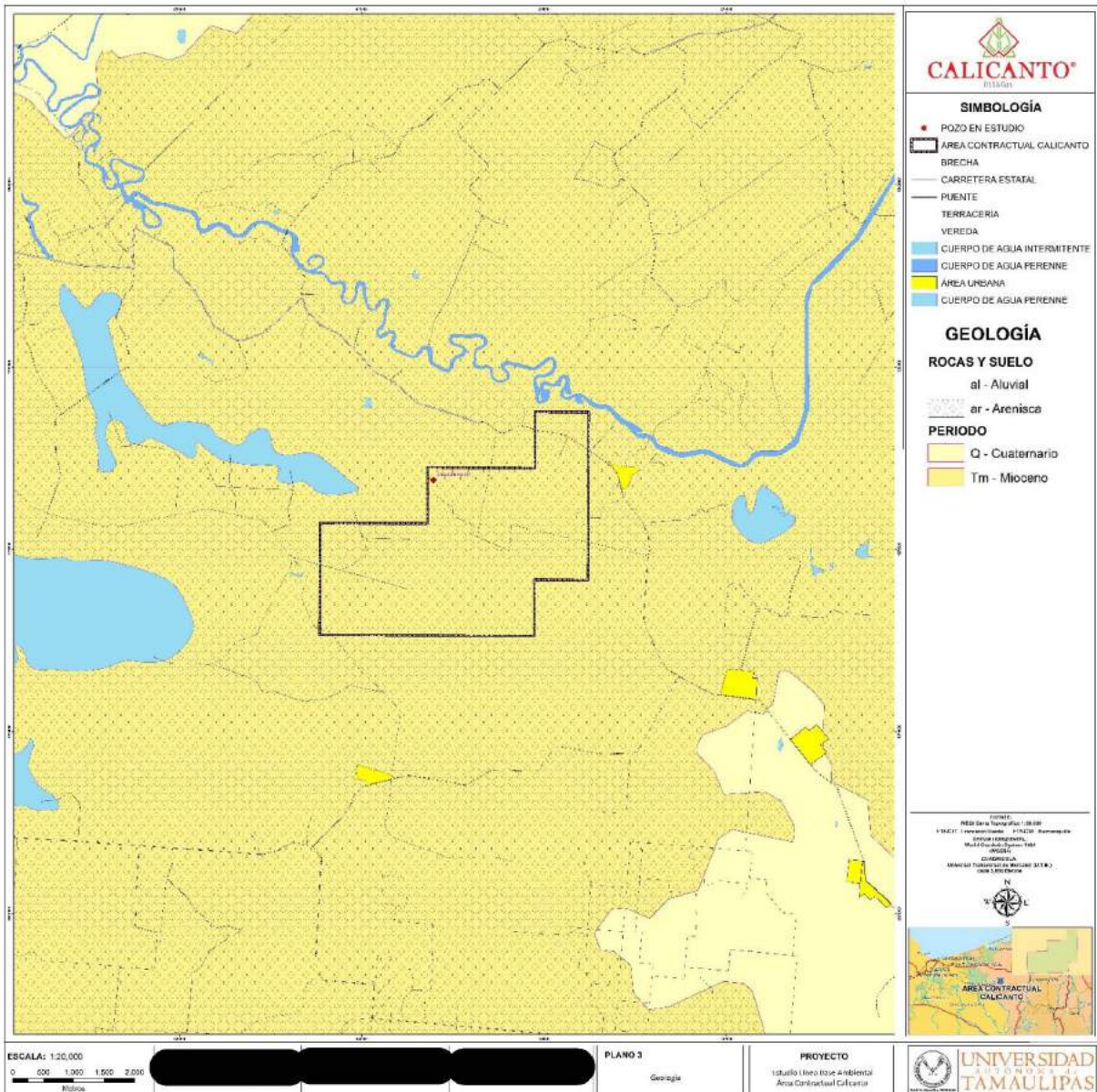


Figura 8.1.2.3-3.- Geología del Área Contractual Calicanto.

#### 8.1.2.3.2.1 Estratigrafía

Los principales materiales que afloran en el área son de tipo arcillo-arenoso, areniscas y lutitas formados principalmente por materiales granulares provenientes de la erosión de la sierra de Chiapas. La principal formación geológica que se localiza en el área es la Formación Paraje Solo.

La Formación Cedral ocupa la parte superior de la Unidad de Sedimentos arenosos, presentado intercalaciones de lentes arcillosos, lechos de gravas y de lignido dentro de su espesor, que en general es reducido, del orden de 50 m.

La Formación Agueguexquite es la parte superior que consta de arena gris claro, de grano grueso a medio y escaso grano fino, con algunas intercalaciones de grava fina arredondeada y delgadas capas de lutita gris a gris verdoso, suave, las aumentan en potencia hacia la base de la formación, disminuyendo consecuentemente las arenas que se presentan en espesores poco potentes.

Se ha fijado el contacto superior de la formación Paraje Solo donde desaparece la microfauna característica de la suprayacente Agueguexquite, ya que litológicamente son muy similares. Se inicia en un cuerpo de lutita de color gris azulado a gris verdoso, suave, plástica, poco arenoso; a continuación consiste de arena s de color gris claro, de grano fino a grueso, con intercalaciones de lutita hasta llegar a la mitad de la formación a la profundidad de 1,300 metros. A partir de esta profundidad disminuyen los cuerpos de arena, para predominar la lutita en la base, rasgo característico de ella.

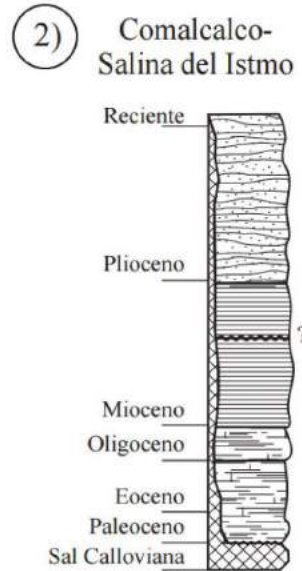


Figura 8.1.2.3-4.- Litoestratigrafía regional del Área Contractual Calicanto.

### 8.1.2.3.3 Geología estructural

Superficialmente la mayor parte de esta zona está cubierta por depósitos del Cuaternario que no han sufrido deformaciones. En el subsuelo de esta zona se han descubierto grandes estructuras subyacentes bajos los sedimentos del sistema Terciarios, de la serie del Mioceno, y litología Arenisca.

En el Área Contractual Calicanto no se localizan fallas y fracturas de acuerdo a la carta de INEGI. Superficialmente la mayor parte de esta área está cubierta por depósitos del Cuaternario que no han sufrido deformaciones. En el subsuelo de esta zona se han descubierto grandes estructuras subyacentes bajos los sedimentos del sistema Terciarios, de la serie del Mioceno, y litología Arenisca,

#### 8.1.2.3.4 Geomorfología y Relieve

La geomorfología está representada en esta zona por una gran planicie costera, constituida por material granular, predominando el aluvión del reciente, así mismo se aprecian algunos lomeríos que alcanzan hasta 20,0 msnm.



Fotografía 8.1.2.3-1.- Relieve característico del Área Contractual Calicanto.

**Lomeríos o terrazas aluviales del pleistoceno:** Su formación es la más remota, y se debe a la última glaciación. El desplazamiento del mar ocasionó el surgimiento de la actual planicie costera del pleistoceno, quedando un desnivel con respecto a la planicie aluvial antigua; la erosión provocada por el agua provocó la segmentación y formación de una serie de lomeríos o terrazas de baja altura. En la antigua planicie contiene suelos rojos y amarillos, ácidos, erosionables y poco fértiles. Se ubica en los lomeríos de Cárdenas, Huimanguillo, Macuspana, Jalapa, Tacotalpa, Teapa, Emiliano Zapata, Balancán y Tenosique. Figura 8.1.2.3-5.

Así mismo el Área Contractual Calicanto, se ubica fuera de las regiones con potencial de deslizamiento el cual ratifica la información anterior y no existe riesgo alguno por corrimiento de tierras.



GEOLOGÍA

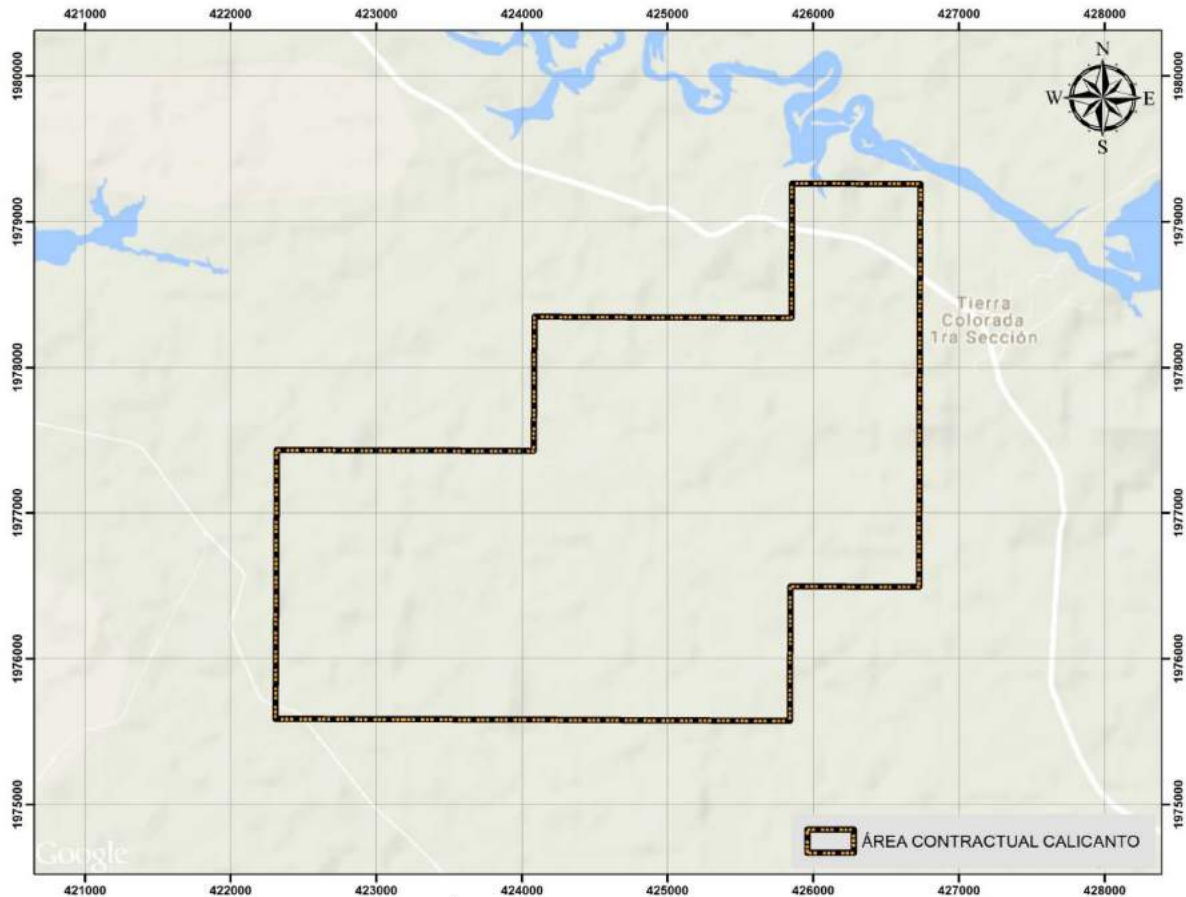


Figura 8.1.2.3-5.- Carta de relieve del Área Contractual Calicanto.

### 8.1.2.3.5 Sismicidad

La República Mexicana se encuentra dividida en cuatro zonas sísmicas, esto se realizó con fines de diseño antisísmico. Para realizar esta división se utilizaron los catálogos de sismos de la República Mexicana desde inicios de siglo, grandes sismos que aparecen en los registros históricos y los registros de aceleración del suelo de algunos de los grandes temblores ocurridos en este siglo. Estas zonas son un reflejo de la frecuencia son los sismos en las diversas regiones y la máxima aceleración del suelo a esperar durante un siglo. La descripción de cada una de las zonas se indica a continuación:

GEOLOGÍA

- Zona A, no presenta registros históricos de sismos, ni se han reportado sismos en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a un 10% de la aceleración de la gravedad a causa de temblores.
- Zona B, de media intensidad. Esta zona es de moderada intensidad, pero las aceleraciones no alcanzan a rebasar el 70% de la aceleración de la gravedad.
- Zona C, de alta intensidad. En esta zona hay más actividad sísmica que en la zona B, aunque las aceleraciones del suelo tampoco sobrepasan el 70% de la aceleración de la gravedad.
- Zona D, de muy alta intensidad. Aquí es donde se han originado los grandes sismos históricos, y la ocurrencia de sismos es muy frecuente, además que las aceleraciones del suelo sobrepasan el 70% de la aceleración de la gravedad.

El Área Contractual Calicanto se considera dentro de la zona sísmica "B" de acuerdo con el Plano de Regionalización Sísmica de la República Mexicana de la CFE (1993) (Figura 8.1.2.3-4).



Figura 8.1.2.3-6.- Zonificación sísmica del Área Contractual Calicanto.

Tabla 8.1.2.3-1.- Sismos ocurridos cerca del Área Contractual Calicanto en los últimos 12 meses.

Fecha	Epicentro	Profundidad (Km)	Magnitud (Richter)
6/06/2016	49 km sur Las Choapas, Vr	158	4.3
25/05/2016	20 km sur Hidalgotitlán, Ver	141	4.4
23/05/2016	11 km oeste Cintalapa, Chis	124	5.2
27/04/2016	61 km oeste suroeste Puerto Madero, Chis	35	5.8
25/04/2016	81 km oeste suroeste Puerto Madero, Chis	25	5.6
16/03/2016	25 km noroeste Ostucán, Chis	42	4.1
8/03/2016	105 km noroeste Cd. Del Carmen, Camp	15	4.7
20/12/2015	21 km sur sureste Hidalgotitlán, Ver	135	4.0
17/12/2015	9 km este noreste Ávila Camacho, Chis	85	6.6
5/12/2015	6 km oeste suroeste Chiapilla, Chis	229	4.4
3/12/2015	11 km sur suroeste Ocozocuautila, Chis	152	4.7
15/10/2015	14 km sur oeste Ocozocuautila, Chis	193	4.4
3/9/2015	66 km sur Las Choapas, Ver	187	4.2
27/08/2015	34 km noreste Santo Domingo Zanatepec, Oax	132	4.3
11/08/2015	36 km norte Santo Domingo Zanatepec, Oax	126	4.0
5/08/2015	16 km este noreste Tonalá, Chis	100	5.7
27/07/2015	25 km suroeste Suchiapa, Chis.	182	4,1
11/06/2015	18 km sureste Hidalgotitlán, Ver	56	4,1
10/05/2015	108 km noroeste Cd. Del Carmen, Camp	15	4,3
9/05/2015	121 km sur suroeste Tres Picos, Chis	9	5,6

Como se observa en la tabla, ninguno de los sismos ocurridos durante los últimos 12 meses ha tenido epicentro en el Área Contractual Calicanto.

#### 8.1.2.3.6 Riesgo Volcánico

El estado de Tabasco presenta un peligro volcánico significativo debido a la zona volcánica del Chichonal, en especial por la dirección de vientos predominantes hacia el norte y oriente. Las características de los fenómenos volcánicos del Chichonal, demostraron durante 1982 que las cenizas de caída libre y las partículas finas pueden viajar más de cien kilómetros a partir del cráter del volcán, para extenderse en el estado de Tabasco. El modelo de peligro volcánico demuestra que los materiales volcánicos de un probable evento futuro del volcán Chichonal deben ser considerados en planes y programas de prevención y mitigación de desastres.

## REFERENCIAS

CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres), 2001, Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México.

Galindo Alcántara, Adalberto, 2006, Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Tabasco, Secretaría de Desarrollo Social y Protección al Ambiente del estado de Tabasco.

Tarback, J. Eduard, Ludgens, Frederick K. Lutgens, 2005, Ciencias de la tierra, una introducción a la geología física, Ed. Pearson Educación S. A., Madrid, 2005.

Padilla y Sánchez, José Ricardo, 2005, Evolución geológica del sureste mexicano desde el Mesozoico al presente en el contexto regional del Golfo de México, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Tomo LIX, Núm. 1, 2007, P. 19-42.

Zavala-Cruz, Joel, Palma-López, David Jesús, Jiménez Ramírez, Raquel, Gavi Reyes, Francisco, Bautista Zúñiga, Francisco, Paisajes geomorfológicos: Base para el levantamiento de suelos en Tabasco, Ecosistemas y Recursos Agropecuarios [en línea] 2016.

Zonas sísmicas en México. Manual de diseño en obras civiles (diseño por sismo) de la Comisión Federal de Electricidad. <http://portalweb.sgm.gob.mx/museo/riesgos/sismos/sismologia-de-mexico>

Provincias fisiográficas en México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjZlZjMyMDA4LGxvbjotMTAyLjE0NTY1LHo6MSxsOmm0MTE=>

#### 8.1.2.4 Hidrología Superficial

##### 8.1.2.4.1 Metodología

La descripción y análisis de la hidrología para el Área Contractual Calicanto, se basa en información obtenida de diversas fuentes: documental, cartográfica y digital. Con respecto a la consulta de documentos oficiales, la identificación de hidrología superficial y subterránea se realizó en base a las cartas hidrológicas con escala de 1:250,000 del INEGI 2001, la información extraída de estas cartas fue verificada en campo, realizando diferentes muestreos de agua, para tener las condiciones actuales. La selección de los sitios de muestreo se realizó de acuerdo con el sistema de escurrimientos y presas en cartografía y recorrido de campo. Se ubicaron los sitios con sus coordenadas UTM, se tomaron las muestras y se realizaron análisis fisicoquímicos por un laboratorio con acreditación ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA).

##### 8.1.2.4.2 Hidrología superficial

La interacción del agua con la superficie de la tierra, representa una parte sustantiva del ciclo hidrológico y ha sido uno de los determinantes de la distribución espacial de las civilizaciones sobre la faz de la tierra, esta interacción puede ser conocida a detalle a través del balance hidrológico.

La zona física considerada habitualmente para el balance hidrológico es la cuenca hidrográfica, es decir la porción de territorio drenada por un único sistema de drenaje natural que puede desembocar en un lago interior o en el mar y que no tiene aportaciones superficiales ni subterráneas de otras áreas. Son unidades naturales para el manejo de los recursos naturales y en particular del agua.

##### 8.1.2.4.2.1 Regiones Hidrológicas (RH), cuencas y subcuencas

El Área Contractual Calicanto se localiza en la Región Hidrológica Coatzacoalcos (RH 29), en la cuenca (A) Río Tonalá y Lagunas del Carmen y Machona, subcuenca (c) Río Tancochapa, (d) Río Tonalá. En la Tabla 8.1.2.4-1 se detallan las características de la Región Hidrológica (RH 29).

Tabla 8.1.2.4-1.- Atlas digital del agua, 2010, CONAGUA.

CARACTERÍSTICAS DE LA REGIÓN HIDROLÓGICA COATZACOALCOS (RH-29)	
Extensión Territorial Continental (km²)	30,217
Precipitación normal anual 1971-2000 (mm)	1946
Escurrimiento natural medio superficial interno (hm³/año)	39,482
Escurrimiento natural medio superficial total (hm³/año)	39,482
Número de cuencas hidrológicas	15

### Región Hidrológica Coatzacoalcos (RH-29)

Una de las más importantes en el país en cuanto a volumen de agua drenada. La corriente principal de esta región es el río Coatzacoalcos, con origen en la sierra oaxaqueña. En el estado de Tabasco, esta región hidrológica ocupa la porción occidental y comprende el 24,78% de la superficie total del estado, está representada por una fracción de la cuenca (A) Río Tonalá y lagunas del Carmen y Machona.



Figura 8.1.2.4-1.- Regiones hidrológicas de México.

### **Cuenca Río Tonalá y Lagunas del Carmen y Machona (29-A)**

Esta cuenca cubre el 24,78% de la superficie del estado de Tabasco, se localiza al occidente del estado entre las cuencas de los ríos Coatzacoalcos y Mezcalapa. Entre los ríos que la componen se encuentran:

#### **Río Tancochapa**

Esta corriente tiene su origen en los límites entre Veracruz y Chiapas, al norte de la Sierra Madre de Chiapas, en la llamada serranía de Tres Picos (prolongación del contrafuerte de la Gineta y las faldas nororientales del cerro Mono Pelado). Este río nace en el Sierra Madre de Chiapas, al inicio se conoce con el nombre de Pedregal y posteriormente como río Tancochapa, al encontrarse con el arroyo Poza Crispín localizado en la población Francisco Rueda, es justamente cuando se le denomina como río Tonalá (Figura 8.1.2.4-2).

#### **Río Tonalá**

Se origina a partir del río Tancochapa, y después toma el nombre de río Tonalá, desemboca en el Golfo de México a través de la Barra de Tonalá, a unos 30 kilómetros al sureste de Coatzacoalcos, Veracruz. Sus afluentes principales en territorio tabasqueño son los ríos Zanapa, Blasillo y Chicozapote. De los cuales, el primero es el más importante. Las subcuencas intermedias que forman parte de la cuenca del Río Tonalá son las siguientes: "Lagunas del Carmen-Machona", "Río Santa Ana", "Río Cocajapa", "Río Tonalá", "Río Tancochapa Bajo" y "Río Pozacrispín" (Figura 8.1.2.4-2).

#### **Subcuenca RH29-A-d Río Tonalá**

La subcuenca hidrológica Tonalá drena una superficie de 1 245,79 kilómetros cuadrados y se encuentra delimitada al norte por el Golfo de México, al sur por la cuenca hidrológica Tancochapa Alto, al este por las cuencas hidrológicas Laguna del Carmen y Coacajapa y al oeste por las cuencas hidrológicas Río Coatzacoalcos y Tancochapa.

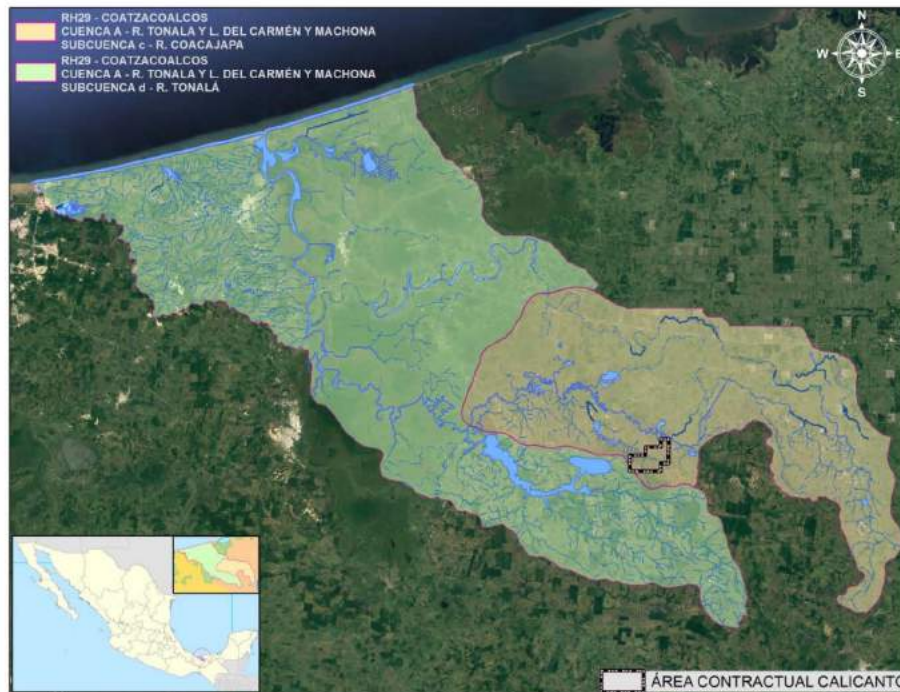


Figura 8.1.2.4-2.- Subcuencas RH29-A-c Río Coacajapa y RH29-A-d Río Tonalá.

El río Tonalá en su curso superior es conocido como río Tancochapa, los afluentes principales de esta corriente en territorio tabasqueño son los ríos Zanapa, Blasillo y Chicozapote, de ellos el primero es el más caudaloso. Los cuerpos de agua más importantes después de las lagunas El Carmen y Machona son: El Rosario, El Potrero y Pantanosa, la primera formada por sus tributarios, los arroyos Mosquitero, Hondo Chico y Hondo Grande.

#### Subcuenca RH29-A-c Río Coacajapa

La subcuenca hidrológica Coacajapa drena una superficie de 864,21 kilómetros cuadrados y se encuentra delimitada al norte por la Laguna del Carmen, al sur por las subcuencas hidrológicas Zanapa y Tonalá, al este por la cuenca hidrológica Santa Anita y al oeste por la cuenca hidrológica Tonalá.



### **Embalses y cuerpos de agua**

En el Área Contractual Calicanto no existen cuerpos de agua; existe un arroyo seco denominado El Estero, que cruza el área contractual de sureste a noroeste, sin embargo no presenta espejo de agua; eso sí, al exterior, en la zona de influencia del Área Contractual Calicanto, desde el punto de vista hidrológico, existen los cuerpos de agua que se describen a continuación:

#### *Laguna El Rosario*

Es la más grande de las lagunas en el municipio de Huimanguillo, con una extensión de 2,228.4 ha y es una típica laguna de contacto, con forma dendrítica y alargada. Tiene una línea de costa de 58.4 km, una longitud máxima de 8,32 km, anchura máxima de 2,59 km. Presenta como tributarios al río Zanapa y los arroyos Zonzo y Potrerillo. Presenta mezcla completa con fuertes procesos advectivos y convectivos.

#### *Laguna La Pantanosa*

Es un cuerpo lagunar alargado, originado por contacto y que ocupa un área superficial de 124.8 ha. Cuenta como tributarios el río Zanapa y el arroyo El Estero. Tiene una línea de costa de 14.9 km, longitud máxima de 1,4 km, anchura máxima de 0.84 km. Presenta mezcla completa durante todo el año.

#### *Río Zanapa*

Desemboca en el río Tonalá; drena una superficie de 431.91 kilómetros cuadrados, es alimentado por el arroyo San Juan, por el río Costijapa y las aguas de la laguna El Rosario.

### **8.1.2.4.2.2 Coeficiente de escurrimiento**

El escurrimiento se define como la porción de la precipitación pluvial que ocurre en una zona o cuenca hidrológica y que circula sobre o debajo de la superficie terrestre y que llega a una corriente para ser drenada hasta la salida de una cuenca o bien alimentar un lago, si se trata de cuencas abiertas o cerradas, respectivamente.

HIDROLOGÍA

---

Existen áreas en donde el escurrimiento tiende a ser uniforme debido a sus características de permeabilidad, cubierta vegetal y precipitación media principalmente. Como resultado del análisis de estos factores, se obtiene un coeficiente de escurrimiento que representa el porcentaje de agua precipitada que drena superficialmente. De acuerdo a su variación en el país estos coeficientes se agrupan en 5 rangos que presentan las condiciones del escurrimiento. Los rangos considerados son: del 0 al 5%, de 5 a 10%, de 10 a 20%, de 20 a 30% y mayor de 30%.

En el Área Contractual Calicanto sólo se tiene un coeficiente de escurrimiento: Del 20 al 30 %, es decir de cada 100 mm de precipitación, de 20 a 30 mm drenan superficialmente (Figura 8.1.2.4-3).

HIDROLOGÍA

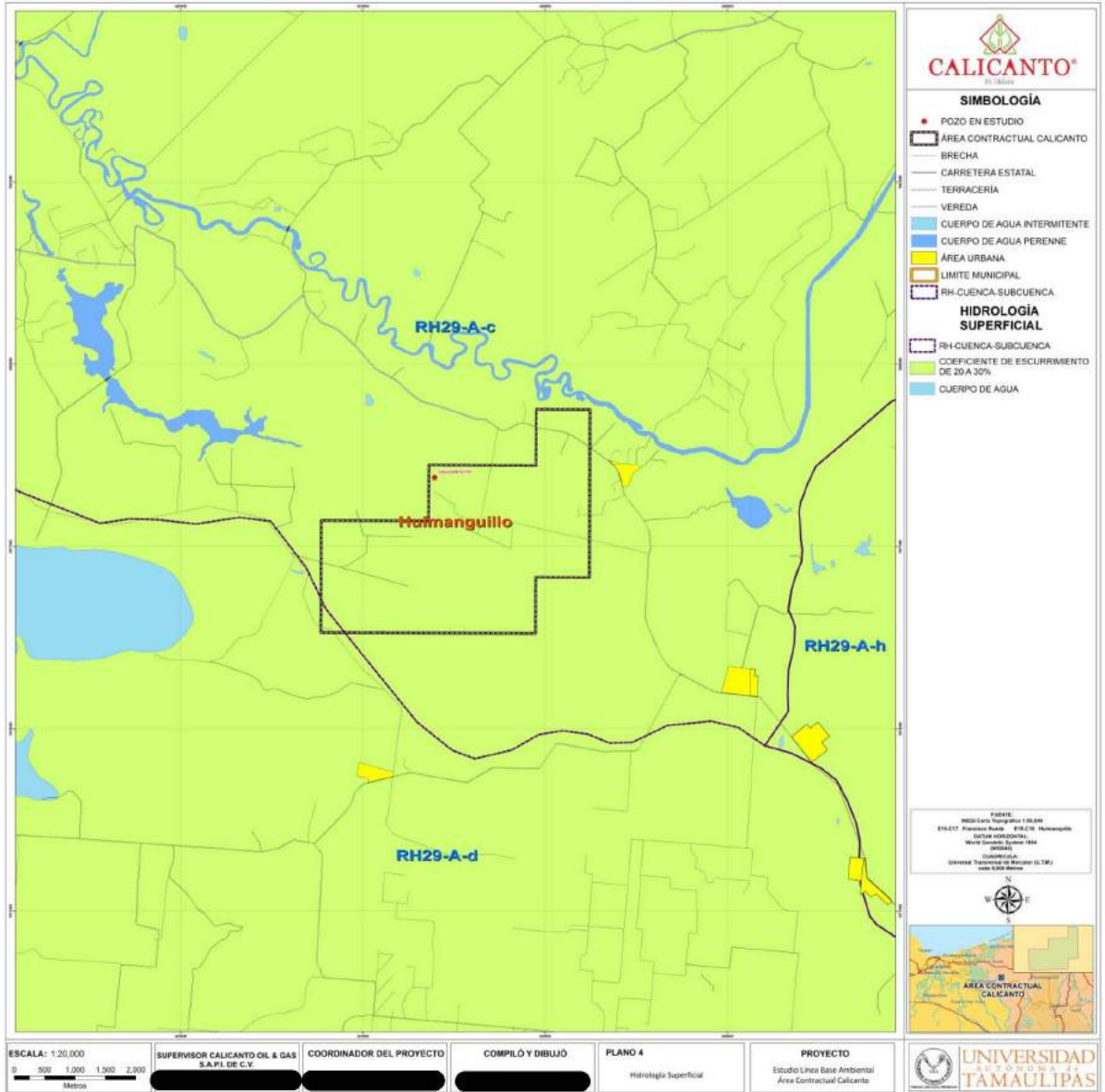


Figura 8.1.2.4-3.- Coeficiente de escurrimiento Área Contractual Calicanto.

#### 8.1.2.4.2.3 Patrón de drenaje

Se refiere al arreglo, en vista aérea (en un mapa), de un río y sus tributarios. Todos los sistemas de drenaje están compuestos por una red interconectada de corrientes que, juntas, forman modelos concretos. Estos modelos de drenaje responden a los tipos de rocas o modelos estructurales de fallas y pliegues presentes.

En la porción sur de la cuenca Río Tonalá y Lagunas del Carmen y Machona el drenaje es de tipo dendrítico (su arreglo se observa como las ramas de un árbol), generalmente uniforme y poco denso, lo cual indica que el material litológico es homogéneo. En la porción norte, donde está incluida el Área Contractual Calicanto, numerosos cuerpos de agua configuran una red de drenaje radial centrípeto, divergen de una región central como los rayos de una bicicleta.

Drenaje dendrítico: Es el patrón que más frecuentemente se presenta y se caracteriza por mostrar una ramificación arborescente en la que los tributarios se unen a la corriente principal formando ángulos agudos. Su presencia indica suelos homogéneos, y generalmente se presenta en áreas de rocas sedimentarias blandas, tobas volcánicas, depósitos glaciales y antiguas llanuras costeras.

Drenaje radial: Esta forma de drenaje se caracteriza por una red circular con canales paralelos procedentes de un punto elevado. Suele existir una corriente colectora principal que circula alrededor de la base de la elevación topográfica. Los volcanes y cerros aislados suelen presentar este tipo de drenaje.

Drenaje centrípeto: Es una variante del drenaje radial en la que el drenaje se dirige hacia un punto central. Suele reflejar una depresión o el fin de un anticlinal o sinclinal. Está constituido por corrientes que convergen en una depresión. Se asocia por lo general a estructuras negativas y zonas de subsidencia por la tectónica reciente, cráteres o depresiones cársticas.

#### 8.1.2.4.3 Hidrología Subterránea

Las aguas subterráneas que se depositan en los acuíferos del país son vitales para garantizar los abastecimientos de agua de la población urbana, pues gran parte de las ciudades y localidades dependen de ellas. Igualmente importantes son para la agricultura, industria, comercio y servicios. Existen evidencias de que un número significativo de los acuíferos que cubren el territorio nacional están siendo sobreexplotados o se encuentran muy cercanos a sus niveles máximos de extracción.

##### 8.1.2.4.3.1 Acuíferos

El agua subterránea del país se deposita en los acuíferos que se definen como cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectados entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo. Ley de Aguas Nacionales.- Artículo 3 Fracción II. El país se ha subdividido en 653 acuíferos o unidades hidrogeológicas. Los acuíferos del país presentan diferentes estatus de disponibilidad o en déficit, estos últimos se debe a que han sido sobreexplotados. Los acuíferos sobreexplotados son aquellos en el que la extracción del agua subterránea supera al volumen de recarga media anual, de tal forma que la persistencia de esta condición por largos periodos de tiempo ocasiona alguno o varios de los siguientes impactos ambientales: agotamiento o desaparición de manantiales, lagos, humedales; disminución o desaparición del flujo base en ríos; abatimiento indefinido del nivel del agua subterránea; formación de grietas; asentamientos diferenciales del terreno; intrusión marina en acuíferos costeros; migración de agua de mala calidad. Estos impactos pueden ocasionar pérdidas económicas a los usuarios y a la sociedad.

El Área Contractual Calicanto se ubica sobre los acuíferos La Chontalpa, clave 2702; en donde existe un volumen disponible de 1580.86369 y Huimanguillo, clave 2701, con un volumen disponible de 553.350257, ambos en millones de metros cúbicos, publicado en D.O.F. el 20 de abril del 20015 (Figura 8.1.2.4-4).

HIDROLOGÍA

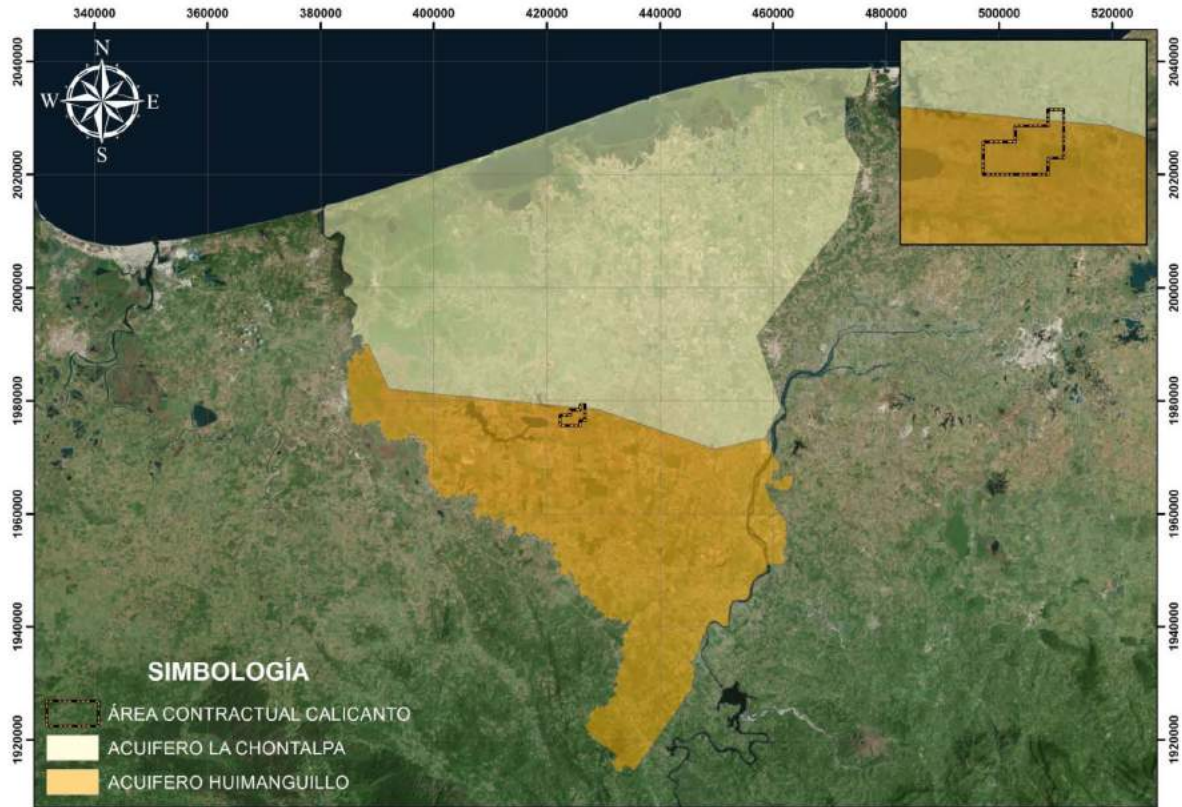


Figura 8.1.2.4-4.- Acuíferos Área Contractual Calicanto.

#### 8.1.2.4.3.1.1 Acuífero Huimanguillo (2701)

El acuífero de Huimanguillo, abarca una superficie de 1,998 km<sup>2</sup>, que cubre parcialmente el municipio de Huimanguillo. El principal centro de población localizado dentro del área es La Chontalpa. Limita al norte con el acuífero La Chontalpa; al sur y este con el estado de Chiapas y al oeste con el estado de Veracruz.

Los principales materiales que afloran en el área son de tipo arcillo-arenoso, areniscas y lutitas formados principalmente por materiales granulares provenientes de la erosión de la sierra de Chiapas. La principal formación geológica que se localiza en el área es la Formación Paraje Solo, dichos materiales granulares presentan características de buena permeabilidad y transmisividad, la zona de recarga está localizada en

la parte sur de la zona acuífera. La presencia de arcilla intercalada con los sedimentos arenosos que forman el acuífero, sugiere condiciones de semiconfinamiento.

La formación Cedral ocupa la parte superior de la unidad de sedimentos arenosos, presentado intercalaciones de lentes arcillosos, lechos de gravas y de lignido dentro de su espesor, que en general es reducido, del orden de 50 m.

La Formación Agueguexquite es la parte superior que consta de arena gris claro, de grano grueso a medio y escaso grano fino, con algunas intercalaciones de grava fina arredondeada y delgadas capas de lutita gris a gris verdoso, suave, las aumentan en potencia hacia la base de la formación, disminuyendo consecuentemente las arenas que se presentan en espesores poco potentes. Se ha fijado el contacto superior de la formación paraje solo, donde desaparece la microfauna característica de la suprayacente Agueguexquite, ya que litológicamente son muy similares. Se inicia en un cuerpo de lutita de color gris azulado a gris verdoso, suave, plástica, poco arenoso; a continuación consiste de arenas de color gris claro, de grano fino a grueso, con intercalaciones de lutita hasta llegar a la mitad de la formación a la profundidad de 1,300 metros. A partir de esta profundidad disminuyen los cuerpos de arena, para predominar la lutita en la base, rasgo característico de ella.

Superficialmente la mayor parte de esta área está cubierta por depósitos del Cuaternario que no han sufrido deformaciones. En el subsuelo de esta zona acuífera se han descubierto grandes estructuras subyacentes bajos los sedimentos del sistema Terciarios, de la serie del Mioceno, y litología Arenisca.

#### **8.1.2.4.3.1.1 Tipo de Acuífero**

El esquema de flujo subterráneo queda definido del sureste hacia el norte y noroeste, constituyendo un acuífero libre, quedando constituido éste por clastos cuyas características hidráulicas varían de buenas a regulares.

#### 8.1.2.4.3.1.2 Acuífero La Chontalpa (2702).

El acuífero La Chontalpa, se localiza en la porción noroccidental del estado de Tabasco, el acuífero abarca una superficie de 5,992.0 km<sup>2</sup>, que cubre parcialmente los municipios de Cárdenas, Comalcalco, Huimanguillo y Paraíso, los principales centros de población localizados dentro del área son: Sánchez Magallanes, Villa La Venta y Villa Benito Juárez, limita al norte con el Golfo de México, al este con los acuíferos Centla y Samaria-Cunduacán, al oeste con el estado de Veracruz y al sur con el acuífero Huimanguillo.

Los principales tipos de materiales que afloran en el área son de tipo arcillo-arenoso, formados principalmente por materiales granulares provenientes de la erosión de la sierra de Chiapas y material lacustre. La principal formación geológica que se localiza en el área es la Fm. Tres Puentes, dichos materiales granulares presentan características de buena permeabilidad y transmisividad, la zona de recarga está localizada en la parte sur y sureste de la zona acuífera.

##### 8.1.2.4.3.1.2.1 Tipo de Acuífero

El acuífero es de tipo libre, constituido por las formaciones del Terciario: Encanto y Concepción, en la cual la granulometría en general arcillosa que compone a las rocas de la formación unidad de sedimentos de arenas y lutitas, le imprimen de una manera general, características hidrogeológicas que van de impermeables a semipermeables y su funcionamiento hidrogeológico con respecto al sistema acuífero regional consiste en transmitir en forma limitada las aguas infiltradas en las calizas de La Sierra Madre de Chiapas; dicha unidad presenta un espesor promedio de 3,600 metros; habiéndose observado en éste aumento de valores próximos a 2,500 metros en la línea de costa a valores arriba de 5,500 metros en la porción sur de la zona acuífera.

El flujo subterráneo en la zona de la Chontalpa, tiene una dirección de sur a norte y noroeste fluyendo hacia la línea de costa, teniendo seguramente salida subterránea al Golfo de México. Lo anterior también nos marca que la recarga subterránea en dicha zona, es por la parte sur proveniente de la sierra de Chiapas.



#### 8.1.2.4.3.2 Unidades geohidrológicas

Material (roca o suelo) o conjunto de materiales, cuyas características fisicoquímicas les permiten, en diferente grado, almacenar y transmitir el agua subterránea y las posibilidades acuíferas. La clasificación de las unidades geohidrológicas presentada por el INEGI, toma en cuenta las características físicas de las rocas, así como las de los materiales granulares para estimar la posibilidad de contener o no agua, clasificándolas en dos grupos: material consolidado y material no consolidado, con posibilidades bajas, medias, o altas de funcionar como acuífero.

En el acuífero Huimanguillo las unidades hidrogeológicas están conformadas por clastos cuyas características hidráulicas varían de buenas a regulares.

En el acuífero La Chontalpa las unidades hidrogeológicas están conformadas por las formaciones del Terciario, Encanto y Concepción, en la cual la granulometría en general arcillosa que compone a las rocas, le imprimen de una manera general, características hidrogeológicas que van de impermeables a semipermeables y su funcionamiento hidrogeológico con respecto al sistema acuífero regional consiste en transmitir en forma limitada las aguas infiltradas en las calizas de la sierra madre de Chiapas.

Específicamente en el Área Contractual Calicanto sólo se encuentra material no consolidado con posibilidades altas (Figura 8.1.2.4-5).

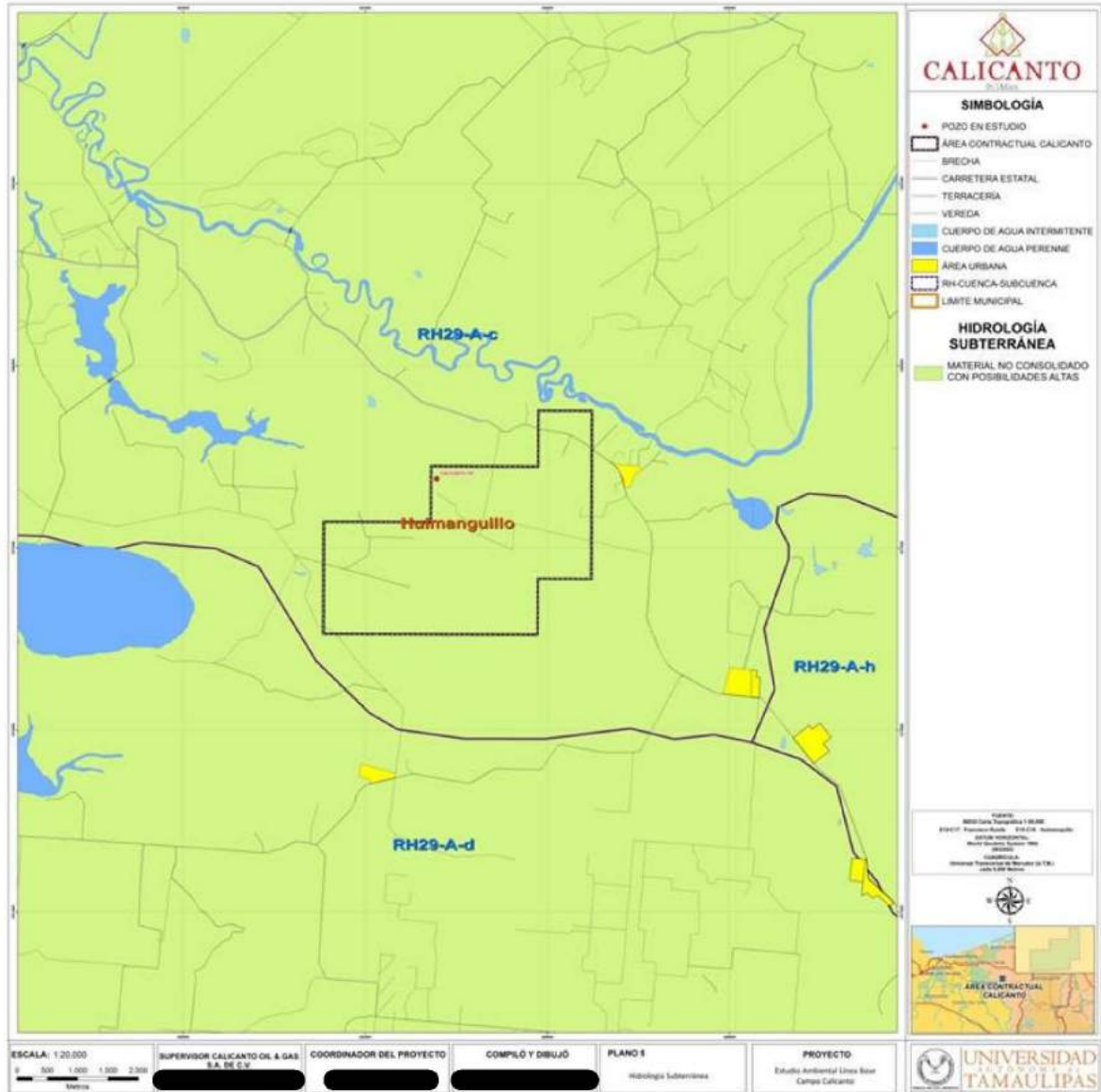


Figura 8.1.2.4-5.- Unidades Geohidrológicas presentes en el polígono del Área Contractual Calicanto.

### 8.1.2.4.3.3 Infiltración

El agua precipitada sobre la superficie de la tierra, queda detenida, se evapora, discurre por ella o penetra hacia el interior.

La infiltración se define como la cantidad de agua en movimiento que atraviesa verticalmente la superficie del suelo producto de la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares, esta cantidad de agua quedará retenida en el suelo o alcanzará el nivel freático del acuífero, incrementando el volumen de éste.

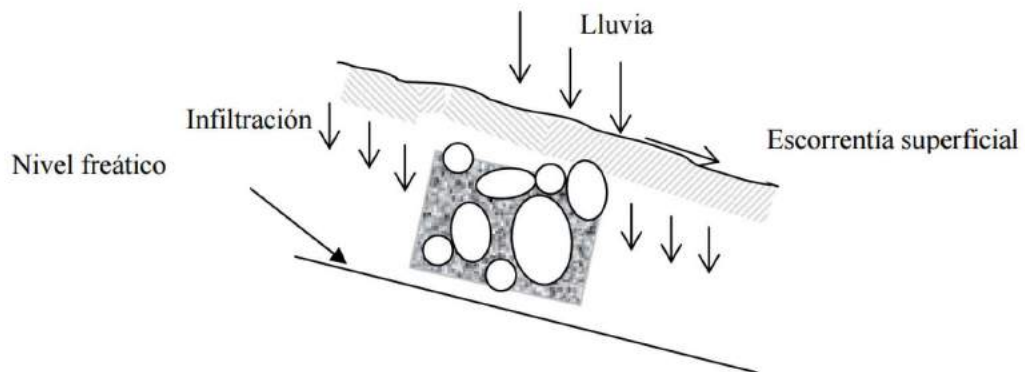


Figura 8.1.2.4.6.- Infiltración.

Existen diversos factores que influyen tanto en el origen de la infiltración como en la cantidad de agua infiltrada:

La precipitación es un factor externo a las propiedades del terreno. La existencia de precipitación es la causa de que exista infiltración siempre y cuando se supere un cierto umbral mínimo exigible.

Ortiz y Ortiz (1980), mencionan que los factores principales que determinan la magnitud del movimiento del agua por infiltración son:

1. Textura. Los porcentajes de arena, limo y arcilla presentes en el suelo. En un suelo arenoso se favorece la infiltración.
2. Estructura. Suelos con grandes agregados estables en agua tienen proporciones de infiltraciones más altas.

HIDROLOGÍA

---

3. Cantidad de materia orgánica. Altas proporciones de materia orgánica sin descomponer propician que una mayor cantidad de agua entre al suelo.
4. Profundidad del suelo a una capa endurecida "hardpan", lecho rocoso u otras capas impermeables influyen en la infiltración. Los suelos delgados almacenan menos agua que los suelos profundos.
5. Cantidad de agua en el suelo. En general un suelo mojado tendrá una menor infiltración que un suelo seco.
6. Temperatura del suelo. Los suelos calientes permiten mayor infiltración del agua que los suelos fríos.
7. Cantidad de organismos vivos. A mayor actividad microbiológica en los suelos habrá una mayor infiltración. Un caso típico es la elaboración de pequeños túneles por las lombrices, los cuales favorecen la infiltración y la penetración de las raíces así como la aireación.

La pendiente del terreno favorece el tránsito del agua llovida en forma de escurrimiento superficial; a mayor pendiente menor tiempo de tránsito superficial del agua y menor permanencia de agua en el terreno y menor infiltración.

La vegetación favorece la retención del agua, lo que aumenta el tiempo de permanencia del agua en el terreno y, en consecuencia, la infiltración.

El análisis de la infiltración en el ciclo hidrológico es de importancia básica en la relación entre la precipitación y el escurrimiento.

Para estimar la cantidad de agua infiltrada en el Área Contractual Calicanto se aplicará la siguiente fórmula:

$$I = P - E - C$$

I= Infiltración, mm

P= Precipitación pluvial anual media, mm

E= Evapotranspiración real, mm

C= Escurrimiento, mm

HIDROLOGÍA

La precipitación pluvial anual media se tomará del capítulo de Climatología y Meteorología, el escurrimiento se calculará con base en el coeficiente de escurrimiento presentado en la sección II.3.4.2.1, de este capítulo y la evapotranspiración real se tomará de la carta de evapotranspiración real en la república mexicana, CONABIO 1990, Figura 8.1.2.4-7. La fracción del total de la evapotranspiración real que se utilizará para el cálculo de la infiltración será conforme a lo dispuesto en la NOM-011-CONAGUA-2015, que dice: "El valor de esa fracción varía entre un máximo de uno, cuando el nivel freático aflora, y cero cuando éste se halla a profundidades mayores que la altura de la faja capilar de los materiales predominantes entre la superficie del terreno y el nivel freático; a falta de información, se supondrá que el valor de la fracción varía entre valores extremos linealmente según la profundidad de dicho nivel".

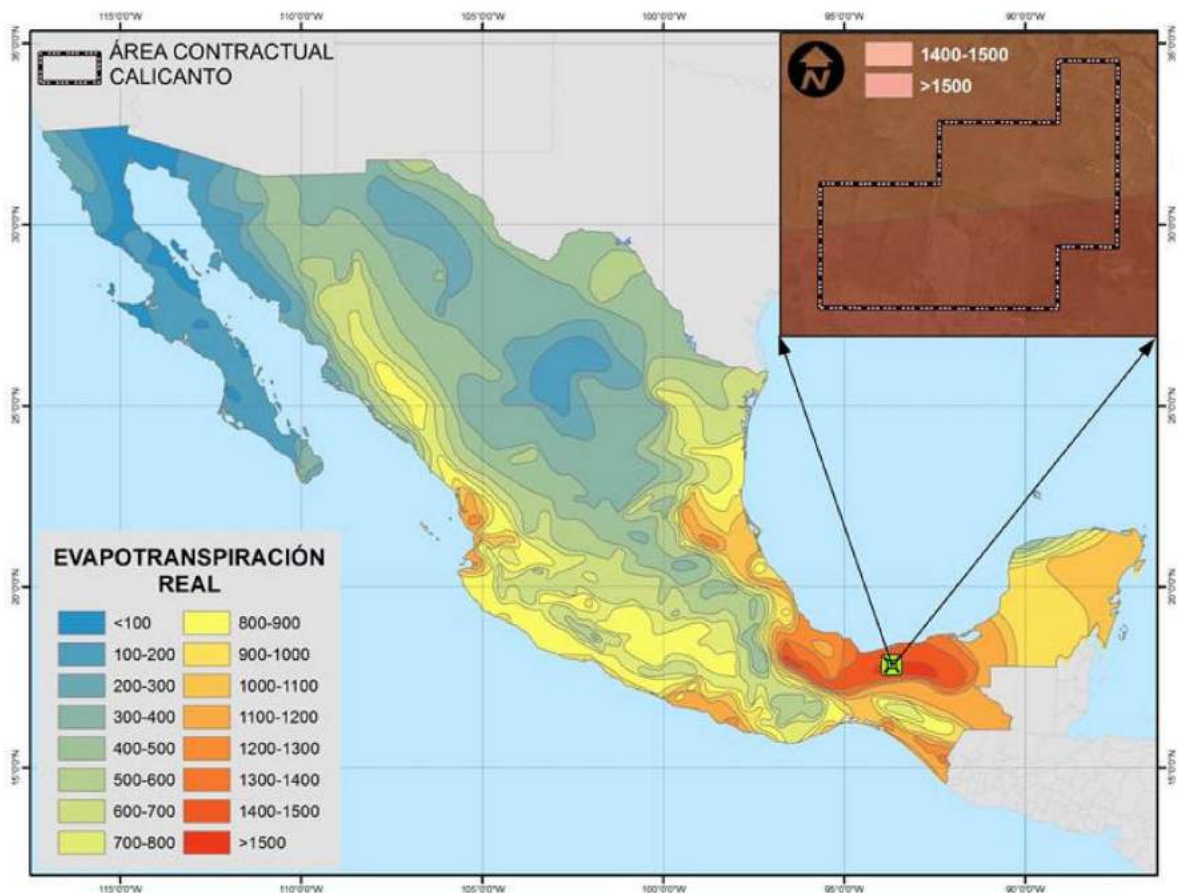


Figura 8.1.2.4-7.- Evapotranspiración real en la república mexicana, CONABIO, 1990.

Así obtenemos una infiltración de 387,45 mm/m<sup>2</sup>/año, lo que equivale a **3,874.5 m<sup>3</sup>/ha/año**.

El Área Contractual Calicanto tiene una superficie de 10,58 km<sup>2</sup> por lo que su contribución por infiltración vertical a la recarga del acuífero Huimanguillo es de 4,099,995.9 m<sup>3</sup>/año, que tiene una recarga por este concepto de 387,600,000 m<sup>3</sup>/ha/año.

El Área Contractual Calicanto está sobre los acuíferos Huimanguillo y La Chontalpa, sin embargo la superficie que corresponde al acuífero La Chontalpa es ínfima, por lo que para este análisis sólo se toma en cuenta el primero.

#### **8.1.2.4.3.4 Balance y disponibilidad de aguas subterráneas del acuífero Huimanguillo.**

En el documento “Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Huimanguillo (2701), estado de Tabasco”, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de abril de 2015, se presenta el balance de aguas subterráneas de dicho acuífero.

##### **8.1.2.4.3.4.1 Recarga Natural**

El acuífero Huimanguillo es alimentado tanto por infiltración vertical como por flujo subterráneo, se ha estimado que de acuerdo a los cálculos efectuados se tiene una entrada vertical de 387.6 Mm<sup>3</sup>/año, así como 275.4 Mm<sup>3</sup>/año proveniente de corrientes superficiales. Lo que resulta en una recarga natural total de 663,0 Mm<sup>3</sup>/año. En este acuífero no hay recarga inducida.

##### **8.1.2.4.3.4.2 Evapotranspiración**

Para el análisis de las salidas se considera tanto evapotranspiración como evaporación con un total de 310.40 Mm<sup>3</sup>/año.

#### 8.1.2.4.3.4.3 Descargas naturales

En las descargas naturales se estimó los volúmenes de agua aportados por el manto acuífero a las distintas corrientes, calculando un total de 95.515 Mm<sup>3</sup>/año.

#### 8.1.2.4.3.4.4 Bombeo

Para las salidas por extracción mediante aprovechamientos, se ha cuantificado un volumen de 2.99 Mm<sup>3</sup>/año, haciendo hincapié que dicho volumen corresponde a los usuarios que ya se encuentran regularizados.

#### 8.1.2.4.3.4.5 Cambio de almacenamiento

Efectuando el balance de aguas subterráneas, de acuerdo a los datos anteriormente citados, se determina un cambio de almacenamiento de 254.0 Mm<sup>3</sup>/año.

#### 8.1.2.4.3.4.6 Disponibilidad

Para el cálculo de la disponibilidad del agua subterránea, se aplica el procedimiento indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, que en la fracción relativa a las aguas subterráneas establece la expresión siguiente:

$$D = R - \text{DNCOM} - \text{VCAS}$$

D= Disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica

R= Recarga total media anual

DNCOM= Descarga natural comprometida

VCAS= Volumen anual de aguas subterráneas concesionado e inscrito en el REPDA

$$D = 663,000,000 - 98,500,000 - 11,149,743 = 553,350,257 \text{ m}^3/\text{año}$$

HIDROLOGÍA

La cifra indica que existe un volumen disponible de **553, 350,257** metros cúbicos anuales para nuevas concesiones en la unidad hidrogeológica denominada acuífero Huimanguillo en el estado de Tabasco. **En este acuífero no hay déficit de agua.**

Tabla 8.1.2.4-2.- Parámetros acuífero Huimanguillo.

CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES							
CLAVE	ACUÍFERO	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DÉFICIT
2701	HUIMANGUILLO	663.0	98.5	11.149743	2.3	553.350257	0.000000

Fuente: Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Huimanguillo (2701), estado de Tabasco, Diario Oficial de la Federación. R= Recarga media anual; DNCOM= Descarga natural comprometida; VCAS= Volumen concesionado de aguas subterráneas; VEXTET= Volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; DAS= Disponibilidad media anual de aguas subterráneas. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales 3 y 4 de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015.

#### 8.1.2.4.3.5 Calidad del Agua

La calidad del agua es una medida crítica de las propiedades químicas y biológicas de los sistemas acuáticos que dependen del mantenimiento de una calidad del agua específica para poder sostener procesos bioquímicos necesarios para la vida de plantas y animales.

Los parámetros principales de la calidad del agua reflejan la función física y biológica del medio ambiente con el que el agua tiene interacción. Los parámetros principales (temperatura, conductividad específica, turbidez, pH, oxígeno disuelto) se pueden medir fácilmente y constituyen una manera de clasificar posibles factores de estrés para la salud del sistema acuático. Además, otras medidas de calidad del agua (nutrientes primarios, sólidos disueltos totales, metales pesados, agentes patógenos, compuestos orgánicos) ayudan a caracterizar la calidad del agua y a determinar los posibles impactos en la vida acuática y en seres humanos.

La CONAGUA tiene publicada entre sus principales indicadores de calidad del agua, la demanda bioquímica de oxígeno a cinco días (DBO5), la demanda química de oxígeno (DQO) y la concentración de sólidos suspendidos totales (SST). La DBO5 es un indicador de la cantidad de materia orgánica presente en el agua. Su incremento provoca la disminución del contenido de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua, creando



HIDROLOGÍA

condiciones de “anoxia” que dañan a las comunidades biológicas de los ecosistemas acuáticos (Tabla 8.1.2.4-3).

Tabla 8.1.2.4-3.- Indicadores de la calidad del agua. Escalas de clasificación.

CRITERIO (mg/l)	CLASIFICACIÓN	COLOR
<b>DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO<sub>5</sub>)</b>		
DBO <sub>5</sub> ≤ 3	EXCELENTE No contaminada	AZUL
3 < DBO <sub>5</sub> ≤ 6	BUENA CALIDAD Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable	VERDE
6 < DBO <sub>5</sub> ≤ 30	ACEPTABLE Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente	AMARILLO
30 < DBO <sub>5</sub> ≤ 120	CONTAMINADA Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal	NARANJA
DBO <sub>5</sub> > 120	FUERTEMENTE CONTAMINADA Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales	ROJO
<b>DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO</b>		
DQO ≤ 10	EXCELENTE No contaminada	AZUL
10 < DQO ≤ 20	BUENA CALIDAD Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable.	VERDE
20 < DQO ≤ 40	ACEPTABLE Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente	AMARILLO
40 < DQO ≤ 200	CONTAMINADA Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal	NARANJA
DBO <sub>5</sub> > 200	FUERTEMENTE CONTAMINADA Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales	ROJO
<b>SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)</b>		
SST ≤ 25	EXCELENTE Clase de excepción, muy buena calidad	AZUL
25 < SST ≤ 75	BUENA CALIDAD Aguas superficiales con bajo contenido de sólidos suspendidos, generalmente condiciones naturales. Favorece la conservación de comunidades acuáticas y el riego agrícola irrestricto	VERDE
75 < SST ≤ 150	ACEPTABLE Aguas superficiales con indicio de contaminación. Con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente. Condición regular para peces. Riego agrícola restringido	AMARILLO
150 < SST ≤ 400	CONTAMINADA Aguas superficiales de mala calidad con descargas de aguas residuales crudas. Agua con alto contenido de material suspendido	NARANJA
SST > 400	FUERTEMENTE CONTAMINADA Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales con alta carga contaminante. Mala condición para peces	ROJO

Fuente: Subdirección General Técnica, CONAGUA. (Modificado de Porcella, D.B. (1983). Protocol for Bioassessment of Hazardous Waste Sites, Environmental Research Laboratory, U.S.Environmental Protection Agency, Corvallis, OR, EPA 60072-83/054, NTIS Publ. No. PB83-241737. Citado por: Burton, G. A. y Pitt E. R. (2002). Stormwater effect handbook: a toolbox for watershed managers, scientist, and engineers. Lewis Publishers. A CRC Press Company. 911 p)

La Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO<sub>5</sub>) es un parámetro que se utiliza para estimar la cantidad de materia orgánica que es degradada por procesos biológicos. Un aumento en la DBO<sub>5</sub> provoca

una disminución en la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, que es indispensable para que se mantenga la vida en los ecosistemas acuáticos. El origen de la materia orgánica susceptible a biodegradarse, son las aguas residuales domésticas.

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) es un parámetro que sirve para estimar la cantidad de materia orgánica en el agua que es oxidada o degradada por medios químicos. Este parámetro mide tanto materia orgánica biodegradable como no biodegradable. Un aumento en este parámetro indica presencia de aguas residuales no municipales, es decir, aguas residuales provenientes principalmente de la industria.

Los Sólidos Suspendedos Totales (SST) es un parámetro fisicoquímico que mide la cantidad de material (sólidos) que se encuentran suspendidos en el agua y no pueden ser disueltos. Su presencia causa turbiedad en el agua y reducen la penetración de la luz solar en los cuerpos de agua, reduciendo la actividad fotosintética y limitando el crecimiento de plantas acuáticas. Su origen puede ser antropogénico, por medio de aguas residuales, o por procesos erosivos, principalmente en zonas agrícolas y zonas altamente deforestadas.

Es importante mencionar que el aumento de la DQO indica presencia de sustancias provenientes de descargas no municipales. Por otro lado, los SST tienen su origen en las aguas residuales y la erosión del suelo. El incremento de los niveles de SST hace que un cuerpo de agua pierda la capacidad de soportar la diversidad de la vida acuática. Estos parámetros permiten reconocer gradientes que van desde una condición relativamente natural o sin influencia de la actividad humana, hasta agua que muestra indicios o aportaciones importantes de descargas de aguas residuales municipales y no municipales, así como áreas con deforestación severa.

En lo que corresponde al agua subterránea, los sólidos totales disueltos son la medida más representativa de la salinidad del agua. De acuerdo a su concentración las aguas subterráneas se clasifican en dulces (<1 000 mg/l), ligeramente salobres (1 000 a 2 000 mg/l), salobres (2 000 a 10 000 mg/l) y salinas (>10 000 mg/l).

HIDROLOGÍA

---

El límite entre el agua dulce y la ligeramente salobre coincide con la concentración máxima señalada por la Modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, "Salud ambiental, agua para uso y consumo humanos –límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización", D.O.F., 20 octubre de 2000.

### **Normatividad**

Todo el proceso de muestreo se ajustó a lo dispuesto en las siguientes Normas Mexicanas:

NMX-AA-003-1980 Aguas residuales.- Muestreo.

NMX-AA-014-1980 Muestreo en cuerpos receptores.

Para determinar la calidad del agua superficial se tomaron como referencias los Indicadores de la Calidad del Agua de la Tabla 8.1.2.4.4 y los criterios establecidos en CE-CCA-001/89 Criterios de calidad del agua.

Para determinar la calidad del agua subterránea se tomó como referencia la siguiente norma:

Para determinar la calidad del agua subterránea se tomó como referencia la modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 "Salud ambiental, agua para uso y consumo humanos – límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización", D.O.F., 20 de octubre de 2000.

En la Tabla 8.1.2.4-4 se muestran los parámetros fisicoquímicos y los métodos analíticos conforme a normas citadas en dicha tabla.

Tabla 8.1.2.4-4.- Métodos analíticos utilizados para los parámetros.

PARÁMETRO	MÉTODO ANALÍTICO	UNIDADES
Oxígeno disuelto	NMX-AA-012-SCFI-2001	mg/L
Sólidos Disueltos Totales	NMX-AA-034- SCFI-2001	mg/L
Sólidos Suspendidos Totales	NMX-AA-034- SCFI-2001	mg/L
Dureza total	NMX-AA-072-SCFI-2001	Mg de CaCO <sub>3</sub> /L
SAAM	NMX-AA-039-SCFI-2001	Mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno	NMX-AA-028-SCFI-2001	Mg/L
Grasas y Aceites	NMX-AA-005-SCFI-2013	Mg/L
pH	NMX-AA-008-SCFI-2001	Ph
Nitritos	NMX-AA-099-SCFI-2006	Mg de N/L
Coliformes Totales	NMX-AA-042-SCFI-2015	NMP/100ml
Coliformes fecales	NMX-AA-042-SCFI-2015	NMP/100ml
Nitratos	NMX-AA-079-SCFI-2001	Mg de N/L
Fosfatos	NMX-AA-029-SCFI-2001	Mg de P/L
Color verdadero	NMX-AA-045-SCFI-2001	Unidades color Pt-Co
Turbiedad	NMX-AA-038-SCFI-2001	Unidades UTN
Conductividad eléctrica	NMX-AA-093-SCFI-2000	mS/m
Cloruros	NMX-AA-073-SCFI-2001	Mg/L

### Calidad del agua a nivel regional

De acuerdo con los resultados de la red nacional de monitoreo, la calidad del agua superficial a nivel regional se presenta en la Tabla 8.1.2.4-5, que nos muestra la distribución porcentual de sitios de monitoreo en cuerpos de agua superficiales en la región hidrológico-administrativa XI Frontera Sur, de acuerdo a los indicadores DBO, DQO y SST, 2014.

Como puede observarse, el indicador DQO es el que más impacta negativamente en la calidad del agua superficial de la región, esto se debe a que como lo indica la CONAGUA, los sitios de monitoreo están localizados en las zonas con mayor influencia antrópica, y por lo tanto con mayores descargas de aguas residuales industriales.

**Tabla 8.1.2.4-5.-** Distribución porcentual de sitios de monitoreo en cuerpos de agua superficiales en la región hidrológico-administrativa XI Frontera Sur, de acuerdo a los indicadores DBO, DQO y SST, 2014.

EXCELENTE	BUENA CALIDAD	ACEPTABLE	CONTAMINADA	FUERTEMENTE CONTAMINADA
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DBQ				
62.0	26.0	10.4	1.2	0.4
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO, DQO				
4.0	44.8	38.8	11.2	1.2
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES, SST				
45.8	46.4	6.3	1.4	0.0

Fuente: Estadísticas del agua en México, CONAGUA, 2015

En 2012, Ramos-Herrera, S, et al, de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, realizaron un estudio en el que recopilaron los datos de siete de los principales parámetros que se miden en el agua: DBO5, DQO, SST, OD (Oxígeno disuelto), pH, GyA (Grasas y aceites) y T (Temperatura del agua); sobre una base mensual. Se involucraron 21 estaciones de la Red Estatal de Monitoreo de Calidad del Agua (REMCA), administrada por la SERNAPAM, en el periodo 1978-2011; en donde concluyeron que de las cinco regiones estudiadas, sólo en la región La Chontalpa (en donde se ubica el Área Contractual Calicanto) los niveles representativos de la DQO exceden el límite máximo permisible (40 mg/L) y consecuentemente sus niveles de OD se encuentran por debajo del valor guía, 5 mg/L. De los siete parámetros analizados solo el pH y la temperatura del agua se mantienen sin cambios significativos en sus niveles. La DBO5 está aumentando en la región Sierra y La Chontalpa; la DQO está disminuyendo en la región Centro; los SST están disminuyendo en las regiones sierra y centro. El OD está aumentando en la región centro; mientras que las GyA disminuyen en todas las regiones excepto la Chontalpa.

En cuanto al agua subterránea el acuífero La Chontalpa presenta en la zona de La Chontalpa la familia bicarbonatada-cálcico-magnésica y en la zona de la Venta corresponde a una familia cloratada-sódica.

De acuerdo a la clasificación del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, los tipos de industrias que se abastecen de agua subterránea en la zona son clase III y II industria petrolera

HIDROLOGÍA

---

incluyendo una petroquímica, así como dos ingenios azucareros, lo cual hace más susceptible a contaminación por ésta actividad, quedando sin embargo con un moderado potencial de contaminación. De acuerdo a las condiciones hidrogeológicas del acuífero La Chontalpa, el cual aún se encuentra subexplotado, la descarga del mismo en una zona de costa, donde pudiera presentarse la intrusión salina, el potencial de contaminación se estimó bajo.

Se presume que en el citado acuífero existe contaminación debido a las siguientes actividades humanas:

- 1) Instalaciones de la industria petroleras (petroquímica, baterías y compresoras).
- 2) Descargas de aguas residuales de origen doméstico de los poblados.
- 3) Industrias azucareras (dos)
- 4) Agricultura con aplicación de agroquímicos en forma extensiva (cultivo de limón, naranja, piña, arroz, sorgo, caña de azúcar, papaya, etc.)

En el acuífero Huimanguillo los sólidos totales disueltos en el agua varían, en general, entre 58 y 277 miligramos por litro, lo que clasifica el agua como dulce.

Según el muestreo y análisis físico-químico de algunas muestras de agua subterránea efectuado por la Universidad Autónoma de Tabasco, en el acuífero Huimanguillo, los resultados indicaron que el agua es de buena calidad en general, y puede ser utilizada como agua para uso público urbano, ya que los parámetros analizados se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos por la "modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización", publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de noviembre de 2000.

El agua subterránea del acuífero es apta para su uso agrícola ya que se trata de un agua de baja salinidad y bajo contenido de sodio sin ninguna limitante para el riego. Teniendo en cuenta la dureza total, es decir, el contenido en calcio y magnesio, se puede clasificar al agua subterránea del acuífero Huimanguillo como agua blanda.

Se tomaron tres muestras de agua superficial y dos muestras en agua subterránea, Tabla 8.1.2.4-6 y Figura 8.1.2.4-8, ver Anexo C.

Tabla 8.1.2.4-6.- Coordenadas de los sitios de muestreo.

ID	COORDENADAS SITIOS DE MUESTREO		OBSERVACIONES
	X	Y	
<b>SITIOS DE MUESTREO DE AGUA SUPERFICIAL</b>			
01—BC-HSUP	418791	1979766	Laguna La Pantanosa
02—BC-HSUP	417583	1977053	Laguna El Rosario
03—BC-HSUP	426643	1979477	Rio Zanapa
<b>SITIOS DE MUESTREO DE AGUA SUBTERRÁNEA</b>			
P01—BC-HSUB	422849	1975986	Pozo excavado con herramienta manual
P02—BC-HSUB	426213	1978509	Pozo profundo

HIDROLOGÍA

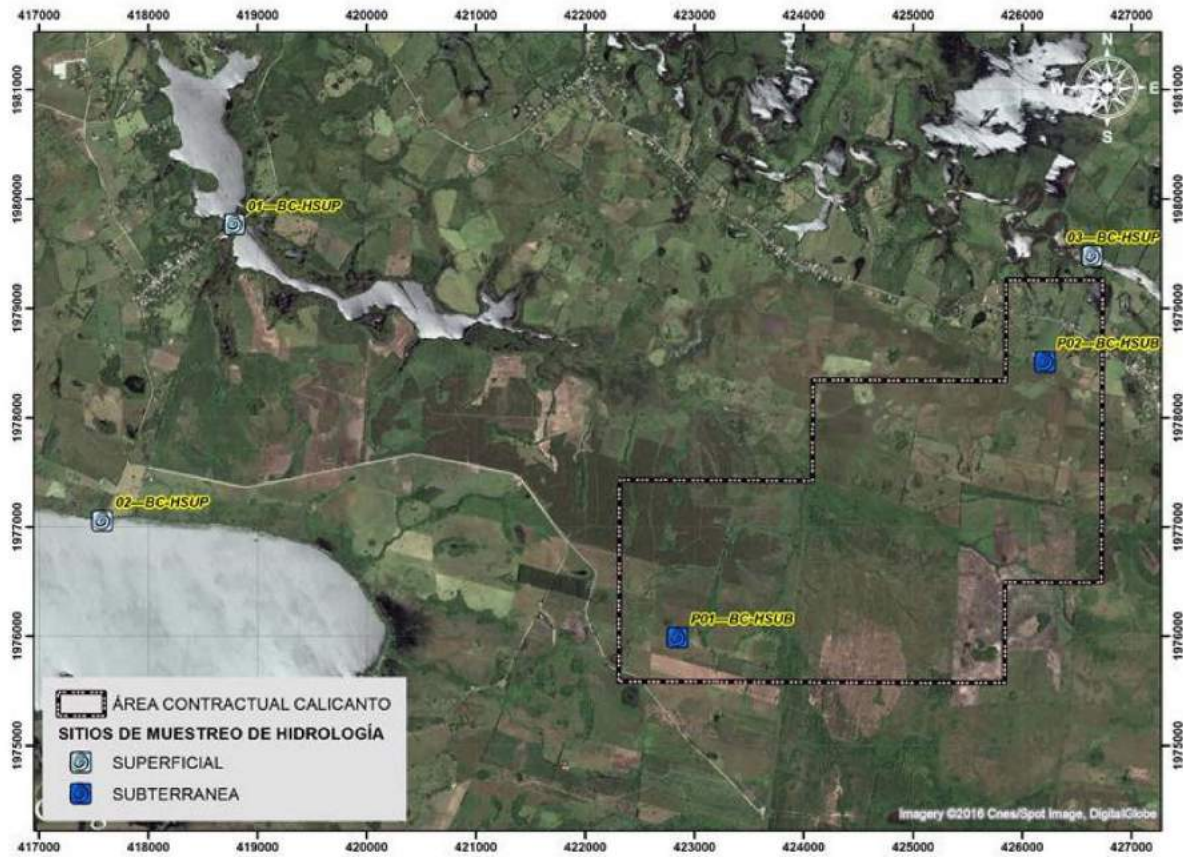


Figura 8.1.2.4-8.- Ubicación de los sitios de muestreo.

### AGUA SUPERFICIAL, MUESTREO Y RESULTADOS

Para el análisis, los resultados se cotejaron con los valores presentados en la Tabla 8.1.2.4-7 Indicadores de calidad del agua, escalas de clasificación.

Las muestras fueron analizadas para DBO y SST, el indicador DQO no fue probado porque el Área Contractual Calicanto es rural, donde no hay descargas residuales de la industria.



HIDROLOGÍA

---

También estos resultados se contrastaron con los niveles establecidos en CE-CCA-001/89 Criterios de calidad del agua. Los potenciales usos evaluados son: Recreativo con contacto primario, riego agrícola, pecuario y fuente de abastecimiento de agua potable.

*Calidad para uso recreativo con contacto primario:* Grado de calidad del agua, requerido para ser utilizada en actividades de esparcimiento, que garantiza la protección de la salud humana por contacto directo.

*Calidad para riego agrícola:* Grado de calidad del agua, requerido para llevar a cabo prácticas de riego sin restricción de tipos de cultivo, tipos de suelo y métodos de riego.

*Calidad para uso pecuario:* Grado de calidad del agua, requerido para ser utilizada como abastecimiento de agua para consumo por los animales domésticos, que garantiza la protección de su salud y la calidad de los productos para consumo humano.

*Calidad para uso como fuente de abastecimiento de agua potable:* Grado de calidad del agua, requerido para ser utilizada como abastecimiento de agua para consumo humano, debiendo ser sometida a tratamiento, cuando no se ajuste a las disposiciones sanitarias sobre agua potable.

En estos criterios la conductividad eléctrica se expresa en mmhos/cm (Milimho/cm) y en los resultados del laboratorio está en mS/m (Milisimens/metro); por lo que para hacer la comparación se establece la siguiente igualdad:  $1 \text{ mS/m} = 0.01 \text{ mmhos/cm}$ .

HIDROLOGÍA

**Tabla 8.1.2.4-7.-** Niveles máximos permitidos por CE-CCA-001/89 Criterios de calidad del agua, para los distintos usos potenciales.

SUSTANCIA O PARÁMETRO	FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	RECREATIVO CON CONTACTO PRIMARIO	RIEGO AGRÍCOLA	PECUARIO
Alcalinidad como (como CaCO <sub>3</sub> )	400.0			
CLORUROS (como Cl <sup>-</sup> )	250.0			
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	1000.0	(XVIII)	1000.0	
Color (Unidades escala Pt-Co)	75.0			
Conductividad eléctrica (mmhos/cm)			1.0(XX)	
Fosfatos (como PO <sub>4</sub> ) fósforo elemental	0.1			
Grasas y aceites	Ausente			
Nitratos (NO <sub>3</sub> ) (como N)	5.0			90.0
Nitritos (NO <sub>2</sub> ) (como N)	0.05			10
OLOR	Ausente			
pH	5-9		4.5-9.0	
Sólidos disueltos	500.0		500.0 (XXXV)	1000.0
Sólidos suspendidos	500.0		50.0	
SAAM	0.5			
Turbiedad (Unidades escala de sílice)	Condiciones naturales			
Oxígeno disuelto				

XVIII. Los organismos no deben exceder de 200 como número más probable en 100 mililitros (NMP/100 ml) en agua dulce o marina, y no más del 10% de las muestras mensuales deberá exceder de 400 NMP/100ml.

XX. Este nivel considera el uso del agua bajo condiciones medias de textura del suelo, velocidad de infiltración, drenaje, lámina de riego empleada, clima y tolerancia de los cultivos a las sales. Desviaciones considerables del valor medio de estas variables pueden hacer inseguro el uso de esta agua.

XXXV. La concentración de sólidos disueltos que no tiene efectos nocivos en ningún cultivo es de 500mg/L, en cultivos sensibles es de entre 500 y 1000 mg/L en muchas cosechas que requieren de manejo especiales de entre 1000 y 2000 mg/L y para cultivos de plantas tolerantes en suelos permeables es de entre 2000 y 5000 mg/L, requiriendo de un manejo especial.

Sitio de muestreo 01—BC-HSUP, agua superficial



Fotografía 8.1.2.4-1 a 8.1.2.4-4.- 1. Cuerpo de agua del que se tomaron las muestras. 2. Toma de muestras de agua. 3. Envasado y etiquetado de muestras. 4. Análisis *in situ*.

Se tomaron las muestras el 09 de septiembre de 2016. Coordenadas UTM: 418791, 1979766, laguna La Pantanosa.

En la Tabla 8.1.2.4-8 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 8.1.2.4-8.- Resultados del análisis físico químico de la muestra de agua superficial 01-BC-HSUP.

Parámetros de medición	Resultado
pH en unidades de pH	7.10
Grasas y aceites en mg/L	2.93
Sólidos suspendidos en mg/L	16
Nitritos en mg N/L	ND
Sólidos disueltos totales en mg/L	224
Fosfatos en mg P/L	0.194
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	1.80
Coliformes totales NMP/100 mL	21
Coliformes fecales NMP/100 mL	11
Color verdadero en unidades color Pt-Co	50
Turbiedad en unidades UTN	3.95
Conductividad eléctrica mS/m	55.0
Dureza total como CaCO3 en mg/L	ND
Nitratos en mg N/L	0.570
Cloruros en mg/L	6.61
Oxígeno disuelto en mg/L	6.39
Sustancias activas al azul de metileno en mg/L	0.12

En relación a los indicadores de Calidad del Agua de CONAGUA, como se observa en la tabla el valor de SST es de 16 mg/L, lo que ubica a este cuerpo de agua en un nivel "EXCELENTE: clase de excepción, muy buena calidad". El valor de la DBO es de 1.80 mg/L, lo que determina un nivel de "EXCELENTE: no contaminada".

En relación con CE-CCA-001/89 criterios de calidad del agua, se observa que esta agua no es apta para usarse como fuente de abastecimiento de agua potable, debido a que presenta 2,93 mg/L de grasas y aceites, y el criterio marca ausentes, también el nivel de fósforo se encuentra arriba del nivel máximo permitido; si es apta para uso recreativo con contacto primario, apta para uso pecuario y también para riego agrícola.

Sitio de muestreo 02-BC-HSUP, agua superficial



Fotografía 8.1.2.4-5 a 8.1.2.4-8.- 5. Cuerpo de agua muestreado. 6. Toma de muestras de agua. 7. Envasado de muestras. 8. Etiquetado y análisis *in situ*.

Se tomaron las muestras el 09 de Septiembre de 2016. Coordenadas: 417583, 1977053, laguna El Rosario.

En la Tabla 8.1.2.4-9 se muestran los resultados obtenidos.

**Tabla 8.1.2.4-9.-** Resultados del análisis físico químico de la muestra de agua superficial 02-BC-HSUP.

Parámetros de medición	Resultado
pH en unidades de pH	7.05
Grasas y aceites en mg/L	ND
Sólidos suspendidos en mg/L	20
Nitritos en mg N/L	ND
Sólidos disueltos totales en mg/L	70
Fosfatos en mg P/L	0.079
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	1.50
Coliformes totales NMP/100 mL	28
Coliformes fecales NMP/100 mL	23
Color verdadero en unidades color Pt-Co	30
Turbiedad en unidades UTN	5.24
Conductividad eléctrica mS/m	165.00
Dureza total como CaCO3 en mg/L	ND
Nitratos en mg N/L	0.290
Cloruros en mg/L	31.69
Oxígeno disuelto en mg/L	6.32
Sustancias activas al azul de metileno en mg/L	0.15

En relación a los indicadores de Calidad del Agua de CONAGUA, como se observa en la tabla el valor de SST es de 20 mg/L, lo que ubica a este cuerpo de agua en un nivel “EXCELENTE: clase de excepción, muy buena calidad”. El valor de la DBO es de 1.50 mg/L, lo que determina un nivel de “EXCELENTE: no contaminada”.

En relación con CE-CCA-001/89 Criterios de calidad del agua, se observa que esta agua es apta para usarse como fuente de abastecimiento de agua potable, así como para uso recreativo con contacto primario, no es apta para usarse en riego agrícola, debido a que la conductividad eléctrica es alta; es apta para uso pecuario.

Sitio de muestreo 03-BM-HSUP, agua superficial



Fotografía 8.1.2.4-9 a 8.1.2.4-12.- 9. Toma de muestras. 10. Pruebas *in situ*. 11. Etiquetado de muestras. 12. Conservación de las muestras.

Se tomaron las muestras el día 6 de septiembre de 2016. Coordenadas UTM: 426643, 1979477. Río Zanapa.

En la Tabla 8.1.2.4-10 se muestran los resultados obtenidos.

**Tabla 8.1.2.4-10.-** Resultados del análisis físico químico de la muestra de agua superficial dos.

Parámetros de medición	Resultado
pH en unidades de pH	7.01
Grasas y aceites en mg/L	ND
Sólidos suspendidos en mg/L	ND
Nitritos en mg N/L	0.020
Sólidos disueltos totales en mg/L	90
Fosfatos en mg P/L	0,368
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	2.00
Coliformes totales NMP/100 mL	>2400
Coliformes fecales NMP/100 mL	>2400
Color verdadero en unidades color Pt-Co	35
Turbiedad en unidades UTN	33,93
Conductividad eléctrica mS/m	149.00
Dureza total como CaCO3 en mg/L	37,52
Nitratos en mg N/L	0.140
Cloruros en mg/L	6,59
Oxígeno disuelto en mg/L	6.32
Sustancias activas al azul de metileno en mg/L	0.10

En relación a los indicadores de Calidad del Agua de CONAGUA, como se observa en la tabla el valor de SST es ND mg/L, lo que ubica a este cuerpo de agua en un nivel "EXCELENTE clase de excepción, muy buena calidad". El valor de la DBO es de 2.0 mg/L, lo que determina un nivel de "EXCELENTE: no contaminada".

En relación con CE-CCA-001/89 Criterios de calidad del agua, se observa que esta agua no es apta para usarse como fuente de agua potable por el nivel de fósforo es de 0,368 mg/L, y el criterio es un nivel máximo de 0.1 mg/L; no es apta para uso recreativo con contacto primario por su alto contenido de coliformes fecales (>2400NMP/100 mL), el criterio para este uso es: los organismos no deben exceder de 200 como número más probable en 100 mililitros (NMP/100 ml) en agua dulce o marina, y no más del 10% de las muestras mensuales deberá exceder de 400 NMP/100 ml; no es apta para usarse en riego agrícola,



## HIDROLOGÍA

---

por su alto contenido de coliformes fecales, el criterio es máximo 1000 NMP/100mL. Si es apta para uso pecuario.

Al río Zanapa descargan aguas municipales de las zonas suburbanas que atraviesa, de ahí su contenido de coliformes fecales y fósforo.

En general las aguas superficiales del Área Contractual Calicanto son de buena calidad, de acuerdo con los indicadores de Calidad del agua de la Comisión Nacional del Agua, resultan con calificación de EXCELENTE, tanto para demanda bioquímica de oxígeno como para sólidos suspendidos totales.

Al compararlas con CE-CCA-001/89 Criterios de calidad del agua, resulta que las trazas de grasas y aceites demeritan un poco su calidad; sin embargo al compararlas para este mismo uso con la NOM-001-SEMARNAT-1996, estas trazas de aceites dejan de ser impedimento para calificarlas como aptas para uso como fuente de agua potable.

## AGUA SUBTERRÁNEA, MUESTREO Y RESULTADOS

Los resultados analíticos de las muestras de agua subterránea se confrontaron con los límites máximos permisibles indicados en la modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, "Salud ambiental, agua para uso y consumo humanos –límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización", D.O.F., 20 octubre de 2000.

Sitio de muestreo P01—BC-HSUB, agua subterránea



Fotografía 8.1.2.4-13 a 8.1.2.4-16.- 13. Pozo del que se tomaron las muestras. 14. Toma de muestras. 15. Pruebas *in situ*. 16. Conservación de las muestras.

Las muestras se tomaron el 09 de septiembre de 2016. Coordenadas: 422849, 1975986. Pozo somero, excavado con herramienta manual.

En la Tabla 8.1.2.4-11 se muestran los resultados obtenidos.

HIDROLOGÍA

**Tabla 8.1.2.4-11.-** Resultados del análisis físico químico de la muestra de agua subterránea P01—BC-HSUB.

Parámetros de medición	Resultado	Límite permisible
pH en unidades de pH	7.01	6.5 – 8.5
Grasas y aceites en mg/L	2.90	***15 - 25
Sólidos suspendidos en mg/L	12	*** 40 - 60
Nitritos en mg N/L	ND	1.00
Sólidos disueltos totales en mg/L	20	1000.00
Fosfatos en mg P/L	0.051	---
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	1.0	30 - 60
Coliformes totales NMP/100 mL	ND	Ausencia o no detectables **(2 NMP/100 ml)
Coliformes fecales NMP/100 mL	ND	Ausencia o no detectables **(No detectable NMP/100 ml)
Color verdadero en unidades color Pt-Co	10	20
Turbiedad en unidades UTN	10.83	5
Conductividad eléctrica mS/m	93.00	---
Dureza total como CaCO <sub>3</sub> en mg/L	ND	500.00
Nitratos en mg N/L	1.360	10.00
Cloruros en mg/L	6.42	250.00
Oxígeno disuelto en mg/L	7.73	---
Sustancias activas al azul de metileno en mg/L	0.05	0.50

Como se observa en la tabla 8.1.2.4-11, sólo el nivel de turbiedad, 10,83 UTN rebasa el máximo permitido por la NOM-127-SSA1-1994, 5.0 UTN. La turbiedad es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida); esta agua, al proceder de un pozo muy somero, está influenciada por filtración directa de la precipitación pluvial que tiene partículas de suelo en suspensión que reducen la transparencia del agua.

Sitio de muestreo P02-BC-HSUB, agua subterránea



Fotografía 8.1.2.5-17 a 8.1.2.5-20.- 17. Pozo de agua. 18 y 19. Toma de muestras de agua. 20. Pruebas in situ.

Las muestras se tomaron el 06 de septiembre de 2016. Coordenadas: 426213, 1978509, pozo profundo.

En la Tabla 8.1.2.4-12 se muestran los resultados obtenidos.

**Tabla 8.1.2.4-12.-** Resultados del análisis físico químico de la muestra de agua subterránea P02-BC-HSUB.

Parámetros de medición	Resultado	Límite permisible
pH en unidades de pH	7.15	6.5 – 8.5
Grasas y aceites en mg/L	ND	***15 - 25
Sólidos suspendidos en mg/L	32	*** 40 - 60
Nitritos en mg N/L	ND	1.00
Sólidos disueltos totales en mg/L	12	1000.00
Fosfatos en mg P/L	0.027	---
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	ND	30 - 60
Coliformes totales NMP/100 mL	ND	Ausencia o no detectables **(2 NMP/100 ml)
Coliformes fecales NMP/100 mL	ND	Ausencia o no detectables **(No detectable NMP/100 ml)
Color verdadero en unidades color Pt-Co	ND	20
Turbiedad en unidades UTN	0.72	5
Conductividad eléctrica mS/m	528	---
Dureza total como CaCO3 en mg/L	ND	500.00
Nitratos en mg N/L	0.360	10.00
Cloruros en mg/L	6.90	250.00
Oxígeno disuelto en mg/L	5.82	---
Sustancias activas al azul de metileno en mg/L	0.10	0.50

Como se observa en la tabla 8.1.2.4-12, en los parámetros analizados, esta agua cumple con los requerimientos de la modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, “Salud ambiental, agua para uso y consumo humanos –límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización”, D.O.F., 20 octubre de 2000.

Las aguas subterráneas del Área Contractual Calicanto, con base en los parámetros analizados, se encuentran con la calidad que han encontrado en estudios anteriores, en donde concluyeron que “el agua es de buena calidad en general, y puede ser utilizada como agua para uso público urbano”.

En el caso del pozo somero, la calidad también es buena, sin embargo la transparencia del agua está ligeramente alterada por la infiltración de agua de lluvia, la cual lleva partículas muy finas de suelo.

## REFERENCIAS

Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Huimanguillo (2701), Estado de Tabasco. Diario Oficial de la Federación, 20 de abril de 2015.

Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero La Chontalpa (2702), Estado de Tabasco. Diario Oficial de la Federación, 20 de abril de 2015.

Acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de Calidad del Aguas CE-CCA-001/89, Diario Oficial de la Federación, 13 de diciembre de 1989.

Comisión Nacional del Agua, 2015, Estadísticas del Agua en México.

Galindo Alcántara, Adalberto, 2006, Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Tabasco, Secretaría de Desarrollo Social y Protección al Ambiente del estado de Tabasco.

Landa et al, 2008, Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México.

Ley de Aguas Nacionales, Diario Oficial de la Federación, 24 de marzo de 2016.

NORMA Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, Conservación del recurso agua - Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, Diario Oficial de la Federación, 27 de marzo de 2015.

NOM-127-SSA1-1994, "Salud ambiental, agua para uso y consumo humanos –límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización", D.O.F., 20 octubre de 2000.

Norma Mexicana NMX-AA-003-1980 Aguas residuales - Muestreo. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de marzo de 1980.

HIDROLOGÍA

---

Norma Mexicana NMX-AA-014-1980 Cuerpos receptores.- Muestreo. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de septiembre de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-012-SCFI-2001 Análisis de Agua – Determinación de oxígeno disuelto en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – Método de Prueba (Cancela a la NMX-AA-012-1980).

Norma Mexicana NMX-AA-034-SCFI-2015 Análisis de agua - Medición de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – Método de prueba (cancela a la NMX-AA-034-SCFI-2001).

Norma Mexicana NMX-AA-072-2001 Análisis de agua - Determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba (cancela a la NMX-AA-072-1981).

Norma Mexicana NMX-AA- 039-1980 Análisis de aguas - Determinación de sustancias activas al azul de metileno (SAAM) en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas - Método de prueba (cancela a la NMX-AA-039-1980).

Norma Mexicana NMX-AA-028-1981 Análisis de agua - Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en aguas naturales, residuales (DBO5) y residuales tratadas - Método de Prueba (cancela a la NMX-AA-028-1981).

Norma Mexicana NMX-AA-005-SCFI-2013 Análisis de agua – Medición de grasas y aceites recuperables en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – Método de prueba (cancela a la NMX-AA-005-SCFI-2000). DECLARATORIA de vigencia de la Norma Mexicana NMX-AA-005-SCFI-2013, Diario Oficial de la Federación, 11 de abril de 2014.

Norma Mexicana NMX-AA-008-SCFI-2011 Análisis de agua - Determinación del pH - Método de prueba- (cancela a la NMX-AA-008- SCFI-2000). DECLARATORIA de vigencia de la Norma Mexicana NMX-AA-008-SCFI-2016, Diario Oficial de la Federación, 9 de septiembre de 2016.

Norma Mexicana NMX-AA-099-SCFI-2006 Análisis de agua – Determinación de nitrógeno de nitritos en aguas naturales y residuales –métodos de prueba (cancela a la NMX-AA-099-1987), DECLARATORIA de vigencia de las normas mexicanas NMX-AA-099-SCFI-2006, NMX-AA-102-SCFI-2006, NMX-AA-119-SCFI-2006, NMX-AA-122-

## HIDROLOGÍA

---

SCFI-2006, NMX-AA-123-SCFI-2006, NMX-AA-124-SCFI-2006 y NMX-AA-125-SCFI-2006, Diario Oficial de la Federación, 21 de agosto de 2006.

Norma Mexicana NMX-AA-042-SCFI-2015 Análisis de agua - Enumeración de organismos coliformes totales, organismos coliformes fecales (termotolerantes) y Escherichia coli – método del número más probable en tubos múltiples (cancela a LA NMX-AA-42-1987). DECLARATORIA de vigencia de las normas mexicanas NMX-AA-034-SCFI-2015, NMX-AA-042-SCFI-2015 y NMX-AA-175-SCFI-2015, Diario oficial de la Federación, 18 de abril de 2016.

Norma mexicana NMX-AA-079-SCFI-2001 Análisis de aguas - Determinación de nitratos en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas - Método de prueba (cancela a la NMX-AA-079-1986). DECLARATORIA de vigencia de la NMX-AA-079-2001, Diario Oficial de la Federación, 13 de agosto de 2001.

Norma Mexicana NMX-AA-029-SCFI-2001 Análisis de aguas - Determinación de fósforo total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba (cancela a la NMX-AA-029-1981), DECLARATORIA de vigencia de las norma mexicana NMX-AA-029-SCFI-2001, Diario oficial de la Federación, 17 de abril de 2001.

Norma Mexicana NMX-AA-045-SCFI-2001 Análisis de agua - Determinación de color platino cobalto en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba (cancela a la NMX-AA-045-1981), DECLARATORIA de vigencia de las normas mexicanas NMX-AA-034-SCFI-2001, NMX-AA-036-SCFI-2001, NMX-AA-038-SCFI-2001, NMX-AA-039-SCFI-2001, NMX-AA-044-SCFI-2001, NMX-AA-045-SCFI-2001 y NMX-AA-050-SCFI-2001, Diario oficial de la Federación, 19 de julio de 2001.

Norma Mexicana NMX-AA-038-SCFI-2001 Análisis de agua - Determinación de turbiedad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba (cancela a LA NMX-AA- 038-1981), DECLARATORIA de vigencia de las normas mexicanas NMX-AA-034-SCFI-2001, NMX-AA-036-SCFI-2001, NMX-AA-038-SCFI-2001, NMX-AA-039-SCFI-2001, NMX-AA-044-SCFI-2001, NMX-AA-045-SCFI-2001 y NMX-AA-050-SCFI-2001, Diario oficial de la Federación, 19 de julio de 2001.

Norma Mexicana NMX-AA-093-SCFI-2000 Análisis de agua - Determinación de la conductividad electrolítica - Método de prueba (cancela a la NMX-AA-093-1984), DECLARATORIA de vigencia de las normas mexicanas NMX-



HIDROLOGÍA

---

AA-004-SCFI-2000, NMX-AA-005-SCFI-2000, NMX-AA-006-SCFI-2000, NMX-AA-007-SCFI-2000, NMX-AA-008-SCFI-2000 y NMX-AA-093-SCFI-2000, Diario oficial de la Federación, 23 de noviembre de 2000.

López, Yamel, 2000, Relaciones hídricas en el continuo agua, suelo-planta-atmósfera, División de Investigaciones de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, 2000.

Normales climatológicas por estación. Comisión Nacional Del Agua.  
[http://smn1.conagua.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=42&Itemid=75](http://smn1.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75)

Simulador de flujo de agua de cuencas hidrográficas. [http://antares.inegi.org.mx/analisis/red\\_hidro/SIATL/#](http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/#)

Atlas del agua en México, 2015. Comisión Nacional del Agua.

<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/ATLAS2015.pdf>

Condición de los acuíferos a nivel nacional. [http://201.116.60.25/sina/index\\_jquery-mobile2.html?tema=acuíferos](http://201.116.60.25/sina/index_jquery-mobile2.html?tema=acuíferos)

Disponibilidad de cuencas hidrológicas. [http://201.116.60.25/sina/index\\_jquery-mobile2.html?tema=cuencas](http://201.116.60.25/sina/index_jquery-mobile2.html?tema=cuencas)

Interpretación de la calidad del agua a nivel nacional. [http://201.116.60.25/sina/index\\_jquery-mobile2.html?tema=calidadAgua](http://201.116.60.25/sina/index_jquery-mobile2.html?tema=calidadAgua)

Cuencas hidrológicas de México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.  
<http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF00jE3LjQ5Mjk4LGxvbjotOTMuMzE2ODQsejo4LGw6dGMxMTFzZXJ2aWNpb3N8YzQwMg==>

### 8.1.3 Medio Biótico

#### 8.1.3.1 Vegetación

La vegetación es un factor determinante en los ecosistemas y dependiendo de su desarrollo estructural y funcionamiento, es la calidad de los servicios ambientales. Los tipos de asociaciones vegetales registrados para la zona de estudio, corresponden a fragmentos de vegetación de origen secundario, es decir, derivadas tanto de selvas altas perennifolias, así como de selvas medianas o bajas perennifolias ligadas con actividades agropecuarias, vegetación de Sabana de Tachicón y Nance, así como también pueden observarse algunos remanentes de Encinares tropicales, mientras que la vegetación con mayor grado de modificación está definida por importantes extensiones de plantaciones de Eucalipto y Hule, así como por los pastizales que finalmente son los que ocupan el mayor porcentaje del Área Contractual Calicanto.

La vegetación secundaria, es aquella que se origina después de un proceso de deforestación o un evento de perturbación de la vegetación natural original, el cual da inicio a la sucesión primaria partiendo de la germinación de semillas. En los sitios deforestados con una larga historia de ganadería y agricultura, el banco de semillas original puede estar severamente empobrecido o ausente. En estos sitios la llegada de nuevas semillas mediante eventos de dispersión es la única forma de que comience la sucesión secundaria. Los fragmentos de la vegetación secundaria son reflejo de los parches de selva cercanos, es decir, generalmente se establecerán diferentes especies con las que finalmente llegaran a ser similares florísticamente. Las posibilidades de recuperación y el grado de madurez dependen de las especies que se encuentren dentro de la vegetación secundaria y también de las alturas que éstas presenten.

Las áreas cubiertas por vegetación de sabana, se encuentran dominadas por pastizales en las que unos cuantos arboles achaparrados crecen muy separados unos de otros y a esta condición general de la vegetación se le ha aplicado el nombre de sabana. Las áreas de sabana, se encuentran climáticamente relacionadas con selvas altas perennifolias, medianas subperennifolias y subcaducifolias y bajas subperennifolias, así como con los encinares tropicales. La vegetación de sabana o sabanoide en México, han sido inducidas por las actividades agropecuarias, ya que se puede determinar una

## VEGETACIÓN

---

secuencia entre la composición florística y la degradación del suelo del interior de la islas de selva que circundan la propia sabana.

Los encinares tropicales en México tienen una gran afinidad climática con los diferentes tipos de selvas y es el factor edáfico el que determina la fisonomía y la composición florística que se presenta en las áreas donde crecen contiguos el encinar tropical y las selvas altas perennifolia, medianas subperennifolias, subcaducifolias y bajas subperennifolias. La presencia de los encinares tropicales, según Sarukhan (1968) y Sousa (1968) posiblemente sea el resultado del efecto de las últimas glaciaciones sobre la vegetación de la vertiente del Golfo.

Entre los variados tipos de encinar los formados por *Quercus oleoides* son los que principalmente se encuentran establecidos en las condiciones descritas y los que ocupan una mayor extensión. Sin embargo, la vegetación en nuestro país ha sufrido fuertes cambios a través de un acelerado proceso de deforestación. El estado de Tabasco no ha sido la excepción ante esta problemática y es uno de los más afectados por la deforestación, la vegetación original se transformó hacia el uso de suelo agrícola, pecuario y forestal, convirtiéndolas en grandes extensiones de pastizales y plantaciones forestales, trayendo como consecuencia que los ecosistemas originales desaparecieran en su mayoría, propiciando con ello, la pérdida de biodiversidad (Tudela, 1992). De manera general, se estima que Tabasco, ha perdido más del 90% de su cobertura vegetal (Zavala y Castillo, 2003).

En el caso de los pastizales y las plantaciones, podemos decir que son un tipo de vegetación bastante uniforme y aún cuando no presentan mayor grado de complejidad, como la vegetación de sabana y los encinares, sirven como zonas de paso y alimentación para diversas especies (aves, anfibios, reptiles y mamíferos menores) que conforman a la fauna.

Finalmente, podemos referir que la vegetación presente en el Área Contractual Calicanto, está representada por escasas coberturas vegetales, entre las cuales la más representativa es la sabana. En base a lo anterior, es importante realizar la caracterización y conocer el grado de desarrollo estructural que

## VEGETACIÓN

---

presentan los diferentes tipos de vegetación así como su condición actual, en base a la cual, se pueda potencializar su conservación.

En el Área Contractual Calicanto, se tienen referencias de algunos trabajos sobre la distribución, diversidad y estructura arbórea en fragmentos de encinos y evaluación de las plantaciones forestales. En el caso de los encinares tropicales, García-Jerónimo (2014) menciona que "se encuentran constituidos por la especie *Quercus oleoides*", los cuales se establecen principalmente en las zonas de lomeríos, también llamadas terrazas. Estos encinares, presentan diferencias en su composición florística dependiendo el tipo de suelo sobre el cual se desarrollan.

Los encinares se distribuyen de forma discontinua como pequeños fragmentos menores a 5 Ha, dentro de los cuales se identificaron un total de 89 especies arbóreas. La estructura vertical y horizontal de los encinares, se encuentra dominado por individuos con alturas menores de 15 m y diámetros menores a 20 cm, siendo *Quercus oleoides* la especie dominante y de mayor valor de importancia.

Con respecto a las plantaciones de hule (Garcías-Morales 2014) refiere que estas se encuentran conformadas por la especie *Hevea brasiliensis*. Las plantaciones de hule, no presentan diferencias en su composición florística debido al manejo al cual se encuentran sujetas. La estructura vertical y horizontal se encuentra dominada por individuos con alturas de 16 m y diámetros aproximados de 20 cm, siendo *Hevea brasiliensis* la especie dominante y de mayor valor de importancia.

### 8.1.3.1.1 Metodología

Con el propósito de obtener resultados satisfactorios en cuanto a la descripción de la vegetación en el Área Contractual Calicanto, las actividades se realizaron de la siguiente manera: A) fase de gabinete: consulta y recopilación bibliográfica, que constó principalmente de estudios como los de Shreve y Wiggins (1964) y Felger (2000), guías de identificación botánica, consulta de cartografía oficial, entre otros; B) Fase de Campo: donde se realizaron recorridos en los diferentes tipos de vegetación en el área contractual y proponer muestreos representativos (subjetivos o selectivos) de la vegetación primaria, o ecosistemas

## VEGETACIÓN

---

frágiles, colecta de material botánico no identificado *in situ*, y posteriormente se identificarán con el empleo de claves especializadas, referencia de áreas con presencia de disturbios (agrícolas, pecuarias, sin vegetación aparente) e identificación de los agentes causantes, así como registro fotográfico.

En campo, las plantas se identificaron hasta el nivel de especie. Las que no fueron posibles identificar, se colectaron para su posterior identificación. La determinación taxonómica se llevó a cabo con apoyo de claves dicotómicas de floras locales y regionales tales como: Clave para Familias (Magnoliophytas) de México "FAMEX" (Murguía y Villaseñor, 1993); Trees and shrub of México (Stanley, 1920, 1926); Flora of Guatemala (Standley y Steyermark, 1958), Flora of Panamá (Woodson & Schery 1943-1981), The pterydophytes of México (Mickel y Smith, 2004) así como el uso de claves y manuales para la identificación en campo de los árboles tropicales de México (Pennigton y Sarukhán, 2005), bejucos y otras trepadoras de la estación de biología tropical de Los Tuxtlas (Campos *et al.*, 2004) y la vegetación de Los Tuxtlas, Veracruz (Ibarra y Sinaca, 1995).

Los criterios para determinar el número y la ubicación probable de los sitios de muestreo se basaron principalmente en la cartografía oficial de INEGI serie V (2015) de acuerdo a los tipos de vegetación principales, a la revisión de imágenes de satélite (Google, 2015) y rectificación en campo, verificando la cobertura vegetal. En base a lo anterior, se realizaron 9 muestreos efectivos como base en las comunidades vegetales con estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo (Tabla 8.1.3.1-1, Anexo D).

VEGETACIÓN

Tabla 8.1.3.1-1.- Sitios de muestreo de vegetación en el Área Contractual Calicanto.

No. Muestreo	Coordenadas UTM		Localidad	Tipo de vegetación
	X	Y		
M1-VS	425950	1978603	Huimanguillo	VEGETACIÓN DE PASTIZAL
M2-VS	425541	1978557	Huimanguillo	VEGETACIÓN DE PASTIZAL
M3-VS	425217	1977180	Huimanguillo	VEGETACIÓN DE PASTIZAL
M4-VS	427766	1975430	Huimanguillo	VEGETACIÓN DE PASTIZAL
M5-IAPF	423282	1975955	Huimanguillo	VEGETACIÓN DE PASTIZAL
M6-IAPF	424298	1978145	Huimanguillo	VEGETACIÓN DE PASTIZAL
M7-IAPF	426505	1977809	Huimanguillo	VEGETACIÓN DE PASTIZAL
M8-IAPF	425116	1977053	Huimanguillo	VEGETACIÓN SECUNDARIA
M9-IAPF	425040	1977385	Huimanguillo	VEGETACIÓN DE ENCINAR TROPICAL
M10-IAPF	424749	1977368	Huimanguillo	VEGETACIÓN DE SABANA
M11-IAPF	423792	1975827	Huimanguillo	VEGETACIÓN SECUNDARIA
M12-IAPF	426662	1976867	Huimanguillo	PLANTACIÓN DE EUCALIPTO
M13-IAPF	426280	1976723	Huimanguillo	PLANTACIÓN DE HULE

#### 8.1.3.1.1 Descripción de los muestreos

Para determinar la estructura y composición de la vegetación, se aplicó el método de muestreo de cuadros anidados para la vegetación del área contractual, este método se consideró para las comunidades arbóreas, arbustivas y herbáceas. Este método consiste en el establecimiento de un grupo de unidades de muestreo (UM) de diferentes dimensiones, donde las UM de menor tamaño se ubican dentro de la de mayor tamaño. Para ello, se delimitaron y georeferenciaron superficies de 10 m x 10 m, con un área total de 100 m<sup>2</sup> dentro de la cual se identificaron y midieron todos los individuos con un perímetro a la altura del pecho (PAP)  $\geq$  10 cm. Paralelamente, se obtuvieron las medidas de la cobertura y altura de cada individuo. En los subcuadros de 5 m x 5 m se identificaron y midieron, todos los individuos con un PAP  $\leq$  10 cm a los cuales se les midió el perímetro y la altura. Finalmente en los subcuadros de 1 m x 1 m se identificaron y midieron, todos los individuos encontrados. Este método, permitirá evaluar el número de individuos presentes por especie, considerando la altura y diámetro de cada planta (Brower, *et al.*, 1998), cobertura, calculando la abundancia numérica y la frecuencia de las especies en el área contractual.

VEGETACIÓN

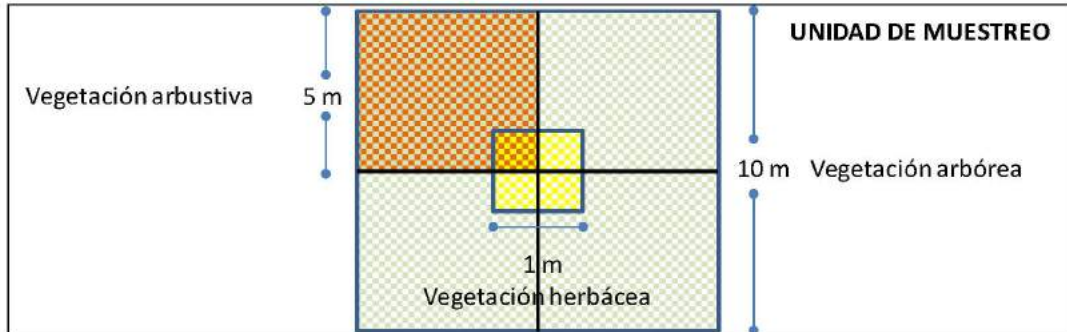


Figura 8.1.3.1-1.- Método de muestreo de cuadros anidados para la vegetación.

Asimismo, para la vegetación herbácea se aplicó el método de muestreo de Línea de Canfield o Intercepción de línea, el cual consiste en el trazo de una línea o transecto de 50 m de longitud, en la cual se mide la distancia de cada porción del terreno ocupada por las diferentes especies herbáceas que interceptan la línea y la cobertura de cada especie es expresada en porcentaje.

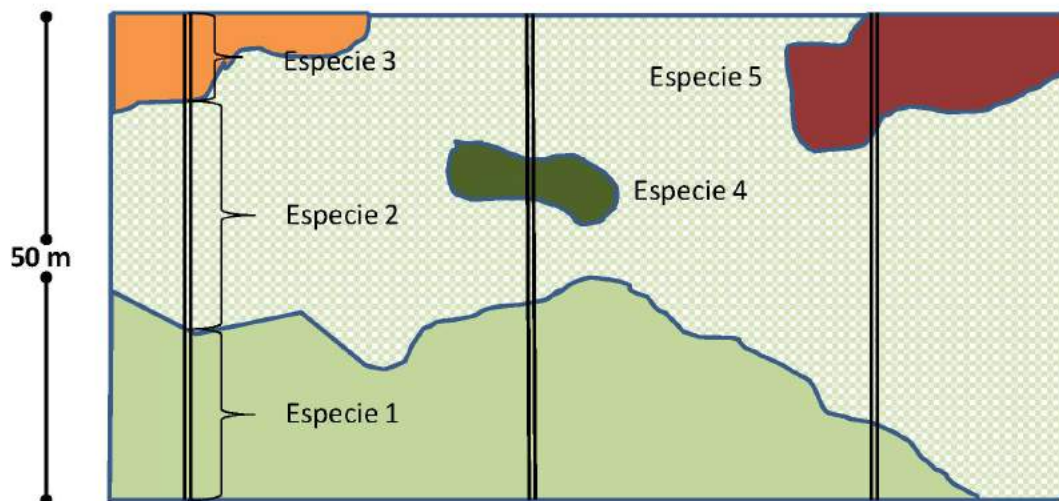


Figura 8.1.3.1-2.- Método de muestreo de Línea de Canfield o Intercepción de línea.

## VEGETACIÓN

---

### *Análisis de los Datos*

Con los datos que se levantaron en campo se obtuvieron valores absolutos y relativos de densidad, frecuencia, cobertura y valor de importancia para cada una de las especies muestreadas, con lo que finalmente se determinaron las especies dominantes (Kent M. & P. Coker, 1994).

### *Aspecto florístico*

Se generó un inventario florístico, donde se obtuvo la riqueza específica por familias y géneros, especies de interés comercial y uso local, así como las endémicas y/o que se encuentran catalogadas en algún estatus de protección, de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

#### **8.1.3.1.1.2 Tipos de asociaciones vegetales en el Área Contractual Calicanto**

Las asociaciones vegetales que se identificaron como parte de la matriz de vegetación en el Área Contractual Calicanto, se encuentran considerablemente modificadas, esto en comparación a lo que se tiene documentado de la vegetación original que se encontraba establecida dentro del área de estudio, entre las cuales destacan importantes fragmentos de vegetación secundaria, encinar tropical y sabana, las cuales se describen a continuación.

##### **8.1.3.1.1.2.1 Vegetación Secundaria derivada de Selva Alta, Mediana o Baja Perennifolia**

La presión ejercida sobre los recursos vegetales en las regiones con selvas tropicales, han causado su invaluable pérdida, además de una fuerte conversión de estas comunidades vegetales en áreas agrícolas, pecuarias y asentamientos humanos (Arias–Escobar y Barrera–Cataño, 2007). Este cambio en el uso del suelo ha provocado cambios en la estructura y composición florística de los remanentes de selva y el confinamiento de la vegetación primaria a pequeños manchones y la formación de grandes áreas de vegetación secundaria (Guariguata y Ostertag, 2002).

La vegetación secundaria es una comunidad compuesta por una composición florística variable en función del tiempo de abandono (Castillo–Campos y Laborde, 2004), que se manifiesta después de que una selva



VEGETACIÓN

---

tropical primaria ha sido perturbada por factores como: incendios naturales, caída de árboles por vientos fuertes, extracción selectiva de árboles, actividad agropecuaria, entre otros (Gómez-Pompa y Vázquez-Yanes, 1985).

La vegetación primaria una vez que ha sido transformada y sustituida por diferentes usos de la tierra, presenta modificaciones en su estructura, composición florística, diversidad, abundancia y frecuencia de las especies.



**Fotografía 8.1.3.1-1.-** Vista general de la Vegetación Secundaria, donde se observa la poca abundancia de herbáceas.



Fotografía 8.1.3.1-2.- Vista general de la Vegetación Secundaria, realización de cuadro de muestreo

#### 8.1.3.1.1.2.2 Vegetación de Sabana de Tachicón y Nance

Las zonas con vegetación de sabana, presentan una topografía plana y climáticamente presenta una temporada seca bien marcada, mismas que son las condiciones comunes a las áreas cubiertas por este tipo de vegetación. Los suelos en los que se encuentran las sabanas se enfangan cuando se inundan en la época de lluvias y se secan por completo en la temporada seca lo que produce con frecuencia profundas grietas en la superficie que pudieran afectar al sistema radicular de las plantas que ahí se desarrolla. La fisonomía de las sabanas contrasta muchísimo con los demás tipos de vegetación arbóreas, su aspecto es como el de un parque con gramíneas altas en el que se encuentran dispersos los arboles no mayores de 4 o 5 m y cuyos troncos a menudo están torcidos.

VEGETACIÓN



Fotografía 8.1.3.1-3.- Vista general de la Vegetación de Sabana con un suelo cubierto por abundante hojarasca.



Fotografía 8.1.3.1-4.- Registro de la altura de los individuos encontrados en la Sabana, donde también se observa una alta acumulación de hojarasca.

VEGETACIÓN

### 8.1.3.1.1.2.3 Vegetación de Encinar

Los suelos en los que este tipo de vegetación se presenta puede ser aluviales muy antiguos, formados por el arrastre de cenizas volcánicas, con abundante grava cuarzosa en forma de cantos rodados, y se sitúan en las partes altas de lomeríos donde el drenaje superficial es fuerte. Dentro de los varios tipos de encinar que se encuentran en las zonas tropicales, los formados por *Quercus oleoides* son los que ocupan una mayor extensión.

El encinar tropical está compuesto típicamente por una o en ocasiones dos o tres especies de encinos, con escasos acompañantes arbóreos de otras familias. Es una comunidad poco densa y con un solo estrato arbóreo que no suele tener más de 15 m de altura y en mejores condiciones puede alcanzar hasta 25 o 30 m de alto. Los estratos herbáceos y arbustivos del tipo encinar tropical no están muy bien desarrollados, pero en él dominan por un amplio margen algunas especies de leguminosas y se pueden presentar de manera notable varias especies de cicadáceas.



Fotografía 8.1.3.1-5.- Medición del Perímetro a la altura del pecho, al interior de la Vegetación de Encinos dominada por (*Quercus oleoides*).



Fotografía 8.1.3.1-6.- Delimitación del área de muestreo en donde serán registrados los parámetros estructurales

De igual modo, se identificaron otras asociaciones vegetales como los pastizales, plantaciones de eucalipto y hule, que forman parte de la matriz de vegetación en el Área Contractual Calicanto, estas además de modificadas, son las que presentan el mayor porcentaje de la cobertura vegetal y las cuales se describen a continuación.

#### 8.1.3.1.1.2.4 Vegetación de Pastizal

Los pastizales, son formaciones vegetales en las que distintas especies interactúan entre sí y con el ambiente en que se encuentran. Existen diferentes tipos de pastizales y esto depende de las especies que lo componen, las cuales van desde aquellos dominados por hierbas (principalmente gramíneas) hasta aquellos con presencia de plantas leñosas (árboles y arbustos). La mayoría de los pastizales ha incrementado su superficie, como una consecuencia de la actividad ganadera debido a que fueron inducidos principalmente para ser usados como forraje en la ganadería extensiva.

#### 8.1.3.1.1.2.5 Plantación de Eucalipto

Los eucaliptos son arboles esencialmente austro-malayos, de los cuales la mayoría de las especies actuales y de los mejores rodales naturales de las especies más ampliamente plantadas se hallan en el sur del Trópico de Capricornio.

La preferencia para el establecimiento de plantaciones con especies introducidas, estriba en que presentan una alta velocidad de crecimiento y turnos de aprovechamiento muy cortos. Las plantaciones de eucalipto son generalmente mono específicas y presentan un estrato bien definido, esto se debe a que todos los individuos son coetáneos, con alturas aproximadas de hasta 25 m, en ocasiones acompañadas por especies arbustivas y herbáceas, lo cual dependerá del manejo al que está sujeta la plantación. La especie mayormente utilizada en las plantaciones es *Eucalyptus globulus*.



Fotografía 8.1.3.1-7.- Vista general de una Plantación de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en el Área Contractual Calicanto.



Fotografía 8.1.3.1-8.- Delimitación de la unidad de muestreo dentro de la Plantación de Eucalipto, en donde el estrato arbustivo está dominado por la Frutilla (*Conostegia mexicana*).

#### 8.1.3.1.1.2.6 Plantación de hule

El árbol del hule es originario de Brasil, es una especie tropical de un largo periodo productivo que alcanza los 30 a 40 años. Si bien prospera en una amplia diversidad de ambientes, su desarrollo y rendimiento óptimo se obtiene en sistemas agroecológicos que presentan climas cálidos-húmedos y suelos con textura franca y buen drenaje.

Las plantaciones de hule también suelen ser mono específicas y presentan un estrato bien definido, esto se debe a que todos los individuos son coetáneos, con alturas aproximadas entre 15-18 m, en ocasiones acompañadas por especies arbustivas y herbáceas, lo cual dependerá del manejo al que está sujeta la plantación.



Fotografía 8.1.3.1-9.- Delimitación de la unidad de muestreo dentro de la plantaciones de hule

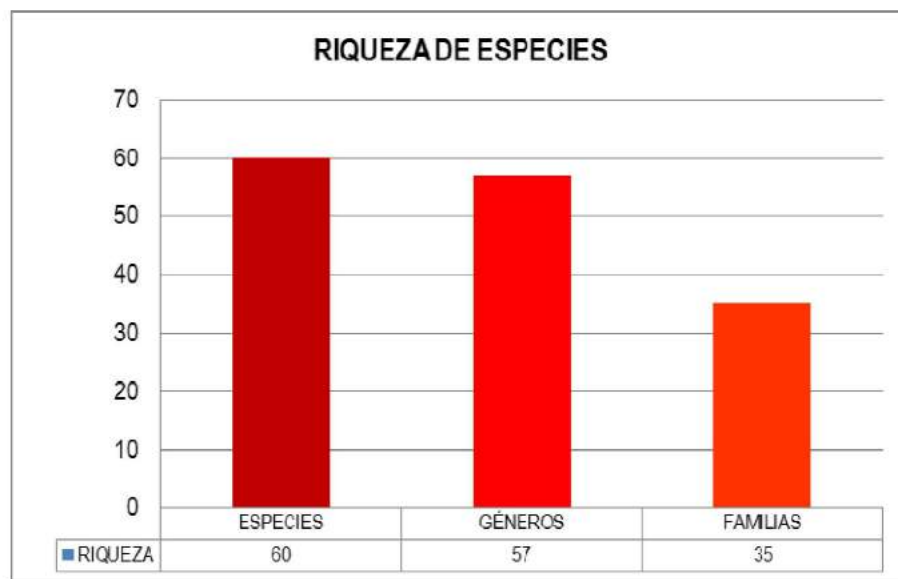


Fotografía 8.1.3.1-10.- Delimitación de la unidad de muestreo dentro de la plantaciones de hule



### 8.1.3.1.1.3 Aspecto florístico

En el Área Contractual Calicanto, se encontraron un total de 60 especies, 57 géneros y 35 familias (Anexo E y Gráfica IV.2.2.1-1).

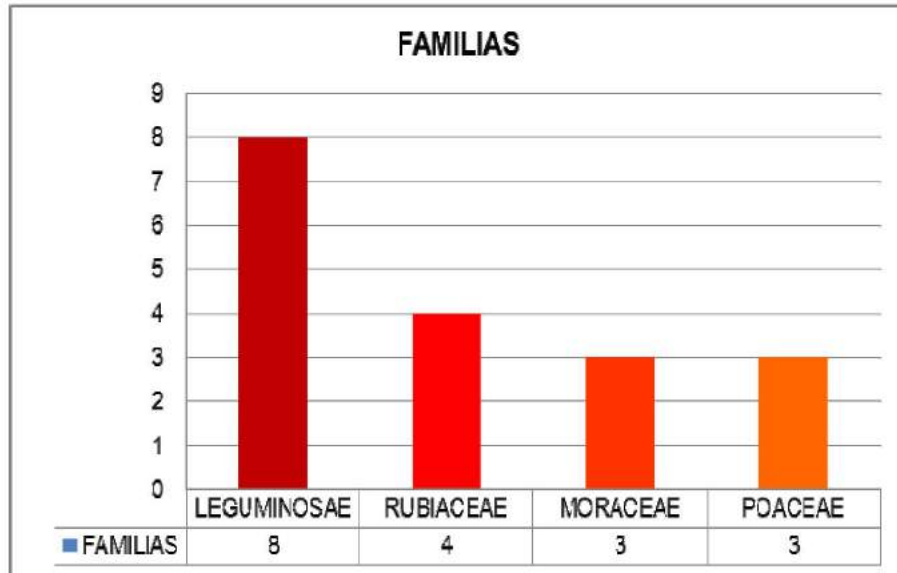


Gráfica 8.1.3.1-1.- Riqueza florística del Área Contractual Calicanto.

Derivado del Anexo E, se obtuvo la Gráfica IV.2.2.1-2 donde se reportan las Familias con mayor número de especies.

Las familias mejor representadas en número de especies son la Leguminosae (8), Rubiaceae (4) Moraceae (3) y Poaceae (3).

VEGETACIÓN



Grafica 8.1.3.1-2.- Familias mejor representadas por número de especies en el Área Contractual Calicanto.

En cuanto a la riqueza de especies, la vegetación secundaria deriva de selva alta y mediana perennifolia fue donde se registró el mayor número de especies (47), seguida de la sabana (28), mientras que con una menor riqueza, se encuentran las plantaciones de eucalipto y de hule.

Las Tablas 8.1.3.1-2 y 8.1.3.1-3 son un resumen del Anexo E y muestran la cantidad de especies registradas por tipo de vegetación y por formas biológicas identificadas en el Sitio del Proyecto.

Tabla 8.1.3.1-2.- Riqueza de especies por tipo de vegetación.

Tipo de vegetación	No. de especies
Vegetación Secundaria derivada de Selva alta y mediana perennifolia	47
Vegetación de Sabana	28
Vegetación de encino	9
Vegetación de Pastizal	7
Plantación de eucalipto	4
Plantación de hule	4

VEGETACIÓN

Con respecto a las formas biológicas identificadas, fueron las arbóreas las que obtuvieron el mayor número de especies, en relación a las demás que fueron visiblemente menores.

Tabla 8.1.3.1-3.- Especies por formas biológicas identificadas en el Área Contractual Calicanto.

Forma biológica	No. de especies
Árbol (A)	39
Arbusto (Ar)	6
Herbácea (H)	8
Bejuco (B)	3
Palma (P)	1
Epífita (E)	3

#### 8.1.3.1.1.4 Especies locales de importancia por su utilidad

Las especies que componen a los diferentes tipos de vegetación en el Área Contractual Calicanto, son una fuente de recurso muy importante para las comunidades en ella establecidas, en la Tabla 8.1.3.1-4 y Anexo E en la que se reportan los principales usos que les dan a las especies siendo los más comunes el combustible (16), maderable (12), alimenticio y forraje (4), construcción, artesanal y aprovechamiento de resina (1), mientras que el resto de las especies no presentan algún uso conocido.

VEGETACIÓN

Tabla 8.1.3.1-4.- Número de especies que presenta algún uso en el Área Contractual Calicanto.

Especie	Nombre común	Uso
<i>Acoelorrhaphe wrightii</i>	Tasiste	Construcción
<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba	Maderable
<i>Pachira aquatica</i>	Zapote de agua	Combustible (leña)
<i>Bursera simarouba</i>	Palo mulato	Maderable
<i>Selenicereus boeckmannii</i>	Pitahayita	Alimenticio
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Pochote	Combustible (leña)
<i>Bucida buceras</i>	Puckté	Maderable
<i>Curatella americana</i>	Tachicón	Combustible (leña)
<i>Hevea brasiliensis</i>	Hule	Maderable/Resina
<i>Quercus oleoides</i>	Encino	Maderable
<i>Zuelania guidonia</i>	Trementino	Combustible (leña)
<i>Nectandra ambigens</i>	Laurel	Combustible (leña)
<i>Andira galeottiana</i>	Macayo	Combustible (leña)
<i>Entada gigas</i>	Corazón de mar	Artesanal
<i>Enterolobium cycloperum</i>	Orejón	Maderable
<i>Inga spuria</i>	Guatope	Alimenticio
<i>Piscidia piscipula</i>	Jabín	Maderable
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	Gusano	Combustible (leña)
<i>Hampea macrocarpa</i>	Majahua	Combustible (leña)
<i>Byrsonimia crassifolia</i>	Nance	Alimenticio
<i>Miconia argentea</i>	Hoja de lata	Combustible (leña)
<i>Trophis racemosa</i>	Ramoncillo	Combustible (leña)
<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	Maderable
<i>Eugenia dominguensis</i>	Boloconté	Combustible (leña)
<i>Brachiaria humidicola</i>	Pasto humidicola	Forraje
<i>Cynodon plectostachyus</i>	Pasto estrella	Forraje
<i>Paspalum conjugatum</i>	Gramma amarga	Forraje
<i>Psychotria chiapensis</i>	Coralillo	Combustible (leña)
<i>Simira salvadorensis</i>	Chacahuanté	Maderable
<i>Zanthoxylum kellermanii</i>	Rabo de lagarto	Maderable
<i>Zanthoxylum caribaeum</i>	Zorrillo	Maderable
<i>Cupania dentata</i>	Quiebra hacha	Maderable
<i>Sideroxylon salicifolia</i>	Palo prieto	Alimenticio/Forraje
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guácimo	Combustible (leña)
<i>Heliocarpus donnell-smithii</i>	Jolotzín	Combustible (leña)
<i>Amphelocera hottlei</i>	Luín	Combustible (leña)
<i>Trema micrantha</i>	Guacimillo	Combustible (leña)/Forraje
<i>Vochysia hondurensis</i>	Maca blanca	Maderable

#### 8.1.3.1.1.5 Especies introducidas

Son aquellas cuya área de distribución geográfica natural, no corresponde a su ámbito natural como resultados de la dispersión incidental o accidental producida por las actividades humanas.

Las especies introducidas pueden, por lo general, afectar el ecosistema en que fueron introducidas. Si una especie resulta dañina, produciendo cambios importantes en la composición, la estructura o los procesos de los ecosistemas naturales o seminaturales, poniendo en peligro la diversidad biológica nativa, es denominada especie invasora.

Sin embargo, para área de estudio se registraron un total de seis especies introducidas las cuales representan el 10 % del total de las especies registradas (Tabla 8.1.3.1-5).

Tabla 8.1.3.1-5.- Lista de especies introducidas en el Área Contractual Calicanto.

Especie	Nombre común
<i>Brachiaria humidicola</i>	Pasto humidicola
<i>Cynodon plectostachyus</i>	Pasto estrella
<i>Paspalum conjugatum</i>	Gramma amarga
<i>Oceoclades maculata</i>	Orquídea invasora
<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto
<i>Hevea brasiliensis</i>	Hule

#### 8.1.3.1.1.6 Especies vegetales bajo algún régimen de protección legal

En el Área Contractual Calicanto, **no se encontraron especies bajo ningún riesgo** en referencia a la NOM-059\_SEMARNAT-2010.

### Especies de importancia ecológica

Los encinares tropicales, son particularmente importantes debido a que son considerados paleo relictos, estos se encuentran fuera de su hábitat típico, por lo que aún se discute sobre los factores que determinaron su establecimiento en estas áreas bajas tropicales. Una de las explicaciones se basa en torno al descenso de la temperatura en la vertiente del Golfo de México durante las glaciaciones del Pleistoceno, es la existencia de encinares a bajas altitudes.

Sin embargo, el hecho de que aun persista en la actualidad es porque existe una estrecha correlación entre los suelos lateríticos derivados de depósitos glaciares y la distribución de los encinares tropicales, independiente de cómo varíe la temperatura y la precipitación. Esto además explica su baja diversidad y complejidad estructural, sin dejar de ser un sistema ecológico único y por demás susceptible al manejo antrópico bajo el cual se encuentra sujeto.

### Estaciones de Muestreo

#### Estaciones 1 - 7 Vegetación Pastizal

El pastizal del área contractual de Calicanto está compuesto principalmente por dos especies de pastos: *Paspalum conjugatum* y *Brachiaria humidicola* las cuales se distribuyen en una extensa superficie. Ambas especies tienen crecimiento estolonífero y pueden desarrollarse en suelos ácidos, de baja fertilidad como es el caso del sistema de Terrazas (lomeríos) donde se localiza el Área Contractual Calicanto (Tabla 8.1.3.1-6).

VEGETACIÓN

Tabla 8.1.3.1-6.- Valor de Importancia de las especies presentes en pastizales del Área Contractual Calicanto.

Punto	Especies	Cobertura (%)	Frecuencia (%)	Densidad (%)	IVI (%)
LC1	<i>Paspalum conjugatum</i>	100.00	100.00	-	200.00
LC2	<i>Brachiaria humidicola</i>	99.60	66.67	-	166.27
	<i>Curatella americana</i>	0.40	33.33	35.44	69.17
LC3	<i>Paspalum conjugatum</i>	98.60	50.00	-	149.00
	<i>Conostegia mexicana</i>	1.40	50.00	17.72	69.12
LC4	<i>Paspalum conjugatum</i>	98.00	50.00	-	148.00
	<i>Coccoloba barbadensis</i>	0.40	25.00	35.44	60.84
	<i>Brachiaria humidicola</i>	1.60	25.00	-	26.60
LC5	<i>Paspalum conjugatum</i>	100.00	100.00	-	200.00
LC6	<i>Paspalum conjugatum</i>	100.00	100.00	-	200.00
LC7	<i>Brachiaria humidicola</i>	100.00	100.00	-	200.00

IVI= Índice de Valor de importancia; LC= Línea de Canfield

Las especies con los valores de importancia más elevados corresponden a *Paspalum conjugatum* y *Brachiaria humidicola* (Tabla 8.1.3.1-6). Para el cálculo del IVI de estas especies no se consideró la densidad ya que por su forma de crecimiento (estolonífera) no se tienen individuos sino clones. Por el contrario, para los juveniles de las especies arbóreas este parámetro es el de mayor peso, excepto para *Coccoloba mexicana* (Tabla 8.1.3.1-6).

### Estación C8

La vegetación en este sitio corresponde a un acahual derivado de la modificación de la Selva. La composición florística se presenta en la Tabla 8.1.3.1-7, está constituida por 21 especies contenidas en 21 géneros y 17 familias botánicas. No hay especies en algún estatus de vulnerabilidad según la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 8.1.3.1-7.- Composición florística de un Acahual en el Área Contractual Calicanto.

Familia	Nombre Científico	Nombre Común
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana alba</i>	Lecherillo
Cecropiaceae	<i>Cecropia obtusifolia</i>	Guarumo
Cochlospermaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Pochote
Combretaceae	<i>Combretum laxum</i>	Bejuco de clavo
Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i>	Tachicon
Fagaceae	<i>Quercus oleoides</i>	Encino
Leguminosae	<i>Entada gigas</i>	
	<i>Inga spuria</i>	Guatope
Malvaceae	<i>Hampea macrocarpa</i>	Majahua
Melastomataceae	<i>Conostegia mexicana</i>	Frutilla
	<i>Miconia argentea</i>	Hoja de lata
Moraceae	<i>Ficus padifolia</i>	Higuerilla
Rubiaceae	<i>Alibertia edulis</i>	Castarica
	<i>Psychotria chiapensis</i>	Coralillo
Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i>	Quiebra hacha
Sapotaceae	<i>Sideroxylon salicifolia</i>	
Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guacimo
	<i>Helicteres guazumaefolia</i>	Barrenillo
Ulmaceae	<i>Trema micrantha</i>	
Verbenaceae	<i>Clerodendron ligustrinum</i>	Muste
Vochysaceae	<i>Vochysia hondurensis</i>	Maca blanca

Es un acahual con densidades bajas, con un estrato arbóreo donde la altura fluctúa entre 3.50 y 10 m, la especie más alta es *Clerodendron ligustrinum* (Tabla 8.1.3.1-8). Los individuos de mayor talla y mayor aporte basimétrico corresponden a *Clerodendron ligustrinum*, *Sideroxylon salicifolia*, *Cochlospermum vitifolium*, *Hampea macrocarpa* y *Curatella americana*. La especie con mayor densidad y tamaño de copa es *Trema micrantha*, sin embargo, no es la especie dominante en el dosel (Tabla 8.1.3.1-8). La composición del estrato arbóreo - arbustivo es totalmente diferente al arbóreo, las especies se presentan en densidades bajas (Tabla 8.1.3.1-8). En el estrato herbáceo no se registraron plantas.



VEGETACIÓN

Tabla 8.1.3.1-8.- Parámetros estructurales de las especies presentes en un Acahual del Área Contractual Calicanto.

Especie	Diámetro (cm)	Densidad (ind.ha <sup>-1</sup> )	Altura (m)	Área basal (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	Ancho de copa (m <sup>2</sup> )
<b>Estrato arbóreo</b>					
<i>Clerodendron ligustrinum</i>	6.91 ± 2.44	700	8.10 ± 0.99	2.906	58.76
<i>Sideroxylon salicifolia</i>	10.82	100	9.00	0.919	24.00
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	8.28 ± 3.27	700	7.52 ± 0.94	0.622	29.62
<i>Hampea macrocarpa</i>	9.23	100	6.00	0.669	9.60
<i>Guazuma ulmifolia</i>	3.18	100	5.00	0.080	3.90
<i>Curatella americana</i>	7.96 ± 5.40	200	7.00 ± 0.71	0.612	14.63
<i>Trema micrantha</i>	6.89 ± 2.49	1200	6.75 ± 1.32	0.179	89.37
<i>Miconia argentea</i>	4.77	100	6.50	0.179	7.29
<i>Tabernaemontana alba</i>	3.86 ± 1.03	300	3.50 ± 0.71	0.123	18.65
<i>Psychotria chiapensis</i>	3.37	100	3.50	0.089	4.03
<b>Estrato arbóreo – arbustivo</b>					
<i>Conostegia mexicana</i>	0.28 ± 0.17	1600	0.87 ± 0.45	0.006911	-
<i>Leguminosae</i>	0.20	400	1.00	0.000314	-
<i>Cupania dentata</i>	0.30	400	0.33	0.004516	-
<i>Inga spuria</i>	0.20 ± 0.00	1200	0.42 ± 0.29	0.001963	-
<i>Tabernaemontana alba</i>	0.30	400	0.52	0.000707	-
<i>Alibertia edulis</i>	1.00	400	2.00	0.007850	-

### Estación 9

La vegetación en la estación 9 corresponde a Encinar Tropical. En Tabasco, el encinar se distribuye sobre el sistema de Bloques - Terrazas del pleistoceno-Mioceno (West et al. 1987; Ortiz et al. 2005). Es considerado relicto ya que por el avance de los glaciares en el período pleistoceno ampliaron su distribución hacia las zonas bajas tropicales (Rzedowski 1978; López Mendoza 1980). El encinar se localiza sobre la planicie de la vertiente del Golfo de México donde *Quercus oleoides* es la especie dominante y se le puede encontrar asociado a la sabana y a las selvas altas ó medianas (Miranda y Hernández X., 1963).

VEGETACIÓN

Este tipo de vegetación presenta una distribución fragmentada sobre la zona de lomeríos en varios municipios de Tabasco. Su estructura ha sido modificada por el manejo al que se ha sometido para el mantenimiento de pastos para el ganado y la extracción de madera (López Mendoza 1980; Rodríguez 2012).

La composición florística del fragmento de encinar se presenta en la Tabla 8.1.3.1-9, está constituida por 6 especies contenidas en 6 géneros y 6 familias botánicas. No hay especies en algún estatus de vulnerabilidad conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 8.1.3.1-9.- Composición florística de un Encinar en el Área Contractual Calicanto.

Familia	Nombre Científico	Nombre Común
Bromeliaceae	<i>Tillandsia balbisiana</i>	Gallinita
Combretaceae	<i>Combretum laxum</i>	Bejuco de clavo
Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i>	Tachicon
Fagaceae	<i>Quercus oleoides</i>	Encino
Poaceae	<i>Brachiaria humidicola</i>	Pasto humidicola
Ulmaceae	<i>Trema micrantha</i>	

La única especie presente en la unidad de muestreo es *Quercus oleoides*. Presenta una densidad y riqueza baja, alturas entre 15 y 19 m y un aporte basimétrico importante (Tabla 8.1.3.1-10).

Tabla 8.1.3.1-10.- Parámetros estructurales de las especies presentes en un Encinar del Área Contractual Calicanto, Tabasco.

Especie	Diámetro (cm)	Densidad (ind.ha <sup>-1</sup> )	Altura (m)	Área basal (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	Ancho de copa (m <sup>2</sup> )
<i>Quercus oleoides</i>	23.34 ± 8.22	600	17.00 ± 1.67	28.315	494.90

VEGETACIÓN

**Estación 10**

La vegetación en este sitio corresponde a vegetación secundaria derivada de la modificación de la Selva en un ambiente sabanoide. La composición florística se presenta en la Tabla 8.1.3.1-11, está constituida por 13 especies distribuidas en igual número de géneros y familias. No hay especies en algún estatus de vulnerabilidad según la NOM-059-SEMARNAT-2010. Se presentan especies de zonas bajas inundables como *Bucida buceras*, *Acoelorrhaphe wrightii* e *Inga spuria*.

**Tabla 8.1.3.1-11.-** Composición florística de la vegetación secundaria en el Área Contractual Calicanto.

Familia	Nombre Científico	Nombre Común
Vochysaceae	<i>Vochysia hondurensis</i>	Maca blanca
Melastomataceae	<i>Miconia argentea</i>	Hoja de lata
Arecaceae	<i>Acoelorrhaphe wrightii</i>	Tasiste
Combretaceae	<i>Bucida buceras</i>	Puckte
Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i>	Quiebra hacha
Malighiaceae	<i>Byrsonimia crassifolia</i>	Nance
Bromeliaceae	<i>Achmea bracteata</i>	Pita
Fagaceae	<i>Quercus oleoides</i>	Encino
Cactaceae	<i>Selenicereus boeckmannii</i>	Pitahayita
Verbenaceae	<i>Clerodendron ligustrisimum</i>	Muste
Leguminosae	<i>Inga spuria</i>	Guatope
Rubiaceae	<i>Psychotria chiapensis</i>	Coralillo
Poaceae	<i>Paspalum conjugatum</i>	Grana amarga

Es un acahual con densidades bajas, con un estrato arbóreo donde la altura fluctúa entre 3.50 y 22 m, la especie de mayor altura es *Bucida buceras* (Tabla 8.1.3.1-12). Las especies con mayor cobertura de copa y diamétrica y basimétricamente mayores corresponden a *Vochysia hondurensis*, *Bucida buceras* y *Byrsonimia crassifolia*. Las densidades de todas las especie son bajas (Tabla 8.1.3.1-12).

La composición del estrato arbóreo - arbustivo es totalmente diferente al arbóreo, las especies también se presentan en densidades bajas. En el estrato herbáceo no se registraron plantas diferentes a los pastos.

VEGETACIÓN

**Tabla 8.1.3.1-12.-** Parámetros estructurales de las especies presentes en vegetación secundaria del Área Contractual Calicanto, Tabasco.

Especies	Diámetro (cm)	Densidad (ind.ha <sup>-1</sup> )	Altura (m)	Área basal (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	Ancho de copa (m <sup>2</sup> )
<b>Estrato arbóreo</b>					
<i>Byrsonimia crassifolia</i>	16.55 ± 3.18	300	7.80 ± 1.71	6.611	57.67
<i>Cupania dentata</i>	4.77	100	3.50	0.179	12.92
<i>Bucida buceras</i>	20.27 ± 18.40	300	22.20	14.989	230.79
<i>Clerodendron ligustrinum</i>	21.33	100	9.40	3.570	70.50
<i>Vochysia hondurensis</i>	27.91 ± 17.20	300	15.50 ± 1.27	22.984	213.11
<b>Estrato arbóreo - arbustivo</b>					
<i>Inga spuria</i>	0.25 ± 0.07	800	0.19 ± 0.01	0.00102	-
<i>Psychotria chiapensis</i>	0.20 ± 0.07	3600	0.12 ± 0.03	0.00314	-
<i>Cupania dentata</i>	0.20 ± 0.00	800	0.08 ± 0.00	0.00063	-

**Estación 11**

La vegetación en este sitio corresponde a un acahual derivado de la modificación de la Selva. La composición florística se presenta en la Tabla 8.1.3.1-13, está constituida por 9 especies contenidas en 9 géneros y 8 familias botánicas. No hay especies en algún estatus de vulnerabilidad según la NOM-059-SEMARNAT-2010.

**Tabla 8.1.3.1-13.-** Composición florística de la vegetación secundaria en el Área Contractual Calicanto.

Familia	Nombre Científico	Nombre Común
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana alba</i>	Lecherillo
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Palo mulato
Combretaceae	<i>Combretum laxum</i>	Bejuco de clavo
Flacourtiaceae	<i>Hasseltia mexicana</i>	
Melastomataceae	<i>Miconia argentea</i>	Hoja de lata
Moraceae	<i>Ficus radula</i>	Amate de río
Rubiaceae	<i>Psychotria chiapensis</i>	Coralillo
	<i>Cephaelis tomentosa</i>	Labios de mujer
Vochysaceae	<i>Vochysia hondurensis</i>	Maca blanca

VEGETACIÓN

Este tipo de vegetación se desarrolla sobre las vertientes del sistema de lomeríos presentes en toda el área contractual. Estas vertientes forman cauces que conducen los escurrimientos superficiales durante la temporada de lluvias, por lo que la vegetación actual forma como un corredor ripario.

La vegetación actual deriva de la Selva Alta Perennifolia de Canshán y Chakté, se encuentra en un rango altitudinal entre 10 y 40 msnm. Una de las especies que conformaban a este tipo de vegetación y que actualmente está presente es *Vochysia hondurensis*, la cual es la especie dominante (Tabla 8.1.3.1-14).

Un aspecto importante de hacer notar y que tiene relación con los procesos de regeneración de estos ambientes, es que el estrato medio, donde prevalecen las etapas juveniles de las especies arbóreas presentes, tienen una similitud muy baja o son totalmente disímiles con el estrato superior, como se puede observar en la Tabla 8.1.3.1-14.

Tabla 8.1.3.1-14.- Parámetros estructurales de las especies presentes en vegetación secundaria del Área Contractual Calicanto

Especies	Diámetro (cm)	Densidad (ind.ha <sup>-1</sup> )	Altura (m)	Área basal (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	Ancho de copa (m <sup>2</sup> )
<b>Estrato arbóreo</b>					
<i>Hasseltia mexicana</i>	8.29 ± 9.23	1100	6.09 ± 1.94	12.621	267.11
<i>Vochysia hondurensis</i>	36.99 ± 7.17	500	23.75 ± 1.62	55.309	523.75
<i>Tabernaemontana alba</i>	4.37 ± 2.04	700	4.32 ± 1.58	1.223	25.032
<i>Miconia argentea</i>	7.70 ± 3.93	800	12.10 ± 6.57	4.570	207.69
<b>Estrato arbóreo - arbustivo</b>					
<i>Tabernaemontana alba</i>	4.54 ± 2.17	2000	2.00 ± 1.00	0.95731	-
<i>Psychotria chiapensis</i>	3.82 ± 1.04	2400	1.83 ± 0.52	0.72840	-
<i>Bursera simaruba</i>	3.80	400	2.00	0.11335	-

### Estaciones 12 y 13

La vegetación en estos sitios corresponde a plantaciones de Eucalipto y Hule. La composición florística se presenta en la Tabla 8.1.3.1-15, está constituida por 6 especies contenidas igual número de géneros y

VEGETACIÓN

familias botánicas. No hay especies en algún estatus de vulnerabilidad conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

**Tabla 8.1.3.1-15.-** Composición florística plantaciones de Eucalipto y Hule en el Área Contractual Calicanto

Familia	Nombre Científico	Nombre Común
Euphorbiaceae	<i>Hevea brasiliensis</i>	Hule
Melastomataceae	<i>Conostegia mexicana</i>	Frutilla
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto
Poaceae	<i>Brachiaria humidicola</i>	Pasto humidicola
Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i>	Quiebra hacha
Verbenaceae	<i>Citharexylum hexangulare</i>	Palomillo

Los valores estructurales en las plantaciones están determinados por la especie seleccionada, distancia de siembra y el manejo de la plantación. Estos atributos determinan principalmente, la densidad y el turno al que estén asignadas las diferentes etapas de desarrollo. Esto último, depende el uso al que estén destinadas las plantaciones. En el caso del Eucalipto, el aprovechamiento de la especie es principalmente para la obtención de pulpa, por lo cual, los turnos de cosecha pueden ser cortos y la plantación permanece menos tiempo. Por el contrario, el aprovechamiento del Hule es para la obtención de látex lo que permite que este tipo de plantación permanezca más tiempo.

Ambas especies presentan diferencias arquitectónicas notables, el Eucalipto presenta copas angostas que permiten una mayor entrada de luz, en tanto que el Hule presenta copas amplias y multiestratificadas que proyecta mayor cantidad de sombra (Tabla 8.1.3.1-16). Ambas especies presentan tamaños similares.

Debajo del dosel de estas especies, el espacio está ocupado por juveniles de las especies típicas de ambientes de sabana (Tabla 8.1.3.1-16).

Tabla 8.1.3.1-16.- Parámetros estructurales de las especies presentes en plantaciones de Eucalipto y Hule en el Área Contractual Calicanto.

Especies	Diámetro (cm)	Densidad (ind.ha <sup>-1</sup> )	Altura (m)	Área basal (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	Cobertura (m <sup>2</sup> )
Estrato arbóreo					
<i>Hevea brasiliensis</i>	11.34±2.44	1000	9.76±2.85	10.518	233.85
<i>Eucalyptus globulus</i>	13.37±2.71	400	9.23±2.69	5.786	52.69
Estrato arbóreo - arbustivo					
<i>Cupania dentata</i>	0.64	400	0.60	0.00318	-
<i>Conostegia mexicana</i>	0.70	400	3.00	0.00385	-
<i>Citharexylum hexangulare</i>	0.16	400	0.70	0.00020	-

### Valor de Importancia de las especies de los diferentes tipos de vegetación en el Área Contractual Calicanto

Los valores de importancia calculados para la vegetación del área contractual, muestran que los diferentes tipos de vegetación corresponden a estados secundarios, es decir, se encuentran en un proceso de sucesión desencadenado por los cambios del uso de suelo que se ha dado en esa área. De manera general, se puede observar en la Tabla 8.1.3.1-17 que en las especies con valores bajos del IVI, el parámetro que tiene mayor peso en este índice es la densidad, lo que corresponde con ambientes secundarios. Solo en tres de las especies reportadas (*Vochysia hondurensis*, *Quercus oleoides* y *Bucida buceras*) el parámetro de importancia es la Dominancia, esto es debido a su tamaño y a que son especies primarias de la vegetación que existía en este lugar.

VEGETACIÓN

Tabla 8.1.3.1-17.- Valores relativos y de importancia de las especies presentes en los diferentes tipos de vegetación del Área Contractual Calicanto

Especies	Frecuencia (%)	Densidad (%)	Dominancia (%)	IVI
<i>Clerodendron ligustrinum</i>	10.00	9.09	4.13	23.22
<i>Sideroxylon salicifolia</i>	5.00	1.14	0.59	6.72
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	5.00	7.95	0.40	13.35
<i>Hampea macrocarpa</i>	5.00	1.14	0.43	6.56
<i>Guazuma ulmifolia</i>	5.00	1.14	0.05	6.19
<i>Curatella americana</i>	5.00	6.82	0.39	12.21
<i>Trema micrantha</i>	5.00	13.64	0.11	18.75
<i>Miconia argentea</i>	10.00	10.23	3.03	23.26
<i>Tabernaemontana alba</i>	10.00	11.36	0.86	22.22
<i>Psychotria chiapensis</i>	5.00	1.14	0.06	6.19
<i>Quercus oleoides</i>	5.00	6.82	18.06	29.88
<i>Byrsonimia crassifolia</i>	5.00	3.41	4.22	12.63
<i>Cupania dentata</i>	5.00	1.14	0.11	6.25
<i>Bucida buceras</i>	5.00	3.41	9.56	17.97
<i>Vochysia hondurensis</i>	10.00	9.09	49.95	69.04
<i>Hasseltia mexicana</i>	5.00	12.50	8.05	25.55

IVI= Índice de Valor de Importancia.



### 8.1.3.2 Fauna silvestre

#### 8.1.3.2.1 Antecedentes

El objetivo de esta sección es manifestar la estructura de las comunidades de vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) registrados a través de métodos directos e indirectos en el Área Contractual Calicanto, utilizando como índices ecológicos la riqueza y la abundancia de especies de los diversos ecosistemas presentes buscando que estos indicadores ambientales describan el estado actual de integridad de los ecosistemas.

La fauna de México es reconocida como una de las más ricas a nivel mundial, definiendo al país con una gran diversidad, al registrar la mayor riqueza de especies en reptiles, segundo lugar en mamíferos y el cuarto lugar en anfibios (Toledo, 1988); en el país se registran 5,167 especies, con 290 especies de anfibios, 1,054 de aves, 2,628 de peces, 491 de mamíferos y 704 de reptiles (Flores y Gerez, 1994), donde las aves ocupan un lugar especial, pues en México habita el 12% del total de especies del mundo.

Por otra parte, el país presenta un alto grado de endemismo entre las diversas especies de anfibios, reptiles y mamíferos, con porcentajes de 61%, 53% y 30% respectivamente para cada grupo (Sélem-Salas C., *et. al.* 2004). Dichos endemismos son producto de diversos factores, entre los que destacan está la diversidad de hábitats, la topografía y el clima, los cuales generan microambientes donde se pueden desarrollar adecuadamente las especies endémicas (Flores-Villela y Gerez, 1994).

Los organismos básicamente se distribuyen dependientes de factores abióticos, de tal manera que la diversidad en la región neotropical es alta y decrece conforme se incrementa la latitud y la altitud; de igual forma entre mayor humedad mayor diversidad, decrece en zonas secas. En la república mexicana existen diversas provincias biogeográficas (Figura 8.1.3.2-1), las cuales exhiben características especiales dependiendo de su ubicación, así como de los recursos bióticos y abióticos presentes en las mismas.

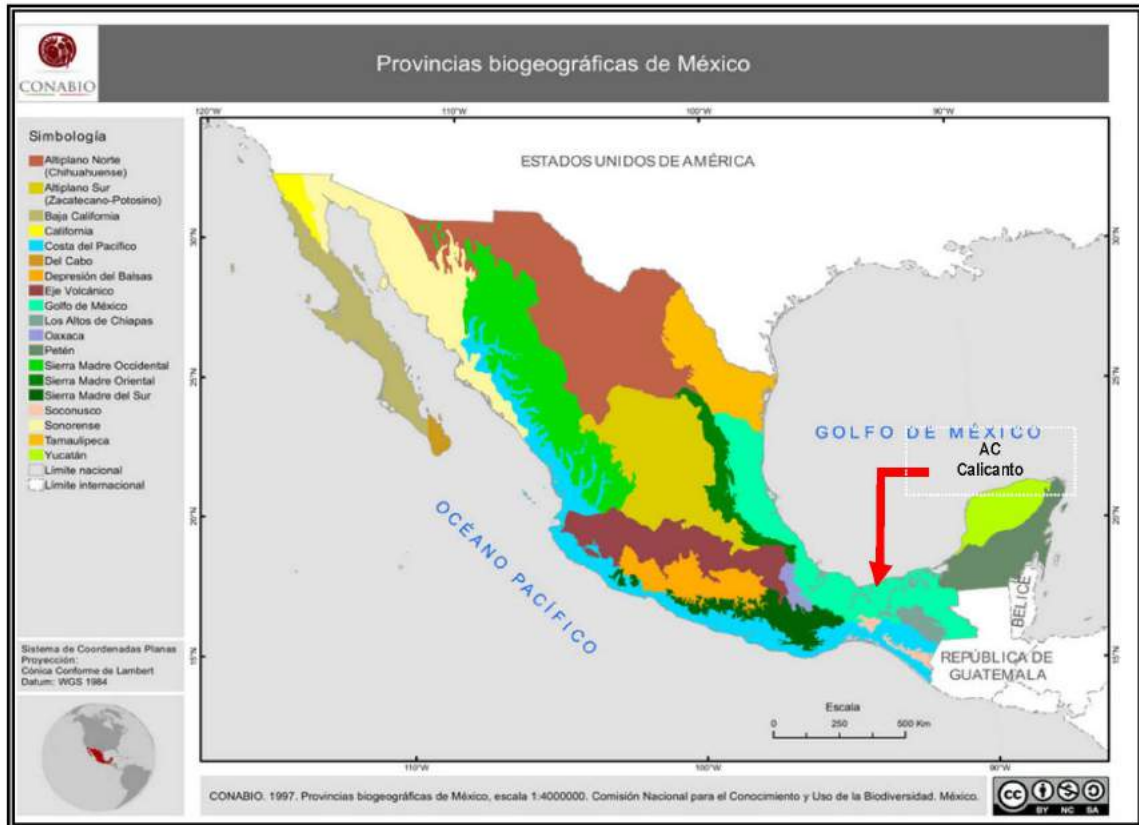


Figura 8.1.3.2-1.- Provincias biogeográficas de México (CONABIO 2012) con respecto al Área Contractual Calicanto (flecha roja).

Según la imagen anterior el Área Contractual Calicanto está situado en la Provincia Biótica Golfo de México (Stuart, 1964), en esta región la fauna de vertebrados en su mayoría está representada por especies de origen neotropical ampliamente distribuida en el Estado de Tabasco. La zona se caracteriza por ser muy diversa, ocupa el tercer lugar nacional en cuanto a diversidad de vertebrados (Flores-Villela, 1993), también alberga un gran número de endemismos mesoamericanos en su herpetofauna (Casas y Reina-Trujillo, 1991) y, un gran número de especies protegidas de mamíferos (López-Wilchis et al., 1992).

Un análisis importante es el que hace Edwards (Edwards, 1968), donde divide al país en cinco (5) provincias y ocho (8) subprovincias zoogeográficas, bajo esta categoría el área de estudio se ubica en la provincia conocida como Tierras bajas o del Atlántico, dentro de la subprovincia costa del atlántico sur (Figura 8.1.3.2-2). Esta provincia se extiende a lo largo del Golfo de México. La fauna de la zona está

FAUNA

integrada por elementos de origen Neártico y Neotropical, los cuales obedecen a patrones de distribución que son determinados por el clima, la fisiografía y la vegetación. (Fa y Morales, 1998).



Figura 8.1.3.2-2.- Ubicación del Área Contractual Calicanto (flecha roja), en el contexto de la clasificación de provincias y subprovincias zoogeográficas de México (Edwards 1968).

En cuanto a la herpetofauna, Flores-Villela (1993) en su trabajo denominado “Herpetofauna Mexicana - Lista anotada de las especies de anfibios y reptiles de México, cambios taxonómicos recientes y nuevas especies” menciona que modificó las cinco regiones naturales de la República Mexicana propuestas por West (1971), utilizando los factores ambientales clima y vegetación para realizar la reestructuración de las regiones del país en una subdivisión de 10 regiones. El Área Contractual Calicanto, queda inmerso dentro de la región 6 “Tierras Bajas Tropicales”, comprende parte de los estados de Veracruz, Tabasco, Chiapas,

Yucatán, entre otros, el clima predominante es húmedo con lluvias abundantes a lo largo del año (más de 2,000 mm de precipitación) con una estación seca relativamente corta (Figura 8.1.3.2-3).

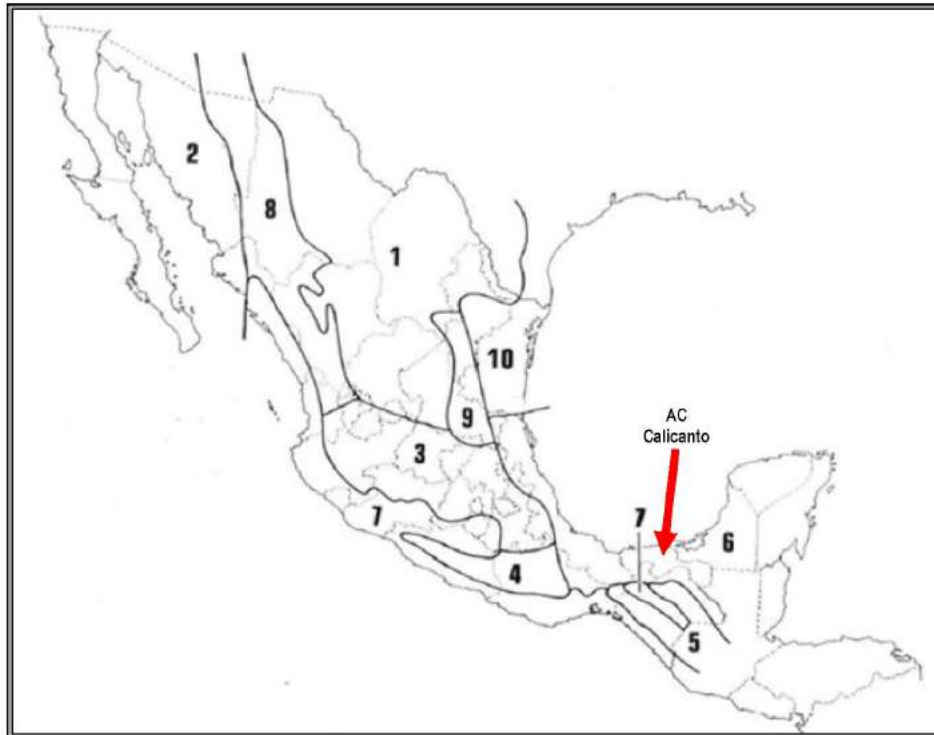


Figura 8.1.3.2-3.- Regiones herpetológicas naturales de México (West, 1971) modificadas por Flores-Villela (1993).

### 8.1.3.2.2 Metodología

Los criterios establecidos para la zonificación y selección de sitios de muestreo fueron los siguientes:

- Vegetación: Con base a los diferentes tipos de vegetación de acuerdo a la ubicación del Área Contractual Calicanto, así como la superficie ocupada, el grado de perturbación y las zonas de transición entre los diferentes tipos de vegetación. (Carta de Cambio de Usos de Suelo y Vegetación serie V 2011-2013)

FAUNA

- La existencia de áreas de conservación.
- Presencia de cuerpos de agua: ríos y arroyos (temporales o permanentes), presas, lagunas, etc. (Carta de hidrología superficial. Fotografía aérea, Google Earth 2014).
- Características topográficas del área del Proyecto y zonas de obra del Proyecto (Carta topográfica, INEGI Versión 4. Fotografía aérea, Google Earth 2014).
- Accesibilidad a los sitios de muestreo (cercanos a caminos, carreteras y brechas existentes)

Para la caracterización faunística del área de estudio, como primera fase la consulta de información de instituciones nacionales, teniendo como soporte principal la base de datos "Biodiversidad de México" CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) <http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/especies.html>. Así como la búsqueda y revisión de literatura sobre estudios realizados para el estado de Tabasco; con esta información se obtuvo un listado general de las especies basándose en su distribución potencial.

Las referencias bibliográficas consultadas fueron las siguientes:

- Para las aves se consultó a Howell, S. N. G. y S. Webb, (1995); A.O. U. (1998); National Geographic Society (2002); Navarro, S.A. y A. Gordillo (2006), y Garza Torres, Hector A. (2007).
- Para los mamíferos se consultó a Arita Hector T y Gerardo Ceballos (1997); Ceballos, G. (2002); Ramírez-Pulido, J. & A. Castro-Campillo. (1993); Ramírez, P. J. (1999).
- Para los reptiles y anfibios se consultó a Flores-Villela, O. (1993); Lazcano Villarreal, D. (1997); Flores Villela, O. (1998); Lazcano Villarreal, D., (1999); CONABIO (comp.). 2009a; CONABIO (comp.). 2009b.

La segunda fase fue el análisis de sistemas de información geográficos (SIG), a través de la sobreposición de la poligonal delimitada como Área Contractual Calicanto con el material fotográfico de Google Earth (2015). El objetivo fue el de visualizar las características generales del área de estudio, como son las características orográficas y topográficas, las actividades humanas y el grado de perturbación de la zona (relacionadas con las vías de comunicación, las áreas urbanas y suburbanas, las áreas impactadas por actividades agrícolas, pecuarias, etc., Figura 8.1.3.2-4.



Figura 8.1.3.2-4.- Sobreposición de trazo e imagen de la delimitación del Área Contractual Calicanto.

Posteriormente se sobrepuso la capa de vegetación (INEGI, 2012), para ubicar los tipos de vegetación y las asociaciones vegetales existentes, la superficie ocupacional con respecto del área del Área Contractual Calicanto; así como la visualización del grado de perturbación e identificación de zonas transicionales y Fragmentación de los ecosistemas presentes (Figura 8.1.3.2-5). Con esta técnica y de acuerdo a la Carta de uso de suelo y vegetación (INEGI, 2012) se determinaron dos tipos de vegetación: la denominada Información Agrícola Pecuaria Forestal (IAPF) y la Vegetación de Sabana (VS).

FAUNA

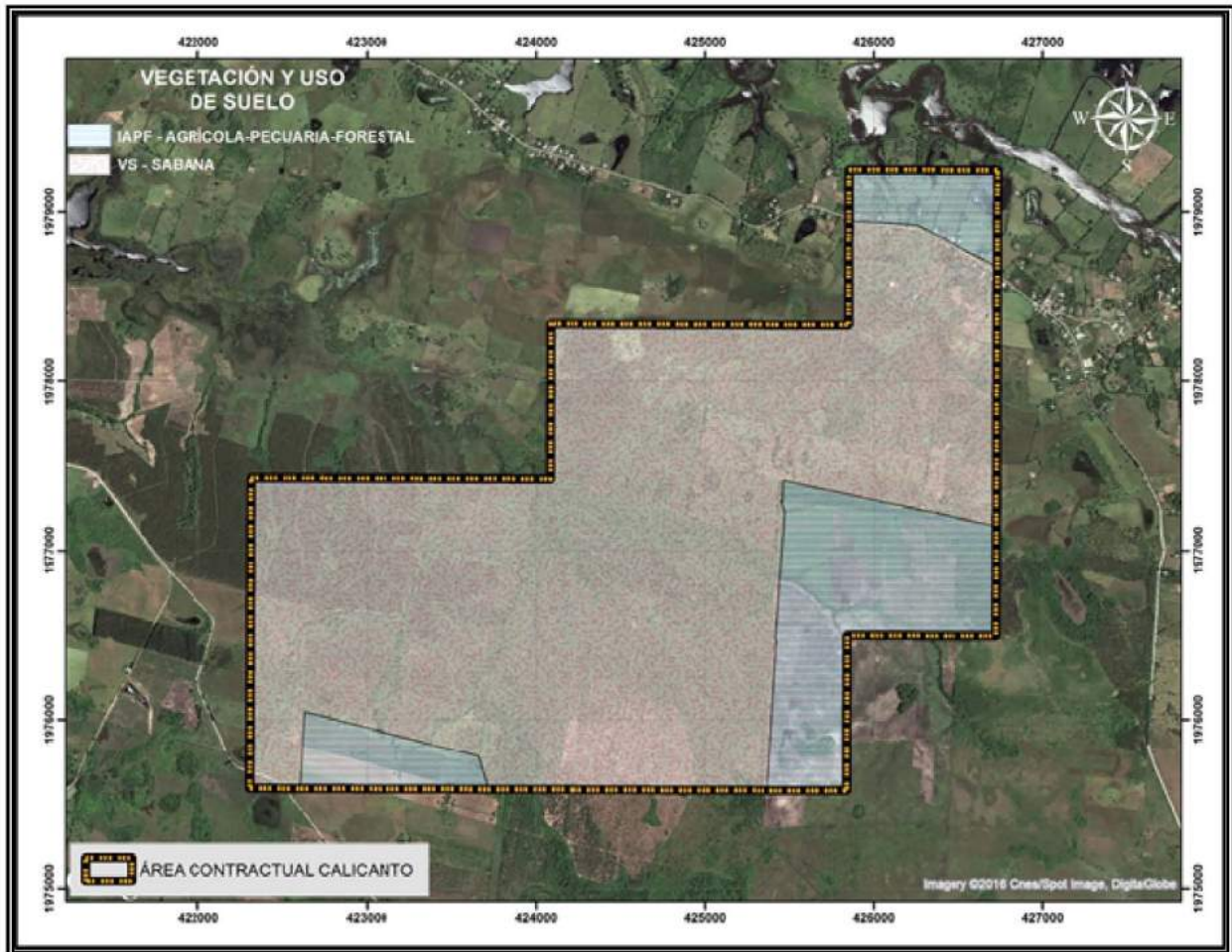


Figura 8.1.3.2-5.- Sobreposición de Carta de uso de suelo y vegetación (INEGI, 2012).

Teniendo ubicados los tipos de vegetación se determinaron los sitios de muestreo de la fauna silvestre, seleccionando por lo menos un punto de muestreo en cada hábitat (tipo de vegetación) presente en el Área Contractual Calicanto (la localización de los sitios se presenta en el apartado de resultados). En cada sitio de muestreo se aplicaron las técnicas más adecuadas para el estudio de los diferentes grupos de vertebrados, las mismas que se detallan posteriormente.

Los estudios de la Línea Base Ambiental han sido establecidos como un instrumento de política ambiental, analítico y de carácter preventivo, que permiten la integración de un proyecto a su ambiente. Una de las

características importantes de estos estudios es la de obtener información confiable, con validez científica (aplicada por personal capacitado en cada área) y en un periodo de tiempo relativamente corto, aunque es importante resaltar que debido a la premura de los mismos, muchas veces los estudios no tienen un perfil de investigación científica, que arroje datos nuevos sobre la biología de los organismos o sobre la ecología del lugar en que se está trabajando.

Ante este reto fue imperativo que la metodología seleccionada respondiera con eficiencia y eficacia a los objetivos planteados, asumiendo que el objetivo primordial fue caracterizar las condiciones de la fauna silvestre en un área delimitada (dentro de los dos ecosistemas presentes). Bajo esta premisa determinamos que se adecuarían las técnicas establecidas y utilizadas comúnmente por la comunidad estudiantil de la fauna silvestre (con las cuales se obtienen datos tanto cualitativos como cuantitativos).

Para enfrentar este desafío se recurrió a las metodologías propuestas en el trabajo denominado “Evaluaciones Ecológicas Rápidas” publicado por The Nature Conservancy (Sobrevila y Bath 1992), y retomado en el trabajo “Un Enfoque en la Naturaleza Evaluaciones Ecológicas Rápidas” (Sayre 2000), en los que explican metodologías útiles para realizar evaluaciones con características similares a las requeridas en el presente estudio. La Evaluación Ecológica Rápida se define de la siguiente manera:

*“Una Evaluación Ecológica Rápida (EER) de una zona o región terrestre es un estudio flexible, acelerado y enfocado de los tipos de vegetación y especies. Las EER utilizan una combinación de imágenes de sensores remotos, sobrevuelos de reconocimiento, obtención de datos de campo y visualización de información espacial para generar información de utilidad para la planificación de conservación a escalas múltiples.*

*Las EER son implementadas por equipos de científicos conservacionistas y administradores de recursos organizados en grupos por disciplina y especialización funcional. Las EER dan como resultado una caracterización, con mapas y documentación, de unidades de terreno clasificadas y una descripción de la biodiversidad a nivel de especie dentro de dichas unidades. Producen datos biofísicos básicos, mapas, documentos, recomendaciones y un creciente fortalecimiento institucional para un efectivo trabajo de conservación.*



FAUNA

---

*Los datos de la EER pueden producirse y analizarse a diferentes escalas espaciales, dependiendo de las metas de conservación.*

*La EER es una útil herramienta de planificación para la conservación, y como tal, las EER se implementan cada vez más para la rápida caracterización de la biodiversidad de una zona. Las EER son de particular aplicabilidad en la caracterización eficiente de la biodiversidad a nivel de terreno y de especie de grandes áreas sobre las cuales se sabe relativamente poco.*

*La EER es un concepto variante que ha sido descrito como un enfoque, una metodología, una herramienta, una estrategia, un proceso, un programa, una evaluación para la conservación y una variedad de otras descripciones. Una EER es, de hecho, todo lo anterior y nos referimos a las EER dentro de estos distintos contextos a lo largo de este libro. Sin embargo, por lo general nos referiremos a las EER como una metodología”...*

En la Tabla 8.1.3.2-1 se describen las técnicas utilizadas para la obtención de datos sobre las comunidades de fauna silvestre.

FAUNA

Tabla 8.1.3.2-1.- Metodología de estudio para fauna silvestre.

Técnica	Descripción breve	Ventajas	Desventajas	Otras Consideraciones	Materiales Necesarios
<b>AVES</b>					
Conteo de punto Conteo de todas las aves	Vistas o escuchadas durante periodos de tiempo establecidos (ejemplo 3-10 min.) en puntos separados por 100-200 m	Detección de especies rápida y eficiente; muestreo en unidades discretas; puede estimar densidades de población si se utiliza un radio fijo	Especies detectadas entre puntos y fuera de los conteos no se tratan estadísticamente; solo puede realizarse muy temprano cuando las aves vocalizan	Requiere un observador familiarizado con la avifauna local	Binoculares, grabadora para registrar vocalizaciones poco familiares para su análisis posterior por un experto
<b>MAMÍFEROS</b>					
Inventario de transectos	Conteo de todas las aves vistas o escuchadas a lo largo de un transecto (usualmente una vereda)	Muy eficaz para detectar a la mayoría de las especies del área estudiada; puede estimar densidades de población si el transecto es de anchura fija	Unidades de muestreo no son discretas, deben dividirse en muestreos de 10-60 min para su análisis estadístico	Requiere un observador familiarizado con la avifauna local; se debe tomar notas de horas de muestreo o km caminados; puede realizarse de noche para especies nocturnas	Binoculares, lámpara de cabeza por la noche grabadora para registrar vocalizaciones poco familiares para su análisis posterior por un experto
Red de niebla	Captura de aves en redes; se liberan después de identificarse	Identificación de especies usualmente más confiables que con métodos de observación; permite medir, colocar bandas y otras actividades	Consume mucho tiempo; solo para muestrear aves pequeñas del sotobosque; no se calcula densidad; muestrea una área pequeña; las redes son costosas	Requiere un técnico bien capacitado para remover las aves de la red; el observador no necesita estar familiarizado con la avifauna local si existe una guía de campo	Redes, astas, bolsa de tela; otro material dependiendo de los datos a obtener de las aves capturadas
Trampa Tomahawk Sherman Havahard	Captura de mamíferos no voladores pequeños y de talla media en trampas nocturnas; se liberan después de identificarse	Prácticamente el único método para muestrear mamíferos pequeños y de talla media; simple y eficaz	No es posible estimar la densidad en un estudio a corto plazo; los mamíferos de bosques bajos tienen bajo índice de captura	Las trampas pueden colocarse en partes altas de la región para capturar especies arbóricolas	Trampas, carnada, bolsas de tela guantes de piel
Inventario de transectos	Conteo de todos los mamíferos vistos o escuchados al largo del transecto (usualmente una vereda)	Permite el estudio de mamíferos grandes, especialmente primates; puede estimar la densidad	Consume mucho tiempo; es difícil en vegetación densa	Requiere un observador especializado con mamíferos locales; se debe tomar notas de horas de muestreo o km caminados; puede realizarse de noche para especies nocturnas	Binoculares, lámpara de cabeza por la noche

FAUNA

Continuación de la Tabla 8.1.3.2-1

Técnica	Descripción breve	Ventajas	Desventajas	Otras Consideraciones	Materiales Necesarios
<b>MAMÍFEROS</b>					
Red de niebla	Captura de murciélagos en redes por la noche; se liberan después de identificarse	Prácticamente el único método para estudiar murciélagos si los sitios de percha no se conocen, permite manipularlos para medirse, colocar bandas u otros propósitos	No calcula densidad; las redes son costosas; el índice de captura es bajo en noches de luna	Requiere un técnico bien capacitado para remover murciélagos de la red; se colocan redes a lo largo de corredores en el bosque para capturar individuos en una amplia zona	Redes, astas, bolsa de tela, guantes, lámparas de cabeza; otro material dependiendo de los datos a obtener de los murciélagos capturados
Análisis de la población humana local	Entrevistas a cazadores y leñadores locales sobre los mamíferos grandes que ocurren en la zona	Posiblemente el método más rápido para determinar la presencia /ausencia de mamíferos grandes, raros y esquivos; la comunidad participa	No estima la densidad; la información puede no ser confiable si no se corrobora por otras personas	Puede ser útil usar ilustraciones o fotografías de especies potencialmente encontradas	Ninguno, excepto tal vez un guía local que represente a la comunidad
Inventario dirigido	Depende de los objetos de conservación; puede incluir inventarios de cuevas de murciélagos, corrientes de agua en busca de evidencias de manatíes o nutrias, vigilancia de pozas de agua que atraen mamíferos grandes	Puede ser la única técnica disponible para estudiar ciertas especies	Puede ser demasiado intensivo en cuanto a tiempo; datos negativos pueden ser equívocos (objetos de conservación pueden estar presentes pero ser muy raros o esquivas para detectarse)	Requiere sólido conocimiento de la historia natural de los objetos de conservación	Depende del método
<b>ANFIBIOS Y REPTILES</b>					
Inventario de transectos	Conteo de todos los reptiles y anfibios a lo largo de un transecto (usualmente una vereda o corriente de agua); puede requerir voltear troncos, rocas, y otros sitios de descanso	Puede ser la única técnica disponible para estudiar ciertas especies	Puede ser difícil en vegetación densa; no estima la densidad	Requiere un observador especializado con la herpetofauna local; se debe tomar notas de horas de muestreo o km caminados; puede realizarse de noche para especies nocturnas	Gancho herpetológico, laso corredizo, bolsas de plástico y cuaderno de notas (lámpara de cabeza por la noche)

FAUNA

Continuación de la Tabla 8.1.3.2-1

Técnica	Descripción breve	Ventajas	Desventajas	Otras Consideraciones	Materiales Necesarios
<b>ANFIBIOS Y REPTILES</b>					
Parcela de hojarasca	Búsqueda cuidadosa entre la hojarasca de parcelas de 3x3 a 10x10 m	Se calcula la densidad; detecta especies escondidas	Consume mucho tiempo; abarca una área pequeña; útil en hábitats donde hay hojarascas	Requiere de un observador familiarizado con la herpetofauna; puede ser peligroso si hay serpientes venenosas	Cinta métrica, guantes, bolsas de plástico y cuaderno de notas
Trampa de foso con cercas resbaladizas	Se coloca una cubeta en el pozo; se erigen cercas bajas que guían hacia el foso desde direcciones opuestas (pueden colocarse también en forma de túnel); se revisa la trampa periódicamente	Puede ser un método eficaz para capturar lagartijas de amplia distribución, especialmente en hábitats abiertos	Pueden consumir mucho tiempo solo muestrear un subconjunto de herpetofauna	Puede también capturar salamandras y musarañas (las cuales requerirán comida para sobrevivir la noche)	Cubetas, material para cercas, herramientas para escavar el foso y construir las cercas
Inventarios de congregaciones de anfibios en época de apareamiento	Se estudian las pozas de agua, marismas, pantanos, charcas u otras congregaciones de anfibios en apareamiento	Muchas especies de ranas solo se detectan durante época de apareamiento; se pueden usar vocalizaciones para identificar especies	Solo es útil durante episodios de apareamiento, que pueden ser impredecibles; no estima la densidad	Especies diferentes pueden aparecer en horas distintas de la noche y en días distintos durante el episodio de apareamiento	Lámparas de cabeza, bolsas de plástico, protección contra picaduras de insectos, sanguijuelas o agua fría, cintas de vocalizaciones si las hay

Tomando como modelo lo anteriormente expuesto fue como se designó la metodología del presente trabajo, donde se aplicaron y se adecuaron las técnicas ya mencionadas para el muestreo de fauna silvestre, una vez solventado la metodología de muestreo que se utilizaría, se aplicaron las técnicas descritas en el cuadro anterior.

Los muestreos fueron realizados dentro del Área Contractual Calicanto de manera puntual, para corroborar y/o ampliar los datos bibliográficos previamente analizados (Potencialidad de la fauna existente), y así en la fase de detección de impactos contar con elementos suficientes para asignar una calificación puntual y objetiva de los posibles impactos ambientales. Para la caracterización del resto del polígono y con base a las características metodológicas previamente descritas (Evaluaciones Ecológicas Rápidas), se utilizaron los métodos previstos en dicha metodología, como son la revisión de estudios previos, la entrevista con

gente del área para saber sobre la presencia de fauna silvestre, etc., los cuales tienen igual e incluso mayor valor para diagnosticar el estado actual de la fauna silvestre de la zona.

En los párrafos siguientes se describe la logística del trabajo de campo para cada grupo faunístico considerado en este proyecto (anfibios, reptiles, aves y mamíferos). El arreglo filogenético de anfibios y reptiles, de aves y mamíferos se fundamentó en los criterios de Flores-Villela (1993), Flores Villela & Canseco-Márquez (2004), A.O.U. (1998) y Ramírez-Pulido *et al.* (2005), Ramírez, P. J. (1999); Navarro, S.A. y A. Gordillo. 2006; CONABIO (comp.). 2009; respectivamente.

#### 8.1.3.2.3 Anfibios y Reptiles

Por el comportamiento que presenta la mayoría de las especies del grupo de los anfibios en cuanto a sus hábitos nocturnos y acuáticos, se revisaron algunos cuerpos de agua presentes en la subcuenca hidrológica y/o en el predio, identificando todos los ejemplares observados y/o capturados de forma directa o con luz artificial (Fotografía 8.1.3.2-1). Las actividades diurnas para la obtención de información de este grupo, se basaron en revisiones de los posibles microhábitats, tales como el mantillo, los troncos, las rocas, los hoyos, etc.



Fotografía 8.1.3.2-1.- Búsqueda de indicios de anfibios y reptiles en cuerpos de agua.

Para la determinación de los ejemplares capturados u observados se utilizaron las guías de campo de Stebbins (1988), Conant y Collins (1991), García y Ceballos (1994) y Dixon y Werler (2000), los nombres se basaron en la clasificación propuesta por Flores Villela & Canseco-Márquez (2004) y CONABIO (2012), Anexo F y G.

#### 8.1.3.2.4 Aves

El listado avifaunístico se obtuvo principalmente por observaciones directas (Fotografía 8.1.3.2-2), basándonos en el comportamiento de este grupo, de su amplio rango de distribución y dispersión. Se utilizó la técnica de puntos de conteo (que es una variante del método de King), la cual consiste en establecer transectos de 1,000 m, donde se ubican 10 sub-estaciones, distanciadas cada 100 m con una cobertura de 50 m de radio. En cada estación se registró y contabilizó durante 5 minutos todas las especies observadas con la ayuda de binoculares (Leupold de 12X por 50 mm), así como las identificadas por medio de su

FAUNA

canto. Esta técnica es muy versátil, ya que se adapta según los factores de accesos, inseguridad o mal clima, los cuales pueden afectar la distancia del transecto.



Fotografía 8.1.3.2-2.- Observación de aves con la ayuda de binoculares.

Para el muestreo de aves se utilizaron también redes ornitológicas de 3 x 12 m (Fotografía 8.1.3.2-3). Estas redes se colocaron a lo largo de una línea, efectuando revisiones cada 15 minutos durante dos días consecutivos. Esta técnica permitió registrar aves poco abundantes.



Fotografía 8.1.3.2-3.- Redes Ornitológicas colocadas para la captura de aves.

Todos los ejemplares observados y/o capturados se identificaron con base en las guías de National Geographic Society (1987) y Edwards (2009)





Fotografía 8.1.3.2-4.- Captura fotográfica dentro del Área Contractual Calicanto, garza tigre (*Tigrisoma mexicanum*).

#### 8.1.3.2.5 Mamíferos

Para el muestreo de mamíferos se utilizaron dos métodos, el primero fue por medio de métodos indirectos, para lo cual se realizaron transectos lineales con 20 m de ancho, en los cuales se buscaron huellas (Fotografía 8.1.3.2-5), excretas, pelos, cadáveres, sonidos, restos óseos, de igual manera se buscaron los lugares donde se apreciara actividad de este grupo como son veredas, o bebederos en los cuerpos de agua de la zona (Aranda, 2000). El segundo fue el método directo, que consistió básicamente en la identificación visual de los individuos, Anexo F y G.



Fotografía 8.1.3.2-5.- Método indirecto, localización de rastros (huellas, excretas, restos de animales, etc.), en la foto se aprecian las huellas de mapache (*Procyon lotor*).

Con el fin de cubrir la mayor cantidad posible del hábitat, se utilizó una técnica complementaria para los mamíferos de talla pequeña (básicamente roedores) consistente en la colocación de trampas de captura tipo Sherman. Se colocaron 30 trampas Sherman, cada 10 metros (Fotografía 8.1.3.2-6), se utilizó como atrayente una mezcla de hojuelas de avena, crema de cacahuete y vainilla, para inducir que el animal entre a la trampa y accione el dispositivo mecánico. Esta estrategia es específica para la captura de pequeños mamíferos (Mandujano 1994; Brower *et al.*, 1990; Kays R y Don E. Wilson, 2002).



Fotografía 8.1.3.2-6.- Trampa Sherman colocada para la captura de pequeños mamíferos dentro del Área Contractual Calicanto.

Se colocaron trampas de captura tipo Tomahawk para ejemplares de talla media (Fotografía 8.1.3.2-7), las cuales se intercalaron estratégicamente en el sitio de muestreo, la distribución espacial de las trampas obedeció entre otras cosas, a las características del entorno (identificación de sitios de paso y presencia de cuerpos de agua), así como, al comportamiento de los mamíferos a capturar (Selem-Salas et al., 2004). Las trampas fueron cebadas con distintos atrayentes (hormonas de felino, sardinas, frutas y verduras, carne pescado etc.). Los organismos capturados se registraron fotográficamente, se realizó la identificación in situ, y posteriormente se liberaron en los mismos sitios de captura, Anexo F y G.



Fotografía 8.1.3.2-7.- Trampa Tomahawk colocada para la captura de pequeños mamíferos dentro del Área Contractual Calicanto.

Todos los ejemplares observados y/o capturados se identificaron con base en las guías de Aranda (1981); Ramírez, P. J. (1999); Ramírez-Pulido et al. (2005); Medellín (2008); Roland W. Kays and Don E. Wilson (2009).

#### 8.1.3.2.6 Aplicación de encuestas o pláticas informales

Para enriquecer los listados de los grupos de anfibios, reptiles y principalmente de mamíferos se utilizó un método adicional indirecto para la obtención de información, el cual consiste en la recopilación de datos inéditos mediante encuestas y consultas (pláticas informales) a conservacionistas, naturalistas, cazadores, usuarios del campo y lugareños (Fotografía 8.1.3.2-8) respaldadas con fotografías o guías de campo.



Fotografía 8.1.3.2-8.- 'Plática informal' con los lugareños para indagar la presencia de fauna silvestre.

#### 8.1.3.2.7 Resultados

Se realizaron dos muestreos (tipos de vegetación) dentro del Área Contractual Calicanto, los sitios se ubicaron en los dos tipos de vegetación presente en el sitio del proyecto (Tabla 8.1.3.2-2 y Figura 8.1.3.2-6).

FAUNA

**Tabla 8.1.3.2-2.-** Coordenadas de inicio y fin de los transectos de muestreo de fauna silvestre, de acuerdo a los diferentes tipos de vegetación del Área Contractual Calicanto.

Grupo Faunístico	Tipo de vegetación INEGI	Metodología	Coordenadas UTM WGS 84			
			X	Y		
Reptiles y anfibios	IAPF	Transecto inicial	426484	1976507		
		Transecto final	426501	1977170		
		Transecto inicial	422637	1975874		
		Transecto final	423779	1975620		
Aves		IAPF	Transecto inicial	426484	1976507	
			Transecto final	426501	1977170	
			Transecto inicial	422637	1975874	
			Transecto final	423779	1975620	
Mamíferos			IAPF	Redes ornitológicas		
				Transecto inicial	426484	1976507
				Transecto final	426501	1977170
				Transecto inicial	422637	1975874
Mamíferos	IAPF			Transecto final	423779	1975620
				Transecto inicial	425570	1977403
				Transecto final	425894	1978529
				Transecto inicial	422318	1975681
Reptiles y anfibios		Vegetación Sabana		Transecto final	422608	1975897
				Trampa de embudo y cerco conducido	425120	1977125
				Revisión de arroyos o cuerpos de agua	425120	1977125
				Transecto inicial	425570	1977403
Aves			Vegetación Sabana	Transecto final	425894	1978529
				Transecto inicial	422318	1975681
				Transecto final	422608	1975897
				Redes ornitológicas	425157	1977118
Mamíferos	Vegetación Sabana			Transecto inicial	425570	1977403
				Transecto final	425894	1978529
				Transecto inicial	422318	1975681
				Transecto final	422608	1975897
Mamíferos				Trampas tipo Sherman	425407	1976994
				Trampas tipo Tomahawk	424907	1977226

FAUNA

Los cuales están representados en la Figura 8.1.3.2-6.

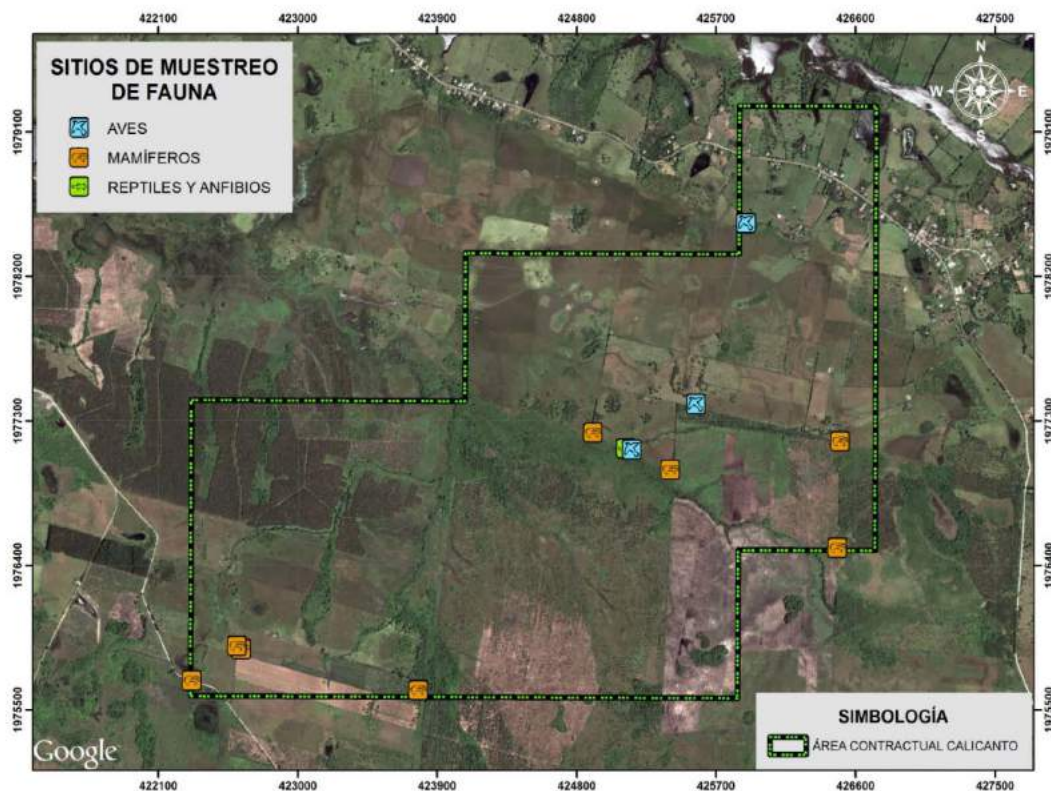
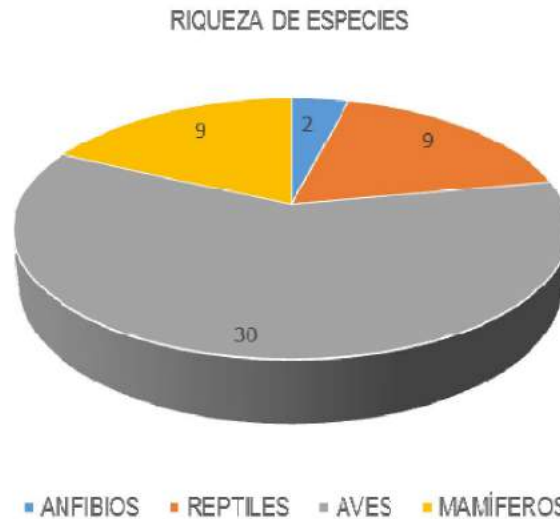


Figura 8.1.3.2-6.- Puntos de muestreo de fauna silvestre dentro del Área Contractual Calicanto.

### 8.1.3.2.8 Diversidad y abundancia

#### 8.1.3.2.8.1 Riqueza de especies

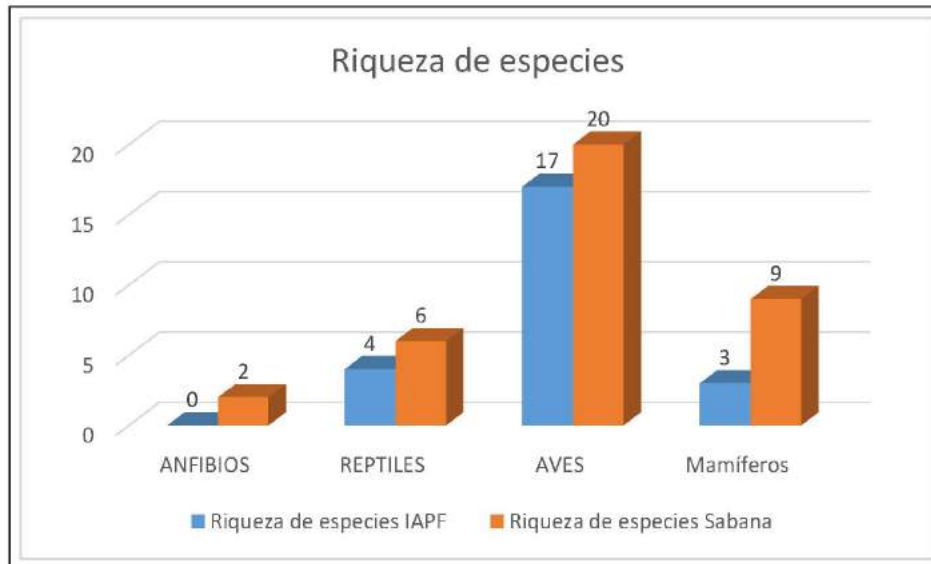
La riqueza del Área Contractual Calicanto está conformada por 50 especies de vertebrados terrestres, de los cuales dos son especies de anfibios, 9 especies de reptiles, 30 especies de aves y 9 especies de mamíferos (Gráfica 8.1.3.2-1).



Gráfica 8.1.3.2-1.- Riqueza de especies general en el Área Contractual Calicanto.

La riqueza de especies es mayor en el tipo de vegetación sabana, donde se obtuvieron 37 especies, mientras que en la información Agrícola, Pecuaria y Forestal solo se obtuvieron 25 especies (Gráfica 8.1.3.2-2).

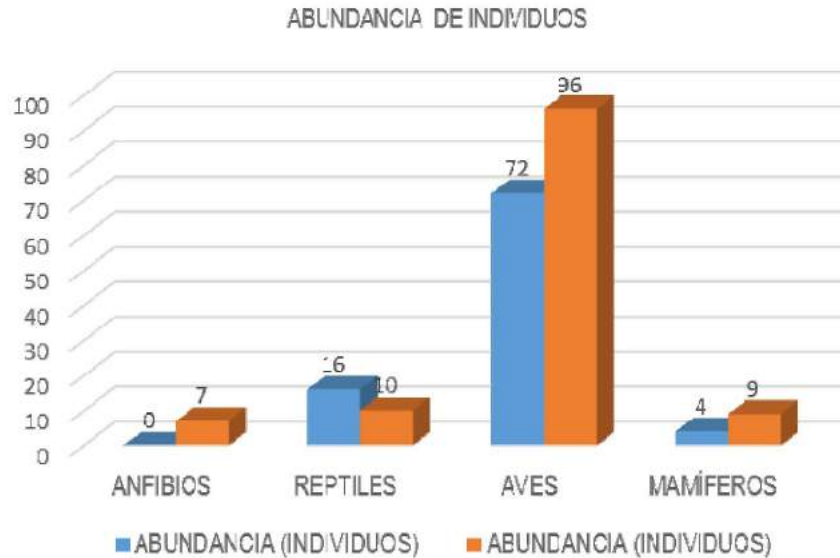




Gráfica 8.1.3.2-2.- Riqueza de especies por tipo de vegetación en el Área Contractual Calicanto.

#### 8.1.3.2.8.2 Análisis de Abundancia por tipos de vegetación

El análisis de la abundancia de especies establece que en la sabana se encontraron un total de 122 individuos, de los cuales 96 individuos (78.6%) corresponden a las aves, 10 individuos (8.2%) son reptiles, 9 individuos (7.4%) son mamíferos y 7 individuos (5.7%) son anfibios. Para el tipo de vegetación Información agrícola, Pecuaría y Forestal los datos son los siguientes: 73 individuos (78.2%) corresponden a las aves, 16 individuos (17.4%) son reptiles, 4 individuos (4.4%) son mamíferos; no se detectó ningún individuo de anfibios (Gráfica 8.1.3.2-3).



Gráfica 8.1.3.2-3.- Abundancia de individuos por tipo de vegetación en el Área Contractual Calicanto.

### 8.1.3.2.8.3 Especies bajo categoría de riesgo y conservación

Con base en la NOM-059-SEMARNAT-2010, en el Área Contractual Calicanto existen ocho especies en algún estatus de la norma, en la Tabla 8.1.3.2-3 se observan las 9 especies catalogadas en las diferentes categorías establecidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

FAUNA

Tabla 8.1.3.2-3.- Número de especies bajo categoría de riesgo en NOM-059-SEMARNAT-2010.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE EN ESPAÑOL	NOMBRE EN INGLÉS	ESTATUS NOM-059-SEMARNAT-2010	OBSERVACIÓN DIRECTA O PLÁTICA
<b>Anfibios y Reptiles</b>				
<i>Lithobates brownorum</i>	Rana leopardo	Leopard Frog	Pr	Directa
<i>Iguana iguana</i>	Iguana verde	Green Iguana	Pr	Directa
<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana negra	Black Spiny-tailed Iguana	A	Directa
<i>Boa constrictor</i>	Boa	Boa constrictor	A	Plática
<b>Aves</b>				
<i>Tigrisoma mexicanum</i>	Garza tigre mexicana	Bare-throated Tiger-Heron	Pr	Directa
<i>Eupsittula nana</i>	Perico pecho sucio	Olive-throated Parakeet	Pr	Directa
<i>Amazona albifrons</i>	Loro frente blanca	White-fronted Parrot	Pr	Directa
<i>Psarocolius montezuma</i>	Papan real	Oropéndula Moctezuma	Pr	Directa
<b>Mamíferos</b>				
<i>Sphiggurus mexicanus</i>	Puercoespín mexicano	Mexican Hairy Dwarf	A	Plática

FUENTE: \*Norma Oficial Mexicana-059-SEMARNAT-2010.- Categoría de riesgo: **A.-** Amenazada, **P.-** Peligro de extinción, **Pr.-** Protección especial.

### 8.1.3.2.9 Áreas sensibles

#### 8.1.3.2.9.1 Áreas de conservación

Para visualizar si alguna área de conservación pudiera tener alguna interacción con la superficie del Área Contractual Calicanto, se realizó una sobreposición de planos de las poligonales de las diferentes áreas de conservación, con la poligonal del Área Contractual Calicanto. Para llevar a cabo lo mencionado anteriormente, se realizó un exhaustivo análisis bibliográfico para identificar todas las regiones geográficas dentro de los límites o cercanas al Área Contractual Calicanto, analizando aquellas con alguna política de conservación encaminada a preservar la fauna silvestre y/o su hábitat, para esto se tomó como antecedente las Áreas Naturales Protegidas Federales de México (CONANP, 2012) y las Áreas Naturales Protegidas de México con decretos estatales (INE-CONANP, 2001).

De igual manera, para el desarrollo de este apartado se consultaron las bases de datos de la CONABIO sobre regiones terrestres prioritarias y regiones hidrológicas prioritarias (Arriaga et al., 2000); Áreas de

Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs) (Benítez, Arizmendi y Márquez, 1999), y las Unidades de manejo de la vida silvestre UMA (<http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestion-ambiental/vida-silvestre/sistema-de-unidades-de-manejo>).

Para determinar si el Área Contractual Calicanto se ubica en un área de manglar, se consultó el sistema nacional de información de la biodiversidad publicado en el portal de geoinformación de la CONABIO ([http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis\\_root/biodiv/monmang/manglegw](http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/biodiv/monmang/manglegw)) para visualizar el ecosistema de manglar del mapa de manglares de México 2005.

Por último, para determinar si el Área Contractual Calicanto se ubica en un área de Humedales y/o sitios Ramsar (la Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional, -Convención de Ramsar-).se consultó el portal de la CONANP (<http://ramsar.conanp.gob.mx/lsr.php>) y se compararon estos sitios con la ubicación geográfica del Área Contractual Calicanto.

#### **A) Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas.**

De acuerdo con lo establecido en el Artículo 46 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) se consideran áreas naturales protegidas a las reservas de la biósfera, los parques nacionales, los monumentos naturales, las áreas de protección de recursos naturales, las áreas de protección de flora y fauna, los santuarios, los parques y reservas estatales y las zonas de preservación ecológica de los centros de población.

#### **B) Regiones Terrestres Prioritarias.**

Son unidades ambientales en la parte continental del territorio nacional, que destacan por 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 tiene una oportunidad real de conservación.

#### **C) Regiones Hidrológicas Prioritarias.**

El aumento o disminución de la biodiversidad de las aguas epicontinentales 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. Entre otros aspecto técnicos, surge la necesidad de revisar 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. Actualmente existen 110 regiones hidrológicas prioritarias (CONABIO, 2008).

#### **D) Áreas de Importancia para la Conservación de la Aves (AICAs).**

El programa de áreas de importancia para la conservación de las aves en México (AICA's), pretende formar parte a nivel mundial de una red de sitios que destaquen por su importancia en el mantenimiento a largo plazo de las poblaciones de aves que ocurren de manera natural en ellos.

#### **E) Unidad de Manejo de la Vida Silvestre (UMA'S).**

El sistema de unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre está compuesto por propiedades o conjunto de propiedades privadas, ejidales o bien, empresas sujetas a registro, manejo de hábitat, monitoreo poblacional, procesos sustentables de aprovechamiento, planes de manejo y certificación de la producción. Sitios que hasta 1996 se conocían como viveros, jardines botánicos, zoológicos, criaderos y ranchos cinegéticos, entre otros.

El sistema antes mencionado incluye las UMA's que pueden ser definidas como unidades de producción o exhibición en un área delimitada claramente bajo cualquier régimen de propiedad (privadas, ejidal, comunal, etc.), donde se permite el aprovechamiento de ejemplares, productos y subproductos mediante la utilización directa o indirecta de los recursos de la vida silvestre que requiere de un manejo para su operación (compendio estadísticas ambientales, 2002), dicha información se obtendrá de los registros oficiales de la SEMARNAT (<http://www.semarnat.gob.mx/estados>).

#### **F) Humedales (SITIOS RAMSAR).**

El Convenio de Ramsar, o convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitats de aves acuáticas, fué firmado en la ciudad de Ramsar, Irán, el 2 de febrero de 1971 y entró en vigor en 1975. Actualmente cuenta con 142 partes contratantes (estados miembros) en todo el mundo, siendo México uno de los países integrantes.

Su principal objetivo está orientado a la conservación y uso racional en relación a las aves acuáticas, actualmente reconoce la importancia de estos ecosistemas como fundamentales en la conservación global y el uso sostenible de la biodiversidad, con importantes funciones (regulación de la fase continental del ciclo hidrológico, recarga de acuíferos, estabilización del clima local), valores (recursos biológicos, pesquerías, suministro de agua) y atributos (refugio de diversidad biológica, patrimonio cultural, usos tradicionales).

#### **G) Manglares.**

A nivel mundial, México se ubica entre los países con mayor superficie de manglar, aunque hay discrepancia entre las estimaciones reportadas. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), México en el año 2000 tenía 440,000 ha, cifra que contrasta con las cerca de 890,000 ha que para la misma fecha reportó SEMARNAT.

Debido a que hasta el año 2005 no se contaba con estimaciones confiables de la velocidad a la que estaba cambiando el manglar en el país, y no se conocían a escala nacional cuáles eran los factores que estaban provocando esos cambios, la CONABIO inició el Sistema de Monitoreo de los Manglares de México (SMMM), con la finalidad de generar los conocimientos necesarios que indican en las políticas públicas, para una mejor planeación y manejo de este ecosistema a nivel nacional.

### 8.1.3.2.9.2 Resultados

#### 8.1.3.2.9.2.1 Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas

Con la sobreposición de planos de las áreas naturales protegidas Federales, Estatales y Municipales de México (CONANP, 2012) sobre la poligonal del proyecto, se pudo constatar que ninguna de ellas interactúa directamente con el Área Contractual Calicanto (Figura 8.1.3.2-7). Las más cercanas al Área Contractual Calicanto son de carácter estatal y su distanciamiento se puede observar en la Tabla. 8.1.3.2-4.

Tabla 8.1.3.2-4.- Áreas Naturales Protegidas.

No.	NOMBRE	Distancia Km.	Dirección
1	Cañón del Sumidero	116.9	SE
2	Los Tuxtlas	110.1	O
3	Pantanos de Centla	104.5	NE
4	Selva el Ocote	74.4	S

FAUNA



Figura 8.1.3.2-7.- Ubicación geográfica de las Áreas Naturales Protegidas Federales, Estatales y Municipales con respecto al Área Contractual Calicanto.



### 8.1.3.2.9.3 Regiones Terrestres Prioritarias (RTP)

En la Figura 8.1.3.2-8 se pueden observar las Regiones Terrestres Prioritarias, y de acuerdo a la ubicación del Área Contractual Calicanto, se concluye que no está dentro de ninguna RTP. En la Tabla 8.1.3.2-5 se listan las más cercanas al Área Contractual Calicanto.

Tabla 8.1.3.2-5.- Regiones terrestres prioritarias cerca del Área Contractual Calicanto.

No.	Nombre	Distancia Km	Dirección
1	Bosques mesofilos de los altos de Chiapas	91.8	SE
2	El manzanillal	58.9	E
3	La chacona- cañon del sumidero	105.0	SE
4	Pantanos de centla	76.77	NE
5	Selva zoque la sepultura	77.7	S
6	Sierra de los tuxtlas	96.4	NO

FAUNA



Figura 8.1.3.2-8.- Ubicación geográfica de las Regiones Terrestres Prioritarias cercanas a la poligonal del Área Contractual Calicanto.

#### 8.1.3.2.9.4 Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP)

En la Figura 8.1.3.2-9 se pueden observar las RHP establecidas por la CONABIO, y de acuerdo a la ubicación del Área Contractual Calicanto, se concluye que no esta dentro de ninguna Región Hidrológica Prioritaria. En la Tabla 8.1.3.2-6 se listan las más cercanas al Área contractual Calicanto.

**Tabla 8.1.3.2-6.-** Regiones hidrológicas prioritarias.

No.	Nombre	Distancia Km	Dirección
1	Cabecera del Río Tonalá	4.1	S
2	Chimalapas	102	SO
3	Cuenca media y alta del Río Coatzacoalcos	94	SO
4	Cuenca media y alta del Río Uxpanapa	43.9	SO
5	Laguna de Términos Pantanos de Cecilia	76.7	NE
6	Los Tuxtlas	92.1	NO
7	Malpaso Pichucalco	60.6	SE
8	Río Tulija	93.9	E



Figura 8.1.3.2-9.- Regiones Hidrológicas Prioritarias que interactúan con la poligonal del Área Contractual Calicanto.

#### 8.1.3.2.9.5 Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA'S)

En la Figura 8.1.3.2-10 se pueden observar las AICA'S establecidas por la CONABIO, y de acuerdo a la ubicación del Área Contractual Calicanto, se concluye que no está dentro de ninguna AICA'S. En la Tabla 8.1.3.2-7 se listan las más cercanas al Área contractual Calicanto.

**Tabla 8.1.3.2-7.-** Áreas de importancia para la conservación de las aves y su distancia al Área Contractual Calicanto.

No.	Nombre	Distancia Km.	Dirección
1	Pantano de Centla	72.1	NE
2	Sierra de Tabasco	38.7	S
3	Sitio Grande	69.1	SE
4	Uxpanapa	67.1	SO



Figura 8.1.3.2-10.- Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves y su distancia con respecto al Área Contractual Calicanto.

#### 8.1.3.2.9.6 Unidad de Manejo de la Vida Silvestre (UMA'S)

Con base a la información consultada, dentro del Área Contractual Calicanto no se tiene registrada ninguna UMA.

#### 8.1.3.2.9.7 Humedales (Sitios Ramsar)

México es uno de los países integrantes de la convención de RAMSAR la cual busca preservar aquellos humedales que son de suma importancia a nivel mundial. Este acuerdo internacional es el único de los modernos convenios en materia de medio ambiente que se centra en un ecosistema específico, los humedales, y aunque en origen su principal objetivo estaba orientado a la conservación y uso racional en relación a las aves acuáticas, actualmente reconoce la importancia de estos ecosistemas como fundamentales en la conservación global y el uso sostenible de la biodiversidad, con importantes funciones como la regulación de la fase continental del ciclo hidrológico, la recarga de acuíferos, la estabilización del clima local. También son importantes los valores de esos sitios, como son sus recursos biológicos, las pesquerías y el suministro de agua, y por último sus atributos de los humedales, ya que representan un refugio de diversidad biológica, además de ser un patrimonio cultural y sitios donde se desarrollan los usos tradicionales.

En la Figura 8.1.3.2-11 se puede observar que de acuerdo a la ubicación del Área Contractual Calicanto, ningún Sitio Ramsar interactúa de manera directa en el proyecto. En la Tabla 8.1.3.2-8 se listan los más cercanos al área del proyecto.

Tabla 8.1.3.2-8.- Sitios Ramsar cercanos al Área Contractual Calicanto.

No.	Nombre	Distancia Km.	Dirección
1	Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla	104.5	NE



Figura 8.1.3.2-11.- Sitio RAMSAR más Cercano al Área Contractual Calicanto.

#### 8.1.3.2.9.8 Manglares

En 2005, la CONABIO inició diversas acciones para conocer con mayor precisión la distribución de los manglares en México, usando datos de sensores remotos como línea base para conformar el componente espacial del sistema de monitoreo de este ecosistema. Para este fin, se retomaron las regiones que los especialistas en manglar de México propusieron para el estudio de este ecosistema, las cuales son:



- Pacífico Norte (Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit)
- Pacífico Centro (Jalisco, Colima y Michoacán)
- Pacífico Sur (Guerrero, Oaxaca y Chiapas)
- Golfo de México (Tamaulipas, Veracruz y Tabasco)
- Península de Yucatán (Campeche, Yucatán y Quintana Roo).

El mapa de distribución de manglares de México línea base (2005), fue generado principalmente a través de 134 imágenes multiespectrales del satélite SPOT-5 (Satellite Pour l'Observation de la Terre), de las cuales el 83 % corresponde al período 2005 - 2006 y se utilizó la infraestructura informática desarrollada por la CONABIO, los datos disponibles en el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB), así como información de referencia generada previamente por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) , la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), la Consejo Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) , el Instituto Nacional Electoral (INE) y estudios desarrollados por más de 70 especialistas en manglar de todo el país.

El principal resultado de este proceso fue la cartografía de los manglares de México a una escala 1:50,000, que permitió cuantificar para el año 2005 una superficie total de 774,090 hectáreas de manglares en México. Esta información sirvió como la línea base para el Sistema de Monitoreo de los Manglares de México (SMMM), que actualmente se realiza en la CONABIO.

A partir de la línea base 2005 y con trabajos complementarios de percepción remota, se han calculado las superficies de manglar para la década 1970-1980 y 2010. Así mismo, con estos datos se ha calculado la superficie de manglar que se encuentra bajo protección.

Utilizando la información mencionada anteriormente y de acuerdo a la ubicación geográfica del Área Contractual Calicanto, se puede concluir que **no existe ninguna asociación de Manglar que interactúe con el área del proyecto.**

### 8.1.3.2.9.9 Rutas de Migración de Mamíferos (Murciélagos y Aves).

#### 8.1.3.2.9.9.1 Ruta Migratoria de Mamíferos (Murciélagos)

Las especies migratorias como los murciélagos enfrentan retos particulares para su conservación, ya que se debe de implicar a muchos sectores sociales con diversos intereses. La gran diversidad de estas especies, su historia natural y ecología, así como sus rutas migratorias hacen que en la mayoría de los casos, su conservación sea un asunto de coordinación internacional para proteger las zonas de hibernación, las de verano y los corredores que las conectan. En la Figura 8.1.3.2-12 se muestra la riqueza de las especies de murciélagos en el continente americano.



Figura 8.1.3.2-12.- Riqueza de murciélagos en Latinoamérica (Bat Conservation International).

FAUNA

---

Los Murciélagos representan el segundo grupo más diverso de mamíferos y México cuenta con más de 140 especies (Ceballos *et al.* 2002). Aun cuando los murciélagos muestran un aparente éxito demográfico que parece más evidente al entrar a una cueva con miles o cientos de miles de ellos, este grupo de animales se encuentra entre los más frágiles y cuyos números han declinado más estrepitosamente en las últimas décadas (Hutson *et al.* 2001). Además, enfrentan la amenaza de la destrucción de sus cuevas como resultado de vandalismo, ignorancia o intentos mal conducidos de control de murciélagos vampiro.

Una de las mayores rutas migratorias con el mayor número de migrantes están localizados en Texas, Sonora y Nuevo León. Se ha reportado que la Cueva La Boca (ubicada en Santiago, Nuevo León) funge como espacio de albergue y reproducción en el verano para estos mamíferos (Wiederholt, R., *et al.* 2013). Por lo que se convierte en una localización clave para el desarrollo de la población, además, hay especies que utilizan el territorio mexicano como corredor, otras que invernan en el país y algunas más que se reproducen en México y pasan el invierno más al sur (Medellín, R.A., *et al.* 2009). En la Figura 8.1.3.2-13 se pueden observar algunas de las rutas migratorias de éstos mamíferos en la república mexicana.



Figura 8.1.3.2-13.- Rutas migratorias y de anidación en México y Estados Unidos (Wiederholt, R., L. López-Hoffman, J. Cline, R. A. Medellín, P. Cryan, A. Russell, G. McCracken, J. Diffendorfer, and D. Semmens. 2013. Moving across the border: modeling migratory bat populations. *Ecosphere* 4(9):114.).

#### 8.1.3.2.9.2 Rutas Migratorias de Aves

De acuerdo a la distribución de aves el continente americano se puede dividir en dos regiones (Figura 8.1.3.2-14), la Neártica al norte del Trópico de Cáncer, y la Neotropical al sur del Trópico de Cáncer. La gran mayoría de las aves que se encuentran en la región neártica migran hacia el sur en la época invernal, debido a la escasez de alimento en su lugar de anidación. A estas aves migratorias también se les conoce como migratorias neotropicales (Ocampo-Peñuela 2010).

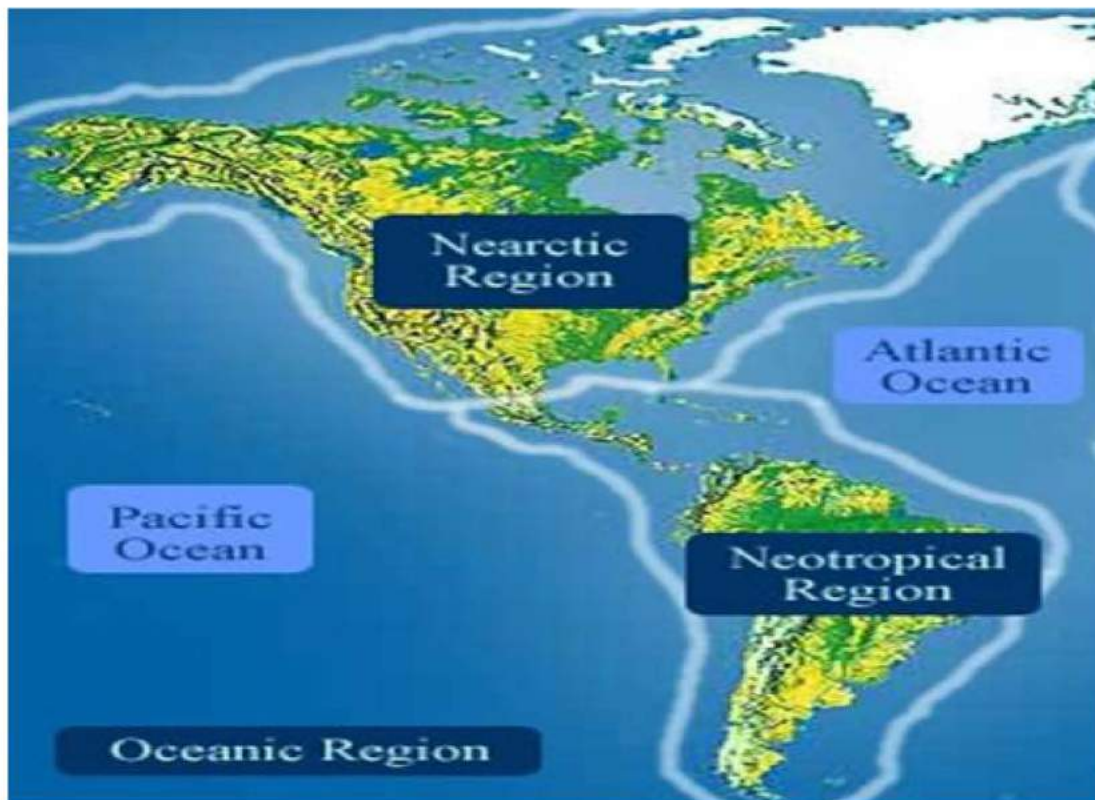


Figura 8.1.3.2-14.- Regiones del continente americano en el cual se distribuyen las aves. (<http://animaldiversity.org/glossary/>).

FAUNA

---

Las aves migratorias durante su travesía realizan un enorme gasto energético, por lo que muchas especies de aves hacen paradas estratégicas para abastecer sus reservas de energía (Gill 1995). Completar este largo viaje implica para las aves algunos cambios en su metabolismo y comportamiento, la migración supone costos muy altos entre los que se encuentran los siguientes (Gill 1995):

- Mortalidad de más del 50 % de los individuos que migran
- Jornadas que para algunas especies incluyen atravesar océanos y desiertos
- Vulnerabilidad ante fenómenos naturales como huracanes
- Exposición a predadores que muchas veces aprovechan el agotamiento extremo de los migrantes
- Actividades antrópicas como la cacería

La república mexicana alberga la mayor cantidad de especies de aves migratorias de norteamérica, ya que más del 80% de las especies clasificadas como migratorias neotropicales llegan al país y la mitad de ellas pasan aquí entre 6 a 8 meses del año (Rappole et ál. 1993). Aunque los datos no son exactos, a través del tiempo y gracias a los estudios se han determinado unas rutas de migración que las aves utilizan, aunque no son estrictas, son generalidades que nos permiten entender el comportamiento de estas durante su migración.

Estas rutas son principalmente para especies gregarias como los patos, las aves playeras y las rapaces (Fierro 2009), pues éstas son más fáciles de observar y han sido bien estudiadas. Por el contrario, las aves más pequeñas y solitarias usan corredores de migración mucho más amplios y diversos, que aún no se conocen con certeza (Ocampo-Peñuela 2010). En el país pasan cuatro rutas importantes de migración (Figura 8.1.3.2-15):

- La del Pacífico
- La del Centro
- La del Golfo
- La del Atlántico

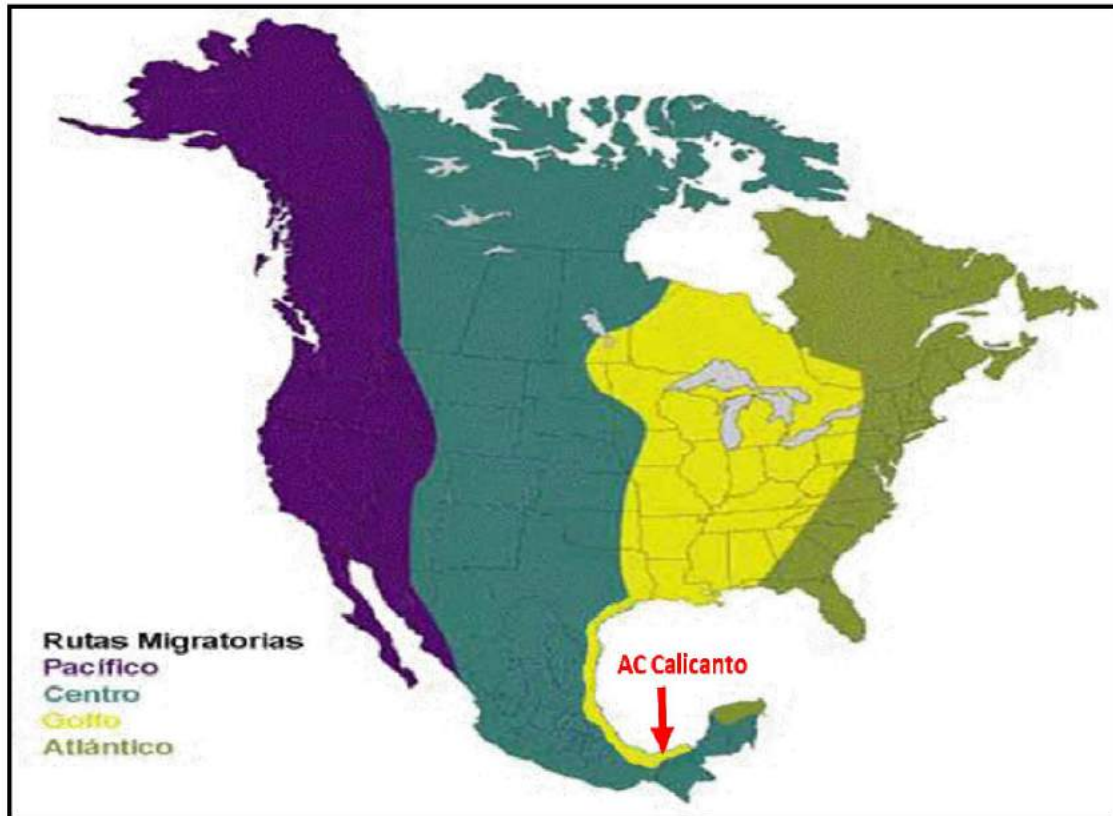


Figura 8.1.3.2-15.- Rutas migratorias de aves en América del Norte, con localización del Área Contractual Calicanto (SEMARNAT, 2009).

La ruta del Pacífico reúne a las aves que se reproducen en el occidente de Norteamérica, migran por toda la costa oeste de Canadá y Estados Unidos y siguen su camino hacia el sur a través de la costa del Pacífico en México. La ruta del centro congrega aves de las grandes praderas norteamericanas, pasa por México a través de la Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental y por el Altiplano Central.

Las aves que migran por la ruta del Golfo o Mississippi provienen de las costas orientales de Canadá y Estados Unidos hasta llegar a Sudamérica, el Área Contractual Calicanto se localiza dentro de esta ruta. La ruta del Atlántico se encuentra al este de la ruta del Golfo, atraviesa en gran medida el océano Atlántico conectándose con las demás rutas en el estado de Yucatán y sigue hasta llegar a Sudamérica, ([http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/scripts\\_aves/docs/naturalia\\_aves.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/scripts_aves/docs/naturalia_aves.pdf)).

## Conclusión

De acuerdo a la carta de uso de suelo y vegetación (INEGI, 2012) se determinaron dos tipos de vegetación: la denominada Información Agrícola Pecuaria Forestal (IAPF) y la Vegetación de Sabana (VS), que sin embargo esta última es utilizada principalmente como pastizales donde abunda el ganado vacuno principalmente.



Fotografía 8.1.3.2-9.- Uso de suelo en su mayoría ganadero (potreros).

Esta acción ha desplazado la fauna mediana y grande (mamíferos), donde actualmente utilizan las “cortinas de vegetación” como lugares de resguardo. El grupo de las aves utiliza estas “cortinas de vegetación” como percha y anidación, concluyendo esto con lo observado en campo.





Fotografía 8.1.3.2-10.- Se observa el uso ganadero y cortinas de vegetación (árboles de eucalipto).

Los lugareños comentaban en las pláticas informales que aún existía la presencia de mamíferos medianos y grandes, sin embargo con los resultados obtenidos se llegó a la conclusión que era poca la riqueza de especies (comparado con las pláticas), aunado a este comentario también mencionaron el alto consumo de especies silvestre no solo de mamíferos como jabalí (*Pecari tajacu*), venado (*Odocoileus virginianus*), si no también de aves y reptiles, como palomas y tórtolas; también la iguana verde (*Iguana iguana*), la cual se comercializaba como mascota.

Las especies de aves con mayor presencia de individuos fueron el zopilote (*Coragyps atratus*), el zanate (*Quiscalus mexicanus*) y la garza garrapatera (*Bubulcus ibis*) siendo estas especies indicadoras de disturbios de los hábitat, principalmente observados en uso de suelo IAPF.

#### 8.1.4 Paisaje

En el proceso de evaluación de impacto ambiental, la caracterización de este atributo, sumado al diagnóstico y al análisis de la problemática ambiental, brinda a los evaluadores indicadores globales de juicio, que dan una primera fotografía panorámica del estado en el que se encuentra el sistema, previo al desarrollo del proyecto evaluado.

En el contexto de las actividades humanas, el paisaje se comporta como un recurso natural aprovechable mediante actividades específicas. La importancia que tiene este parámetro en la evaluación de impacto ambiental es de primer orden, toda vez que en él se integran los diversos factores y componentes del ambiente.

El paisaje corresponde a la heterogeneidad de un área geográfica compuesta por un grupo de ecosistemas interactuantes, que incluye todos los factores y componentes ambientales, incorporando las actividades antropogénicas como un elemento transformador del conjunto (Zonneveld, 1988).

La evaluación del paisaje se sintetiza en las interacciones de los elementos que componen y caracterizan el sistema tales como: subsistema natural (abiótico y biótico), socioeconómico (humano) y productivo, Cervantes y Alfaro (1998). De acuerdo a lo anterior el paisaje, es un bien, que puede ser aprovechado del mismo modo que cualquier otro recurso y cualquier decisión que se realice sobre el territorio o que tenga incidencia en el espacio territorial, es parte del paisaje (Aramburu *et al*, 200).

##### 8.1.4.1 Metodología

Se analizará el paisaje del Área Contractual Calicanto, como una característica, que resume los atributos del medio y su estatus actual incluyendo los efectos derivados de la actividad antropogénica.

Considerando los criterios geoecológicos y de relieve, con el fin de definir la Calidad Visual Vulnerable, en el sistema como un indicador. Se analizaron los resultados del estudio del medio abiótico y biótico.

PAISAJE

---

Se dividió el área de estudio en unidades paisajísticas de acuerdo a un criterio fisiográfico, de cobertura vegetal y de uso de suelo.

El análisis del paisaje puede seguir diferentes métodos, pero para este estudio conviene delimitar la cuenca visual, ésta, se define como la superficie visible desde un punto o conjunto de puntos. La percepción del paisaje es mayoritariamente visual, por eso para estudiar el impacto sobre una zona natural determinada, hay que definir:

- i. Calidad visual (CV)
- ii. Fragilidad visual (FV)
- iii. Visibilidad (V).

#### 8.1.4.1.1 Descripción del Paisaje en el Sistema Ambiental Delimitado

Para la delimitación del Sistema Ambiental Delimitado (SAD) se consideraron los aspectos del medio físico, biótico, perceptual y socio-económico que se presentan en el Área Contractual Calicanto, tomando como base los impactos potenciales que presentan este tipo de proyectos, donde las actividades y acciones propias de las etapas de construcción, operación y abandono, refieren que los factores ambientales más comunes son las afectaciones al Paisaje.

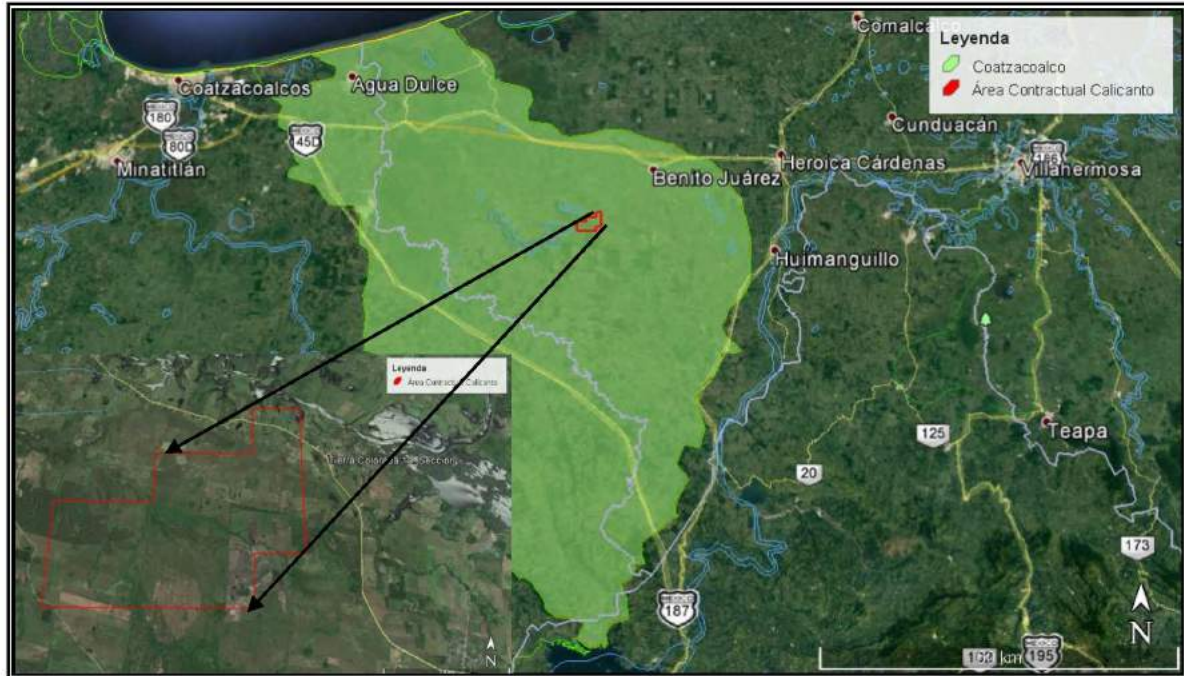


Figura 8.1.4-1.- Localización y fisiografía del Área Contractual Calicanto.

El Área Contractual Calicanto se localiza en el municipio de Huimanguillo, estado de Tabasco. Este polígono abarca una superficie de 10582032.80 Ha, donde su mayor parte presenta una topografía plana que se ubica dentro de una altitud promedio de 10 metros sobre el nivel del mar.

La principal vía de comunicación dentro de este polígono corresponde a la carretera pavimentada benito Juárez-tierra colorada, primera sección, así como varias líneas de distribución de energía eléctrica y comunicaciones.

El Área Contractual Calicanto se localiza en la parte Norte del municipio de Huimanguillo, Tabasco, se ubica en la provincia de la llanura costera del golfo sur y en la subprovincia llanuras y pantanos tabasqueños, por lo mismo y por estar situadas en plenas llanuras sobre una serie de lomeríos bajos, las topofomas que destacan son las de escasa altitud (hasta 10 msnm).

PAISAJE

---

De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico del estado de Tabasco (POET) el municipio de Huimanguillo se encuentra dentro de la región Hidrológica Coatzacoalcos (RH29) y en la cuenca L. Laguna del Carmen y Machona (57.13%), R. Santa Ana (25.64%), R. Tonalá (8.32%), R. Cuxcuchapa (2.46%), R. Cunduacán (2.38%), R Coacajapa (2.37%), R. Mezcalapa (1.00%) y R. Samaria (0.70%) Perennes:

Naranjeño, Arenal, Chicozapote, Mezcalapa, Samarina Santa Ana, San Felipe, el Infierno y Pajonal.  
Intermitentes: Apompal, La Piedra, Matacaballo, Seco y Alemán.

Perennes (10.0%): Laguna Machona, Laguna el Carmen, Laguna Pajonal, Laguna Redonda y San Felipe (Río Nuevo) e Intermitentes (0.06%).

El Área Contractual Calicanto, por pertenecer al municipio de Huimanguillo, presenta el aspecto de una vasta planicie cortada a trechos por lomeríos bajos de naturaleza arcillosa, plásticos, de color más o menos rojizo y bajos pantanosos, diseminados en superficie cubiertos por maleza y plantas acuáticas, la altura de la cabecera municipal es de 11 msnm.

La mayor parte del territorio tabasqueño cuenta con elevaciones no superiores a los 30 metros sobre el nivel del mar.

El sistema ambiental Calicanto están formadas por rocas sedimentarias (areniscas) y llanos constituidos de aluviones; los depósitos más antiguos son de la era Cenozoica del periodo Terciario Superior y Cuaternario aparecen en los bordes de contacto con la provincia sierra de Chiapas y Guatemala.

De acuerdo a la carta geológica para el estado de Tabasco INEGI 2000, el suelo del Área Contractual Calicanto pertenece a la era cuaternaria, para este periodo, se tiene la presencia de depósitos recientes, ampliamente distribuidos en todo el estado, el espesor y la abundancia de los mismos se incrementa de sur a norte, es decir desde los flancos de las sierras hasta la zona litoral y deltaica. Los depósitos lacustres Q (Ia), los forman arcillas, limos, arenas y gravas, ricos en materia orgánica y de color oscuro.

De acuerdo con la carta Edafológica del INEGI (2000) el sistema ambiental del Área Contractual Calicanto presenta varias unidades de suelo que son Gleysol Vértico, Gleysol Éutrico, Fluvisol Éutrico, Fluvisol Gleyico y Solonchank Gléyico con una clase de textura fina en los suelos, hay que considerar que se pueden encontrar otras unidades de suelos.

Los Gleysoles, que son suelos generalmente de texturas arcillosas o francas, y presentan problemas de exceso de humedad, por drenaje deficiente, los Fluvisoles suelos profundos, formados a partir de aluviones recientes que han sido depositados por los ríos más caudalosos.

El uso del suelo actual en el Área Contractual Calicanto es utilizado para la ganadería y agricultura para el pastoreo de ganado vacuno y bovino.

El clima predominante es el cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Am), que es el clima dominante en Tabasco, con una temperatura media anual de 26.2°C, con una máxima media mensual de 30.6 °C en el mes de mayo y una máxima absoluta de 45 °C; la mínima absoluta alcanza los 14 °C. Este tipo de clima se presenta en las zonas bajas y planas del municipio y La precipitación media anual es de 2,290.3 mm, con un promedio máximo mensual de 322 mm en septiembre y un mínimo de 0 mm en abril.

Las mayores velocidades del viento se concentran en los meses de noviembre y diciembre con máximas de 30 km/h, localizándose los mínimos en el mes de mayo, siendo del orden de los 18 km/h.

El Municipio de Huimanguillo presenta una comunidad dominada por gramíneas que surge cuando se elimina la vegetación original. Este pastizal puede aparecer como consecuencia de desmontes de cualquier tipo de vegetación, también puede establecerse en áreas agrícolas abandonadas o bien como producto de áreas que se incendian con frecuencia.

En Área Contractual Calicanto tiene vegetación de los alrededores formada principalmente por pastizales, y algunos cultivos de tipo temporal mezclado con vegetación herbácea y árboles dispersos para dar frutos y sombra, además se observan sobre las colindancias, individuos aislados de distintas especies vegetales.

La vegetación del Área Contractual Calicanto presenta: Vegetación de Sabana, (VS) y Agrícola-Pecuaria-Forestal (IAPF).

#### 8.1.4.1.2 Calidad visual del paisaje

Por calidad del paisaje, como valor intrínseco del mismo, podemos entender el conjunto de características, visuales y emocionales, que califican su belleza. Blanco en 1979, entendida por calidad de un paisaje *el grado de excelencia de éste, su mérito para no ser alterado o destruido o de otra manera, "su mérito para que su esencia y su estructura actual se conserve"*.

La calidad visual del paisaje se ha evaluado a partir de la definición previa de las unidades de paisaje que forman parte del proyecto del Área Contractual Calicanto, considerando ésta como porciones de la superficie de la vegetación y uso de suelo relativamente homogéneas en sus condiciones ambientales o en sus componentes paisajísticos (De Pablo, 1993).

Para establecer las unidades de paisaje (subcuenca visual o unidad visual), se hizo a partir de la elaboración de un mapa de subcuencas hidrográficas sobre los mapas topográficos y vegetación y uso de suelo a escala 1:250,000 y la posterior subdivisión de las mismas, Figura 8.1.4-2 y Tabla 8.1.4-1.

PAISAJE

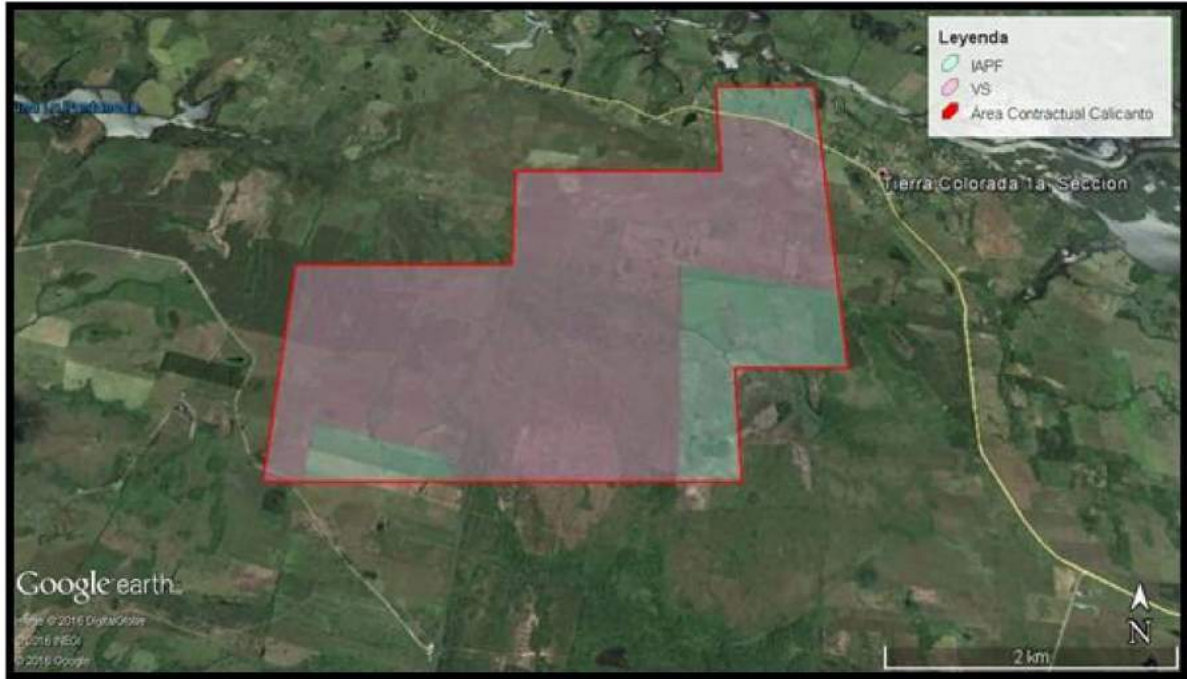
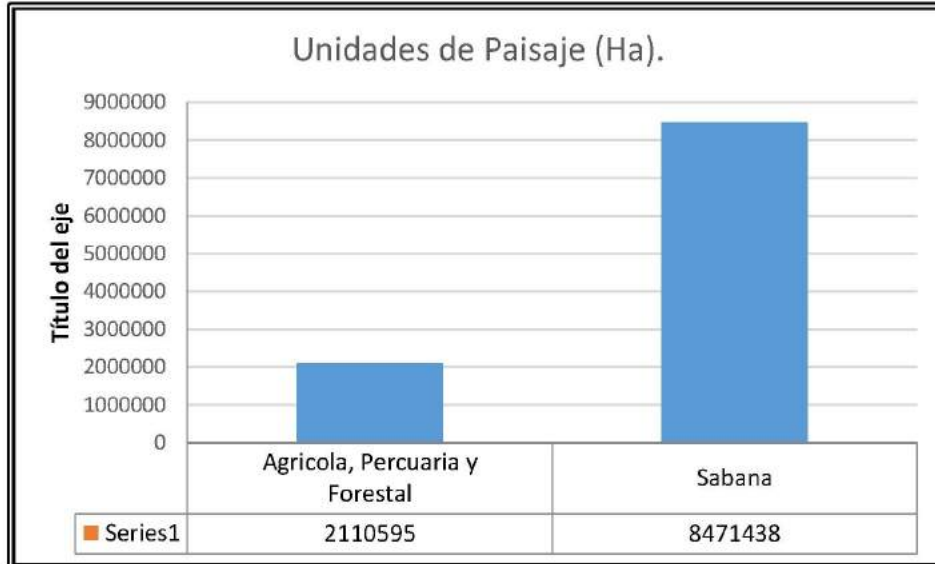


Figura 8.1.4-2.- Unidades de Paisaje del Área Contractual Calicanto.

Tabla 8.1.4-1.- Unidades de Paisaje de la subcuenca del Área Contractual Calicanto.

Región Hidrológica	Cuenca Hidrológica	Subcuenca Hidrológica	Tipo de vegetación	Superficie (Ha)	%	Curvas de nivel (Min. – Máx.)	
RH 29 Coatzacoalcos	A R. Tonalá y L. del Carmen y Machona	c R. Coacajapa	Agricultura-Pecuaria-Forestal, (IAPF)	2110595.15	19.95	10	30
			Vegetación de Sabana, (VS)	8471437.65	80.05		
TOTAL				10582032.80	100.00		





Gráfica 8.1.4-1.- Unidades de paisaje del Área Contractual Calicanto.

Para evaluar la calidad visual se consideraron las siguientes variables: *Fisiografía, vegetación, presencia de cuerpos de agua y grado de humanización*. Las dos primeras, por su carácter extensivo, ocupando todo el territorio, nos permiten establecer un valor de calidad, que añaden (en el caso de la presencia de láminas de agua) o restan (según el grado de humanización) calidad al paisaje.

Para la subcuenca, se obtuvo la superficie y sus porcentajes por tipo de vegetación y uso del suelo, Gráfica 8.1.4-1, con el fin de obtener la originalidad de la vegetación de la subcuenca del proyecto del Área Contractual Calicanto.

PAISAJE

De acuerdo a la Tabla 8.1.4-1 y Gráfica 8.1.4-1 se observa que la originalidad de la vegetación es Media, y se representa por su dominancia superficial en primer plano de Sabana con una superficie de 8471437.65 Ha (80.05 %) y Agrícola-Pecuaria y Forestal con superficie de 2110595.15 Ha (19.95 %).

Para este caso, se consideró analizar el Área Contractual Calicanto, para puntualizar sitios en el que el observador pueda percibir su entorno, Figura 8.1.4-3.



Figura 8.1.4-3.- Puntos de percepción de miradores del Área Contractual Calicanto.

Los miradores que tienen mayor campo visual por el observador es el Punto 4, esto por la topografía del área la cual es semiplana y no hay elementos que interrumpan tal visibilidad a una distancia aproximada de 3 km; sin embargo presenta algunas partes con pendientes suaves y es menor la visibilidad por sus condiciones de topografía.

PAISAJE

En cuanto a la percepción del observador ante los diferentes elementos (tipos de vegetación), las subcuencas tienen una menor calidad visual para el observador, ya que presentan más del 85% de superficie agropecuaria-pecuario-forestal.

Por otra parte, la subcuenca tiene una mayor apreciación por el observador, presenciando una superficie de vegetación original menor del (15 %) Selva Baja Caducifolia, y presencia de topografía con alto grado de complejidad, Figura 8.1.4-4.



Figura 8.1.4-4.- Localidades del Área Contractual Calicanto.

### 8.1.4.1.3 Fragilidad o Vulnerabilidad Visual del Paisaje

La fragilidad visual se define como la susceptibilidad de un territorio al cambio cuando se desarrolla un uso sobre él, representa el grado de deterioro que el paisaje sufriría ante la incidencia de determinadas modificaciones. La calidad visual de un paisaje es una cualidad intrínseca del territorio que se analiza, la fragilidad depende del tipo de actividad que se piensa desarrollar. El espacio visual puede presentar diferente vulnerabilidad dependiendo de la actividad que se desarrolle. En el caso del Área Contractual Calicanto, los factores que se usan en la presente valoración de la fragilidad del paisaje son: *vegetación y uso del suelo, Topografía, cuenca visual (miradores), distancia a la red vial y núcleos de población.*

*Vegetación y uso de suelo.* La fragilidad de la vegetación es definida como la incapacidad de ésta, para ocultar la actividad que se realice en el territorio. Por ello, las formaciones vegetales de mayor altura, mayor complejidad de estratos y mayor grado de cubierta, se consideran de menor fragilidad.

En función de estos criterios se ha realizado, una reclasificación de los diferentes tipos de vegetación y usos del suelo en dos tipos como se muestra en la Tabla 8.1.4-2.

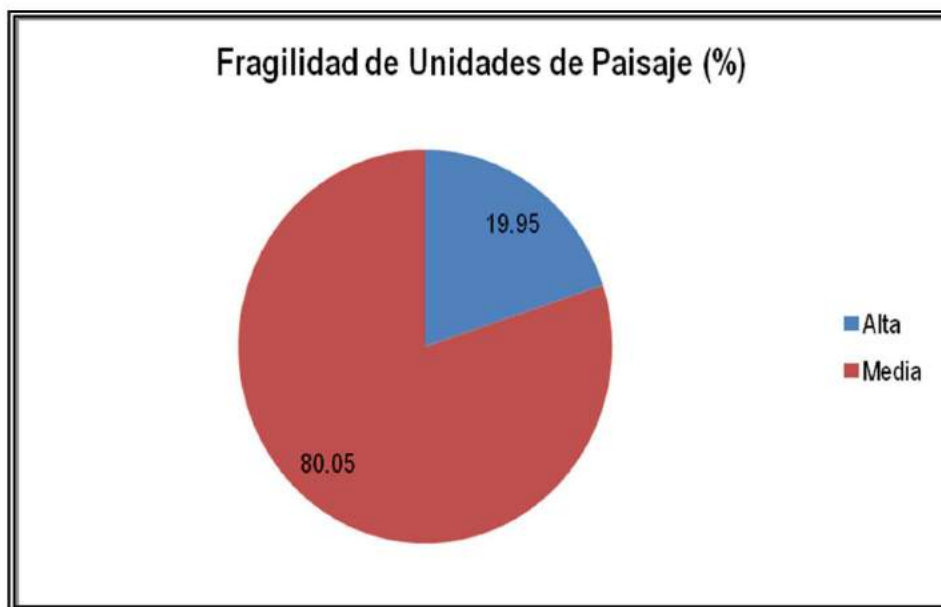
**Tabla 8.1.4-2.-** Fragilidad por tipo de vegetación y uso de suelo de acuerdo del Área Contractual Calicanto.

Fragilidad	Tipo de vegetación y uso de suelo	Subcuenca	Superficie (Ha)	%
Alta	Agrícola-Pecuaria-Forestal (IAPF)	RH 29 A-c	2110595.15	19.95
Media	Vegetación Sabana (VS)		8471437.65	80.05
Total			10582032.80	100.00

De acuerdo a la información de la tabla anterior, la vegetación de Sabana, (80.05%), es de media fragilidad representando 8471437.65 Ha, este tipo de vegetación presentan mayor altura, mayor número de estratos vegetales y mayor cobertura, ya que al realizarse algún cambio en el uso del suelo, ésta tiene la capacidad de ocultar cambios en el sistema.

PAISAJE

Por otra parte, la Vegetación Agrícola-Pecuaria-Forestal (19.95%), son de alta fragilidad debido a que no tienen la capacidad de cubrir o disimular algún cambio en el sistema, siendo estas zonas abiertas que atraen la mayor atención hacia al observador, cubriendo una superficie de 2110595.15 Ha. (Gráfica 8.1.4-2).



Gráfica 8.1.4-2.- Fragilidad del tipo de vegetación del Área Contractual Calicanto.

*Fisiografía.* Contemplada como la posición topográfica ocupada dentro de la unidad de paisaje. Se han clasificado los tipos geomorfológicos descritos en el área de estudio con un criterio basado en la altitud. Se consideran de mayor fragilidad las serranías y de menor las planicies.

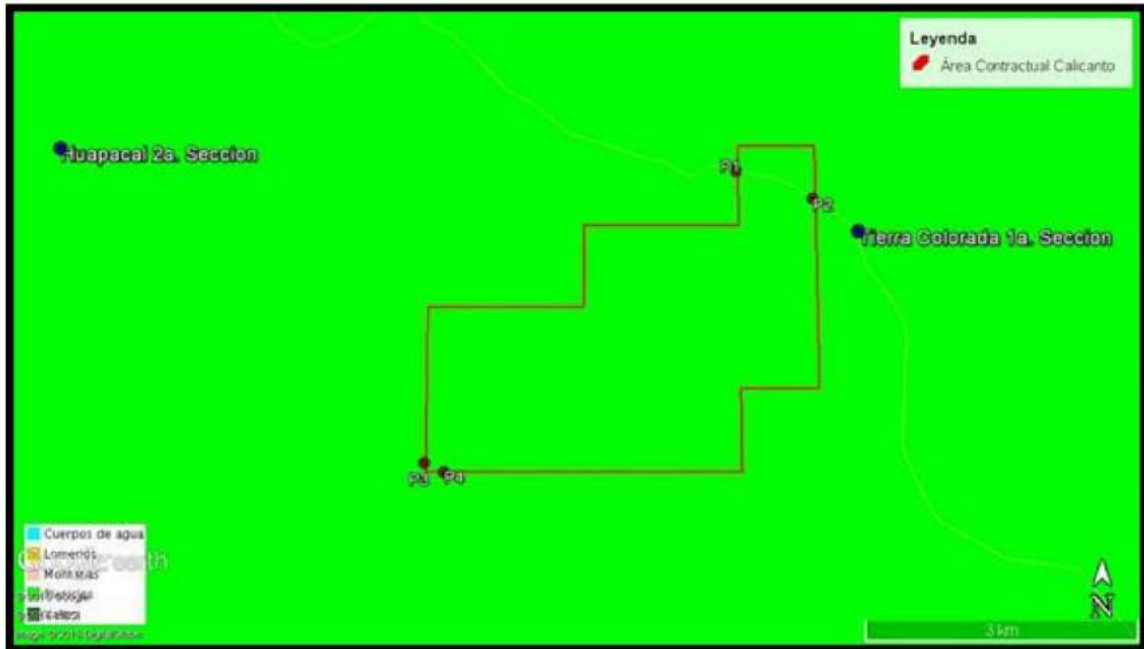


Figura 8.1.4-5.- Elevación del terreno del Área Contractual Calicanto.

El municipio de Huimanguillo se encuentra ubicado en zonas bajas de la planicie del estado de Tabasco.

La (Figura 8.1.4-5) muestra los rangos de alturas en donde se presentan los diferentes tipos de vegetación y usos de suelo, aun y presentándose rangos de elevación no muy variados, la fragilidad es Alta, debido a la gran extensión de áreas agropecuarias que conforman la subcuenca en las llanuras las cuales se percibe cualquier cambio que se realice para cualquier tipo de obra, sea temporal o permanente.

*La Subcuenca visual o miradores.* Se considera que a mayor extensión visual mayor fragilidad, ya que cualquier actividad a realizar en una unidad extensa podrá ser observada desde mayor número de puntos.

Respecto a la estructura del paisaje el área del proyecto se encuentran zonas rurales donde se observan pastizales cultivados para propósitos de prácticas de ganadería, así como zonas agrícolas en las cuales se pueden observar maíz (*Zea mays*) y naranja (*Citrus sinensis*). En el Área Contractual Calicanto no se encuentra vegetación original puesto que ha sido modificado debido a las actividades antropogénicas.

PAISAJE

Se definió la subcuenca visual en función de donde hay mayor densidad poblacional, mayor tránsito vehicular y mayor percepción por el observador lo que indica mayor fragilidad. En la Tabla 8.1.4-3 se presentan las coordenadas visuales.

Tabla 8.1.4-3.- Coordenadas visuales de miradores.

Tipo de Vegetación (INEGI)	Mirador	Localidad	Puntos cercanos a la Red vial	Coordenadas UTM (WGS84)		Altitud (msnm)
				X	Y	
IAPF	P1	Tierra Colorada 1ra Sección	Carr. Benito Juárez-Tierra Colorada 1ª. Sección	425839.00	1978962.00	16-21
	P2	Tierra Colorada 1ra Sección	Carr. Benito Juárez-Tierra Colorada 1ª. Sección	426708.00	1978645.00	17-19
VS	P3	Huapacal 2a. Sección	Terracería Huapacal 2ª Sección-Rancherías	422298.00	1975683.00	10-22
	P4	Huapacal 2a. Sección	Terracería Huapacal 2ª Sección-Rancherías	422518.00	1975580.00	10-24



Figura 8.1.4-6.- Puntos viales o miradores, localidades y municipio.

*Distancia a red vial y núcleos habitados:*

Este factor se ha considerado para incluir la influencia de la distribución de los observadores potenciales en el territorio. Evidentemente el impacto visual de una actividad será mayor en las proximidades de zonas habitadas o transitadas que en lugares inaccesibles. Para evitar la incidencia de este parámetro se ha clasificado el territorio en función de la distancia a la red vial y núcleos urbanos. Los valores se han clasificado de acuerdo a la Tabla 8.1.4-5 y Figura 8.1.4-6, que se presenta a continuación.



Tabla 8.1.4-4.- Distancias de núcleos habitados a miradores.

Tipo de Vegetación (INEGI)	Mirador	Distancia (Km)	Localidad	Habitantes	Coordenadas UTM (WGS84)		Fragilidad
					X	Y	
IAPF	P1	1.55	Tierra Colorada 1ra Sección	1,043	425839.00	1978962.00	Alta
	P2	0.66	Tierra Colorada 1ra Sección	1,043	425839.00	1978962.00	Alta
SBC	P3	5.00	Huapacal 2a. Sección	761	418087.00	1979259.00	Media
	P4	5.70	Huapacal 2a. Sección	761	418087.00	1979259.00	Media
Total		12.91		1,804	----	----	----

#### 8.1.4.1.4 Visibilidad

La mayor parte de los estudios encaminados al análisis visual del paisaje conceden gran importancia a la determinación de las áreas de visibilidad desde los distintos puntos de observación (Lovejoy, 1973). En este caso, se entiende por visibilidad aquellas zonas visibles desde los denominados “miradores” humanos (núcleos urbanos, carreteras, otras áreas frecuentadas por el hombre). Para este estudio, fundamentalmente de carácter metodológico, se han utilizado como puntos de observación y con una finalidad operativa los núcleos urbanos mayores de 100 habitantes.

Se realizó el análisis de la subcuencia visual o (miradores) para cada núcleo urbano. Se tomó como radio de acción máxima una distancia de 5 Km., entendiendo que a partir de esa distancia “los elementos visuales básicos se modifican, volviéndose los colores más pálidos y menos brillantes, debilitándose la intensidad de las líneas y perdiendo contraste la textura” (Aramburu, *et al.*, 1994).

Para la subcuencia visual, se superpuso las distancias al núcleo urbano de referencia, obteniendo una graduación de las zonas visibles en función de la distancia.

En función de las peculiaridades del Área Contractual Calicanto, pueden fijarse tres rangos de distancias o alcance visual: corta, media y larga como se observa en la Tabla 8.1.4-5.

Tabla 8.1.4-5.- Tabla de los valores de distancias visuales.

Clasificación	Rango de distancia en km	Valor	Descripción
Corta	0 – 1,0	1	Donde el observador tiene una participación directa y percibe todos los detalles inmediatos.
Media	1,0 – 3,0	2	Donde las individualidades del área se agrupan para dotarla de carácter. Es la zona donde los impactos visuales producidos por las actuaciones son mayores.
Larga	3,0 – 5,0	3	Se pasa del detalle a la silueta. Los colores se debilitan y las texturas son casi irreconocibles.

En la Tabla 8.1.4-6 se presentan las imágenes panorámicas obtenidas en campo y visualización de los puntos en el Google Earth, Uso de suelo y Vegetación del INEGI para la evaluación de los elementos de observación, localización y visibilidad, puntos referentes del Área Contractual Calicanto.

#### 8.1.4.1.6 Conclusión

Se considera grado de amenaza cuando el sistema natural es de elevada fragilidad, se encuentra significativamente fragmentado y se encuentra cerca de complejos o de actividades antropogénicas, debido a que los complejos u las actividades antropogénicas comienzan gradualmente a invadir dicho sistema natural impactando gradualmente y continúa al sistema.

La *calidad visual del paisaje* del Área Contractual Calicanto es Alta debido a que presenta un alto grado de modificación, que corresponde a paisajes que están transformados y solo muestran algunos de los componentes ambientales originales. En estos, las relaciones funcionales se han modificado y/o adaptado para lograr un fin determinado, como es el caso del desarrollo agrícola-pecuario-forestal. Por lo tanto, los cambios que se presentarán en el área de estudio no repercuten en el ambiente.

En cuanto a la *fragilidad visual del paisaje* es considerada Media-Alta, ya que el sistema no tiene la capacidad de disimular cualquier cambio que se generen en el entorno.

PAISAJE

**Tabla 8.1.4-6.-** Imágenes panorámicas de los puntos de miradores en campo.

Llanura			
Punto de control	Localización Coordenadas UTM WGS-84	Elemento	Visibilidad
1	X: 425839.00, Y: 1978962.00	VS - Sabana	Media



PAISAJE

Continuación de la Tabla 8.1.4-6

Llanura			
Punto de control	Localización Coordenadas UTM WGS-84	Elemento	Visibilidad
2	X: 426708.00, Y: 1978645.00	IAPF – Agrícola Pecuaria-Forestal.	Corta

**PAISAJE**

Continuación de la Tabla 8.1.4-6

Llanura			
			
Punto de control	Localización Coordenadas UTM WGS-84	Elemento	Visibilidad
3	X: 422298 00, Y: 1975683,00	VS - Sabana	Media

**PAISAJE**

Continuación de la Tabla 8.1.4-6

Llanura			
Punto de control	Localización Coordenadas UTM WGS-84	Elemento	Visibilidad
4	X: 422518.00, Y: 1975580.00	IAPF – Agrícola Pecuaria-Forestal.	Larga



### **8.1.5 Patrimonio Arqueológico**

El patrimonio cultural en su más amplio sentido es a la vez un producto y un proceso que suministra a las sociedades un caudal de recursos que se heredan del pasado, se crean en el presente y se transmiten a las generaciones futuras para su beneficio. Es importante reconocer que abarca el patrimonio tangible e intangible.

Patrimonio tangible: es la expresión de las culturas a través de grandes realizaciones materiales. Este a su vez puede clasificarse en mueble e inmueble.

Mueble: Son los objetos arqueológicos, históricos, artísticos, etnográficos, tecnológicos, religiosos y aquellos de origen artesanal o folklórico que constituyen colecciones importantes para las ciencias, la historia del arte y la conservación de la diversidad cultural del país. Entre ellos, pueden ser: obras de arte, libros manuscritos, documentos, artefactos históricos, grabaciones, fotografías, películas, documentos audiovisuales, entre otros.

Inmueble: Son los lugares, sitios, edificaciones, obras de ingeniería, centros industriales, conjuntos arquitectónicos, zonas típicas y monumentos de interés o valor relevante desde el punto de vista arquitectónico, arqueológico, histórico, artístico o científico, reconocidos y registrados como tales. Son obras o producciones humanas que no pueden ser trasladadas de un lugar a otro, ya sea porque son estructuras, o porque están en inseparable relación con el terreno.

Patrimonio intangible: es el conjunto de rasgos distintivos, espirituales y materiales, intelectuales y afectivos que caracterizan una sociedad o grupo social, engloba los modos de vida, los derechos fundamentales del ser humano, los sistemas de valores, las tradiciones y las creencias. Está constituido, entre otros elementos, por la poesía, los ritos, los modos de vida, la medicina tradicional, la religiosidad popular, las diferentes lenguas, música, entre otros.

PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO

---

De acuerdo con la UNESCO son patrimonio cultural:

1. Sitios de patrimonio cultural.
2. Ciudades históricas.
3. Sitios sagrados naturales (sitios naturales con valor religioso para algunas culturas).
4. Paisajes culturales.
5. Patrimonio cultural subacuático.
6. Museos.
7. Patrimonio cultural móvil (pinturas, esculturas, grabados, entre otros).
8. Artesanías.
9. Patrimonio documental y digital.
10. Patrimonio cinematográfico.
11. Tradiciones orales.
12. Idiomas.
13. Eventos festivos.
14. Ritos y creencias.
15. Música y canciones.
16. Artes escénicas (danzas, representaciones).
17. Medicina tradicional.
18. Literatura.
19. Tradiciones culinarias.
20. Deportes y juegos tradicionales.

En el Área Contractual Calicanto, a la inspección superficial no hay recursos culturales que pudieran representar patrimonio cultural.

El municipio de Huimanguillo, en el que se encuentra el Área Contractual Calicanto, es el más grande del estado de Tabasco, ahí se encuentran dos zonas arqueológicas: La Venta, de la cultura Olmeca, a 40,0 kilómetros del Área Contractual Calicanto (Fotografía 8.1.5-1) y Malpasito, de la cultura Zoque, a 60



kilómetros del Área Contractual. De norte a sur, recorre el municipio la ruta Olmeca-Zoque. Parte de esta ruta es el Parque Ecológico Olmeca-Zoque, donde se realizan actividades de ecoturismo, se encuentra a 12,13 kilómetros del Área Contractual Calicanto, a orilla de la laguna El Rosario (Fotografía 8.1.5-2 y Figura 8.1.5-1).



Fotografía 8.1.5-1.- Cabeza Olmeca, La Venta.



Fotografía 8.1.5-2.- Vista de la laguna El Rosario desde el Parque Olmeca-Zoque.



Figura 8.1.5-1.- Ubicación de las zonas patrimonio cultural cercanas al Área Contractual Calicanto.

## 8.2 Análisis e Interpretación de los Resultados de los Estudios Realizado (Diagnóstico ambiental del Área Contractual Calicanto)

La evaluación de los resultados se considerará como el diagnóstico ambiental, el cual tiene como objetivo conocer el estado actual que guarda (la calidad del ambiente) en el Área Contractual Calicanto, es decir; cómo ha afectado las actividades humanas incluidas las petroleras que actualmente operan en dicha área de proyecto.

Dichas tendencias de cambio del sistema se determinaron a través de los indicadores ambientales, los cuales derivaron de la información arrojada por cada componente ambiental; los resultados se encuentran descritos en los apartados específicos de cada tema.

### 8.2.1 Caracterización del Contexto Regional

Como se mencionó en la guía de la Línea Base Ambiental, el contexto regional se acotó únicamente a la información bibliográfica disponible que sustente la caracterización ambiental general donde se ubica el Área Contractual Calicanto. Para ello se recurrió a la información disponible de la Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional del Proyecto Ogarrio Magallanes y del Programa de Ordenamiento Ecológico Estatal de Tabasco, aplicando solo las Unidades de Gestión Ambiental (UGA'S) en que se involucra el Área Contractual Calicanto. Cabe señalar, que legalmente los ordenamientos ecológicos del territorio ya no inciden sobre el desarrollo de proyectos del sector hidrocarburos, por eso hace referencia para utilizar la información de caracterización ambiental detallada.

De este análisis se obtuvo que la poligonal del Área Contractual Calicanto se ubica en la región hidrológica coatzacoalcos (RH 29), cuenca (A) Río Tonalá y Lagunas del Carmen y Machona, subcuenca (c) Río Tancochapa. En la Tabla 8.2-1 se detallan las características de la región hidrológica (RH 29), como se muestra en la Figura 8.2-1. En la Figura 8.2-2 se presenta la poligonal del Proyecto Regional Ogarrio Magallanes.

DIAGNOSTICO AMBIENTAL

La acotación o delimitación de un área de contexto regional donde está insertada el Área Contractual Calicanto, a través de las unidades de gestión ambiental del Programa de Ordenamiento Ecológico Estatal de Tabasco, aplicando solo las Unidades de Gestión Ambiental UGAS y de la caracterización del sistema ambiental descrita en la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad Regional Proyecto Ogarrio Magallanes, donde ambos están íntimamente ligados ya que comparten información general a nivel regional. En ese sentido, se partirá de este contexto regional, para la caracterización local o puntual del Área Contractual Calicanto.

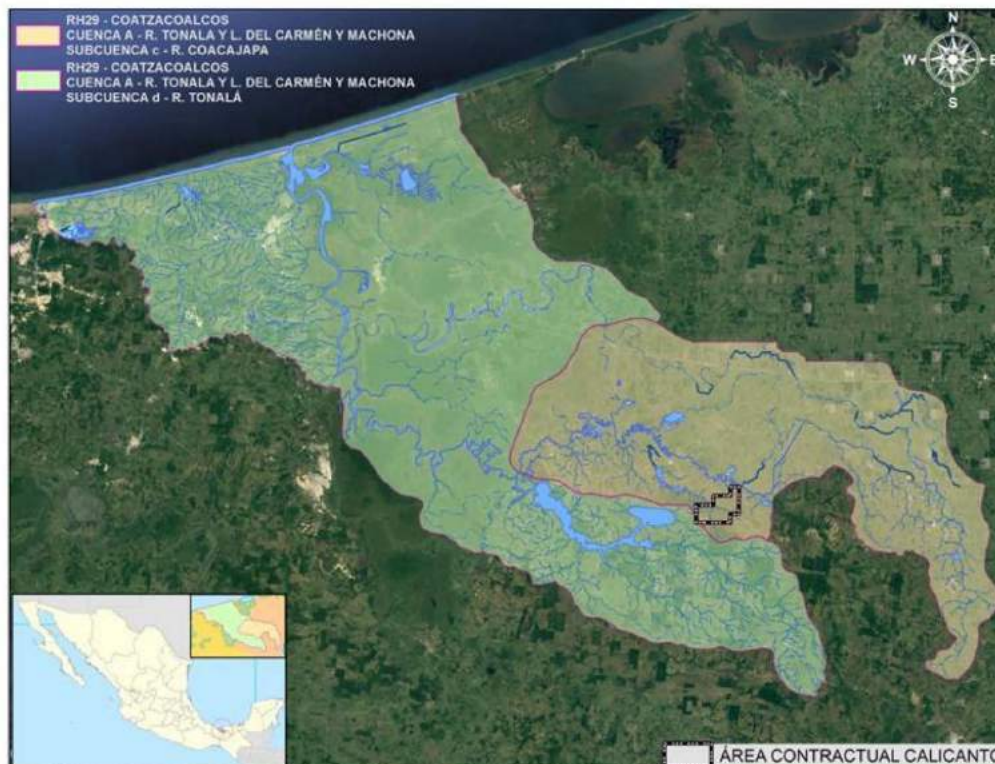


Figura 8.2-1.- Región hidrológica y Área Contractual Calicanto.

DIAGNOSTICO AMBIENTAL

Tabla 8.2-1.- Regionalización hidrológica conforme al proyecto Ogarrio Magallanes y Calicanto.

Región Hidrológica	Cuenca hidrológica	Subcuenca hidrológica	MIA-R	Calicanto	Porcentaje %	UGAS
			Superficie en km <sup>2</sup>			
RH-30 Grijalva- Usumacinta	D R. Grijalva- Villahermosa	c R. Mezcalapa	3.3058	----	0.05	
		y R. Cunduacán	25.4055	----	0.39	
RH-29 Coatzacoalcos	A R. Tonalá y L. Del Carmen y Machona	a Laguna del Carmen y Machona	1212.5942	----	18.72	
		c R. Coacajapa	761.5008	10.4823	11.76	HUI_2PH, HUI_3A y HUI_3C
		b R. Santa Ana	8.0750	----	0.12	
		d R. Tonalá	1695.3330	0.20	26.17	
		f R. Río Poza crispin	195.6502	----	3.02	
		h R. Zanapa	432.9255	----	6.68	
		e R. Tancochapa Bajo	533.4643	---	8.24	
		g R. Tancochapa Alto	480.8818	----	7.42	
	B R. Coatzacoalcos	a R. Coatzacoalcos	200.2538	----	3.09	
		I R. Uspanapa	925.2816	----	14.28	
		c R. Calzadas	2.7377	----	0.04	
<b>Total</b>			6477.4093	10.6817	100	

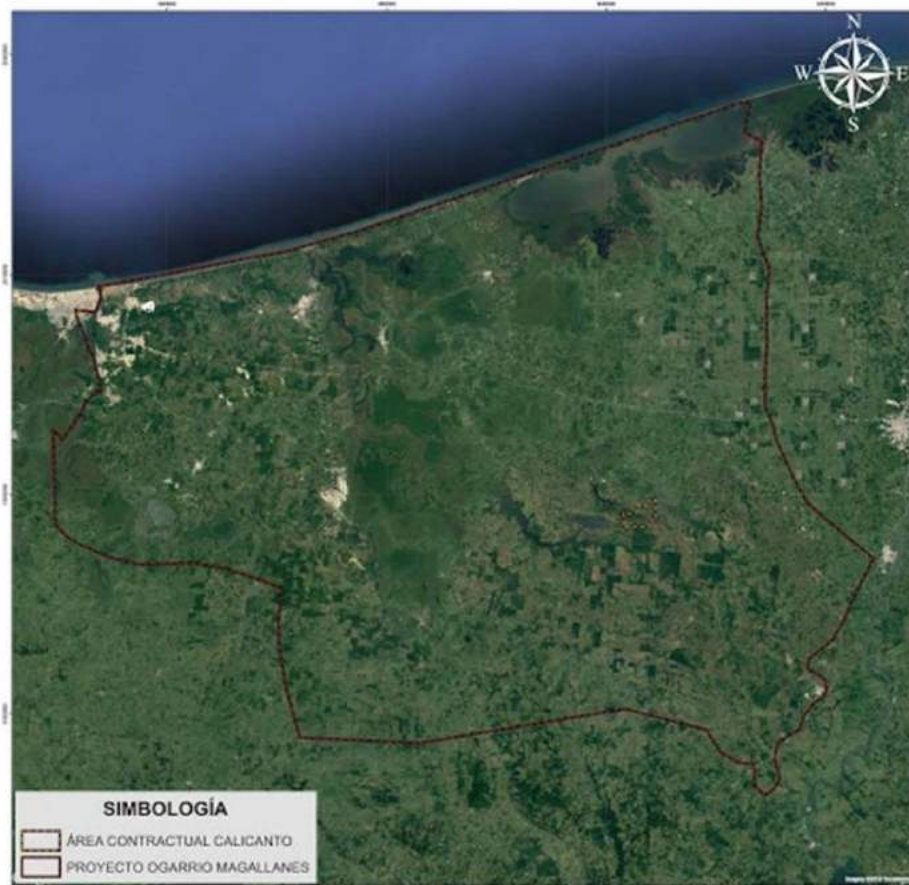


Figura 8.2-2.- Imagen que muestra la poligonal del proyecto Ogarrio Magallanes y el Área Contractual Calicanto.

La caracterización del contexto regional y local donde se ubica el Área Contractual Calicanto es la primera etapa que señala la teoría del manejo integral de una cuenca tipo (Cruz Bello, 2003), el cual se presenta en la siguiente Tabla 8.2-2.

Tabla 8.2-2.- Ciclo del manejo integral de cuenca para el proyecto.

Etapas del Manejo Integral de Cuencas		
Cuenca / proyecto	Etapas	Pasos a seguir
Región hidrológica	Caracterización	Metas y objetivos: Delimitación del límite económico del proyecto en la Cuenca.
		Caracterización ambiental: Realización de trabajos de campo y gabinete de los componentes ambientales suelo, vegetación, clima, aire, biodiversidad, hidrología, geología y socioeconómico.
		Factibilidad: En función de los indicadores ambientales
	Soluciones	Estrategias y alternativas: Análisis de los Programas de saneamiento propuestos, conforme a los resultados obtenidos en el diagnostico y su aplicación conforme a la zonificación del decreto del parque urbano.
		Propuestas de medidas de prevención y mitigación: Diseño de medidas por componente ambiental y etapa de desarrollo, que deriven de los programas que resulten de las estrategias y alternativas
	Resultados	Aplicación de los programas: Resultados de éxito
Programa de monitoreo: Seguimiento de cumplimiento y/o ajustes de programas.		

Posteriormente se elaboró un listado de factores y atributos ambientales (Tabla 8.2-3), a partir de la información que se generó en la caracterización correspondiente al área de estudio y de la elaboración de mapas de identificación de componentes ambientales, también se realizaron consultas bibliográficas, este listado, fue analizado por el grupo de trabajo a fin de contar con un listado completo, sin ser excesivo.



**Tabla 8.2-3.-** Listado de componentes e indicadores ambientales en el Área Contractual Calicanto.

		Subsistema	Factor	Indicadores
		Sistema ambiental Área Contractual Calicanto	(Natural) Biótico y Abiótico	Atmósfera (aire)
	Partículas suspendidas			
	Nivel de ruido			
Geología y geomorfología				Relieve
				Geoformas
				Recursos pétreos
Suelo				Uso del suelo
				Grado de erosión
				Propiedades químicas
				Propiedades físicas
Hidrología superficial				Calidad del agua
				Patrón de drenaje
				Disponibilidad del agua
				Coefficiente de escurrimiento
Hidrología subterránea				Calidad del agua
Vegetación				Cobertura
				Abundancia
				Riqueza de especies
				Especies de lento crecimiento
				Especies bajo protección
Fauna		Riqueza de especies		
		Abundancia y desplazamiento		
		Especies bajo protección		
Paisaje		Calidad visual		

La definición del estado que guardan los factores analizados se efectuó a través de indicadores seleccionados de entre los atributos, estos indicadores se evaluaron mediante juicio de expertos (grupo técnico de evaluación), estimaciones, mediciones en campo y de información documental disponible.

Se obtuvo como resultado un listado de factores y atributos ambientales con la clasificación de indicadores que describen para el Área Contractual Calicanto. La Tabla 8.2-4, muestra los factores que comprenden el sistema y los indicadores seleccionados a través de los cuales será evaluado su estado.

**Tabla 8.2-4.-** Componentes ambientales que integran el Área Contractual Calicanto.

Componente	Indicador
Aire	Calidad del aire
Suelo	Pérdida de suelo
	Uso actual de suelo
Agua	Calidad del agua
Vegetación	Naturalidad
	Riqueza de especies
	Especies protegidas
Fauna	Naturalidad
	Riqueza de especies
	Especies protegidas
Paisaje	Calidad visual

#### Definición conceptual de los indicadores:

Los indicadores ambientales para ser aplicables, deben de contar una serie de consideraciones que permitan conocer *a priori* el estado actual de un sistema ambiental, así como conocer las características principales de un proyecto y la interacción que se da entre ambos aspectos. Una manera sencilla de comprender estas interacciones, es a través del modelo conceptual denominado **PER** “Presión – Estado – Respuesta”, propuesto por la **OCDE** en 1996, este esquema está basado en la relación *causa – efecto*, es decir, las relaciones de acción y respuesta entre el proyecto y el medio ambiente, de este modo se desarrollaron los indicadores ambientales de presión, estado y respuesta.

Los indicadores ambientales deben ser estadísticas o parámetros que proporcionen información y/o tendencias de cambio sobre las condiciones ambientales y su significado debe ir mas allá de la estadística misma, pretendiendo proveer información que permita tener una medida de la efectividad de las medidas

DIAGNOSTICO AMBIENTAL

aplicadas para un proyecto. Estos indicadores se presentan usualmente en forma de tablas, gráficas complementados con textos, cartas temáticas, entre otros. Los indicadores ambientales tienen como valor principal proporcionar a los tomadores de decisiones y al público en general una herramienta mediante la cual se presente información concisa y sustentada científicamente, de manera que pueda ser entendida y usada fácilmente (SEMARNAP, 1997).

En la Tabla 8.2-5 se presentan las características principales del modelo Presión-Estado-Respuesta (PER), del cual será una de las herramientas metodológicas que sustentan la búsqueda del conjunto de indicadores reflejen la tendencia de cambio de un sistema ambiental por las actividades del proyecto y que análogamente coincide con los criterios de evaluación del impacto ambiental (EIA), donde su tendencia va más hacia las cuestiones técnicas-científicas y el modelo PER hacia la evaluación del desempeño ambiental que resultan del primero.

Tabla 8.2-5.- Se presentan las características del modelo "PER" Estado – Presión - Respuesta.

Modelo de presión estado respuesta		
Esquema	Concepto	Indicadores
Presión	Impactos ambientales generados por las actividades productivas.	Existe dos tipos de indicadores de presión: a) Presiones directas sobre el ambiente (impactos ambientales a cualquier componente ambiental). <b>(Mitigación)</b> b) El tipo de actividad productiva, como se hace y de que etapas consta, de éste deriva el pronóstico y las acciones a implementar. <b>(prevención)</b>
Estado	Situación actual y tendencias de cambio del los sistemas ambientales.	Calidad Ambiental, cantidad y estado de los recursos naturales (concentraciones, superficies, etc.), de estos indicadores surgen las políticas de protección ambiental <b>(medidas de prevención y mitigación)</b> .
Respuesta	Acciones realizadas o que se pretenden llevar a cabo para la atención de la problemática ambiental.	Resultados de la aplicación de las medidas de prevención, mitigación y compensación sobre los agentes de presión, a través de un programa de monitoreo, (conjunto de indicadores que permitan hacer un análisis global).

La metodología fue desarrollada en función de una serie de temas ó problemas ambientales generados por las actividades productivas como el ejemplo que se muestra en la Tabla 8.2-6, los cuales se buscó los indicadores ambientales adecuados, en función de un conjunto de indicadores "ideales" o generales y a

partir de estos hacer un modelo de la dinámica de cada problema o tema. Cabe señalar, que los temas e indicadores derivaron de la propuesta que hizo la Organización de Cooperación para el Desarrollo Económico (OCDE), del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), así como de las áreas técnicas del Instituto Nacional de Ecología (INE).

**Tabla 8.2-6.-** Temas seleccionados con sus indicadores ambientales a medir.

<b>Temas</b>	<b>Indicadores de desempeño ambiental</b>	
Aire	Estado	Calidad del aire
	Presión	Emisiones a la atmósfera
	Respuesta	Grado de cumplimiento de los instrumentos normativos, monitoreo, normas voluntarias.
Residuos peligrosos	Estado	Estimación y manejo de residuos peligrosos
	Presión	Generación de residuos peligrosos
	Respuesta	Monitoreo de la infraestructura y manejo
Residuos sólidos municipales	Estado	Residuos generados vs residuos manejados adecuadamente.
	Presión	Generación de residuos sólidos municipales a nivel regional y nacional
	Respuesta	Capacidad instalada para el manejo, tratamiento y reciclado de residuos.
Vida silvestre	Estado	Cobertura por tipo de vegetación (superficie), uso del suelo, riqueza biológica.
	Presión	Cambios en el uso del suelo, fragmentación del hábitat, las prácticas ilegales o no reguladas, así como la introducción de especies exóticas.
	Respuesta	Programas de monitoreo para comprobar la aplicación de los instrumentos normativos, programas de restauración, conservación etc.
Cambio climático	Estado	Variación de la temperatura global y Concentraciones de gases invernadero a nivel global.
	Presión	Emisiones de gases de efecto invernadero
	Respuesta	Estudios sobre la vulnerabilidad de México ante el cambio climático global que se reflejan en la desertificación y sequía de los ecosistemas.

El valor de un indicador está basado y limitado por la calidad de los datos que lo sustentan, por tal motivo fue necesario establecer criterios para asegurar que la información base tenga la confiabilidad requerida. Los criterios para la selección de indicadores varían de acuerdo a la institución o propósitos. La OCDE, en

particular, establece los lineamientos presentados en la Tabla 8.2-7 (Bakkes, J.A., 1994 en SEMARNAP, 1997).

Tabla 8.2-7.- Criterios que se deberán considerar en la selección de indicadores.

Criterios para la selección de indicadores	
Un indicador debe:	Proporcionar una visión de las condiciones ambientales, presiones ambientales y respuestas.
	Ser sencillo y fácil de interpretar y capaz de mostrar las tendencias a través del tiempo.
	Responder a cambios en el ambiente y las actividades humanas.
	Proporcionar una base para las comparaciones internacionales.
	Aplicable a escala nacional o regional, según sea el caso.
	Debe existir un valor con el cual puede ser comparado.
Criterios técnicos:	Debe estar teórica y científicamente bien fundamentado.
	Debe basarse en consensos internacionales.
	Debe ser capaz de relacionarse con modelo económico, de pronóstico.
Los datos necesarios para evaluar los indicadores se caracterizan por:	Deben estar disponible con una "razonable" relación costo/beneficio.
	Deben estar bien documentados y se debe conocer su calidad.
	Deben ser actualizados a intervalos regulares.

El listado de criterios antes señalados no es limitativo, es decir; se pueden enriquecer agregando o eliminando sin que los resultados se vuelvan sesgados a lo que se quiere medir, es decir; sin perder el objetivo de lo que se quiere medir o hacer relevante en el proyecto.

Con base en este marco teórico se sustenta técnicamente la utilización de un indicador ambiental el cual engloba un conjunto de resultados técnicos y científicos, que se traduce en los indicadores ambientales. Desde este punto de vista, es importante mencionar que la información técnica científica está plasmada en el capítulo del presente documento, referente a los componentes ambientales que conforman el sistema de la región donde se pretende llevar a cabo el proyecto, siendo el aire, el suelo, la hidrología, la biodiversidad, el social y el paisaje. Los resultados de la interacción de dichos componentes, se denominaron como el estado base (Tabla 8.2-4), estos resultados se consideraron como criterios ecológicos que sustentan en gran parte la toma de decisiones.

DIAGNOSTICO AMBIENTAL

La definición del estado que guardan los factores analizados se efectuó a través de indicadores seleccionados de entre los atributos, estos indicadores se evaluaron mediante juicio de expertos (grupo técnico de evaluación), estimaciones, mediciones en campo y de información documental disponible.

Se obtuvo como resultado un listado de factores y atributos ambientales con la clasificación de indicadores que describen el contexto local ó del Área Contractual Calicanto. En la Tabla 8.2-8, muestra los factores que comprenden el sistema y los indicadores seleccionados a través de los cuales se evaluó su estado.

**Tabla 8.2-8.-** Componentes ambientales que componen el sistema ambiental y sus indicadores de estado.

Área de evaluación	Componente	Indicador
Área Contractual Calicanto	Aire	Calidad del aire
	Suelo	Pérdida de suelo
		Uso actual del suelo
	Agua	Calidad del agua
	Vegetación	Naturalidad
		Riqueza de especies
		Especies protegidas
	Fauna	Naturalidad
		Riqueza de especies
		Especies introducidas
		Especies protegidas
Paisaje	Calidad visual	

En la Tabla 8.2-9 se describen los indicadores que se usarán en el diagnóstico por su relevancia en el contexto regional y local, que se considerará su calidad actual como el escenario base.

**Tabla 8.2-9.-** Indicadores ambientales considerados para el diagnóstico en el Área Contractual Calicanto.

INDICADORES	DESCRIPCIÓN
Calidad del aire	Fuente fija de emisiones de NOx, verificar los límites máximos permisibles de la NOM aplicable
Uso actual del suelo	La proporción de la superficie que está cubierta por la vegetación natural
Calidad del agua	Aguas superficiales de abrevaderos y de pozos o norias

<b>Naturalidad</b>	Número de especies nativas y propias del sistema en relación con especies introducidas o secundarias
<b>Riqueza de especies</b>	Número de especies encontradas durante el muestreo de campo
<b>Especies protegidas</b>	Número de especies protegidas reportadas o localizadas, verificar la NOM aplicable en este rubro.
<b>Calidad visual</b>	Grado de fragmentación del hábitat, determinado por la proporción de usos de suelo destinado a área urbana, agrícola, industria y vías de comunicación; en relación con el total de la superficie.

Una vez establecidos los indicadores se verificaron en campo la presencia y estatus de éstos.

Se identificaron aquellos factores y atributos relevantes o críticos para el funcionamiento del área contractual, conforme a los resultados de caracterización ambiental.

### 8.2.2 Estructura del contexto ambiental Regional y Local

Definir la estructura del contexto regional y local, es el resultado del análisis de los datos generados por la caracterización realizada para la zona, a partir de ello se describieron:

1. Comportamiento de los procesos de deterioro ambiental natural de la zona.
2. Estatus de conservación.

Posteriormente se determinó semicuantitativamente el estado de estos factores a través de indicadores seleccionados, los cuales fueron evaluados, por metodologías como: análisis de especialistas (grupo técnico de evaluación), estimación de índices, mediciones realizadas en campo y de información documental disponible.

Con base en los indicadores de estado seleccionados y presentados en la Tabla 8.2-9 y los resultados arrojados en la caracterización ambiental se tomaron como el escenario base previo a la realización de nuevas obras del sector hidrocarburos, en el Área Contractual Calicanto, como se muestra en la Figura 8.2-3 y Tabla 8.2-10.

En las Figuras 8.2-3 y 8.2-4, se presenta una imagen del contexto regional, que involucra las unidades de gestión ambiental del POET del estado de Tabasco (UGA's HUI\_2PH, HUI\_3A y HUI\_3C) y de los campos

DIAGNOSTICO AMBIENTAL

de desarrollo petroleros adyacentes al Área Contractual Calicanto, siendo estos el Rosario y Arroyo Prieto, donde se puede observar el flujo de energía y las interacciones de los componentes ambientales involucrados, con las actividades socioeconómicas más importantes identificadas tales como son la agrícola, ganadera e industrial del sector hidrocarburos.

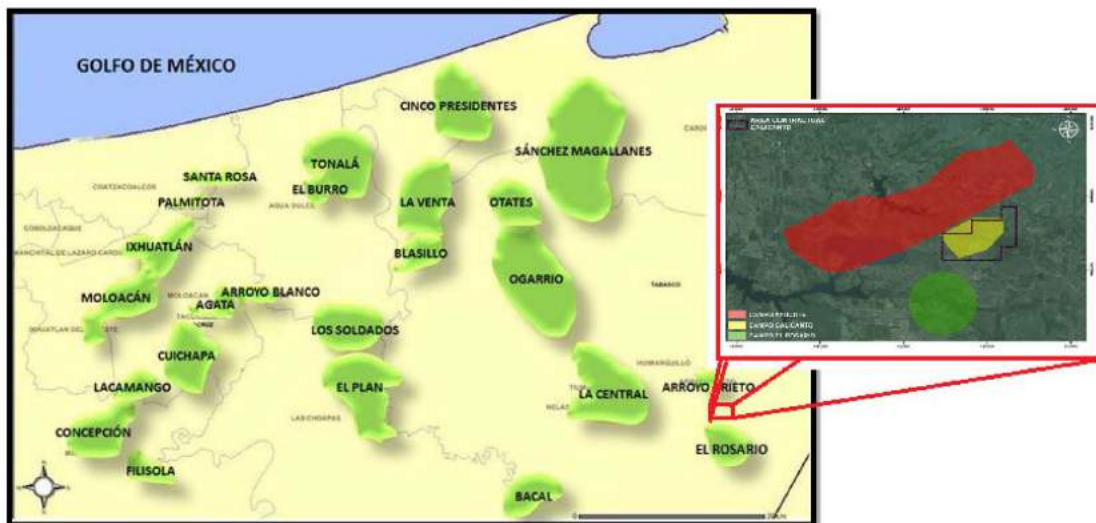


Figura 8.2-3.- Activo Integral Cinco Presidentes y Área Contractual Calicanto.

A estas UGA's le aplican los lineamientos ecológicos, las estrategias y los Criterios Específicos de Regulación Ecológica (CRE). De los 25 CRE que aplican a éstas 3 UGA's, ninguna tienen relación con la industria petrolera, EL 100% están relacionados con actividades productivas que se desarrollan en el municipio como la acuacultura, la forestal, la agricultura y la pecuaria.





Figura 8.2-4.- Interacción de los componentes ambientales y actividades productivas identificadas en el Área Contractual Calicanto.

DIAGNOSTICO AMBIENTAL

Tabla 8.2-10- Indicadores ambientales del estado base en Área Contractual Calicanto.

Manejo Integral de Cuencas Área Contractual Calicanto											
Región Hidrológica	Cuenca Hidrológica	Subcuenca Hidrológica	Contexto Regional km <sup>2</sup>	POET-Tabasco UGAS	Otros sectores productivos		Contexto local u área contractual Uso del suelo y vegetación km <sup>2</sup>	Estado base			
					Petrolero	Agropecuario		Factores	Indicador	Valor	Índice de incidencia
RH-29 Coatzacoalcos	B Río Bravo – San Juan	A R. Tonalá y L. Del Carmen y Machona	c R. Coacajapa  d R. Tonalá	HUI_2PH, HUI_3A y HUI_3C	Campos de desarrollo: El Rosario y Arroyo Prieto	Ganadería, agricultura y forestal	2.11 (IAPF), 8.47 (VS).	Atmósfera	Calidad del aire	45.599 µ/m <sup>3</sup> NO <sub>x</sub> 37.33 µg/m <sup>3</sup> CO 1.55 µg/m <sup>3</sup> SO <sub>2</sub> 24.2 µ/m <sup>3</sup> PM10 Muy bueno	0.11 – 0.22 No relevante
								Suelo	Pérdida de suelo	14.78 a 16.0 ton/halaño, Moderado	0.11 – 0.18 No relevante
									Uso actual del suelo	Agrícola pecuario, forestal y petrolero	
	Vegetación	Hidrología (superficial y subterránea)						Calidad del agua	DBO5 ≤ 3 mg/l Apta SST ≤ 25 mg/l Apta CF > 2400NMP/100ml No Apta	0.006 – 0.33 No relevante	
								Naturalidad	90 %	0.11 - 060 No relevante - Moderadamente relevante	
								Riqueza Especies protegidas	60 especies 0 especies		
Fauna							Sensibilidad	Baja			
							Naturalidad	82 %	0.11 – 0.61 No relevante a moderadamente relevante		
							Riqueza Especies protegidas	49 especies 9 especies			

**DIAGNOSTICO AMBIENTAL**

Continuación Tabla 8.2-10

Manejo Integral de Cuencas Área Contractual Calicanto											
Región Hidrológica	Cuenca Hidrológica	Subcuenca Hidrológica	Contexto Regional km <sup>2</sup>	POET- Tabasco	Otros sectores productivos		Contexto local u área contractual	Estado base			
					Petrolero	Agropecuario		Factores	Indicador	Valor	Índice de incidencia
				UGAS			Uso del suelo y vegetación km <sup>2</sup>	Paisaje	Calidad visual	Baja	0.22 No relevante
								Instalaciones (pozos, líneas y estación)	Nivel de afectación	Bajo	.....
									Daños preexistentes	.....	.....
		Total					10.58				
							2,456.8				

### 8.3 Registro y descripción de daños ambientales

La evaluación del impacto ambiental es un instrumento de política ambiental que tiene como finalidad diseñar las estrategias jurídicas para la regulación de las actividades productivas privadas o públicas sobre los sistemas ambientales terrestres y marinos, las cuales quedaron establecidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental. El cumplimiento de dichas figuras jurídicas, requieren del soporte teórico práctico donde la evaluación del impacto ambiental tiene como objetivo; identificar, evaluar y proponer medidas de prevención y/o regulación de los cambios que pueda sufrir un sistema ambiental particular en su estructura, composición y función (agua, suelo, biodiversidad, aire, social, entre los más importantes), por causas de tipo natural o antrópico (Primack *et al.*, 2001).

En la literatura especializada en evaluación del impacto ambiental Ramachandra, *et. al.*, (2006); Garmendia, (2005); Espinoza (2007); Gómez Orea, (2003); Canter, (1999); Bojorquez, (1998); Conesa, (2010); Rau, (1980), entre otros, han proporcionado gran cantidad de información con respecto a métodos de identificación y evaluación del impacto ambiental de manera general o particular y ser aplicada en una actividad específica, no obstante ésta no es suficiente para decidir cual se ajusta más a las características de un país como México si tomamos en consideración sus valiosos atributos ambientales.

Es importante mencionar en este apartado, que la evaluación de daños ambientales es el resultado del desarrollo de obras antrópicas, que no fueron reguladas bajo un criterio técnico legal, por lo tanto; los efectos a los componentes ambientales se observará en el deterioro de su calidad la cual depende significativamente de la temporalidad de las obras. En el caso particular de las obras petroleras, la gran mayoría se realizaron bajo el cumplimiento de términos y condicionantes emitidos en la resolución del Desarrollo de actividades Petroleras del Proyecto Ogarrio Magallanes, por lo que se espera que no existan daños ambientales, en todo caso *impactos residuales* en el sistema ambiental del Área Contractual Calicanto.

Por otro lado, es de vital importancia señalar, la existencia de otras actividades primarias que están interaccionando en el área contractual, tal como la ganadería extensiva, la cual ha modificado significativa los ecosistemas observándose como un daño ambiental no atribuible al sector hidrocarburos.

Lo antes mencionado, se sustentó con los trabajos de campo realizados en el Área Contractual Calicanto, los cuales permitieron hacer precisiones acordes en la identificación, evaluación de daños ambientales.

La metodología utilizada para la evaluación de daños ambientales, son las mismas para la evaluación del impacto ambiental, es decir que se identifica y evalúan los impactos ambientales en las diferentes etapas de desarrollo de un proyecto. En el caso particular del estudio de línea base ambiental del Área Contractual Calicanto, solo se consideró la etapa de operación y mantenimiento de las instalaciones existentes.

Los métodos para la identificación de los impactos ambientales de un proyecto son muy variados. Cuando en un proyecto no se conoce los impactos que puede producir, la mejor manera de reconocerlos es mediante algún método de matrices, como la Matriz de Leopold. Para representar los impactos secundarios y terciarios, posiblemente los mejores métodos son los diagramas de causa-efecto y en el caso donde ya se conocen los impactos que genera un proyecto es a través de una lista de verificación y cuestionarios.

### **8.3.1 Metodología para identificar y evaluar los daños ambientales**

Para la identificación y evaluación de los posibles impactos ambientales generados por el Proyecto en cuestión, se consideraron los siguientes parámetros: inmediatez, acumulación, sinergia, momento en que se produce, persistencia y reversibilidad, recuperabilidad, periodicidad y continuidad; tanto en los impactos directos como en los indirectos, a través del uso de las siguientes técnicas:

- Listados Simples de actividades del proyecto y factores ambientales
- Matriz Modificada de Leopold de Interacción Proyecto-Ambiente (Leopold, 1971)
- Diagramas de flujo

DAÑOS AMBIENTALES

- Sobreposición de planos
- Análisis de expertos

El proceso de identificación y evaluación de impactos ambientales se describe en los siguientes apartados. Para facilitar su comprensión, se ha dividido en sus dos principales actividades identificación y evaluación y se representa en el siguiente diagrama de flujo.

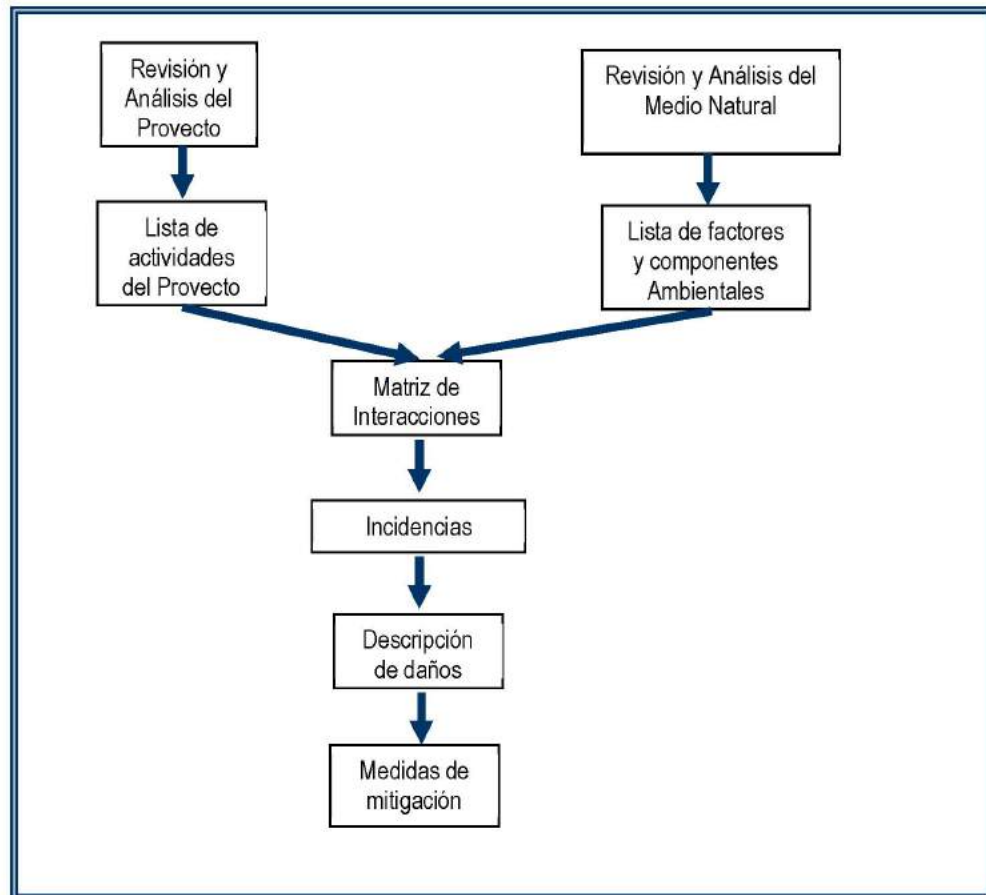


Figura 8.3-1.- Diagrama de flujo del proceso de identificación de daños ambientales.

### 8.3.2 Descripción del proceso de identificación de impactos

#### 8.3.2.1 Elaboración de lista de acciones relevantes del Proyecto

El primer paso de la identificación de impactos, consistió en sintetizar y ordenar la información relacionada con las actividades de cada una de las obras del proyecto en sus diferentes etapas.

Como se señaló al inicio del documento, solo se consideró el estado actual o la fase de operación y mantenimiento de las instalaciones con respecto de los componentes ambientales considerados en el Área Contractual Calicanto. Que las instalaciones consideradas fue solo un pozo. Lo anterior significa que no se tomaron en cuenta las etapas de preparación de sitio, construcción; que desde el punto de vista de la evaluación del impacto ambiental son actividades realizadas. En la siguiente Tabla 8.3-1 se presentan las actividades por obra tipo en la etapa de mantenimiento del pozo.

**Tabla 8.3-1.-** Lista de actividades identificadas por tipo en Área Contractual Calicanto.

ETAPA DE DESARROLLO	OBRA TIPO	ACTIVIDADES GENERALES
Operación y mantenimiento	Pozos (exploratorios y de desarrollo)	Uso de vehículos, maquinaria, transportación de equipo y materiales
		Inspección y vigilancia (árbol de válvulas, caminos de acceso)
		Mantenimiento (árbol de válvulas, caminos de acceso)
		Generación de residuos sólidos
		Generación de residuos peligrosos
		Generación de aguas residuales
	Sistemas de Conducción (líneas de descarga, gasoductos, etc.)	Transportación de gas, líquidos y asociados
		Inspección y vigilancia (derecho de vía, válvulas, sistemas de conducción)
		Mantenimiento (derecho de vía, válvulas, análisis de pruebas de corrosión, limpieza con corrida del diablo, etc)
		Generación de residuos sólidos
		Generación de residuos peligrosos
		Generación de aguas residuales
		Sustitución de tramo de ducto

Continuación de la Tabla 8.3-1

ETAPA DE DESARROLLO	OBRA TIPO	ACTIVIDADES GENERALES
Operación y mantenimiento	Infraestructura de producción (estaciones (recolección y compresión y plantas endulzadoras)	Uso de vehículos, maquinaria, transportación de equipo y materiales
		Generación de aguas congénitas
		Inspección y vigilancia (caminos de acceso, instalaciones de las estaciones)
		Mantenimiento (caminos de acceso, instalaciones de las estaciones)
		Generación de residuos sólidos
	Infraestructura de producción (estaciones (recolección y compresión y plantas endulzadoras)	Generación de residuos peligrosos
		Generación de aguas residuales

### 8.3.3 Elaboración de lista de factores y atributos ambientales

Mediante una revisión exhaustiva de informes y estudios de impacto ambiental de este tipo de proyectos, de literatura citada al inicio de este texto, así como de la opinión de expertos y tomando en consideración la estructura y el diagnóstico del sistema ambiental del Área Contractual Calicanto se elaboró el inventario de los factores y atributos ambientales que se presentan en la Tabla 8.3-2.

**Tabla 8.3-2.-** Listado de factores y atributos ambientales del Sistema Ambiental del Área Contractual Calicanto.

Sistema ambiental Área Contractual Calicanto	Subsistema	Factor	Atributos
	(Natural) Biótico y Abiótico	Atmósfera (aire)	
Partículas suspendidas			
Nivel de ruido			
Geología y geomorfología			Relieve
			Geoformas
			Recursos pétreos
Suelo			Uso del suelo
			Grado de erosión
			Propiedades químicas
			Propiedades físicas



Continuación de la Tabla 8.3-2

	Subsistema	Factor	Atributos
Sistema ambiental Área Contractual Calicanto	(Natural) Biótico y Abiótico	Hidrología superficial	Calidad del agua
			Patrón de drenaje
			Disponibilidad del agua
			Coefficiente de escurrimiento
		Hidrología subterránea	Calidad del agua
		Vegetación	Cobertura
			Abundancia
			Riqueza de especies
			Especies de lento crecimiento
			Especies bajo protección
		Fauna	Riqueza de especies
			Abundancia y desplazamiento
			Especies bajo protección
Paisaje	Calidad visual		

### 8.3.4 Identificación de Interacciones Ambientales

Con base en las Tablas 8.3-1 y 8.3-2, se generó una matriz de interacciones, la cual consideró únicamente la fase de operación y mantenimiento de pozos, ductos y estaciones de recolección del proyecto, con los factores y atributos del sistema ambiental, es decir una matriz de interacción Proyecto-Ambiente. A partir de esta, los diferentes grupos técnicos que se conformaron para llevar a cabo la evaluación de los daños ambientales, efectuándose un análisis basado en la estructura del sistema ambiental con cada una de las actividades por obra, que se ejecutarán para el proyecto. Este análisis permitió identificar las interacciones relevantes que pudieron dejar alguna evidencia de daño ambiental o impacto residual, aún cuando se hayan aplicado medidas de prevención y mitigación para cada una de las obras.

#### 8.3.4.1 Descripción del proceso de evaluación de daños ambientales

##### 8.3.4.1.1 Metodología de evaluación de daños ambientales

###### 8.3.4.1.1.1 Índice de Incidencia

Para la evaluación de los daños ambientales, se seleccionó la metodología conocida como Matriz de Leopold (1971), la cual fue modificada para adecuarla a las características particulares de este Proyecto. Esta matriz fue elaborada con base en los resultados de la Técnica de Listado Simple y de la Tabla de Doble Entrada de Interacciones proyecto-ambiente, seleccionando aquellos factores ambientales que pueden ser impactados.

La técnica de matrices consiste en interrelacionar las acciones del proyecto (columnas), con los diferentes factores y atributos ambientales (filas). Las interacciones resultantes se describen con base en los siguientes criterios: inmediatez, acumulación, sinergia, momento en que se produce, persistencia y reversibilidad, recuperabilidad, periodicidad y continuidad; los cuales servirán para determinar el índice de incidencia.

Los criterios antes señalados forman parte de la metodología para la determinación del índice de incidencia, propuesto por Gómez Orea, 2003.

###### 8.3.4.1.1.2 Determinación del Índice de Incidencia

De acuerdo con la metodología propuesta por Gómez Orea 2003, que a continuación se describe textualmente y donde se describe a la *incidencia* como la severidad y forma de la alteración, la cual viene definida por la *intensidad* y por una serie de atributos de tipo cualitativo que caracterizan dicha alteración. En ese sentido la determinación de la incidencia se considerarán los atributos antes señalado más la *intensidad* que es el grado de la alteración y ocasionalmente, la extensión: área de influencia del efecto en relación con el total del entorno considerado.

DAÑOS AMBIENTALES

En las Tablas 8.3-3 y 8.3-4, se presentan los atributos que caracterizan los impactos ambientales, la descripción de cada uno de ellos, el carácter de los atributos y la escala y peso de cada uno de ellos, que se usarán para la determinación del índice de incidencia de los factores ambientales evaluados en el Área Contractual Calicanto.

De acuerdo a la información presentada en las tablas antes señaladas, se calculará en índice de incidencia, el cual variará en un ámbito de 0 a 1.

La metodología propuesta menciona que los valores de incidencia son determinados por:

- a) *Una de carácter informal a partir de los atributos que los describen: a un impacto cuyos atributos se manifiesten en la forma más favorable, se le atribuirá un índice de incidencia próximo a 0; así a un impacto de escasa intensidad, temporal, reversible, simple, no sinérgico, poco extenso y que produce sus efectos a largo plazo, le corresponderá un índice de incidencia próximo a 0; por el contrario a un impacto intenso, permanente, irreversible, irrecuperable, acumulativo, sinérgico, extenso y que produce sus efectos de forma inmediata, tendrá un índice de incidencia próximo a 1; atributos de carácter intermedio determinarán valoraciones intermedias.*
- b) *Otra de carácter formal que se desarrolla en cuatro pasos:*
  - i *Primero tipificar las formas en que se puede describir cada atributo; por ejemplo, momento: inmediato, medio o largo plazo, recuperabilidad: fácil, regular y difícil, etc.*
  - ii *Segundo atribuir un código numérico a cada forma, acotada entre un valor máximo para la más desfavorable y uno mínimo para la más favorable; así para los ejemplos anteriores, momento: inmediato, 3, medio plazo 2 y largo plazo 1; recuperabilidad: fácil 1, regular 2, difícil 3.*
  - iii *Aplicar una función, suma ponderada (u otra), para obtener un valor.*
  - iv *Estandarizar entre 0 y 1 los valores obtenidos, mediante la expresión:*

$$\text{Incidencia} = (I - I_{\min}) / (I_{\max} - I_{\min})$$

Ver desarrollo en Tabla 8.3-4.

DAÑOS AMBIENTALES

Tabla 8.3.3.- Características de los impactos ambientales.

Atributos	Descripción	Carácter de los atributos	Código/valor
<b>Signo</b>	Positivo o negativo, se refiere a la consideración de benéfico o perjudicial que merece el efecto a la comunidad técnico-científica y a la población en general	Benéfico Perjudicial Difícil de calificar sin estudios	+ - x
<b>Inmediatez</b>	Directo o indirecto. Efecto directo o primario es el que tiene repercusión inmediata en algún factor ambiental, mientras el indirecto o secundario es el que deriva de un efecto primario	Directo Indirecto	3 1
<b>Acumulación</b>	Simple o acumulativo. Efecto es el que se manifiesta en un solo componente ambiental y no induce afectos secundarios ni acumulativos ni sinérgicos. Efecto acumulativo es el que incrementa progresivamente en gravedad cuando se prolonga la acción que lo genera.	Simple Acumulativo	1 3
<b>Sinergia</b>	Sinérgico o no sinérgico. Efecto sinérgico significa reforzamiento de efectos simples, se produce cuando la coexistencia de varios efectos simples supone un efecto mayor que su suma simple	Leve Media Fuerte	1 2 3
<b>Momento en que se produce</b>	Es corto, medio o largo plazo. Efecto a corto, mediano o largo plazo es el que se manifiesta en un ciclo anual, antes de cinco años o en un periodo mayor respectivamente	Corto Medio Largo Plazo	3 2 1
<b>Persistencia</b>	Temporal o permanente. Efecto permanente, supone una alteración de duración indefinida, mientras el temporal permanece un tiempo determinado	Temporal Permanente	1 3
<b>Reversibilidad</b>	Reversible o irreversible. Efecto reversible es el que puede ser asimilado por los procesos naturales, mientras el irreversible no puede serlo o solo después de muy largo tiempo	A corto plazo A Mediano plazo A largo plazo o no reversible	1 2 3
<b>Recuperabilidad</b>	Recuperable o irrecuperable. Efecto recuperable es el que puede eliminarse o remplazarse por la acción natural o humana, mientras no lo es el irrecuperable	Fácil Media Difícil	1 2 3
<b>Periodicidad</b>	Periódico o de aparición irregular. Efecto periódico es el que se manifiesta de forma cíclica o recurrente; Efecto de aparición irregular es el que se manifiesta de forma impredecible en el tiempo, debiendo evaluarse en términos de probabilidad de ocurrencia.	Periódico Irregular	3 1
<b>Continuidad</b>	Continuo o discontinuo. Efecto continuo es el que produce un alteración contante en el tiempo, mientras el discontinuo se manifiesta de forma intermitente o irregular	Continuo Descontinuo	3 1

Gómez Orea, 2003.

Tabla 8.3-4.- Cálculo del Índice de Incidencia.

Clasificación de los Impactos						
Escala y Peso						
Signo del efecto ( C )	Benéfico	+	Perjudicial	-	Difícil de calificar sin estudios	0
Inmediatez ( I )	Indirecto	1		Directo		3
Acumulación ( A )	Simple	1		Acumulativo		3
Sinergia ( S )	Leve	1	Media	2	Fuerte	3
Momento ( M )	Largo plazo	1	Medio	2	Corto	3
Persistencia ( P )	Temporal	1		Permanente		3
Reversibilidad ( R )	A corto plazo	1	A medio plazo	2	A largo plazo o no reversible	3
Recuperabilidad ( R )	Fácil	1	Media	2	Difícil	3
Continuidad ( C )	Discontinuo	1		Continuo		3
Periodicidad ( P )	Irregular	1		Periódico		3
<b>Total</b>	Mínima	9		Máxima		27
<b>Determinación de la Incidencia</b>						
<b>Incidencia = I + A + S + M + P + R + R + C + P</b>						
La expresión puede consistir en la suma ponderada de los códigos (que tienen una carga cuantificada) de los atributos ponderados, se puede considerar la expresión simple:						
Obtención de Índice de Incidencia de impacto: $I = \sum \text{Atributo} * \text{Peso}$						
Obtención del Índice de Incidencia Estandarizado: $I_{\text{Estandarizado}} = (I - I_{\text{mín}}) / (I_{\text{máx}} - I_{\text{mín}})$						
Siendo:						
I = El valor de incidencia obtenido por un impacto						
$I_{\text{máx}}$ = El valor de la expresión en el caso de que los atributos se manifestaran con el mayor valor.						
$I_{\text{mín}}$ = El valor de la expresión en el caso de que los atributos se manifesten con el menor valor.						
El índice de incidencia debe magnificarse cuando se da alguna circunstancia que haga crítico el impacto: ruido en la noche, vertido contaminante inmediatamente arriba de la toma de agua de un pueblo, situaciones de verano o invierno, etc.						
<b>Categoría de significancia de los impactos ambientales evaluados.</b>						
Categoría	Interpretación					Intervalo de valores
No relevante	Se presentan alteraciones de muy bajo impacto a componentes y factores que no comprometen a la integridad de los mismos.					Menor a 0.33
Moderadamente relevante	Se presenta afectación a componentes y factores sin poner en riesgo los procesos o estructura de los ecosistemas de los que forman parte.					0.34 a 0.66
Relevante	Se presentan alteraciones en los componentes y factores que afectaron el funcionamiento o estructura de los ecosistemas.					Mayor a 0.66

### 8.3.5 Resultados de la identificación y evaluación de los daños ambientales

De acuerdo con los resultados de campo arrojados por componente ambiental en el Área Contractual Calicanto, se evaluaron conforme a la metodología propuesta para calcular el índice de incidencia y que a fin de cuentas se interpretará como el daño ambiental a los componentes ambientales, que derivado de las diversas actividades que prevalecen en dicha área del proyecto. En ese sentido la calificación de los expertos quedó plasmada en la matriz de interacciones para la etapa de mantenimiento del pozo, observándose en la matriz del cálculo del índice de incidencia de los componentes evaluados, Ver Tablas 8.3-5 y 8.3-6.

Por último, de acuerdo con los resultados que se presentan en la Tabla 8.3-6 y de acuerdo con el análisis grupal por parte de los especialistas de cada área, se realizó la descripción de aquellos impactos ambientales que generaron un daño ambiental por las actividades del proyecto y otros generados por otras actividades ajenas en el Área Contractual Calicanto, como es el caso del sector agropecuario.

---

DAÑOS AMBIENTALES

**Tabla 8.3-5.-** Matriz de interacciones para la etapa de operación y mantenimiento de pozos, líneas de descarga, gasoductos y estaciones de recolección.

---

DAÑOS AMBIENTALES

**Tabla 8.3-6.** - Cálculo del índice de incidencia de los componentes evaluados.



### **8.3.6 Descripción de daños ambientales**

Enseguida se describen los daños ambientales identificados y evaluados en la etapa de operación y mantenimiento de las instalaciones petroleras en el Área Contractual Calicanto. Cabe señalar, que también se hará mención a los daños ambientales promovidos por otros sectores productivos como el agropecuario que se desarrolla en el Área Contractual Calicanto.

## **DESCRIPCIÓN DE DAÑOS AMBIENTALES MEDIO ABIÓTICO**

### **CALIDAD DEL AIRE**

#### Partículas suspendidas

La incidencia es no relevante, ya que no existen chimeneas o algunos otros puntos de emisión de hollín o alguna otra partícula, sólo las emisiones de los vehículos automotores y de algún generador portátil de energía eléctrica que pudieran requerirse para las actividades de mantenimiento, pero considerando que las instalaciones petroleras se reducen a un pozo, la presión de la operación y mantenimiento de la industria petrolera en el Área Contractual Calicanto es mínima. Las actividades extra petroleras preponderantes son la ganadería de bovinos y plantaciones de eucalipto, lo que aunado al clima húmedo que prevalece en la zona, significa mantener el suelo con cobertura vegetal durante todo el año, por lo que la posibilidad de que partículas finas de suelo sean levantadas por el viento es muy reducida.

Son espacios planos, abiertos, en los que la dispersión de los constituyentes del aire es muy rápida.

#### Óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y bióxido de azufre

El efecto de estos contaminantes sobre la calidad del aire es no relevante, ya que al igual que en el caso de las partículas suspendidas no existen chimeneas o tráfico vehicular intenso, por lo que el volumen de las emisiones es reducido, además de la eficiente dispersión de la atmósfera en esta zona.

## GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

Ni las actividades petroleras ni las plantaciones de eucalipto y la ganadería de bovinos sobre praderas de gramíneas cultivadas han ejercido influencia relevante sobre los atributos geomorfológicos. Así la estabilidad del relieve y las geoformas se mantienen con afectaciones mínimas, de este modo esta es una superficie donde no existe potencial de deslizamientos o corrimientos de tierras.

## SUELO

El agua es el elemento que más remueve y conduce el suelo de un sitio a otro; así que de acuerdo con la metodología se estimó la erosión hídrica en el área y obtuvimos como resultado, de acuerdo a la clasificación de riesgos de erosión propuesta por Shields y Coote, un nivel de erosión hídrica moderado; esto aun cuando el régimen de lluvias favorece una erosión hídrica potencial muy severa. No se llega a este extremo porque las principales actividades productivas de la zona mantienen durante todo el año una cubierta vegetal sobre la mayor parte de estos terrenos; además de que la pendiente del terreno se mantiene en un gradiente muy reducido.

La alteración de la capacidad de infiltración del agua en el suelo es no relevante. No hay actividades que impliquen el despalme o compactación de grandes superficies de terreno. Es la naturaleza de los suelos la que propicia un alto coeficiente de escurrimiento, es decir una infiltración proporcionalmente baja.

La influencia de la operación de las instalaciones petroleras que se encuentran dentro del polígono del Área Contractual Calicanto es no relevante; como se ha mencionado, estas instalaciones se reducen a sólo un pozo petrolero, por lo que la influencia que pueda tener sobre el suelo es muy reducida en términos de magnitud.

En los recorridos y muestreos de suelo efectuados en el Área Contractual Calicanto, que fueron sometidos a pruebas de laboratorio para determinar su fertilidad, obtuvimos que la capacidad de intercambio catiónico resultó concordante con los resultados de granulometría.

DAÑOS AMBIENTALES

---

Como podrá observarse en el apartado correspondiente, las actividades agrícolas y ganaderas que se desarrollan en esta Área Contractual Calicanto han arrasado con la cobertura vegetal natural, lo que indirectamente ha impactado de forma negativa el medio abiótico, particularmente el suelo: se ha favorecido la erosión y disminuido la fertilidad.

### **HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA**

La calidad del agua, tanto superficial como subterránea, no ha sido afectada significativamente por las actividades productivas de la zona, incluidas las del sector petrolero.

Se realizaron tres muestreos de agua superficial y dos de agua subterránea; los parámetros analizados fueron: pH, grasas y aceites, sólidos suspendidos, nitritos, sólidos disueltos totales, fosfatos, demanda bioquímica de oxígeno, coliformes totales y coliformes fecales, color verdadero, turbidez, conductividad eléctrica, dureza total, nitratos, cloruros, oxígeno disuelto y sustancias activas en azul de metileno; los resultados obtenidos nos indican que son aguas de buena calidad.

Se observa que las plantaciones de eucalipto y las praderas de gramíneas han dejado libres las depresiones del terreno por donde se drena el agua de lluvia; el pozo es una instalación puntual que no interfiere con el patrón de drenaje.

### **DESCRIPCIÓN DE DAÑOS AMBIENTALES MEDIO BIÓTICO**

#### **VEGETACIÓN**

La presión ejercida sobre los recursos vegetales en las regiones con selvas tropicales, han causado su invaluable pérdida, además de una fuerte conversión de estas comunidades vegetales en áreas agrícolas, pecuarias y asentamientos humanos. Este cambio en el uso del suelo ha provocado cambios en la estructura y composición florística de los remanentes de selva y el confinamiento de la vegetación primaria a pequeños manchones y la formación de grandes áreas de vegetación secundaria. En el Área Contractual Calicanto, no se encontraron especies bajo ningún riesgo en referencia a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

## FAUNA

Con base en los resultados de los trabajos de campo, podemos establecer que hay una transformación de la vegetación original (industria, ganadera o agrícola), quedando manchones o relictos más pequeños y aislados entre sí, cuya extensión resulta ser mucho menor a la reportada por la cartografía del INEGI. Este decremento genera una mayor presión de especies invasoras, dando como resultado una alteración en la riqueza, abundancia, dinámica de sexos, edades (entre otras variables) en las diferentes comunidades biológicas. No se tiene una evidencia certera de que algunas especies con algún estatus dentro de la NOM-059-SEMARTAT-2010 presente dentro del Área Contractual Calicanto, haya tenido alguna afectación.

## PAISAJE

La calidad visual del paisaje del Área Contractual Calicanto es alta debido a que presenta un alto grado de modificación, que corresponde a paisajes que están transformados y solo muestran algunos de los componentes ambientales originales. En estos, las relaciones funcionales se han modificado y/o adaptado para lograr un fin determinado, en este caso el desarrollo agrícola-pecuario-forestal. Por lo tanto, los cambios que se presentarán en el área de estudio no repercuten en el ambiente.

## FAUNA

### **Evidencia de la pérdida de individuos de especies animales dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010**

No se tiene una evidencia certera de que algunas especies con algún estatus dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 presente dentro del Área Contractual Calicanto, haya tenido alguna afectación.

### **Reducción de hábitat**

Con base en los resultados de los trabajos de campo, podemos establecer que hay una transformación de la vegetación original (industria, ganadera o agrícola), quedando manchones o relictos más pequeños y aislados entre sí, cuya extensión resulta ser mucho menor a la reportada por la cartografía del INEGI. Este decremento genera una mayor presión de especies invasoras, dando como resultado una alteración en la riqueza, abundancia, dinámica de sexos, edades (entre otras variables) en las diferentes comunidades biológicas.

DAÑOS AMBIENTALES

---

Algunas áreas de vegetación reportadas como sabana actualmente corresponden al tipo de vegetación y uso de suelo denominado ganadero (IAPF).



Fotografía 8.3-1.- El uso de suelo denominado IAPF de acuerdo a la carta de INEGI.

Este tipo de vegetación reduce las áreas de cobertura vegetal que requieren los vertebrados de talla grande como el venado cola blanca, el jabalí y el ocelote entre otros mamíferos.

En parte del Área Contractual Calicanto existe interacción de las actividades ganaderas con las de la industria Petrolera (PEMEX), ya que se pueden ver instalaciones típicas como las áreas donde se ubican los pozos petroleros, sus líneas de descarga, estaciones de recolección, ductos de transporte así como los caminos de acceso a las diferentes instalaciones.



Fotografía 8.3-2.- El cambio de uso de suelo a pastizal inducido, es una clara evidencia de la pérdida de la vegetación original.

### Corredores biológicos

El nombre de “corredor biológico, corredor ecológico o corredor de conservación” se utiliza para nombrar una gran región a través de la cual las áreas protegidas existentes (parques nacionales, reservas biológicas), ó los remanentes de los ecosistemas originales mantienen su conectividad mediante actividades productivas en el paisaje intermedio que permiten el flujo de las especies. Por ejemplo, en el caso de dos áreas protegidas conectadas por una región de bosques no protegidos, el manejo sostenible del bosque permite mantener la composición y estructura del ecosistema forestal conservando la conectividad, en lugar de transformarlo en áreas de cultivo que constituirían barreras para algunas especies.

El flujo de las especies estará relacionado al grado de modificación de los ecosistemas originales, esto es, a mayor modificación menor flujo, por lo que un ambiente donde exista una continuidad de las áreas modificadas, y por lo tanto, un cambio en la estructura de los ecosistemas, obligará el desplazamiento de

DAÑOS AMBIENTALES

las especies de fauna a lugares en donde se cubran sus necesidades principales. Con base en la definición antes mencionada, dentro del Área Contractual Calicanto no se observó ningún corredor biológico, solo se observaron pequeños relictos de vegetación original, los cuales sirven de resguardo, reproducción y alimentación para la fauna silvestre.



Fotografía 8.3-3.- Relictos de vegetación observados durante transectos.

## 8.4 Registro y Descripción de pasivos ambientales (Daños preexistentes)

### 8.4.1 Primer Reporte

#### INTRODUCCIÓN

El hombre a través del tiempo se ha caracterizado por el desarrollo de nuevas tecnologías para atender sus diferentes necesidades, utilizando un alto consumo de combustibles fósiles sin importar los efectos que esto pudiera causar al medio ambiente. Este proceso de industrialización inició con la llamada Revolución Industrial en la segunda mitad del siglo XVIII y con ello el incremento en el uso de combustibles fósiles en cantidades cada vez mayores utilizando principalmente carbón, petróleo y sus derivados. Dicha situación ha resultado perjudicial desde el punto de vista ecológico, degradando la calidad biológica del planeta en sus componentes suelo, agua y aire; llevando esta situación hasta provocar alteraciones considerables, como el cambio climático. Por lo que los diferentes gobiernos del mundo (entre los que se encuentra México) han aplicado una serie de metodologías a favor de una producción más eficiente y limpia, tomando en consideración al entorno que les rodea, así mismo está la restauración de todos aquellos sitios que han sido impactados con el paso del tiempo, estableciendo reglamentos y normatividades más específicas de acuerdo al impacto generado, lo que implica un desafío y una oportunidad para mejorar y limpiar el camino hacia la eficiencia energética. Para el caso en los campos petroleros las afectaciones en el suelo van desde la exploración y explotación de pozos petroleros hasta la ocurrencia de siniestros, los cuales pueden suceder en cualquier parte del ecosistema, terrestre o acuático, que dan por resultado daños ecológicos, causando efectos nocivos en la flora y fauna. Una afectación importante sucede cuando estos siniestros dañan suelos agrícolas, provocando un perjuicio económico y social debido a la inutilización de estos suelos para la producción de cultivos o ganadería. Por un lado, la contaminación del suelo por hidrocarburos afecta la flora, fauna y microorganismos del suelo (Madigan et al., 1999), la fertilidad de los suelos, el crecimiento de las plantas, así como la existencia y sobrevivencia de los animales que se alimentan de éstas. Además, puede haber una afectación en el ámbito social que incluye los sistemas de producción, la salud, la economía y las formas de vida de las poblaciones, por efectos de estos compuestos, los cuales son tóxicos para los humanos por sus efectos mutagénicos, carcinogénicos y para los seres vivos en sus diversas formas tales como la microflora, mesofauna y fauna (Cavazos et al..., 2014).



En México existen diferentes fuentes generadoras de contaminación por hidrocarburos. Si tomamos en cuenta el volumen total de hidrocarburos que se manejan en las diferentes actividades, se tienen tres principales generadores: Petróleos Mexicanos (PEMEX), Comisión Federal de Electricidad (CFE) y Ferrocarriles Nacionales de México (FNM). Se estima que en los últimos 20 años han provocado pérdidas por más de 50 mil millones de dólares, con mayor impacto en el rubro ambiental y agrícola. Este tipo de compuestos se acumulan en ecosistemas marinos y terrestres, siendo responsables del deterioro de algunos suelos contaminados. La contaminación del suelo y el agua ha aumentado como resultado de las malas prácticas en la explotación, refinación, distribución, mantenimiento y almacenamiento de petróleo crudo y sus derivados (Cavazos-Arroyo, 2014).

La evaluación de un sitio se puede definir como la secuencia planeada y organizada de actividades llevadas a cabo para determinar la naturaleza y distribución de contaminantes sobre y debajo de la superficie del sitio que se ha identificado como potencialmente contaminado. El propósito de la evaluación de un sitio es:

- a) determinar si existe o no liberación de sustancias peligrosas al ambiente, a las personas o a las instalaciones;
- b) identificar y establecer la distribución y concentración de los contaminantes presentes. (Cecilia s.f.).

A raíz de la reforma energética en el país, se han realizado diferentes cambios en los órganos gubernamentales que anteriormente se encargaban de regular y supervisar la seguridad industrial y la protección del medio ambiente en el sector de hidrocarburos, a cargo ahora por la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA); Este órgano descentralizado de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) se encargará de diseñar normas con base en las mejores prácticas y estándares internacionales para proteger el medio ambiente de toda la cadena de valor del sector hidrocarburos en México. Todo ello a través de la emisión de los lineamientos, autorizando y supervisando los sistemas de gestión y prevención de riesgos operacionales y ambientales del sector petrolero.

## Antecedentes

El 10 de Mayo del 2016 se llevó a cabo el contrato para la extracción de hidrocarburos bajo la modalidad de Licencia CNH-R01-L03-A4/2015 entre la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH) y por la otra parte la compañía Calicanto Oil & Gas, S.A.P.I. de .C.V., se establece que el contratista deberá realizar los estudios que permitan establecer el Estudio de Línea Base Ambiental, mismo que esta supervisado por la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA).

El documento tiene como objetivo darle cumplimiento a los lineamientos solicitados en el documento resolutivo No. ASEA/UGI/DGGEERC/0694/2016 con fecha del 11 de julio de 2016, emitido por la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA), Resuelve Cuarto, en el que se da la Aceptación de la Propuesta de la Metodología para la elaboración del Estudio de Línea Base Ambiental del Área Contractual 4 Campo Calicanto. En dicha propuesta se establecieron los trabajos para la evaluación de las condiciones del Área Contractual 4 Campo Calicanto cercano al municipio de Huimanguillo, ubicado al Oeste del estado de Tabasco.

En términos generales, la metodología aceptada por la ASEA establece la forma en que se realizará la investigación que presenta el Área Contractual 4 Campo Calicanto. En primera instancia se realizó la revisión de toda la información generada durante la evaluación documental de las fuentes bibliográficas específicas del sitio y junto con la visita en campo, el Área Contractual 4 Campo Calicanto, se colectaron y analizaron los datos en suelo, agua superficial y subterránea, sedimentos y aire. Para posteriormente desarrollar los planes de trabajo de la aplicación de los métodos indirectos y de esta manera poder finalmente establecer un plan de muestreo que sea representativo del Área Contractual Calicanto.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Comprobar la investigación histórica y entrevistas a los propietarios con los recorridos en campo en el Área Contractual 4 Campo Calicanto, para identificar los sitios potencialmente contaminados.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Presentar los criterios o indicios que nos permitan identificar los sitios potencialmente contaminados, ocasionados por las actividades desarrolladas dentro del Área Contractual Calicanto.
- Integrar la información de la investigación histórica (bibliográfica) y de las entrevistas a los propietarios (investigación narrativa) que permita delimitar el área potencialmente contaminada.
- Presentar la propuesta de métodos indirectos más adecuados que se deben aplicar para confirmar la presencia de contaminantes en los sitios potencialmente contaminados.
- Clasificar los daños visuales en los recorridos e inspecciones dentro del Área Contractual 4 Campo Calicanto y las zonas aledañas presentes en los diferentes componentes (agua, suelo y aire).
- Identificar la posible presencia de daños preexistentes por otros contaminantes ajenos a la actividad petrolera con base en la revisión histórica y/o actividades aledañas al Área Contractual Calicanto.
- Presentar el árbol de toma de decisiones que muestre la metodología empleada (investigación histórica, recorridos e inspecciones en campo) para la identificación de daños preexistentes.

## **Metodología**

### **Descripción de los trabajos**

Para la identificación de daños preexistentes en el Área Contractual 4 Campo Calicanto, la metodología empleada se dividirá en dos fases, la primera en la investigación histórica que comprenderá consultas ante la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH) para obtener los vértices del polígono oficial del Área

Contractual 4 Campo Calicanto y el listado de la infraestructura existente, dependencias gubernamentales (actas de inspección, denuncias, gravámenes, entre otros), referencias bibliográficas referentes al Área Contractual 4 Campo Calicanto, noticias de impactos al ambiente dentro y fuera del área (en el paso de los años), revisión histórica de imágenes satelitales y entrevistas de los propietarios de los predios donde se ubica el campo, tomando en cuenta planos oficiales de INEGI, CONAGUA, SEMARNAT, en los cuales se obtendrán pendientes naturales, cuerpos de agua cercanos, uso de suelo, necesarios para llevar a cabo inspecciones programadas en campo y que de tener información específica de impactos al ambiente, se podrá tener un primer acercamiento del grado de contaminación del sitio investigado; la segunda fase se enfocará en confirmar e inspeccionar toda aquella información recopilada referente a pasivos ambientales y además se tomará en cuenta toda la infraestructura presente en el campo para realizar recorridos e inspecciones en la búsqueda de indicios característicos de áreas contaminadas, que de ser encontradas serán catalogadas como áreas potencialmente contaminadas. Una vez conjuntando los resultados de toda esta investigación e inspección se podrán definir aquellas áreas a las que se les propondrá un estudio más a detalle por métodos indirectos.

De acuerdo a lo descrito anteriormente se comienza con la información histórica, a la que se le realizará el proceso sistemático de análisis de la información, mapas, documentos existentes, proporcionados por individuos pertenecientes al sitio y tomados de archivos para determinar la probable naturaleza y localización de la contaminación. Esta fase no involucrará muestreo ni análisis, las principales actividades que incluyen esta fase son:

- Análisis de la historia del terreno a través de fotografías y mapas.
- Descripción detallada de la actividad en el sitio, procesos, productos, subproductos y residuos.
- Conocimiento de actividades previas a través de registros de las dependencias gubernamentales (CONAGUA, PROFEPA, SEMARNAT).
- Realizar entrevistas a los propietarios de los predios, población, al sector que se esté desarrollando en el área (agrícola, ganadero, forestal) y con autoridades correspondientes al Área Contractual Calicanto.
- Visitas al sitio para conocer la topografía, condiciones y principales rasgos antropogénicos.

- Establecer la geología del sitio a partir de mapas geológicos.
- Revisión de la información sobre hidrología del área y localización de los acuíferos.
- Obtener datos meteorológicos de fuentes oficiales.
- Localizar infraestructuras dentro del Área Contractual Calicanto.
- Recopilar información sobre suministros de agua.
- Ubicar centros de población cercanos.
- Ubicar cuerpos de agua naturales, pozos, áreas pantanosas, depresiones en el terreno y presas.
- Detectar manchas, lugares con aceite, olores, vapores, colores y presencia de algún contaminante.
- Conocer las operaciones desarrolladas en el sitio para definir la naturaleza de la potencial contaminación, los contaminantes, las distintas rutas, vías de exposición y los efectos adversos observados en el ambiente.

La información que se espera encontrar se clasificará de la siguiente manera:

### **Imágenes históricas satelitales**

Son evidencias observadas mediante el análisis de imágenes satelitales de años anteriores que den testimonio de los usos anteriores del sitio. Con el uso de la herramienta Google Earth Pro se obtendrán las imágenes históricas del Área Contractual Calicanto, las cuales serán procesadas en un sistema de información geográfico (ArcGIS versión 10.3). Con este software se realizará un mosaico de imágenes a partir de una cuadrícula, la cual se genera mediante la herramienta "Create Fishnet", esta herramienta permite seccionar el área de estudio en cuadrantes topográficos con una área de 575 has cada uno.

Una vez obtenidas las imágenes se procederá a una configuración multiespectral de bandas, con la cual se definirá a través de texturas y colorimetrías los cuerpos de agua, ausencia de coberturas vegetales, así como zonas impactadas por hidrocarburo, definiendo cuales serán objeto de estudio en una inspección de campo.

Mediante el análisis de imágenes satelitales también se detectarán caminos de acceso, asentamientos humanos, uso de suelo, infraestructura ajena a la petrolera dentro y fuera del Área Contractual 4 Campo

Calicanto, así como los cuerpos de agua dentro del área y en zonas aledañas a esta, siendo los cuerpos de agua un objetivo a inspeccionar en campo con la finalidad de reconocer algún posible impacto generado en el área. En el caso de las estructuras principalmente se buscará identificar todas aquellas relacionadas con el ámbito petrolero como lo son pozos, baterías, trampas de diablos, estaciones y derechos de vía, esta información aunada a los caminos de acceso nos servirá para definir la logística de los recorridos e inspecciones en búsqueda de indicios que nos confirmen la presencia de sitios potencialmente contaminados.

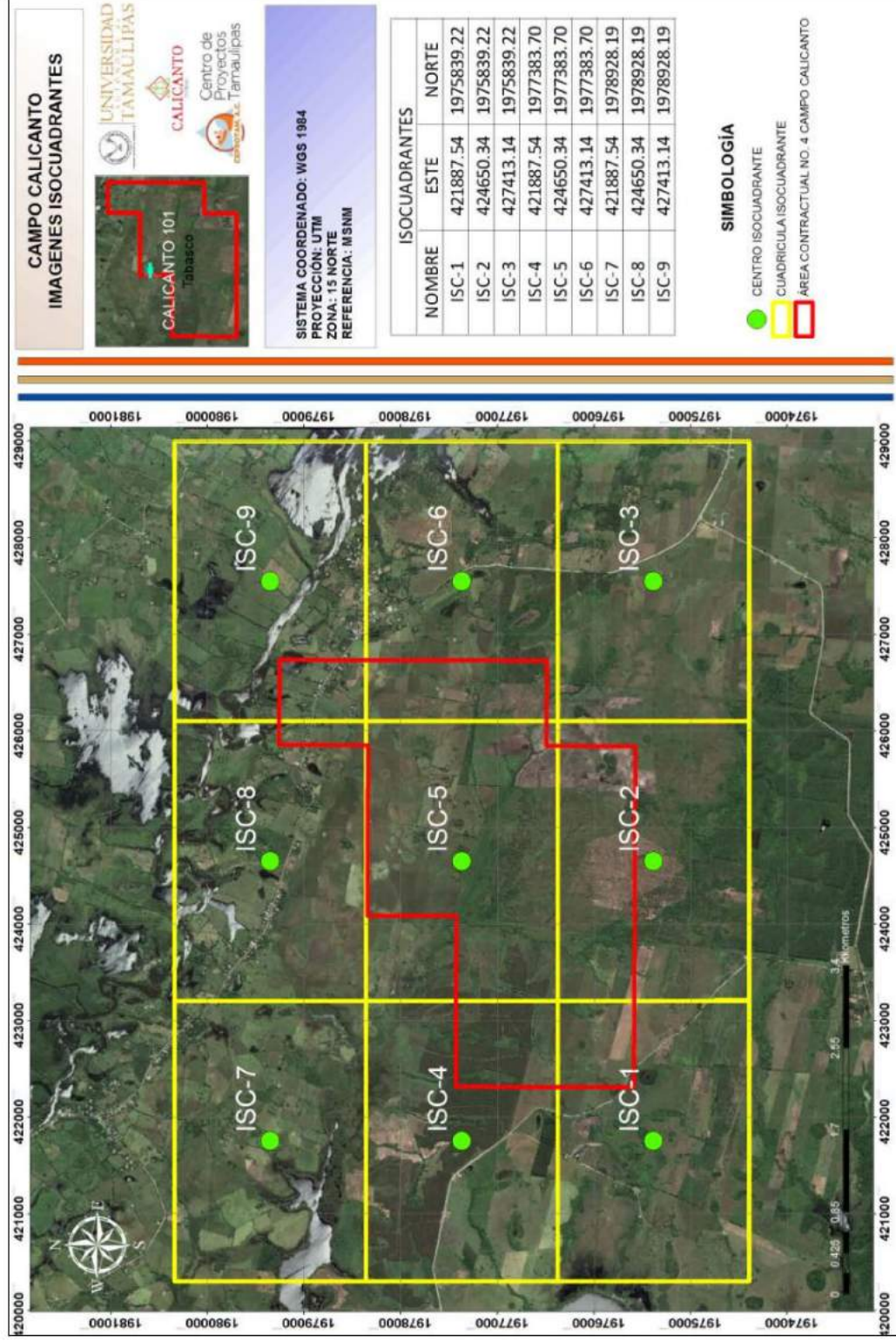
### **Solicitud de información histórica**

Previo a los recorridos en campo se llevará a cabo la recopilación y análisis de toda la información ambiental, sectorial y social disponible por fuentes oficiales referentes al Área Contractual 4 Campo Calicanto y sus alrededores. Además se buscará ante instancias gubernamentales, estatales y municipales como, CONAGUA, PROFEPA, SEMARNAT, así como la Dirección de Protección Civil, Dirección de Obras Públicas, Dirección de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del ayuntamiento de Huimanguillo, Tabasco; donde se realizará la solicitud de manera escrita de toda aquella información referente a pasivos ambientales provenientes de las actividades petroleras y no petroleras realizadas en la zona, siendo ésta información la de mayor importancia y relevancia para éste primer informe de daños preexistentes.

El oficio deberá contener la siguiente información:

- Destinatario con su cargo y dependencia a la que pertenece.
- Características generales de los contratos entre Calicanto Oil & Gas, S.A.P.I. de .C.V., – Universidad Autónoma de Tamaulipas y Calicanto Oil & Gas, S.A.P.I. de .C.V., – CNH.
- Objetivo a cumplir con este oficio.
- Descripción de la información solicitada.
- Mapa de la ubicación del Área Contractual 4 Campo Calicanto.
- Firma del Residente del Apartado de Daños Preexistentes.

**PASIVOS AMBIENTALES**



**Figura 8.4.1-1.-** Cuadrantes en los que fue dividida el Área Contractual 4 Campo Calicanto para su análisis histórico.

Elaborada por la Universidad Autónoma de Tamaulipas y Centro de Proyectos Tamaulipas A.C.

En caso de no contar con respuesta de los oficios entregados a las diferentes instancias visitadas, se procederá a realizar los recorridos e inspecciones de acuerdo a lo marcado en el árbol de toma de decisiones (Figura 8.4.1-3). La información sectorial anteriormente mencionada nos servirá para conocer que otras actividades se han desarrollado dentro y fuera del Área Contractual 4 Campo Calicanto y que podrían ser indicadores de fuentes de contaminaciones ajenas a la actividad petrolera que se realiza en el campo.

### **Información recopilada de fuentes bibliográficas**

Se recopilará la información histórica en fuentes oficiales como la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH) a través de su página de internet esperando obtener datos precisos de los vértices que componen el polígono del Área Contractual 4 Campo Calicanto, así como su infraestructura existente con sus coordenadas correspondientes, además se tiene como objetivo conocer el año en el que se perforaron los pozos, para poder inferir el método de perforación y los materiales utilizados.

Dentro de las fuentes oficiales bibliográficas se espera obtener lo siguiente:

- Mapas topográficos. Distancia al cuerpo de agua superficial más cercano, tipos de cuerpos de agua superficial, direcciones de los flujos de agua superficial.
- Geología. Naturaleza y propiedades de los materiales geológicos ubicados entre la superficie y relieve.
- Mapas hidrogeológicos. Unidades acuíferas presentes en el sitio, parámetros hidráulicos de los acuíferos, naturaleza y propiedades de los materiales geológicos ubicados entre la superficie y las unidades acuíferas, nivel estático y uso del agua subterránea.
- Mapas de suelos. Tipos y capacidades de uso de suelo.
- Catastro de Derechos de Agua. Pozos privados y municipales, población a la que abastecen, niveles estáticos, estratigráfica.
- Mapas climatológicos. Precipitaciones, temperatura, evapotranspiración.
- Población. Población residente en los alrededores del sitio.



Con esta información obtendremos datos relevantes para la toma de decisiones sobre los recorridos, además, adelantar los posibles escenarios que se presentan en el sitio, en caso de presentar algún derrame de contaminante en el subsuelo ya que, los niveles freáticos, tipos de suelo, geología, lluvias y evapotranspiración son datos valiosos para considerar si es posible o no que un contaminante haya impactado en el subsuelo a mayores profundidades, de encontrarse solo de manera superficial puede ser transportado por corrientes de agua que aumentan su capacidad de dispersión, sin dejar de observar las pendientes topográficas y cuerpos de agua (ajenos a la actividad) que sirven para uso agrícola, pecuarios o humano que pudieron ser impactados por las condiciones fisiográficas del lugar.

Tabla 8.4.1-1.- Formato de llenado de antecedentes analizados.

Información de la zona	Fuente	Información a obtener	Resultado de la investigación
Antecedente Área Contractual 4 Campo Calicanto	CNH	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fecha de conclusión de construcción del pozo.</li> <li>Profundidad.</li> </ul>	
Topográficos	INEGI Servicio Geológico Mexicano	<ul style="list-style-type: none"> <li>Distancia al cuerpo de agua superficial más cercano.</li> <li>Tipos de cuerpos de agua superficial.</li> <li>Direcciones de los flujos de agua superficial.</li> </ul>	
Mapas geológicos	INEGI Servicio Geológico Mexicano	<ul style="list-style-type: none"> <li>Naturaleza y propiedades de los materiales geológicos ubicados entre la superficie y relieve.</li> </ul>	
Mapas hidrogeológicos	INEGI	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unidades acuíferas presentes en el sitio.</li> <li>Parámetros hidráulicos de los acuíferos.</li> <li>Naturaleza y propiedades de los materiales geológicos ubicados entre la superficie y las unidades acuíferas.</li> <li>Nivel estático.</li> <li>Uso del agua subterránea.</li> </ul>	
Mapas de suelos	INEGI	Tipos y capacidad de uso de suelo.	
Catastro de Derechos de Agua	CONAGUA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pozos privados y municipales.</li> <li>Población a la que abastecen.</li> <li>Niveles estáticos, estratigrafía.</li> </ul>	
Mapas climatológicos	CONAGUA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Precipitaciones.</li> <li>Temperatura.</li> <li>Evapotranspiración.</li> </ul>	
Población	INEGI	• Población residente en los alrededores del sitio.	
Entrevistas	██████████	• Predio donde se encuentra el pozo Calicanto 101.	

Continuación Tabla 8.4.1-1

Información de la zona	Fuente	Información a obtener	Resultado de la investigación
Imágenes Satelitales	Google Earth Pro 2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ubicación de instalaciones de pozos presentes en el inventario de CNH, localización de caminos de acceso a instalaciones, derechos de vía, infraestructura petrolera dentro del Área Contractual 4 Campo Calicanto y en áreas cercanas, poblaciones cercanas a instalaciones petroleras.</li> <li>Ubicación de cuerpos de agua cercanos, radio de influencia de las instalaciones petroleras, relieves topográficos, posibles flujos de escurrimientos por lluvias, receptores lacustres.</li> <li>Cambios en el paisaje, vegetación, cambios en la estructura topográfica, posibles rellenos o cambios de material.</li> <li>De las poblaciones áreas cercanas de influencia, posibles afectaciones por los asentamientos urbanos. En comparativas con imágenes de años anteriores, posibles áreas inundadas, sequías, construcciones recientes.</li> </ul>	
Solicitudes de información de las instalaciones gubernamentales	PROFEPA, CONAGUA Ayuntamiento de Huimanguillo, Dirección de Protección Civil Dirección de Obras Públicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Antecedentes de pasivos ambientales</li> <li>Demandas</li> <li>Inspecciones</li> <li>Impacto al ambiente</li> </ul>	

### Entrevistas a los propietarios

El objetivo será recopilar información a través de encuestas ( Figura 8.4.1-2) sobre las áreas donde posiblemente ocurrió un impacto al suelo y/o agua, proveniente de la actividad petrolera que se realiza en el Área Contractual 4 Campo Calicanto, identificando zonas posiblemente contaminadas cercanas a la infraestructura petrolera del campo así como también aquellas zonas impactadas que no tengan relación alguna con la infraestructura anteriormente mencionada. La información obtenida a partir de estas encuestas se considerará como posibles sitios potencialmente contaminados debido a que se tiene un testimonio directo del potencial del impacto realizado al ambiente y automáticamente será objeto de estudio por métodos indirectos.

La encuesta constará de 3 apartados los cuales se describen a continuación:

- Apartado 1.- Datos del encuestador, esta sección se refiere principalmente a aquella información que le corresponde llenar a la persona que elabora la entrevista, en este caso personal de la brigada de daños preexistentes de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, así como, nombre del área contractual, municipio, localidad, hora, fecha y estado.
- Apartado 2.- Generalidades, en este apartado se consideran datos importantes al encuestado como la localización del evento, el nombre del encuestado, el nombre del predio, uso de suelo predominante en su predio, dimensiones aproximadas del predio, instalaciones presentes en caso de existir y número de eventos registrados dentro del predio.
- Apartado 3.- Eventos históricos, la finalidad de este apartado es recopilar de viva voz de los propietarios cada evento suscitado en su predio, de manera específica para cada evento se obtendrán datos como fecha del evento, dimensiones del evento, partes involucradas, si fue atendido o no, si existió alguna extracción del material, causas del evento, tiempo aproximado de atención y descripción de los hechos.

Una vez analizada toda esta información se programará la segunda etapa de esta metodología, realizando los recorridos de acuerdo a la facilidad de accesos, caminos, factibilidad del terreno, condiciones climáticas y daños preexistentes localizados. La información analizada se presentará de acuerdo a la Tabla 8.4.1-1 en la cual deberán considerarse el tipo de documento reportado, la información relevante del mismo, su aplicación al Área Contractual 4 Campo Calicanto y la fuente de información.


 <b>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TAMAULIPAS</b>		Universidad Autónoma de Tamaulipas Secretaría Técnica CEPROTAM		Secretaría Técnica
<b>Formato de Entrevista a propietarios para Eventos Históricos</b>				
Supervisor de Campo: _____		Hora: _____		
Campo: _____		Fecha: _____		
Municipio: _____		Estado: _____		
Localidad: _____				
GENERALIDADES	1.01	Localización		
	1.02	Nombre de Propietario		
	1.03	Nombre de Propiedad		
	1.04	Uso de Suelo		
	1.05	Dimensiones del predio		
	1.06	Instalaciones presentes		
EVENTOS HISTÓRICOS	2.01	Fecha del evento		
	2.02	Dimensiones del evento		
	2.03	Partes involucradas		
	2.04	Fue atendido?		
	2.05	Fue extraído el material?		
	2.06	Tiempo aproximado de la atención		
	2.07	Descripción de hechos		
EVENTOS HISTÓRICOS	3.01	Fecha del evento		
	3.02	Dimensiones del evento		
	3.03	Partes involucradas		
	3.04	Fue atendido?		
	3.05	Fue extraído el material?		
	3.06	Tiempo aproximado de la atención		
	3.07	Descripción de hechos		

Figura 8.4.1-2.- Formato de entrevista a pobladores cercanos al Área Contractual 4 Campo Calicanto.

### Recorridos en campo

De acuerdo a la información proporcionada por parte de la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH), el Área Contractual 4 Campo Calicanto es de 10.6 km<sup>2</sup> y está conformada por el pozo Calicanto 101, del cual se extrae aceite negro y gas.

**Tabla 8.4.1-2.-** Especificaciones generales del Área Contractual 4 Campo Calicanto.

Área Contractual	Campo/Polígono	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
4	Calicanto	1	93° 44' 00"	17° 52' 00"
		2	93° 44' 00"	17° 53' 00"
		3	93° 43' 00"	17° 53' 00"
		4	93° 43' 00"	17° 53' 30"
		5	93° 42' 00"	17° 53' 30"
		6	93° 42' 00"	17° 54' 00"
		7	93° 41' 30"	17° 54' 00"
		8	93° 41' 30"	17° 52' 30"
		9	93° 42' 00"	17° 52' 30"
		10	93° 42' 00"	17° 52' 00"

Fuente: Contrato para la extracción de hidrocarburo bajo la modalidad de Licencia CNH-R01-L03-A4/2015.

El reconocimiento de los alrededores del sitio incluirá el levantamiento de información en el perímetro del sitio y de las propiedades vecinas. Los principales objetivos de este levantamiento de información son los siguientes:

- Verificar la existencia de posibles fuentes de contaminación cercanas al sitio proveniente de las encuestas, de la información recopilada ante autoridades y del análisis de imágenes satelitales donde se ubican infraestructuras, caminos, así como posibles zonas potencialmente contaminadas.
- Reunir información adicional respecto de la ruta que sigue la escorrentía superficial desde el sitio hasta el cuerpo de agua más cercano.
- Identificar los usos del suelo en los alrededores del sitio

En los recorridos se identificarán posibles fuentes de contaminación externas al sitio, tratando de determinar la extensión aproximada del impacto. Un ejemplo sería la existencia de contenedores de combustibles en mal estado; también se identificará cualquier evidencia de migración de contaminantes desde la fuente hacia el sitio o viceversa, signos de una eventual migración que puedan manifestarse como falta de vegetación, presencia de manchas en el suelo o descargas a un cuerpo de agua superficial. Deberán documentarse todos los indicios, tomar las coordenadas en UTM de las fuentes de contaminación y realizar la memoria fotográfica correspondiente. En caso de detectar una contaminación asociada a un escurrimiento de agua superficial, se realizará el recorrido de la ruta que sigue el escurrimiento, desde el sitio hasta el cuerpo de agua más cercano, para identificar los indicios de una posible migración de la contaminación a lo largo de esta ruta. Las principales características de los indicios o señales que ayudan a clasificar a un sitio como potencialmente contaminado se encuentran relacionadas con el aprovechamiento del Área Contractual 4 Campo Calicanto, donde en particular, se buscan impactos generados por la actividad petrolera (extracción de aceite y gas). Los principales indicios que se buscarán en los componentes naturales que integran el medio son:

- **Suelo.-** Los indicios que se podrían encontrar en este componente, se identificarán de manera visual o sensorialmente. De manera visual se buscará detectar la presencia del contaminante por la alteración en el color, apariencia, presencia de manchas superficiales, afectación a la vegetación (quemada, muerta o irregular en el paisaje), cambios en el tipo de suelo y topografía natural del terreno a consecuencia del posible movimiento de material (acumulación de material, excavaciones, reparaciones en derecho de vía, cualquier maniobra que implique el movimiento de materiales). En el caso de los indicios sensoriales se incluyen el olor (detectando cualquier olor extraño) y la textura (la presencia de cualquier sustancia que la modifique, principalmente aceitosa).
- **Agua.-** Se puede sospechar la posible contaminación de agua, cuando se detecta visualmente precipitados de óxidos (apariencia rojiza y/o blancuzca), manchas de grasa, iridiscencia, turbidez, olor, sensación aceitosa y colores ajenos a las características normales del agua, además de que la vegetación alrededor del cuerpo de agua podría encontrarse quemada y/o manchada; también

es muy importante observar si se presentan organismos acuáticos muertos dentro y fuera del agua, como por ejemplo peces, anfibios, reptiles e inclusive aves.

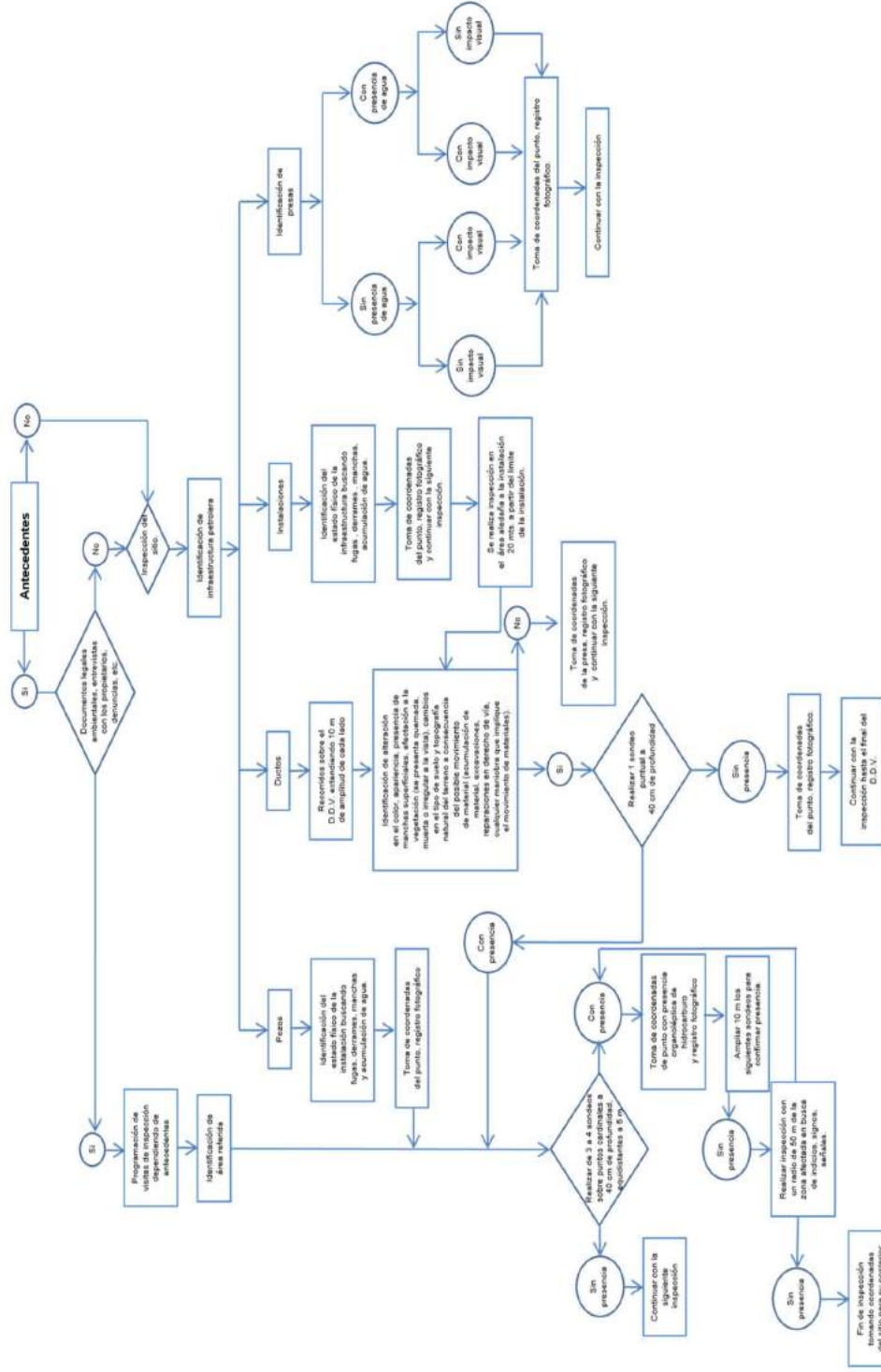
- **Aire.-** Se realizará la búsqueda de la emanación de gases provenientes de las actividades que se realizan dentro del Área Contractual 4 Campo Calicanto en el subsuelo principalmente, detectadas de primera instancia por el cambio de olor característico de la zona.

La presencia de cualquiera de estos indicios en los componentes anteriormente mencionados, señalan que deberá considerarse esta zona como un sitio potencialmente contaminado, el cual deberá ser investigado con los métodos indirectos de acuerdo con la metodología aprobada por la ASEA.

La identificación de los indicios o señales en cada uno de los componentes que se encuentran en el Área Contractual 4 Campo Calicanto, el conocimiento del tipo de infraestructura que se presenta en el área, los recorridos en campo y la información documental obtenida son fases que se integran en el Árbol de Toma Decisiones (ATD) para la inspección del Área Contractual 4 Campo Calicanto y de áreas aledañas con la finalidad de definir los sitios potencialmente contaminados. A continuación se presenta el ATD que aplica para este proyecto (Figura 8.4.1-3).

Con base al inventario proporcionado por parte de la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH) y corroborado mediante imágenes satelitales, se ubicará previamente la infraestructura petrolera del Área Contractual 4 Campo Calicanto, así como sus accesos; con esta información se programarán los diferentes recorridos dentro del área. A continuación se describe la metodología del recorrido en cada una de las infraestructuras y escenarios que se puedan presentar en el Área Contractual 4 Campo Calicanto cumpliendo con los lineamientos de seguridad correspondientes.

**PASIVOS AMBIENTALES**



**Figura 8.4.1-3.-** Árbol de toma de decisiones para los recorridos.



### Recorridos en pozo

Retomando experiencias de estudios anteriores similares al que nos ocupa, el personal de la Universidad Autónoma de Tamaulipas para estos casos, procederá a realizar la ubicación física del pozo mediante un equipo GPS, tomando como referencia las coordenadas proporcionadas por la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH).

Una vez identificado el árbol de válvulas, se procederá a realizar de 3 a 4 sondeos sobre los puntos cardinales a 0.40 m de profundidad, equidistantes a 5.00 m, con la finalidad de identificar una posible área de afectación por hidrocarburo infiriendo que en un radio menor a 5.00 m la fuga o escurrimiento propio de la operación del pozo sería de manera puntual, es decir alrededor del árbol de válvulas, sin embargo en fugas o derrames mayores a un radio de influencia de 5.00 m, se pudiera considerar una falla en el pozo que impactaría un área considerable y pudiese existir una migración vertical y horizontal del contaminante, debido a una mayor cantidad derramada; en caso de contar con presencia que se pueda captar de manera organoléptica de hidrocarburo en algún sondeo, se tomarán las coordenadas del punto y se realizará un registro fotográfico, posteriormente se procederá a ampliar los puntos de sondeo a 10.00 m (con respecto del que presenta indicios) para confirmar presencia o ausencia en un área mayor, repitiendo esta operación hasta no encontrar indicios en los sondeos.

En caso de ausencia de indicios, se realizará una inspección con un radio mínimo de 50.00 m. a partir del último sondeo que presente indicios de contaminantes (zona afectada), esto con la finalidad de llevar a cabo un recorrido más amplio en las áreas aledañas a la zona afectada, ya que en condiciones de lluvias, inundaciones, erosiones y calor extremo, promueven una migración acelerada de los contaminantes, pudiendo no ser continua sobre la horizontal, sin descartar el hecho de que se pudieron dar actividades de atención a los derrames de manera no controlada, removiendo el material impactado hacia la periferia y rellenando con material limpio. De no encontrar indicios de posible afectación se dará por concluida la inspección y se continúa con el siguiente recorrido.



Fotografía 8.4.1-1.- Inspección en el contrapozo inundado.



Fotografía 8.4.1-2.- Inspección en los alrededores del pozo Calicanto 101.

### **Recorridos en áreas aledañas al cuadro de maniobras (posibles presas de perforación)**

De manera independiente, la presencia o ausencia de indicios que pudieran delimitar zonas potencialmente contaminadas cercanas al área del árbol de válvulas, se continuará la inspección en las áreas aledañas al cuadro de maniobras, en busca de indicios y posibles presas relacionadas con la actividad de la perforación de pozos. Una vez identificada y delimitada alguna presa, se procederá a realizar una evaluación visual de las condiciones actuales de la presa, cumpliendo de esta manera el procedimiento del árbol de toma de decisiones para los recorridos.

En el caso de las posibles presas de perforación, el árbol de toma de decisiones propuesto por la Universidad Autónoma de Tamaulipas, muestra dos procedimientos, siendo el primero el de identificar si la presa se encuentra o no con presencia de agua, en caso de ser afirmativo, se procederá a realizar una inspección de las condiciones en las que se encuentra el agua buscando indicios de contaminantes como precipitados de óxidos (aparición rojiza y/o blancuzca), manchas de grasa, iridiscencia, turbidez, olor, sensación aceitosa y colores ajenos a las características normales del agua, además de que la vegetación alrededor del cuerpo de agua podría encontrarse quemada y/o manchada, también es muy importante observar si se presentan organismos acuáticos muertos dentro y fuera del agua, como por ejemplo peces, anfibios, reptiles e inclusive aves; en caso de presentarse estos indicios se procede a registrar la presa catalogándola como “con agua con impacto visual”, en dado caso de no presentar indicios se catalogará como “agua sin impacto visual”, sin embargo en cualquiera de los dos casos será necesario realizar el registro de la posible presa de perforación tomando las coordenadas correspondientes así como la evidencia fotográfica de la misma ya que, será considerada dentro de los sitios potencialmente contaminados.

En el caso de que la presa no contenga agua se realizará una inspección dentro de la misma en busca de indicios de contaminantes; sea o no el caso, se tomarán las coordenadas del punto y se realizará un registro fotográfico, catalogándolo en caso de presentar algún indicio como “sin agua con impacto visual”, caso contrario se catalogaría como “sin agua sin impacto visual”, cabe resaltar que el solo hecho de presentar una posible presa de perforación será objeto de estudio como sitio potencialmente contaminado.

PASIVOS AMBIENTALES



Fotografía 8.4.1-3.- Sondeo de inspección en Presas de perforación o quema.



Fotografía 8.4.1-4.- Recorrido de Inspección en presa de perforación o quema.

### **Recorridos sobre el Derecho de Vía**

Una vez terminada la inspección en el área operativa del pozo se realizará el recorrido sobre el ducto abarcando toda el área del derecho de vía, éstos se identificarán mediante postes tipo “R” de color naranja y señalamientos, los cuales salen del cuadro de maniobras y llegan a la estación o instalación de baterías que se encuentren en el área.

Los trayectos a realizar contemplarán el ancho del derecho de vía y la periferia del mismo con una amplitud de 10 m por cada lado a partir del límite lateral del derecho de vía; el personal empleado en esta actividad, a diferencia de las pasadas donde una sola persona podía efectuar la inspección, será mínimo de dos personas (cada una abarcando la misma área en lados opuestos al derecho de vía tomando a éste como punto medio) en busca de indicios principalmente en el suelo como la alteración en el color, apariencia, presencia de manchas superficiales, afectación a la vegetación (se presenta quemada, muerta o irregular en el paisaje), cambios en el tipo de suelo y topografía natural del terreno a consecuencia del posible movimiento de material (acumulación de material, excavaciones, reparaciones en derecho de vía, cualquier maniobra que implique el movimiento de materiales), situación que es muy común debido a las fugas por falla mecánica que se presentan en las tuberías.

En aquellos puntos donde se perciba algún indicio se realizará un sondeo puntual hasta la profundidad de 0.40 m, en el caso de que en este sondeo se confirme la presencia de algún indicio se ampliará el área de sondeo a 5.00 m. a partir del sondeo anterior, ejecutándose 4 sondeos de manera equidistante. En el caso de no encontrarse material impactado se procederá a ampliar el área de recorrido a 50.00 m de distancia del sondeo anterior, y si no se encuentran indicios de material impactado se procederá a continuar con el recorrido sobre el derecho de vía.

### **Recorridos a instalaciones (cabezales, trampas de diablos, estaciones)**

Posterior a los recorridos en el derecho de vía se realizará una inspección en las estaciones que se encuentren dentro o fuera del Área Contractual 4 Campo Calicanto, en las instalaciones donde converja la

línea de descarga y/o los pozos pertenecientes al Área Contractual 4 Campo Calicanto, para este caso se procederá a realizar la identificación del estado físico de la infraestructura en busca de señales o indicios de contaminación, o sea fugas, manchas, derrames o acumulación de agua aceitosa; la primer medida a realizar será el registro de la instalación, catalogándola de acuerdo a su función y se realizará la toma de coordenadas así como registro fotográfico.

Posterior al registro y delimitación del área de la instalación, se procederá a realizar una inspección en el perímetro de la instalación, con un radio de influencia de aproximadamente 20.00 m en búsqueda de indicios, en caso de encontrarse alguna señal de contaminante se procederá a realizar un sondeo a 0.40 m de profundidad, en caso de encontrarse en el material indicios de un posible contaminante, se registran las coordenadas mediante GPS así como evidencia fotográfica y se procederá a ampliar el área ejecutándose 4 sondeos de manera cardinal a una distancia de 10.00 m a partir del primer punto de sondeo, si se encuentran nuevamente indicios de contaminación, se toman coordenadas, el registro fotográfico del sondeo y se repetirá el paso anterior, una vez no encontrado algún indicio se realiza una ampliación en el área de inspección a una distancia de 50.00 m del punto anterior, si nuevamente existen indicios de material impactado se repetirá la ampliación de los puntos de sondeo. En el caso de que en la inspección no se observen signos de material impactado se continuará con los recorridos.

PASIVOS AMBIENTALES



Fotografía 8.4.1-5.- Estación de PEMEX que se encuentra fuera del Área Contractual 4 Campo Calicanto.



Fotografía 8.4.1-6.- Inspección en los alrededores del pozo Calicanto 101.

### Recorrido de inspección de antecedentes

De acuerdo a la información colectada por las entrevistas de campo y por la documentación legal emitida por parte de las instancias que fueron visitadas realizando la solicitud de antecedentes en pasivos ambientales en el Área Contractual 4 Campo Calicanto, se procederá a realizar visitas de inspección en las áreas referidas por los entrevistados y la documentación recopilada, éstos sitios automáticamente serán catalogados como sitios potencialmente contaminados, ya que en este caso se cuenta con un soporte que avala la presencia de un contaminante en tiempos pasados.

En estos sitios se realizará la inspección visual del entorno en búsqueda de indicios, así como la ejecución de 3 a 4 sondeos con orientación de acuerdo a los puntos cardinales, tomando como centro el punto indicado y ejecutándolos a una profundidad de 0.40 m, equidistantes entre sí a 5.00 m. En estos sondeos, en dado caso de que se perciba organolépticamente la presencia de algún contaminante (principalmente hidrocarburo) procede a ampliar la inspección, separando los siguientes sondeos a 10.00 m con respecto a los iniciales para confirmar presencia de contaminante y así sucesivamente hasta que deje de presentarse algún indicio; de obtener resultados negativos en cuanto a la presencia de algún contaminante se ampliará el radio de inspección a 50.00 m a partir del punto referido, esto con la finalidad de llevar a cabo un recorrido más amplio en las áreas aledañas a la zona registrada, debido a que en condiciones de lluvias, inundaciones, erosiones y calor extremo, promueven una migración acelerada de los contaminantes, pudiendo no ser continua sobre la horizontal, sin descartar el hecho de que se pudieron dar actividades de atención a los derrames de manera no controlada, removiendo el material impactado hacia la periferia y rellenando con material limpio. En los sondeos en los cuales se registra la presencia de indicios de contaminante se tomará coordenadas UTM y se realizará el registro fotográfico.





Fotografía 8.4.1-7.- Recorrido en zona de evento mencionado por el propietario.



Fotografía 8.4.1-8.- Recorrido en zona de evento mencionado por el propietario.

### Recorridos en el área contractual y zonas aledañas

De acuerdo a la investigación documental del sitio, las imágenes satelitales y los planos del área, se ubicarán aquellas zonas colindantes al Área Contractual 4 Campo Calicanto, que de acuerdo al uso de suelo (asentamientos urbanos, pantanos, agrícolas) tipo de actividad económica (industrial, agropecuaria, agrícola, forestal, etc.), topografía, se programarán una serie de recorridos o transectos definidos también por condiciones de accesos de diferentes puntos hacia el campo considerando estas zonas como importantes para su inspección debido a que pudo haber existido depósitos de residuos, producto de la presencia de actividades económicas cercanas al Área Contractual 4 Campo Calicanto.

En los recorridos se realizará una evaluación visual en dichas áreas, específicamente se realizará la búsqueda de indicios de contaminación que en este caso se pudieran catalogar como fuentes externas. En aquellos casos donde se detecta afectación, se tomará el registro de campo, coordenadas geodésicas y evidencia fotográficas.

En el caso de que exista en el área un desnivel topográfico de consideración y que el flujo de escurrimientos de agua vaya en dirección al Área Contractual 4 Campo Calicanto, se dará un mayor énfasis en la identificación de cualquier actividad que pudiese generar alguna contaminación afectando de manera indirecta las zonas del Área Contractual 4 Campo Calicanto.



Fotografía 8.4.1-9.- Recorridos de inspección en las zonas dentro del Área Contractual 4 Campo Calicanto.



Fotografía 8.4.1-10.- Inspección en zonas de interés dentro del Área Contractual 4 Campo Calicanto.

## Resultados

### Imágenes históricas satelitales

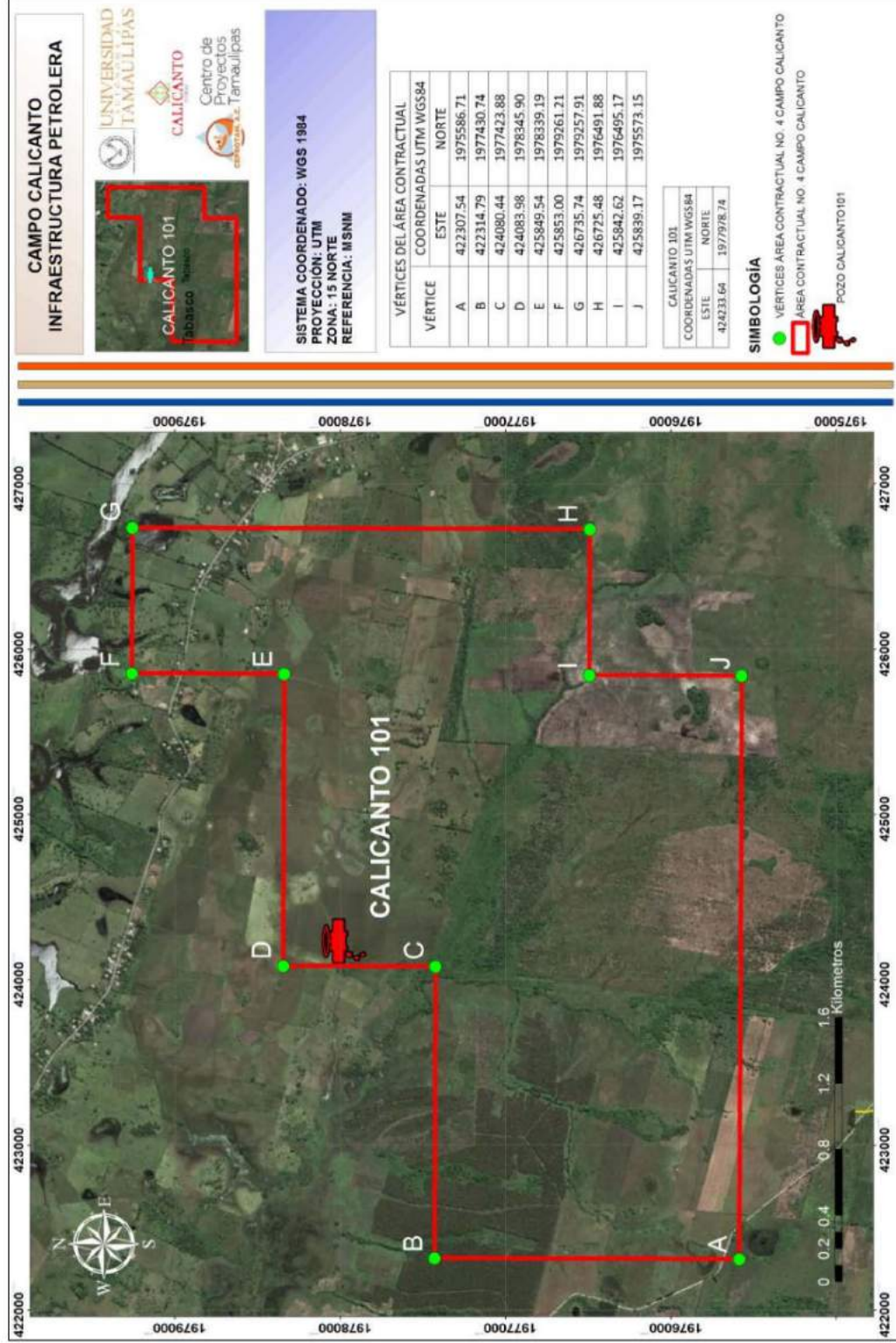
El Área Contractual 4 Campo Calicanto cuenta con un área de 1,057.5 has. Se encuentra cercano al poblado San Francisco perteneciente al municipio de Huimanguillo en el estado de Tabasco, ubicándose a 32.64 km de distancia de la cabecera municipal, delimitado por 10 vértices que se describen en la Tabla 8.4.1-2.- Especificaciones generales del Área Contractual 4 Campo Calicanto..

De acuerdo a la investigación realizada en el Área Contractual 4 Campo Calicanto y a través de la página de internet de la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH) la cual es de dominio público, se llevó a cabo la ubicación y reconocimiento de la infraestructura existente dentro del Área Contractual 4 Campo Calicanto y de sus zonas aledañas próximas. La cual está constituida de un total de un (1) solo pozo, el pozo Calicanto 101, el cual no cuenta con derecho de vía puesto que su línea de descarga, solo llega al final de la pera asomándose en un cuello de garza. Iniciando los trabajos de acuerdo al Árbol de Toma de Decisiones se corroboró la información obtenida por las distintas instancias y medios de consulta electrónica mediante recorridos dentro del Área Contractual 4 Campo Calicanto y zonas aledañas próximas.

Con base en la revisión de las imágenes satelitales históricas y mediante el procesamiento con el Software ArcGIS mencionado en el apartado de la metodología, se lograron obtener imágenes satelitales, en las cuales por su fecha, 19 de Agosto de 2012, fecha anterior a la construcción del pozo, no se puede observar la instalación y el área aproximada del pozo, así como sus caminos de acceso, sin embargo se pueden vislumbrar los cuerpos de agua que se encuentran cercanos a este, así como cuerpos de agua intermitentes, en este caso arroyos que se encuentran al sur de las instalaciones, pero que de acuerdo a lo investigado a través de los sistemas de información geográfica, esta parte de la topografía del terreno presente en el área se encuentra "aguas arriba", presentándose así un interés para ser punto de inspección, a pesar de no aparecer en la clasificación de sitio potencialmente contaminado. Al sur del Área Contractual 4 Campo Calicanto se observa un cambio en la coloración de la vegetación, señal de algún impacto o actividad económica presente en el área, la cual puede ser la causa de tal situación,

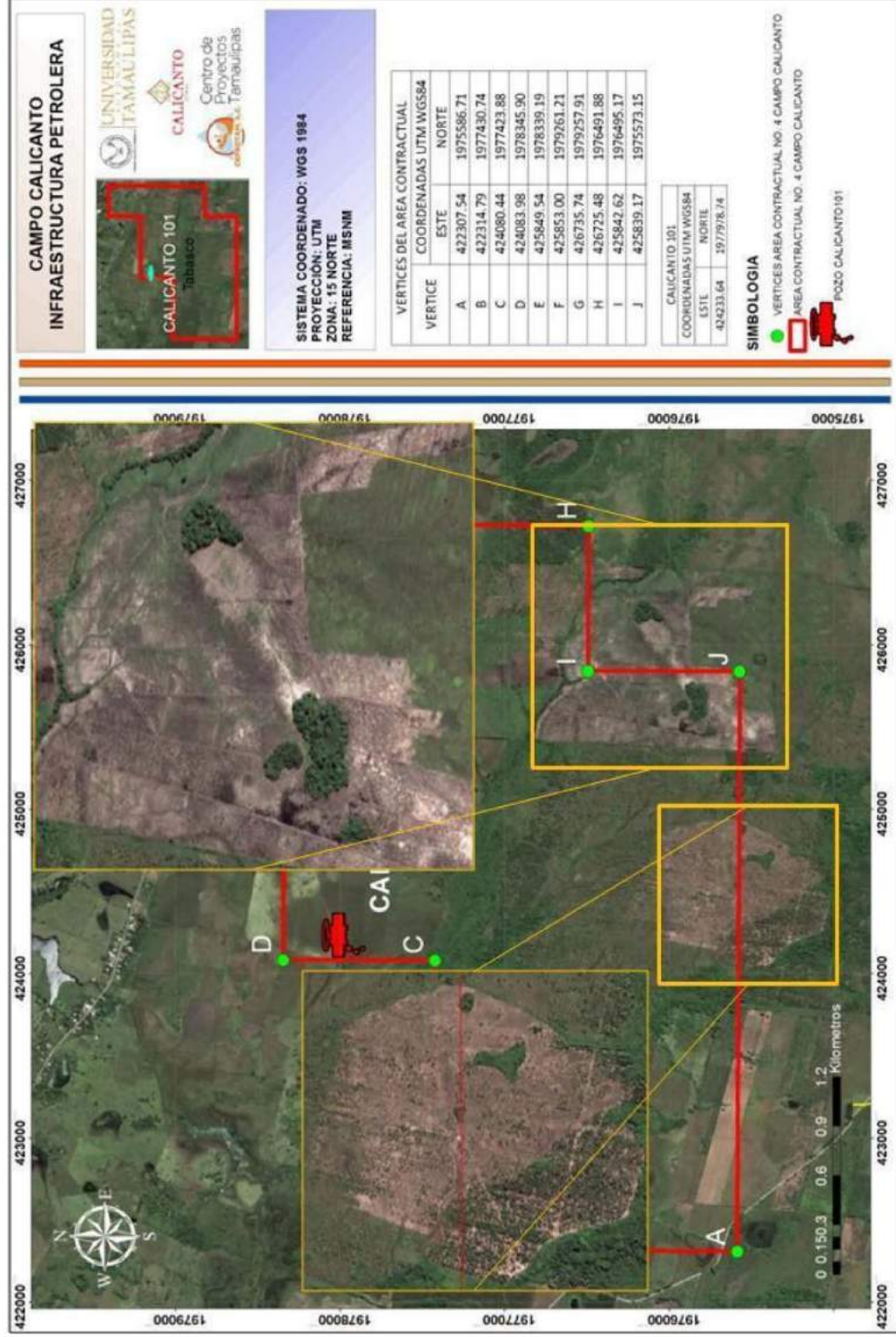
convirtiéndose así en punto de interés para su inspección ya que éste presenta situaciones para ser un sitio o zona potencialmente contaminada ( Figura **8.4.1-5**). El acceso al Área Contractual 4 Campo Calicanto comienza en la carretera Cárdenas – Coatzacoalcos, México 180, en el entronque a San Fernando se ingresa a recorrer aproximadamente 20.77 km. de carretera inter-ejidal, punto en el que se tiene acceso al Área Contractual 4 Campo Calicanto, estos caminos se encuentran con encarpado asfáltico ( Figura **8.4.1-6**). El acceso al predio donde se encuentra el pozo Calicanto 101 es de terracería, atravesando un portón tubular ( Figura **8.4.1-7**).

**PASIVOS AMBIENTALES**



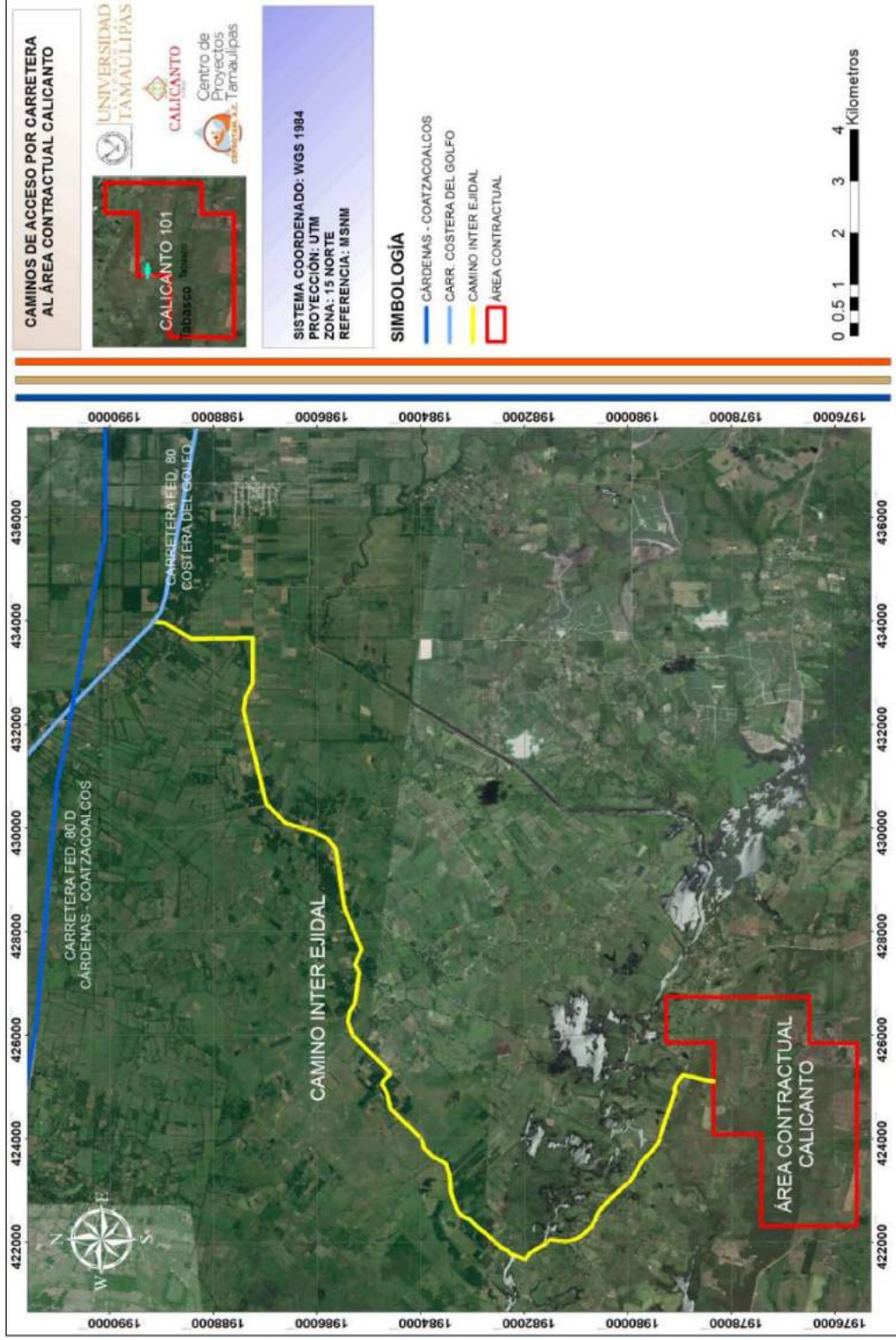
**Figura 8.4.1-4.-** Localización del Área Contractual 4 Campo Calicanto y su infraestructura.

**PASIVOS AMBIENTALES**



**Figura 8.4.1-5.- Zonas de interés, imagen de 2012 Google Earth Pro.**

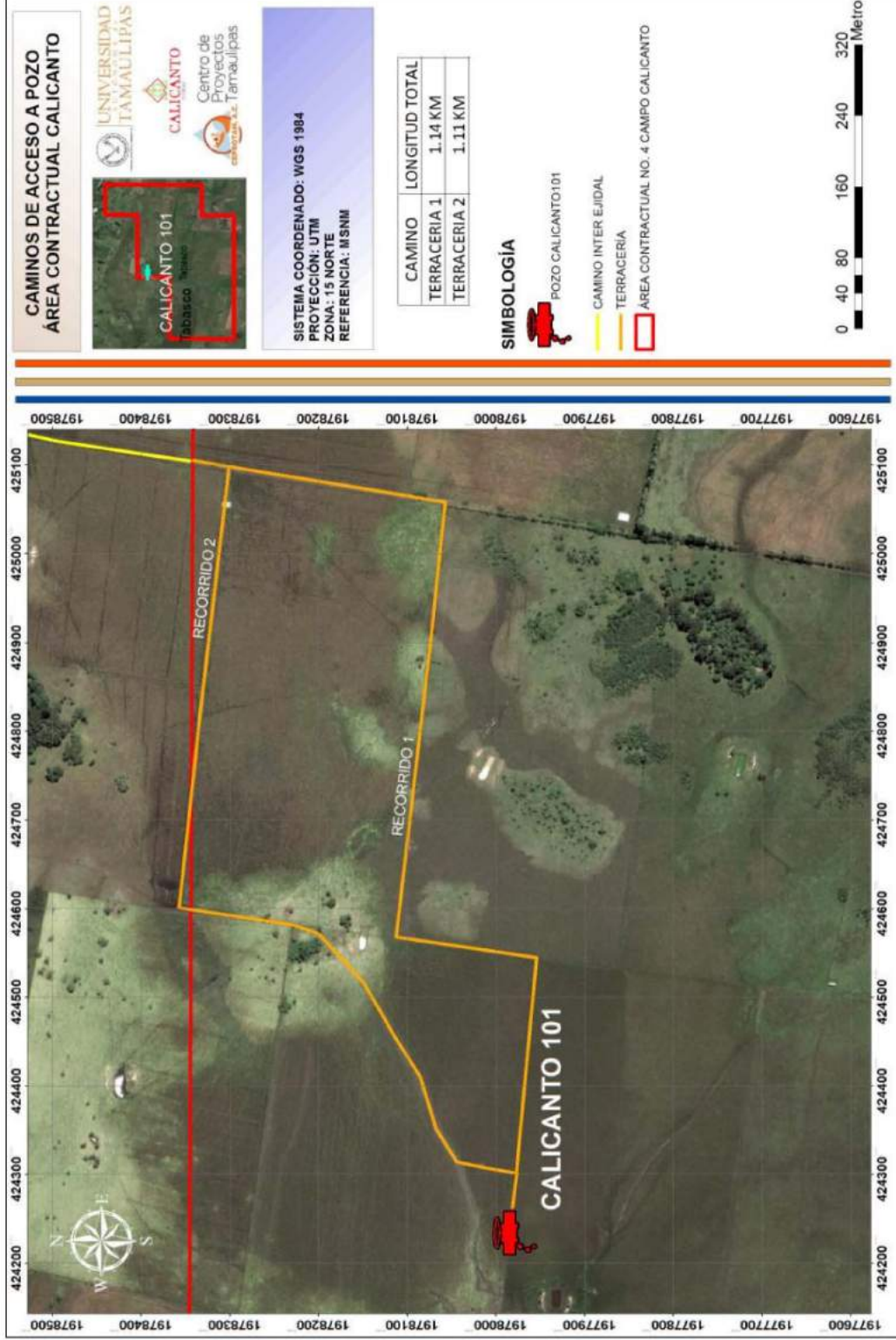
**PASIVOS AMBIENTALES**



**Figura 8.4.1-6.- Caminos de Acceso al Área Contractual 4 Campo Calicanto.**



**PASIVOS AMBIENTALES**



**Figura 8.4.1-7.- Camino de Acceso al Pozo Calicanto 101.**

### Información histórica documental

Además de los análisis de las imágenes satelitales, se realizó una búsqueda de información, histórica y documental, concerniente al Área Contractual 4 Campo Calicanto y áreas aledañas, solicitando ésta a través de oficios a las distintas dependencias a las cuales se les puede imputar el conocimiento de posibles eventos ocurridos dentro del Área Contractual 4 Campo Calicanto, siendo la Procuraduría Federal de Protección Ambiental (PROFEPA), Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), al Ayuntamiento del Municipio de Huimanguillo en sus Direcciones de Protección Civil, Obras Públicas y Dirección de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente a los que se les solicitó la información anteriormente mencionada y que correspondan territorialmente al Área Contractual 4 Campo Calicanto. De acuerdo a la información solicitada a las diferentes dependencias gubernamentales en busca todo tipo de registro que demuestre alguna afectación al medio ambiente ya sea por las actividades propias de la perforación y extracción de hidrocarburo o de cualquier otra índole, el personal de la Universidad Autónoma de Tamaulipas se encontrará en espera de recibir alguna notificación por parte de las dependencias, cabe mencionar que al momento de la entrega del oficio emitido hacia la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) se manifestó de manera verbal por parte de la dependencia que todo registro referente a PEMEX LOGÍSTICA y CFE es dominio de la Agencia De Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA). Sin haber recibido información alguna en cualquiera de los casos antes mencionados.

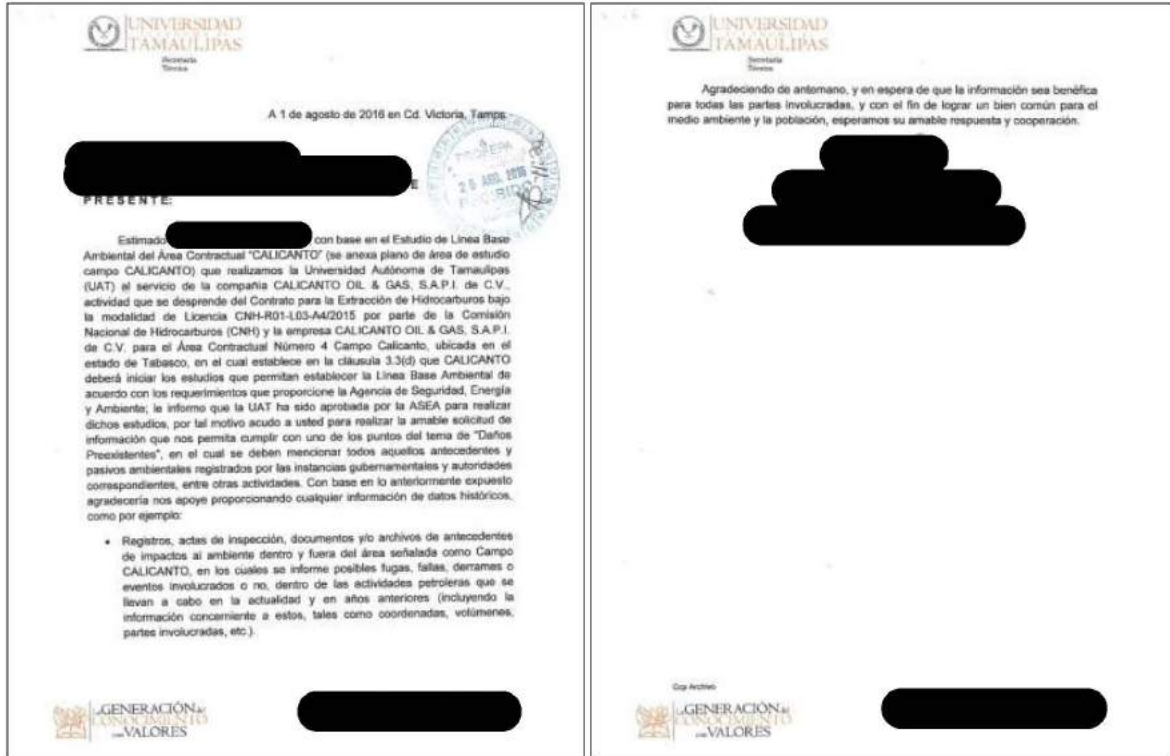


Figura 8.4.1-8.- Oficio de solicitud de información histórica.

### Información recopilada de fuentes bibliográficas

Además de estas solicitudes, se realizó la búsqueda de información visitando sus sitios oficiales de internet, con la finalidad de obtener dimensiones, topografías, cartas geológicas, hidrológicas, censos, actividades económicas e información referente a posibles eventos o impactos ambientales, en los cuales se especifique si el área de interés ha sufrido algún daño ambiental de importancia, que tenga origen en la actividad específica de la explotación de pozos petroleros presentes en el área o de actividades aledañas a la zona. Toda esta información se concentró en la Tabla 8.4.1-3, misma que menciona los puntos de interés en la investigación, cabe resaltar que se generará un anexo dentro del documento, en el cual se muestre toda la bibliografía consultada.

PASIVOS AMBIENTALES

**Tabla 8.4.1-3.- Fuentes de información consultadas para la investigación histórica.**

Tipo de Documento	Fuente	Información a obtener	Aplicación al área contractual
Antecedente Área Contractual 4 Campo Calicanto	CNH	Fecha de conclusión de construcción del pozo, así como su profundidad.	La fecha de inicio de perforación 31 de enero 2013, fecha de terminación 15 de Octubre del 2013, cuenta con una profundidad de 4,160 metros. Extracción Aceite y Gas. Pozo Calicanto 101, UTM 15 424177.27 E, 1978139.07 N.
Mapas Topográficos	Servicio Geológico Mexicano (Carta Topográfica 1:500)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distancia al cuerpo de agua superficial más cercano</li> <li>• Tipos de cuerpos de agua superficial</li> <li>• Direcciones de los flujos de agua superficial</li> </ul>	De acuerdo a la carta topográfica consultada se identifican los siguientes cuerpos de agua cercanos al Área Contractual 4 Campo Calicanto: hacia el noroeste se encuentra la laguna "La pantanosa", hacia el oeste "Laguna el Rosario", hacia Noreste el río "Zanapa" y hacia el sur "Laguna Jicacal". Las direcciones de los flujos de agua superficial se encuentran condicionadas con respecto al mar el cual se encuentra hacia el norte, por lo que la dirección de flujo se estima que va de Sur- Norte.
Mapas geológicos	INEGI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Naturaleza y propiedades de los materiales geológicos ubicados entre la superficie y relieve</li> </ul>	De acuerdo a la información geológica municipal, en el Área Contractual 4 Campo Calicanto se encuentran clases de roca "sedimentaria", con relieve de tipo llanura. Se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa con terrones que presentan vestigios del tipo de roca subyacente y que además puede tener pequeñas acumulaciones de arcilla, carbonato de calcio, fierro o manganeso. Son muy abundantes, se destinan a muchos usos y sus rendimientos son variables pues dependen del clima donde se encuentre son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión.
Mapas hidrogeológicos	INEGI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unidades acuíferas presentes en el sitio</li> <li>• Parámetros hidráulicos de los acuíferos</li> </ul>	El Área Contractual 4 Campo Calicanto se encuentra dentro de la RH Coatzacoalcos, sobre el acuífero "La Chontalpa" el cual presenta sus niveles estáticos a una profundidad que varía de 5.0 a 1.0 m, registrándose los más profundos en la parte Sur del acuífero. La extracción media anual es de 37.6 hm <sup>3</sup> , la descarga natural comprometida 339 hm <sup>3</sup> y la recarga media anual 1973.6 hm <sup>3</sup> y la disponibilidad media anual de 1612.9 hm <sup>3</sup>

PASIVOS AMBIENTALES

Tipo de Documento	Fuente	Información a obtener	Aplicación al área contractual
Mapas de suelos	INEGI	Tipos y capacidad de uso de suelo	De acuerdo al INEGI el Área Contractual 4 Campo Calicanto cuenta con un suelo "Cambisol" los cuales se desarrollan sobre materiales de alteración procedentes de un amplio abanico de rocas, entre ellos destacan los depósitos de carácter eólico, aluvial o coluvial, son intermedios entre suelos sabanizados y no sabanizados. Estos suelos son jóvenes, poco desarrollados.
Catastro de Derechos de Agua	CONAGUA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pozos privados y municipales:</li> <li>• Población a la que abastecen,</li> <li>• Niveles estáticos y dinámico, estratigrafía</li> <li>• Parámetros hidráulicos</li> </ul>	<p>Existe un universo de 661 aprovechamientos registrados en el municipio de Huimanguillo; de los cuales 642 están regularizados con un volumen de 195.814 mm<sup>3</sup>/año; mismos que corresponden al acuífero "La Chontalpa", 124 aprovechamientos con un volumen de 49.832 Mm<sup>3</sup>/año, contando con el mayor número de aprovechamientos para uso público-urbano (50%), siguiéndole en menor grado el uso industrial (33%). Referente a los aprovechamientos de hidrometría se tiene un universo de 133 registrados con medidor de flujo, mismos que 24 pertenecen al acuífero "La Chontalpa".</p> <p>-Parámetros hidráulicos. Hacia ambos lados de La Chontalpa, es decir, tanto al occidente como al oriente, transmisividad(T) decrece considerablemente, predominando valores variables entre 10 y 20 x 10<sup>-3</sup> m<sup>2</sup> /s, típicamente representativos de materiales formados por clásticos no consolidados de arenas finas mezcladas con limos y arcillas en menor proporción.</p> <p>-Los niveles estáticos se encuentran en profundidades que varían de 5.0 a 1.0 m, registrándose los más profundos en la parte sur del acuífero, ascendiendo gradualmente hacia la línea de costa donde se hacen más someros alcanzando escaso el metro de profundidad.</p>

PASIVOS AMBIENTALES

Tipo de Documento	Fuente	Información a obtener	Aplicación al área contractual
Mapas climatológicos	CONAGUA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precipitaciones</li> <li>• Temperatura</li> <li>• Evapotranspiración</li> </ul>	<p>La clasificación climática de Köppen identifica el tipo de clima en la zona como Am (f). El cual cuenta con predominancia de climas cálidos-húmedos y con un registro de precipitaciones anuales de 2000-2500 mm. Aumentando los registros de lluvia en verano.</p> <p>Por otra parte registra un valor de 100-200 mm de déficit de agua, el cual ocurre cuando la humedad del suelo se ha agotado y el agua disponible (si es que existe) no alcanza a humedecer el suelo, si no que se consume totalmente mediante la evapotranspiración, además de encontrarse entre las zonas que más meses presentan humedad al año (10 meses en promedio), con permeabilidad media.</p>
Población	INEGI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Población residente en los alrededores del sitio</li> </ul>	<p>Ubicado al este de la zona se observó una población cercana denominada Tierra Colorada 1ª. Sección.</p>
Imágenes Satelitales	Google Earth Pro	<p>Ubicación de instalaciones de pozos presentes en el inventario de CNH, localización de caminos de acceso a instalaciones, D.D.V, infraestructura petrolera dentro del Área Contractual 4 Campo Calicanto y en áreas cercanas, poblaciones cercanas a instalaciones petroleras. Ubicación de cuerpos de agua cercanos, radio de influencia de las instalaciones petroleras, relieves topográficos, posibles flujos de escurrimientos por lluvias, receptores lacustres. Cambios en el paisaje, vegetación, cambios en la estructura topográfica, posibles rellenos o cambios de material. De las poblaciones cercanas áreas de influencia, posibles afectaciones por los asentamientos urbanos. En comparativas con imágenes de años anteriores, posibles áreas inundadas, sequías, construcciones recientes.</p>	<p>Pozo Calicanto 101, poblaciones cercanas: San Francisco a 8.25 km, Tierra Colorada a 3.09 km, Huapacal a 6.22 km, se ubicó camino de acceso a partir de Tierra Colorada 3.9 km de los cuales 1.75 km son terracería. No se observa D.D.V. tampoco instalaciones petroleras dentro del Área Contractual 4 Campo Calicanto. En la imagen, dentro del Área Contractual 4 Campo Calicanto se observan escurrimientos perenes que por su topografía se observa el flujo de Sureste a Noroeste, se observan asentamientos poblacionales sobre la carretera principal 180E a una distancia de 1.27 km. del pozo Calicanto 101.</p> <p>Comparación con años anteriores, fecha: 19 de agosto 2012, misma imagen en la actualidad, en ésta se observan áreas de posible uso agrícola y pecuario, rancherías cercanas, a la vista no se observan indicios de algún tipo de contaminante, en el área cercana al pozo se observan huellas de escurrimientos y una posible presa de quema, vegetación de buena coloración, posiblemente no se encuentra impactada. En las poblaciones que se encuentran dentro del Área Contractual 4 Campo Calicanto se observan terrenos de uso agrícola, vegetación en buen estado, no se observan indicios de afectación, en zonas aledañas, se observan terrenos de</p>

PASIVOS AMBIENTALES

Tipo de Documento	Fuente	Información a obtener	Aplicación al área contractual
			uso agrícola, vegetación en buenas condiciones.
Solicitudes de información de las instalaciones gubernamentales	-----	-----	No se ha recibido información.

**Entrevistas a propietarios**

La entrevista se basó en el formato establecido e ilustrado (Figura 8.4.1-9), donde se registran los datos generales del predio (propietario, extensión, uso de suelo, instalaciones presentes) y donde la investigación se enfoca a detallar (en caso de existir) cualquier evento histórico que sea trascendente para la búsqueda de indicios de zonas posiblemente contaminadas.

Se realizó una entrevista al propietario del predio donde se ubican las instalaciones del pozo Calicanto 101, el [REDACTED] nos comentó que sucedió un evento en el transcurso del año 2013, en donde ocurrió un incidente en el pozo, el cual derivó en un derrame de hidrocarburo (aceite) hacia el norte y noroeste de la pera en las zonas de cultivo que tiene presentes en su predio, acumulándose el hidrocarburo a una distancia no mayor de 30.00 m. al norte de la orilla del terraplén en una zanja, la cual fue utilizada por personal de PEMEX para atender el evento. Mencionó también que la presa de quema fue posiblemente utilizada para capturar parte del derrame.

Finalmente mencionó que un año después del evento mencionado, se presentó una persona que se hacía llamar "Evaluador" para este tipo de eventos y que esta persona le manifestó que "no existía impacto alguno al medio ambiente", por lo consiguiente no hubo más actividades relacionadas al evento en esa zona.

Se llevaron a cabo acercamientos a pobladores cercanos al Área Contractual 4 Campo Calicanto sin tener éxito, mostrándose los pobladores en algunos casos renuentes a otorgar alguna información concerniente

PASIVOS AMBIENTALES

a eventos que puedan ser catalogados como contaminantes, ya que en la zona ocurre la tala no moderada y clandestina de árboles para el uso de esta madera en la construcción de muebles.



Fotografía 8.4.1-11.- Solicitud de acceso al propietario del predio del pozo Calicanto 101.





Fotografía 8.4.1-12.- Entrevista a propietario del predio donde se ubica el pozo Calicanto 101.

UNIVERSIDAD TAMAUPLIPAS Universidad Autónoma de Tamaulipas  
Secretaría Técnica CEPROTAM Secretaría Técnica

Formato de Entrevista a propietarios para Eventos Históricos

Campo: [REDACTED] Hora: 11:00 am  
Municipio: Huimanguillo Fecha: 29 de Julio  
Localidad: Tabasco Estado: Tabasco

GENERALIDAD		
1.01	Localización	Campo Calicanto
1.02	Nombre de Propietario	[REDACTED]
1.03	Nombre de Propiedad	
1.04	Uso de Suelo	Agrícola
1.05	Dimensiones del predio	
1.06	Instalaciones presentes	Pozo Calicanto 101
EVENTOS HISTÓRICOS		
2.01	Fecha del evento	Mediados del año 2019
2.02	Dimensiones del evento	
2.03	Partes involucradas	Equipo de Operación Petix
2.04	Fue atendido?	Un año después
2.05	Fue extraído el material?	
2.06	Tiempo aproximado de la atención	Un año después del reporte.
2.07	Descripción de hechos	Circa mediados de hace dos años la gente que estuvo trabajando en el pozo tuvo un incidente provocando el rompimiento de hidrocámbios en campo de cultivo. Un año después se presentó un estallido, manifestado que no había impacto.
EVENTOS HISTÓRICOS		
2.01	Fecha del evento	
2.02	Dimensiones del evento	
2.03	Partes involucradas	
2.04	Fue atendido?	
2.05	Fue extraído el material?	
2.06	Tiempo aproximado de la atención	
2.07	Descripción de hechos	

Figura 8.4.1-9.- Registro de entrevista realizada a propietario de predio.

## Recorridos en campo

## Recorridos en pozo

Basándose en la información recabada en la investigación documental, histórica y en las entrevistas realizadas a pobladores y propietarios en el Área Contractual 4 Campo Calicanto se llevó a cabo la planeación de los recorridos a ejecutarse en campo, ya detectados los caminos que se encuentran en el área y las vías de acceso, la brigada de daños Preexistentes de la Universidad Autónoma de Tamaulipas acompañados del personal encargado de seguridad por parte de la compañía, se presentó el día 29 de

Julio del 2016 en el Área Contractual 4 Campo Calicanto para dar comienzo con los recorridos de inspección, se procedió a aplicar la metodología referida en el Árbol de Toma de Decisiones (ATD) identificando la ubicación de cada instalación.

Una vez identificadas las instalaciones se comenzó el recorrido dentro del cuadro de maniobras, en el contrapozo del pozo Calicanto 101, se observaron las condiciones, el cual se encontró inundado, y sobre la superficie del agua se encontró iridiscencia, la cual es un indicio de hidrocarburo, se observó también que dos de los muros de este contrapozo se encuentran derrumbados, siendo esta una posible vía de migración hacia el subsuelo del terraplén por contacto. Se inspeccionó de igual manera el árbol de válvulas para identificar posibles manchas de hidrocarburo como indicio de alguna fuga o derrame, no siendo posible encontrar dichos indicios; mientras se realizaba esta parte de la inspección, la brigada de daños preexistentes se percató de la presencia de un burbujeo que se originaba desde la parte inundada del árbol de válvulas, éste se presenta de manera esporádica, en ciertas ocasiones es intenso y en otras muy tenues. Se procedió a registrar estos indicios en la bitácora de campo, se tomaron sus coordenadas geodésicas y se tomó la evidencia fotográfica.

Al arribar al contrapozo se observó la instalación de otros dos contrapozos, éstos se encuentran en el lado Este del contrapozo principal, estos contrapozos también se presentan inundados pero sin presencia de iridiscencia o de algún otro tipo de contaminante, desechando estas instalaciones como potencialmente contaminadas.

Continuando con los recorridos en el área alrededor del pozo, se realizaron las inspecciones que corresponden de acuerdo a lo presentado en el Árbol de Toma de Decisiones, realizándose 4 sondeos en los puntos cardinales del pozo, donde se observó en el material extraído la presencia de indicio de contaminante en los sondeos Norte y Oeste, registrándose sus coordenadas geodésicas y tomando su respectiva evidencia fotográfica, después de esto se procedió a ampliar la zona de inspección y a realizar de nuevo sondeos en busca de indicios de contaminante, realizándose sondeos en el área Noroeste del terraplén, punto en el que también se observa presencia de agua en la superficie del terraplén con iridiscencia, presentándose también en el material extraído señales de algún tipo de contaminante.



Fotografía 8.4.1-13.- Contrapozo donde se encuentra el pozo Calicanto 101 inundado.



Fotografía 8.4.1-14.- Indicio de hidrocarburo en la superficie del agua presente en el contrapozo del pozo Calicanto 101 (iridiscencia).

Siguiendo el rastro y la pendiente natural del terreno como del terraplén se observó que este escurrimiento de agua se encuentra en la superficie del terraplén alcanzó una distancia de aproximadamente 50.00 m de la orilla del terraplén al norte y entre la presa de quema y el área de maniobras, situación que corresponde a lo mencionado por el [REDACTED] en la entrevista que se realizó días anteriores, se observó el estancamiento de agua que se presenta en el costado Oeste del terraplén y que éste se extiende hacia el

norte, donde se observa el indicio de contaminante, procediendo así con los sondeos de acuerdo a la metodología presentada.

Los sondeos realizados en esta zona muestran en el material extraído la presencia de algún tipo de contaminante, para lo cual se realizó el registro correspondiente, coordenadas geodésicas y la evidencia fotográfica.

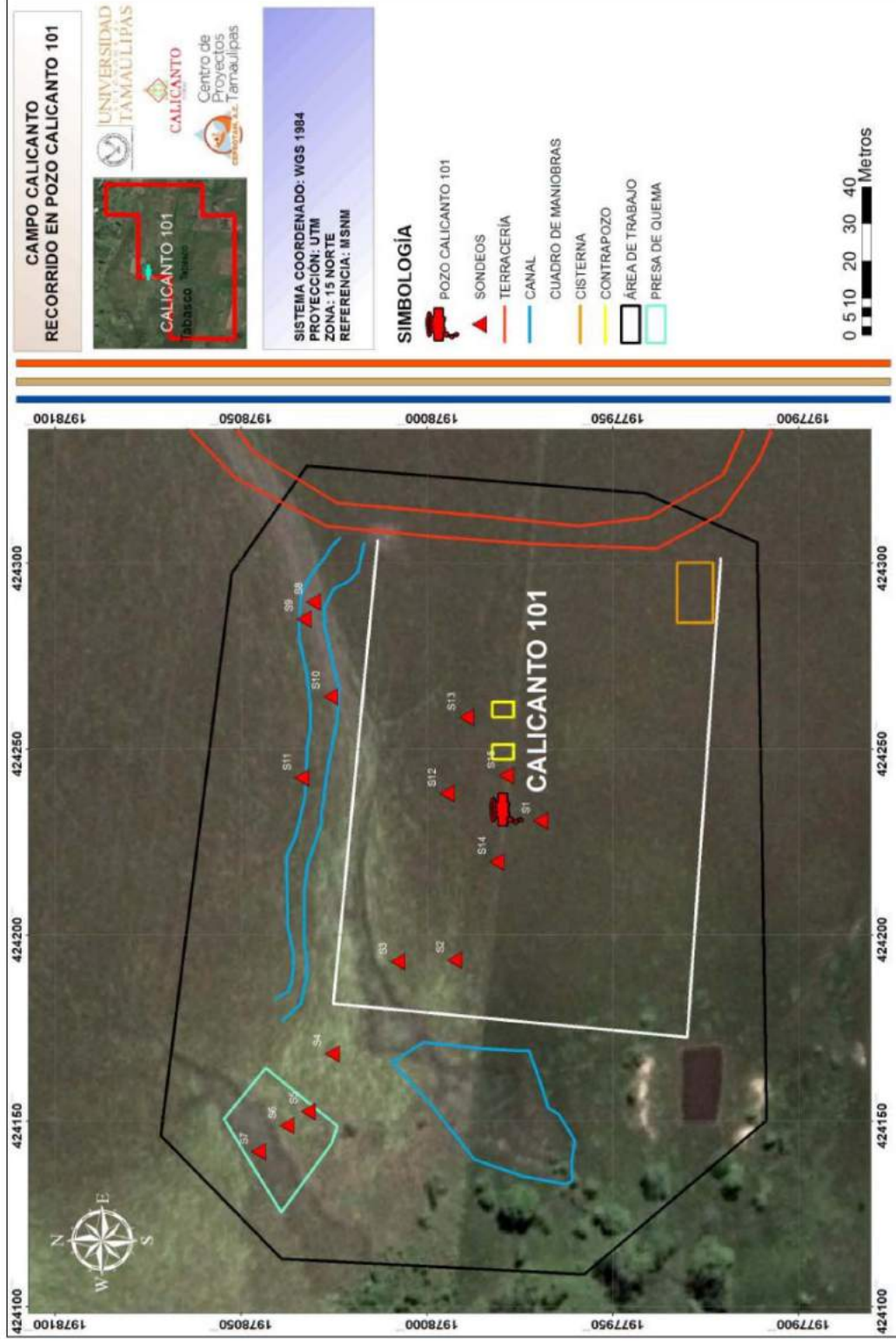


Fotografía 8.4.1-15.- Presencia de agua en la superficie del terraplén del pozo Calicanto 101.



Fotografía 8.4.1-16.- Ejecución de sondeos en el área cercana al terraplén del pozo Calicanto 101.

**PASIVOS AMBIENTALES**



**Figura 8.4.1-10.-** Ubicación de sondeos de inspección en el área del Pozo Calicanto 101.

### **Recorridos en áreas aledañas al cuadro de maniobras (Presas de quema)**

Se realizó de acuerdo al Árbol de Toma de Decisiones, un recorrido en los alrededores del cuadro de maniobras, para identificar el resto de la instalaciones que puede presentarse como parte de la infraestructura que pertenece al pozo Calicanto 101, observándose la presencia de la presa de quema, la cual, presenta una pared metálica como parte de la estructura con la cual está construida, esta pared presenta deterioro, mostrándose oxidada, aunque la presa no se encuentra completamente inundada, si muestra pequeñas acumulaciones de agua producto de los escurrimientos de las lluvias que se presentan en la zona, esta agua se observa impactada por óxido, mostrándose rojiza y blancuzca en algunos casos, también se encuentra acompañada de vegetación mediana, la cual no se muestra quemada o muerta.

Como lo marca el ATD, se procedió a la ejecución de sondeos en el fondo de la presa, en búsqueda de indicios de algún tipo de contaminante, realizándose estas en el centro y en los extremos noroeste y sureste del fondo, de los tres sondeos llevados a cabo no se observó algún indicio en particular que muestre la presencia de contaminantes, pero basándose en la investigación documental y la finalidad para la cual fue creada la presa de quema, ésta se considera como sitio potencialmente contaminado, registrando sus coordenadas y tomando evidencia fotográfica.

Continuando con el recorrido, se procedió la búsqueda de la línea de descarga que pertenece al pozo Calicanto 101, la cual se ubicó y que muestra su final a la orilla del terraplén donde se encuentra el pozo con un cuello de garza sin la instalación de una brida ciega.

Además de lo mencionado dentro de los recorridos realizados en zonas aledañas al cuadro de maniobras, se observó entre la presa de quema y el terraplén, una acumulación de agua la cual llamó la atención por la coloración que presentó, al acercarse, se pudo vislumbrar la presencia de iridiscencia en la superficie del agua, siendo éste un indicio de hidrocarburo y por la ubicación, se procedió a registrar las coordenadas geodésicas del punto y tomar su evidencia fotográfica.





Fotografía 8.4.1-17.- Sondeos en fondo de presa.



Fotografía 8.4.1-18.- Inspección de material.



Fotografía 8.4.1-19.- Agua estancada entre el terraplén y presa de quema.



Fotografía 8.4.1-20.- Iridiscencia presentada en la superficie del agua.

### **Recorridos sobre el Derecho de Vía.**

Como se mencionó en el punto anterior, se procedió a la ubicación de la línea de descarga que pertenece al pozo Calicanto 101, ésta línea se presenta incompleta, llegando y finalizando en la orilla del terraplén donde se encuentra dicho pozo.

Dado el antecedente y a manera de continuar para cumplir con la metodología de recorridos mencionada en el Árbol de Toma de Decisiones, se realizaron recorridos de inspección en las áreas aledañas en busca de señalamientos del derecho de vía y/o algún otro indicio de posibles instalaciones subterráneas que se puedan presentar cercanas al cuadro de maniobras ó que se presenten dentro del Área Contractual 4 Campo Calicanto, sin mayor éxito en la localización, suspendiéndose la ejecución del recorrido en el Derecho de vía.

Una vez terminado estos recorridos, no pudiendo ubicar de igual manera la presencia de alguna instalación como cabezales de ductos y/o trampas de diablos que puedan pertenecer al pozo Calicanto 101, se procedió a ubicar los puntos de interés encontrados en el área, señalándolos como zonas potencialmente contaminadas y que se muestran en la Figura 8.4.1-11.

### **Recorridos a instalaciones (cabezales, trampas de diablos, estaciones)**

Dentro de los recorridos realizados en el Área Contractual 4 Campo Calicanto, se ubicaron instalaciones de PEMEX, dándonos cuenta que estas instalaciones se encuentran fuera del Área Contractual 4 Campo Calicanto, de igual manera y por ser puntos de interés debido a su actividad petrolera, la brigada de daños preexistentes realizó los recorridos como se muestra en la metodología enunciada en el Árbol de Toma de Decisiones (ATD).

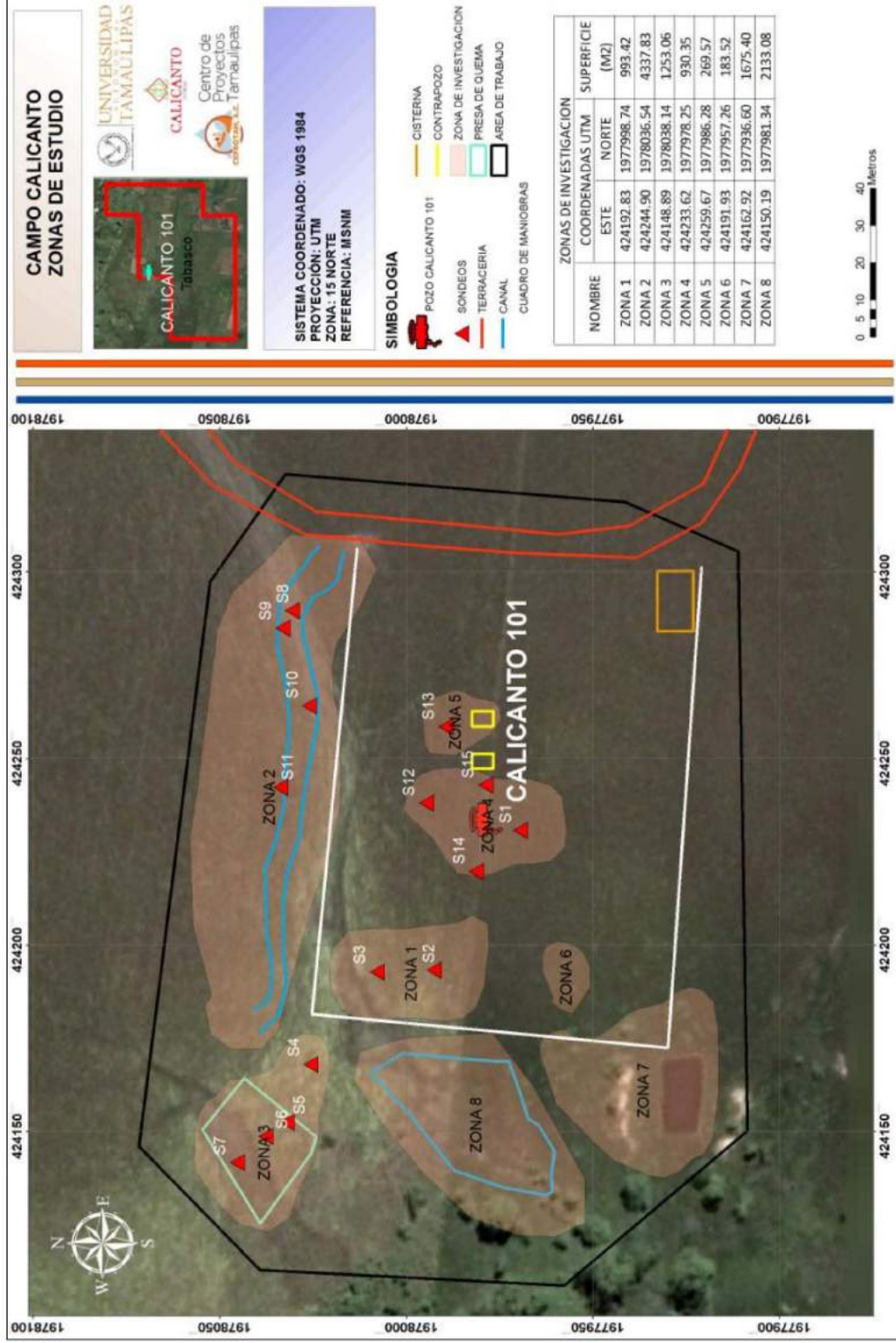
Se comenzó el recorrido en las instalaciones, caso que fue limitado por acceso al interior de ésta instalación se encuentra restringido, se realizó la inspección de manera visual, en busca de indicios como manchas de hidrocarburo o algún derrame que se encontrara dentro de las instalaciones, no observándose ningún indicio de derrame, fuga o presencia de contaminantes. Se procedió como lo marca el ATD a

PASIVOS AMBIENTALES

---

realizar los recorridos en las área aledañas a las instalaciones, llevándose a cabo una caminata a una distancia de 10.00 m. del limite de las instalaciones, observando la vegetación y algún tipo de cambio de material ó de paisaje que corresponda a la zona, durante estos recorridos se encontraron puntos de interés por la presencia de indicios de contaminantes en la vegetación, ejecutándose los sondeos pertinentes, sin tener éxito, procediendo a ampliar la distancia de los recorridos para continuar la búsqueda de estos indicios.

**PASIVOS AMBIENTALES**



**Figura 8.4.1-11.-** Identificación de áreas de interés dentro y en zonas aledañas al pozo Calicanto 101.



Fotografía 8.4.1- 21.- Sondeos en las áreas aledañas a la estación de PEMEX.



Fotografía 8.4.1-22.- Ejecución de sondeos en el área, se observan instalaciones de PEMEX en la zona.

### Recorridos de inspección de antecedentes

En base a las entrevistas realizadas al propietario del predio donde se encuentra ubicado el pozo Calicanto 101, y tomando en cuenta la metodología del ATD, se dio seguimiento a los precedentes proporcionados por el [REDACTED] el cual manifestó que en un evento ocurrido dentro del área del pozo, se presentó un derrame que originó un acumulación de material en el área de cultivo, que se encuentra localizado en el área norte del terraplén, para lo cual el personal de la Universidad Autónoma de Tamaulipas realizó los recorridos en esta área en búsqueda de indicios de hidrocarburo.

Se realizaron cuatro sondeos en el área de la zanja donde mencionó el entrevistado el acumulación del material, estos sondeos se realizaron a 0.40 m. de profundidad, obteniendo material del subsuelo, el cual a simple vista no presentó indicios de contaminación por hidrocarburos en el primer sondeo, de acuerdo a la metodología se amplió el recorrido de inspección, encontrándose de esta manera otros dos puntos de interés, los cuales al realizar de nuevo el sondeo tampoco se encontraron indicios, aun en estas

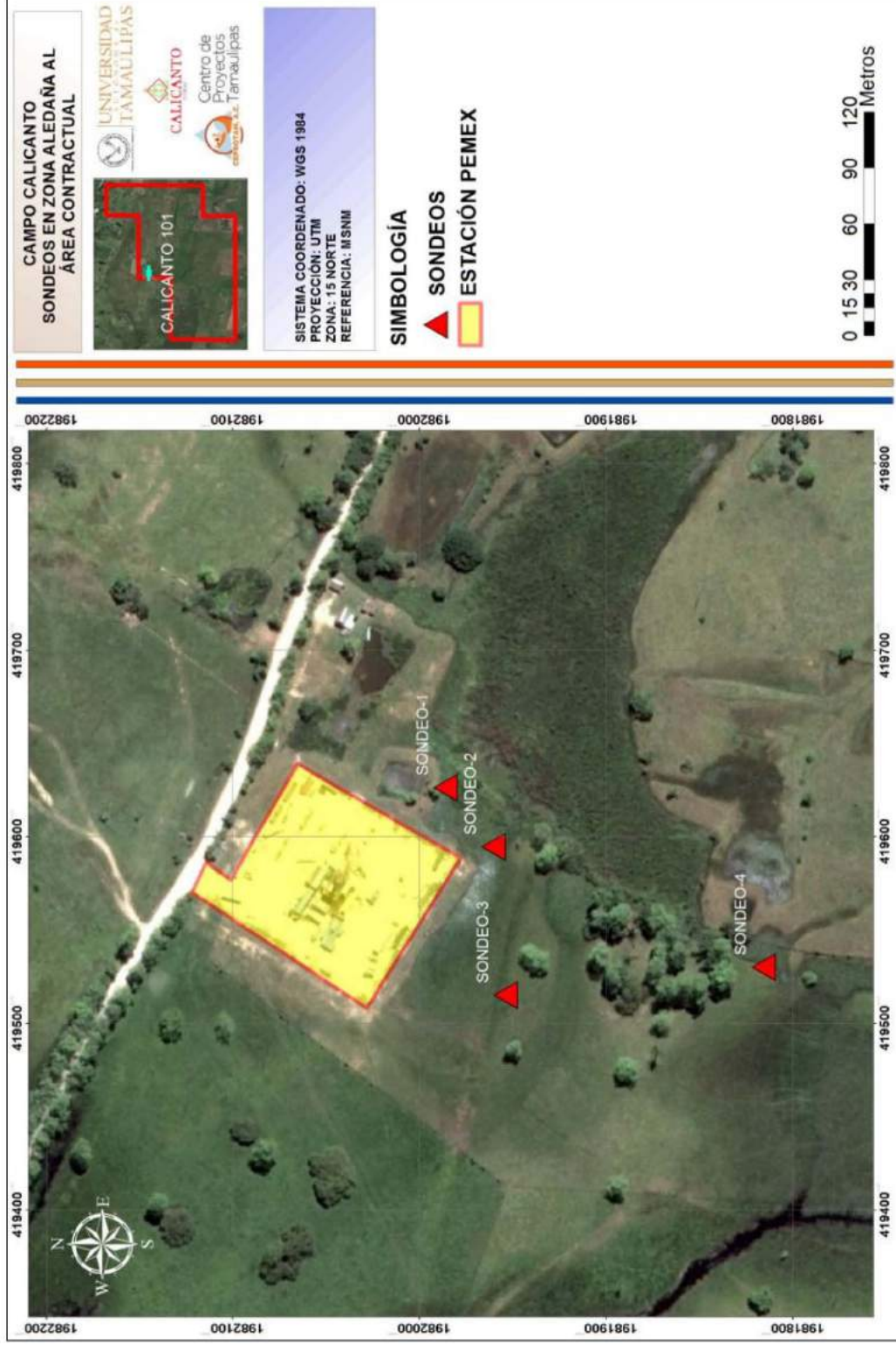
PASIVOS AMBIENTALES

---

condiciones y de acuerdo a la metodología, se tomó coordenadas geodésicas de los sondeos y las evidencias fotográficas pertinentes, registrando y clasificando el sitio como potencialmente contaminado.



**PASIVOS AMBIENTALES**



**Figura 8.4.1-12.-** Ubicación de sondeos en estación de PEMEX cercana al Área Contractual 4 Campo Calicanto.



Fotografía 8.4.1-23.- Sondeos en el área de zanja al Norte del terraplén del pozo Calicanto 101.



Fotografía 8.4.1-24.- Inspección de la muestra en busca de partículas indicio de material contaminado.

### Recorridos de inspección en el área contractual y zonas aledañas

Se realizaron los recorridos pertinentes en los sitios de interés que se mostraron anteriormente, estos recorridos se hicieron en vehículos debido a las largas distancias en las cuales se encuentran los puntos mencionados.

Estos puntos colindaban con terracerías encontrados al sur del Área Contractual 4 Campo Calicanto, transitándolas, se observaron cambios en el paisaje natural del sitio, percatando que estos cambios eran debido a la tala de árboles en la zona, esta actividad se presenta de manera clandestina en gran parte de las zonas aledañas al Área Contractual 4 Campo Calicanto y es regular en el municipio, como se puede observar en las Fotografías 8.4.1-25 y 8.4.1-26, a la orilla del camino se encuentran apilados los troncos de árboles que han sido talados, siendo este el mayor indicio de un tipo de contaminación al sitio producto de la actividad humana que se lleva a cabo en el área.

PASIVOS AMBIENTALES

---

Por motivos de seguridad el personal de la Universidad Autónoma de Tamaulipas no se detuvo a realizar recorridos de inspección pertinentes y las evidencias fotográficas fueron tomadas desde los vehículos.

PASIVOS AMBIENTALES



Fotografía 8.4.1-25.- Recorridos de inspección en el Área Contractual 4 Campo Calicanto.



Fotografía 8.4.1-26.- Árboles apilados producto de la actividad forestal.

PASIVOS AMBIENTALES



Fotografía 8.4.1-27.- Paisaje Natural impactado por la tala de árboles dentro del Área Contractual.



Fotografía 8.4.1-28.- Inspección cercana al área de tala forestal.

Como se puede observar en las imágenes, el cambio de paisaje, el cual es considerado como indicio de contaminación, no es asociado a una actividad económica que se realiza en las zonas aledañas al Área Contractual que pertenezca a la actividad petrolera, por ende, estos sitios no se clasifican como “sitios potencialmente contaminados” y no se les realizará una propuesta para la ejecución de métodos indirectos.

### **Daños por otro tipo de contaminantes**

Se realizó una investigación preliminar de la infraestructura presente en el Área Contractual 4 Campo Calicanto, obteniendo información relativa a la construcción del pozo Calicanto 101 (Tabla 8.4.1-4), ésta información es de vital importancia que nos permitirá identificar las posibles metodologías usadas en la perforación del pozo. Este pozo se encuentra en espera de instalaciones para la explotación de un yacimiento de gas y aceite inmerso en el mioceno superior.

**Tabla 8.4.1-4.-** Pozo presente en el Área Contractual 4 Campo Calicanto.

POZO	X	Y	PROFUNDIDAD	FECHA PERFORACIÓN
CALICANTO 101	424177.27	1978139.03	4,160 M	31/01/2013

En base a la investigación bibliográfica, se encontró que durante la perforación de pozos relacionados con la actividad petrolera, de acuerdo a metodología se utilizan lodos a base de agua y de emulsión inversa base aceite, de acuerdo a la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos del Estado de Tabasco, publicada en 2013, son considerados como residuos de manejo especial. Hay que señalar que el estado no contaba con un instrumento de regulación para estos residuos; sin embargo, como resultado del trabajo donde se propone el Manejo integral de los recortes de perforación de la industria petrolera en Tabasco, se logró que se considerara dentro de la ley citada.

Los recortes de perforación de acuerdo a la NOM-115-SEMARNAT-2003, son los fragmentos de roca que se obtienen del proceso de perforación; constituidos por minerales de las formaciones perforadas, entre

PASIVOS AMBIENTALES

otros, arcillas, cuarzo, feldspatos, carbonatos y otros compuestos calcáreos y de sílice que están impregnados con fluidos de perforación.

En la etapa de perforación se generan grandes cantidades de residuos sólidos o recortes de perforación, pero el mayor inconveniente es por la toxicidad de ellos, ya que estuvieron en continuo contacto con el fluido de perforación.

**Tabla 8.4.1-5.-** Materiales empleados en la perforación.

Material químico	Unidad de medida	Forma de transporte	Tipo de almacenamiento
Agua	m <sup>3</sup>	Pipas - tanque	Tanques elevados y presa auxiliar
Barita	ton.	Camión - tolva	Silos de 50 ton.
Bentonita	ton.	Camión plataforma	Caseta de materiales químicos
Sosa cáustica	ton.	Camión plataforma	Caseta de materiales químicos
Dispersante polimérico de temperatura media	ton.	Camión plataforma	Caseta de materiales químicos
Reductor de filtrado de temperatura media	ton.	Camión plataforma	Caseta de materiales químicos
Carbonato de sodio	ton.	Camión plataforma	Caseta de materiales químicos
Monoetanolamina	m <sup>3</sup>	Camión plataforma	Caseta de materiales químicos
Supresor de arcillas (lubricante)	m <sup>3</sup>	Camión plataforma	Caseta de materiales químicos
Asfalto sulfonado (barotrol)	m <sup>3</sup>	Camión plataforma	Caseta de materiales químicos
Desfloculante polimérico de temperatura alta	m <sup>3</sup>	Camión plataforma	Caseta de materiales químicos
Reductor polimérico de filtrado de alta temperatura	m <sup>3</sup>	Camión plataforma	Caseta de materiales químicos
Emulsificante para lodos de emulsión inversa	m <sup>3</sup>	Camión plataforma	Caseta de materiales químicos
Humectante para lodos de emulsión inversa	m <sup>3</sup>	Camión plataforma	Caseta de materiales químicos
Cloruro de calcio	m <sup>3</sup>	Camión plataforma	Caseta de materiales químicos
Obturante celulósico para textura fina	ton.	Camión plataforma	Caseta de materiales químicos
Obturante celulósico para textura media	ton.	Camión plataforma	Caseta de materiales químicos
Lubricante de presión extrema	m <sup>3</sup>	Camión plataforma	Caseta de materiales químicos
Despegador de tuberías	m <sup>3</sup>	Camión plataforma	Caseta de materiales químicos
Cal hidratada	ton.	Camión Plataforma	Caseta de materiales químicos
Absorbente de hidrocarburos	ton.	Camión plataforma	Caseta de materiales químicos
Duratone	ton.	Camión plataforma	Caseta de materiales químicos
Removedor de enjarre	m <sup>3</sup>	Camión plataforma	Caseta de materiales químicos
Diesel desulfurado	m <sup>3</sup>	Camión plataforma	Caseta de materiales químicos
Cemento	ton.	Camión - tolva	Silos de 50 ton
AquaGel, geltone	ton	Camión plataforma	Caseta de materiales químicos
Grasas	ton.	Camión plana	Caseta del mecánico
Lubricantes	m <sup>3</sup> .	Camión plana	Caseta del mecánico



PASIVOS AMBIENTALES

---

A continuación, se muestran los lodos de perforación de acuerdo a la profundidad de la siguiente manera:

Intervalo: 0 – 50 m.  
Lodo: Bentonítico  
Densidad (gr/cc): 1.10  
Etapa: Perforar con barrena de 36"

Intervalo: 50 – 1,000 m.  
Lodo: Base Agua Inhibido  
Densidad (gr/cc): 1.10 – 1.20  
Etapa: Perforar con barrena de 26"

Intervalo: 1,000 – 3,500 m.  
Lodo: Emulsión Inversa  
Densidad (gr/cc): 1.30 – 1.50  
Etapa: Perforar con barrena de 17 1/2"

Intervalo: 3,500 – 4,610 m.  
Lodo: Emulsión Inversa  
Densidad (gr/cc): 1.85  
Etapa: Perforar con barrena de 12 1/4"

Derivado de lo anterior se anexan las siguientes tablas con las propiedades de cada uno de los fluidos utilizados en las diferentes etapas de perforación.

Lodos de Perforación Base Agua.- Este tipo de lodos están constituidos por bentonita, que es una arcilla que no pierde consistencia ni estabilidad aunque se le añada una gran cantidad de agua, también puede tener otros aditivos como el sulfato de bario, el carbonato de calcio o la hematita, además se utilizan adelgazadores para influir en la viscosidad del fluido como goma xantana, goma guar, diol, almidón y otros.

Lodos de Perforación Base Aceite.- Inicialmente fueron diseñados para mejorar la terminación de los pozos con reservorios muy sensibles al agua, y para perforar LUTITAS muy activas, tienen como fase continua a un aceite y su filtrado es únicamente aceite, su contenido de agua va del 1 al 15% y “emulsión inversa” cuando el contenido de agua es del 1 al 50%. Los lodos de emulsión inversa se refieren a una emulsión de agua en aceite donde la fase continua es el aceite y la discontinua el agua en forma de gotas.

La toxicidad de los químicos que se usan en la perforación ha sido ampliamente discutida por los especialistas, concluyéndose que tienen efectos limitados sobre el ambiente, ya que los componentes principales son arcillas y bentonita, las cuales son químicamente inertes, otros componentes que pueden estar presentes no son biodisponibles y algunos otros son de ligera toxicidad una vez que son diluidos.

Los efectos de los metales pesados asociados a las perforaciones (Ba, Cd, Zn, Pb) se consideran mínimas, ya que estos se encuentran en forma de minerales y por lo tanto tienen una biodisponibilidad muy limitada.

Los fluidos de perforación a base de aceite y los recortes oleosos, por otro lado, tienen un efecto mayor por su toxicidad y potencial de óxido-reducción. Para estos recortes y lodos, el criterio de riesgo sobre las estructuras de las comunidades ha sido sugerido sobre una base de concentración de petróleo 1000 ppm, aunque algunas especies muestran efectos desde las 150 ppm. Se trabaja en el desarrollo de lodos sintéticos para sustituir a los lodos a base de aceite.

Los altos niveles de sales y el pH básico de ciertos fluidos y recortes de perforación poseen un impacto potencial sobre los cuerpos de agua salubre. El agua congénita es el volumen líquido de mayor tamaño en las operaciones de explotación, algunos de sus constituyentes típicos son sales inorgánicas, metales pesados, sólidos, químicos de producción, benceno, hidrocarburos aromáticos y, ocasionalmente, material radiactivo natural.

Con la información documental recabada, podemos considerar que existen contaminantes en las presas de perforación debido al tipo de compuestos y mezclas usadas en la perforación del pozo.

**Propuesta para la evaluación por métodos indirectos del sitio potencialmente contaminado**

Una vez terminados los recorridos de inspección los cuales junto a la información documental obtenida, se identificó aquellos sitios potencialmente contaminados con hidrocarburos o algún otro tipo de contaminantes, se estableció el árbol de toma de decisiones para la aplicación de los métodos indirectos, mediante los cuales podremos obtener una visión un poco más definida de la distribución del contaminante, con la finalidad de que el análisis en conjunto de todos los datos recabados nos sirvan para crear un plan de muestreo dirigido sobre objetivos específicos y con esto obtener la mayor representatividad posible de las dimensiones y características de los contaminantes en el subsuelo. Los métodos indirectos serán el segundo filtro ya que con los recorridos y antecedentes recabados se pueden llegar a confundir ciertos indicios que pudieran interpretarse como sitios potencialmente contaminados, depurando así el listado de sitios obtenidos anteriormente. De acuerdo al listado de sitios potencialmente contaminados se emplearán los diferentes métodos indirectos con los que cuenta la Universidad Autónoma de Tamaulipas con base en el Árbol de Toma de Decisiones para Métodos Indirectos (ATDMI).

**Tabla 8.4.1-6.- Sitios Potencialmente contaminados en el Área Contractual 4 Campo Calicanto.**

Sitios Potencialmente Contaminados	Ubicación UTM		Indicio Detectado
	X	Y	
Contrapozo Calicanto 101	424177.27	1978139.03	Contrapozo inundado, pared Norte y Sur derrumbadas y superficie de agua presenta iridiscencia.
Presa de Perforación	424148.59	1978037.68	Presa de quema, por antecedente en entrevista y por la actividad a la cual está relacionada, se considera sitio potencialmente contaminado.
Zanja en zona de cultivo	424242.20	1978033.76	Zanja que de acuerdo a la entrevista, es la zona donde se acumuló hidrocarburo en el evento ocurrido en el 2014.
Acumulación de agua	424089.70	1978074.23	Acumulación de agua entre el terraplén y presa de quema que presentó iridiscencia en su superficie.

El ATDMI, indica que en los sitios potencialmente contaminados como primer actividad se realizarán recorridos con el CMD (Medidor de Conductividad Electromagnética) alrededor del árbol de válvulas con la finalidad de detectar aquellas tuberías que se encuentran en el subsuelo y que salen del pozo hacia alguna

estación o en su caso a presas de perforación, posteriormente habiendo identificado las posibles líneas se procederá a tomar lecturas en transectos por donde estén programadas las gasometrías, esto con la finalidad de evitar cualquier daño tanto a las instalaciones (subterráneas) como al personal y equipo que desarrolla estos trabajos. El objetivo deseado es fácil de obtener cuando se encuentra un contraste de la conductividad con el medio circundante, haciendo esta metodología la más adecuada cuando se busca detectar los ductos o estructuras metálicas, ya que la posibilidad de detectarlos incrementa cuanto mayor sea su tamaño y menor la profundidad.

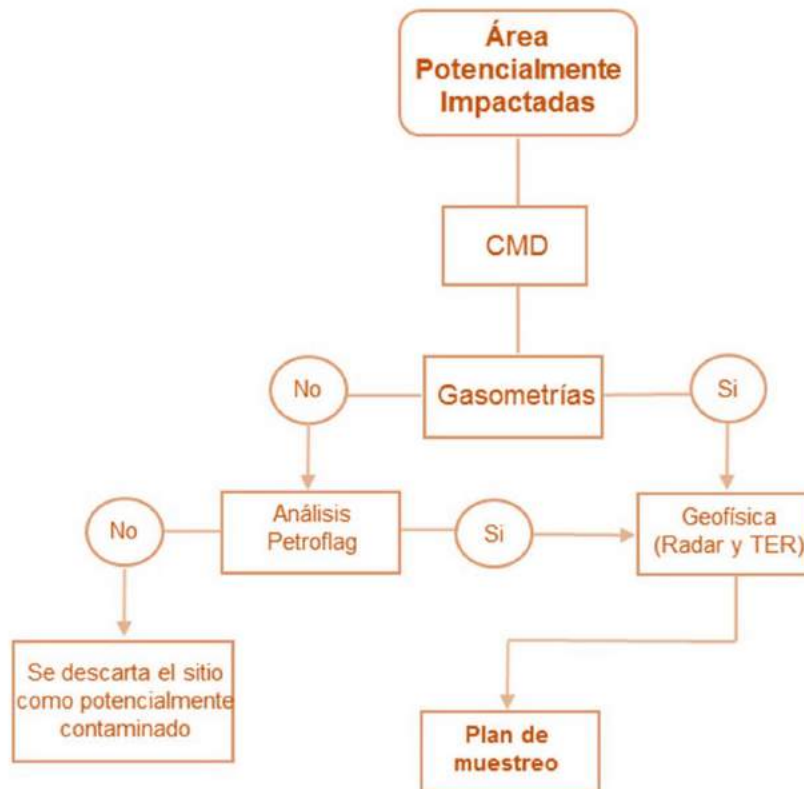


Figura 8.4.1-13.- Árbol de Toma de Decisiones para métodos indirectos en la evaluación de áreas identificadas con impacto.

Posterior a la detección de estructuras en el subsuelo se procederá a realizar la instalación de pozos de gasometría; se considera un total de 23 gasometrías distribuidas en dos zonas en las cuales se detectaron sondeos con posible presencia de hidrocarburos, además del reporte derivado de las entrevistas con el propietario. Estas dos áreas en conjunto cuentan con una superficie de 1.15 has. Y que tomando de referencia la Tabla 4 “Número mínimo de puntos de muestreo de acuerdo con el área contaminada” de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 donde corresponderían entre 20 y 25 puntos. De ser positivas algunas de las mediciones de compuestos orgánicos volátiles (gasometrías), se procederá a vaciar la información en el software ArcGIS 10.2 obteniendo la distribución de las concentraciones y con esto proyectar adecuadamente las líneas de Tomografía Eléctricas Resistivas; en dado caso de que todas las lecturas den negativas, se procederá a realizar análisis de Petroflag en la búsqueda de hidrocarburos totales de petróleo a profundidades por debajo del 1.50 m y con esto confirmar o no la presencia de estos componentes, de obtener un resultado negativo se descartaría por completo el sitio que al momento es considerado como potencialmente contaminado, de manera contraria será necesario implementar los estudios de Tomografía Eléctrica Resistiva principalmente. El objetivo de la investigación con el TER es el definir tanto en profundidad como en extensión la presencia de los hidrocarburos en el subsuelo por medio de contrastes resistivos que pudieran indicar estos contaminantes y así poder justificar plenamente la ubicación de los puntos de muestreo y profundidad de perforación que serán presentados en el plan de muestreo de acuerdo a lo que marca la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

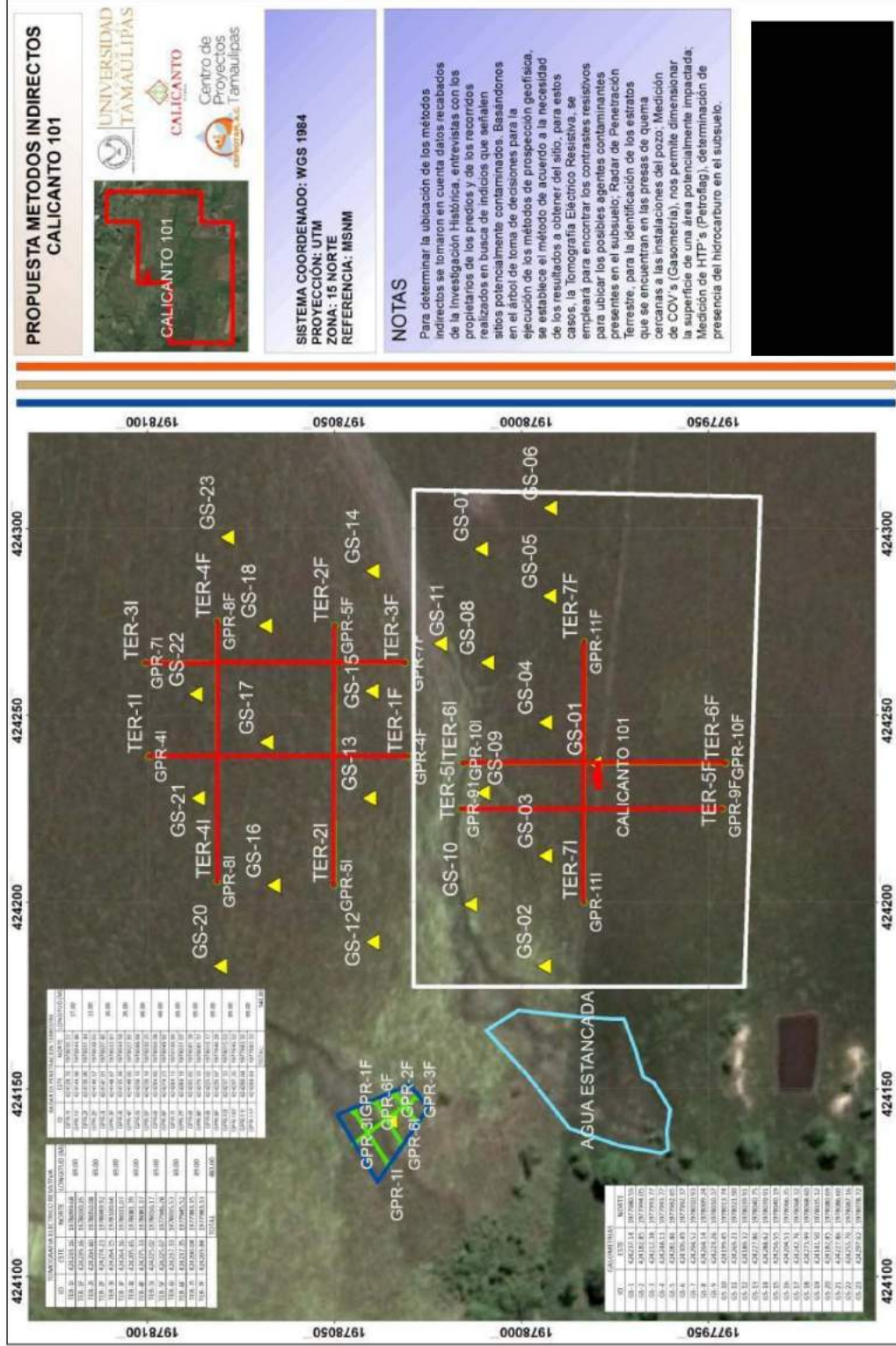
En el caso de la presa de perforación que fue encontrada cercana al pozo, cuando ésta no presenta agua, se propone realizar de manera transversal y longitudinal, líneas de Georadar, mediante las cuales se espera poder definir los espesores del relleno de la presa de perforación, ya que de acuerdo a los registros históricos, la presencia de presas de perforación indica un vertimiento de los lodos provenientes de la perforación, así como las mezclas de compuestos para realizar la perforación de los pozos, siendo estas zonas unas áreas muy probables de contaminación; con esta herramienta de prospección podremos obtener un cálculo del volumen del material vertido en dichas presas y con esto facilitar la propuesta de una metodología de muestreo tanto para hidrocarburos como para metales, siendo este último muestreo referido a la NMX-AA-132-SCFI-2006 “MUESTREOS DE SUELO PARA LA IDENTIFICACIÓN Y LA CUANTIFICACIÓN DE METALES Y METALOIDES Y MANEJO DE LA MUESTRA”.

PASIVOS AMBIENTALES

---

Por registros históricos sabemos que solo en las presas de perforación pueden presentarse metales pesados, por la manera en la que se realizaban las perforaciones de pozos de extracción anteriormente y al no tener algún registro de otras zonas impactadas por metales, las convierten en los sitios potencialmente contaminados. Dentro de la gama de métodos indirectos que ofrece la Universidad Autónoma de Tamaulipas, el Georadar es la mejor opción en el caso de las presas de perforación, ya que la implementación de gasometrías en estos sitios, únicamente registraría la presencia de hidrocarburos; mientras que en el caso de las Tomografías Eléctrico Resistivas, por el hecho de ser una zona confinada y que en el interior tiene diferentes tipos de materiales, no se pudiera registrar algún cambio resistivo que identifique la presencia de los metales en el subsuelo.

**PASIVOS AMBIENTALES**



**Figura 8.4.1-14.- Propuesta de métodos indirectos.**

## 8.4.2 Segundo Reporte

### INTRODUCCIÓN

La presencia de contaminantes en el suelo (en particular los hidrocarburos), tiende a modificar la estructura del suelo, provocando variaciones en la resistividad eléctrica (métodos indirectos), creando un contraste de resistividades entre las formaciones limpias y las que están contaminadas (Sauck, 2000). Esta diferencia depende, entre otros factores, de la cantidad y la antigüedad del derrame de hidrocarburos.

Es necesario identificar las principales características del sitio a estudiar debido a su influencia en el comportamiento de la contaminación en el suelo; entre ellas se encuentran geología regional y local, tipo de suelo, estratigrafía, la hidrología, topografía, profundidad del nivel freático, climatología, población y servicios, entre otras.

Es importante señalar que, la correlación de estos métodos indirectos es un punto de partida para generar un adecuado plan de muestreo para la aplicación de técnicas en campo tales como el muestreo de suelo. Esto permitirá una mejor planificación de la perforación de los pozos para determinar dónde y a qué profundidad se deberán perforar, para posteriormente, por medio del análisis geoquímico identificar el tipo y concentración de los contaminantes.

### ANTECEDENTES

La industria petrolera es una de las más antiguas en México y la que maneja los mayores recursos dentro del marco industrial mexicano, por ende, es de gran importancia dentro del modelo de desarrollo (Madrigal, 1998). Sin embargo, debido a la amplia gama de productos derivados del petróleo esta industria ha provocado impactos negativos en materia ambiental que no ha sido posible evaluar cuantitativamente (Saval, 1995).



Algunos de los trabajos realizados en la caracterización de sitios contaminados con hidrocarburos mediante la aplicación de métodos indirectos en México, fueron los realizados por Shevin et al., (2005) en un sitio contaminado por hidrocarburo como resultado de los trabajos de perforación y explotación de un pozo petrolero en el estado de Tabasco. Ellos realizaron la caracterización geoelectrica utilizando el método de Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE, por sus siglas en inglés), con la obtención de secciones y mapas de resistividad y la configuración de las plumas de contaminación madura en correspondencia con anomalías de baja resistividad. La aportación principal de este trabajo es la definición de la frontera geoelectrica entre el suelo limpio y contaminado mediante un proceso de modelación petrofísica basado en mediciones de resistividad en muestras de suelo limpio y contaminado colectadas en el sitio (Shevin et al., 2005).

Un caso más fue estudiado en un sitio afectado por una fuga de gasolina ocurrida en una línea de ducto cerca de Cárdenas, Tabasco (Delgado-Rodríguez et al., 2006). El estudio consistió en la aplicación del método TER a lo largo de seis perfiles paralelos en el derecho de vía de los diferentes ductos. Los resultados presentados en mapas y secciones muestran que, aunque el grado de contaminación de este sitio fue bajo, se localizaron dos zonas contaminadas dentro del acuífero arenoso. Tanto el acuífero arenoso como el acuitardo arcillo-arenoso fueron caracterizados, no solo con base de los valores de resistividad, sino en parámetros petrofísicos como contenido de arcilla, porosidad y capacidad de intercambio catiónico. Asimismo, fueron reinterpretados a partir de los valores de resistividad, utilizando un algoritmo de inversión que toma en cuenta la salinidad del agua de poro, siendo este el aspecto más novedoso del trabajo.

Además de los trabajos que se registran en las diferentes fuentes de consulta, en lo particular, la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT) ha participado en diferentes proyectos ambientales que involucran la presencia de sitios contaminados con hidrocarburo (agua y suelo). En dichos proyectos, los métodos indirectos han sido una gran herramienta para la delimitación cualitativa del contaminante, dimensionamientos en cuanto a extensión y profundidad, sin llegar al grado cuantitativo referente en las concentraciones de los contaminantes. Para el caso de los acuíferos, los métodos indirectos, en específico las tomografías eléctrico resistivas, han sido una herramienta poderosa en la delimitación de niveles de

agua, dirección de corrientes subterráneas, principales cauces, paleocanales, entre otros, que nos ayudan a definir las condiciones por las que se dispersan los contaminantes, generando una gran confiabilidad en la toma de decisiones para la ejecución de medidas de contención y recuperación de los contaminantes en los acuíferos. La UAT, desde el 2008 ha generado estudios de caracterización principalmente, los cuales han sido aprobados por la autoridad ambiental, la que en su momento era la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y en casos actuales la Agencia de Seguridad Energía y Ambiente (ASEA). Dentro de los estudios que han desarrollado la Universidad en los que se ha hecho el uso de los diferentes métodos indirectos, son:

1. CARACTERIZACIÓN DEL SITIO Y EVALUACIÓN DEL GRADO DE AFECTACIÓN POR HIDROCARBURO EN EL KM. 86+300 DEL POLIDUCTO DE 12"-10" Ø MADERO-CADEREYTA (PEMEX REFINACIÓN).
2. CARACTERIZACIÓN DEL SITIO Y EVALUACIÓN DEL GRADO DE AFECTACIÓN POR HIDROCARBURO EN EL KM. 89+500 DEL POLIDUCTO DE 12" Ø MADERO-CADEREYTA (PEMEX REFINACIÓN).
3. CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL GRADO DE AFECTACIÓN DEL ÁREA ALEDAÑA AL KM. 64+850 DEL POLIDUCTO BIDIRECCIONAL DE 12" Ø CORRESPONDIENTE AL SECTOR CHIHUAHUA (PEMEX REFINACIÓN).
4. DIAGNÓSTICO GEO-HIDROLÓGICO EN EL CUERPO DE AGUA ASOCIADO AL KM. 447+149.24 DEL POLIDUCTO DE 12-10" Ø MADERO- CADEREYTA, MUNICIPIO DE MONTEMORELOS, N.L. CORRESPONDIENTE AL SECTOR DUCTOS VICTORIA.
5. ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL GRADO DE AFECTACIÓN POR HIDROCARBURO EN EL KM. 72+370 DEL OLEODUCTO DE 24" D.N. LÍNEA 2 NUEVO TEAPA-MADERO-CADEREYTA TRAMO NARANJOS-MADERO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TAMPICO ALTO, CORRESPONDIENTE A LA SUPERINTENDENCIA DEL SECTOR DUCTOS MADERO.
6. ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL FRADO DE AFECTACIÓN POR HIDROCARBURO EN EL KM. 245+972 DEL POLIDUCTO DE 12" Ø CADEREYTA-REYNOSA-

- MATAMOROS, EN EL MUNICIPIO DE MATAMOROS, TAMAULIPAS. CORRESPONDIENTE A LA SUPERINTENDENCIA DEL SECTOR DUCTOS MONTERREY.
7. RECUPERACIÓN DEL HIDROCARBURO EN FASE LIBRE Y CONTROL DE LA MIGRACIÓN DE LA PLUMA FASE DISUELTA EN EL KM. 65+300 DEL POLIDUCTO DE 14" Ø SATÉLITE-GÓMEZ PALACIO, MUNICIPIO DE RAMOS ARIZPE, COAH. DERIVADO DEL DERRAME DE HIDROCARBURO.
  8. ESTUDIO PROSPECTIVO DEL GRADO DE AFECTACIÓN AL MEDIO AMBIENTE DERIVADO DE LA EMERGENCIA DE UNA TOMA CLANDESTINA DESCONTROLADA. EN EL KM. 77+986 DEL POLIDUCTO DE 12"Ø CHIHUAHUA-CD. JUÁREZ.
  9. ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE 5 SITIOS IMPACTADOS CON HIDROCARBUROS, DERIVADOS DE DERRAMES POR TOMAS CLANDESTINAS EN LOS DERECHOS DE VÍA DE LOS SECTORES MADERO Y CD. VICTORIA, CORRESPONDIENTES A LA SUBGERENCIA DE TRANSPORTE POR DUCTO NORTE.
  10. ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE 9 SITIOS IMPACTADOS CON HIDROCARBUROS, DERIVADOS DE DERRAMES POR TOMAS CLANDESTINAS EN LOS DERECHOS DE VÍA DEL SECTOR MONTERREY, CORRESPONDIENTES A LA SUBGERENCIA DE TRANSPORTE POR DUCTO NORTE.
  11. ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE 2 SITIOS IMPACTADOS CON HIDROCARBUROS, DERIVADOS DE DERRAMES POR TOMAS CLANDESTINAS EN LOS DERECHOS DE VÍA DE LOS SECTORES CHIHUAHUA Y TORREÓN, CORRESPONDIENTES A LA SUBGERENCIA DE TRANSPORTE POR DUCTO NORTE.
  12. ESTUDIO PROSPECTIVO DEL SITIO CON IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE CON MOTIVO DEL DERRAME PEMEX DIÉSEL POR TOMA CLANDESTINA DESCONTROLADA EN EL KM. 176+900 DEL POLIDUCTO DE 12" D.N. MINATITLÁN-MÉXICO, UBICADA EN EL EJIDO PLAN BONITO DEL MUNICIPIO DE COSAMALOAPAN, VERACRUZ.
  13. REMEDIACIÓN DEL PREDIO DENOMINADO CADI Y CARACTERIZACIÓN DE LAS EX PLANTAS DEMEX, MH Y UPH-U-800, CON LA FINALIDAD DE LLEVAR A CABO EL ACONDICIONAMIENTO DEL SITIO DEL PROYECTO DE CALIDAD DE COMBUSTIBLES FASE DIÉSEL EN LA REFINERÍA "FRANCISCO I. MADERO" EN CIUDAD MADERO, TAMAULIPAS".

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Establecer el Plan de Muestreo de los sitios potencialmente contaminados por hidrocarburo y/o metales pesados, a través de la correlación de resultados de los diferentes métodos indirectos aplicados en el Área Contractual 4 Campo Calicanto. Dichos planes estarán basados en los criterios establecidos en la Normatividad Oficial Mexicana vigente, los cuales son: NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 y NMX-AA-132-SCFI-2006.

### **Objetivos Específicos**

- Aplicar los métodos indirectos de acuerdo al Árbol de Toma de Decisiones de Métodos Indirectos establecido, dependiendo de las características que presentan los sitios potencialmente contaminados que fueron identificados durante la investigación histórica y documental del Área Contractual 4 Campo Calicanto (Primer Informe de daños preexistentes).
- Mediante la ejecución de sondeos someros, recorridos de reconocimiento geológico y análisis de bibliografía regional geológica del sitio (cartas geológicas), se definirá el modelo conceptual geológico local del Área Contractual 4 Campo Calicanto, realizar un levantamiento geológico local y conceptual de la zona presente en el área, que nos permita conocer las condiciones geológicas.
- Realizar el levantamiento topográfico en la zona y sus zonas aledañas, identificando los rasgos antropogénicos y naturales (caminos, instalaciones, ductos, cuerpos de agua, derechos de vía), además de georreferenciar todos los trabajos de los diferentes métodos indirectos aplicados.
- Elaborar un plano georreferenciado donde se plasmen las anomalías que deberán ser investigadas mediante la aplicación de los métodos directos (perforación, muestro y análisis), tomando como base lo establecido en las normas ambientales mexicanas (NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 y NMX-AA-132-SCFI-2006).

## **METODOLOGÍA PARA LA EJECUCIÓN DE LOS MÉTODOS INDIRECTOS**

Para determinar el área aproximada de afectación por el derrame de contaminantes en suelo, es necesario llevar a cabo previamente un estudio por métodos indirectos tales como los trabajos de conductividad de multiprofundidad, gasometrías y/o petroflag, tomografía eléctrica resistiva y radar de penetración terrestre.

El estudio por métodos indirectos se realizará con el fin de generar la información relativa a profundidad y área de un posible impacto, además provee la información correspondiente a la geología del sitio, permitiendo definir los puntos de impacto presentes en el sitio.

### **Levantamiento Topográfico del Sitio**

Para definir el área de estudio y las zonas aledañas a las áreas de interés se llevará a cabo un levantamiento topográfico georreferenciado de las zonas donde se realizó la implementación de métodos indirectos con la finalidad de tener definidas las áreas con precisión.

Para esto, se definirá un punto de control para cada uno de los sitios potencialmente contaminados, permitiendo así la correcta georreferenciación de los puntos geográficos que pertenecen a cada uno de ellos.

Este punto de control será definido por el área de trabajo, así como de la presencia de estructuras y de vegetación cercanas al punto, permitiendo así tener una visualización completa del área a levantar, aunque cabe mencionar, el equipo utilizado para la ejecución de estos trabajos es de comunicación satelital, permitiendo así, la movilidad del estadal para la ubicación de los puntos de interés de los sitios, evitando así la necesidad de que exista una línea de visión entre el estadal y la estación central del GPS.

Para el levantamiento que se realizará en este sitio se utilizará el siguiente equipo y herramienta:

- GPS topográfico marca South modelo RTK-S82T receptor base y receptor Rover con accesorios y cables de conexión
- Dos tripié de aluminio
- Bastón de fibra de carbono de 2.5m
- Radio UHF Modem Externo
- Antena UHF
- Arrancador de baterías
- Aerosol color amarillo fosforescente
- Estacas de madera de 1 ½" x 11"
- Mojonera de concreto
- Machete
- Libreta de campo

Los trabajos de control terrestre se llevarán a cabo desarrollando las actividades siguientes:

**Reconocimiento del sitio de los trabajos:** Se realizará un recorrido por toda el área de trabajo con el fin de conocer a detalle el sitio y las zonas donde se requiera una mayor precisión en el levantamiento.

**Ubicación de puntos de control:** Estos deberán ser instalados dentro del área de trabajo, previo al reconocimiento del sitio de los trabajos se elegirá la zona en donde se colocara dicho punto, el cual deberá tener las siguientes características: Deberán estar ubicados en áreas de fácil acceso, con gran visibilidad hacia otras zonas del área de trabajo, los puntos de control serán visibles fácilmente, las coordenadas de dichos puntos de control se anotarán en la libreta de campo y se realizará un croquis de ubicación en el formato de trabajo. La ubicación de este punto de control servirá para georreferenciar correctamente y ubicar en el mismo sistema de coordenadas los datos que se obtengan en el levantamiento topográfico como lo son los métodos indirectos.

Instalación de equipo y levantamiento de condiciones estructurales y curva de niveles en área de influencia: Con nuestro punto de control ubicado se procederá a ubicar nuestro GPS receptor base.

Procedimiento de instalación del equipo:

Se ubicará y nivelará el tripié de aluminio sobre el punto de control y se instaló en dicho tripié el receptor base.

Se instalará el radio UHF en el mismo tripié de aluminio del receptor base y se conectó por medio de conexiones alámbricas a nuestro receptor base así como nuestro arrancador de baterías el cual sirve de fuente de poder.

En nuestro segundo tripié se colocará nuestra antena UHF y se conectará al radio UHF previamente instalado.

El receptor Rover se instalará en el bastón de fibra de carbono.

Una vez instalado el equipo se procederá a configurar los equipos con ayuda de la colectora de datos, la cual es la encargada en enlazar ambos receptores con el radio UHF y almacenar digitalmente los puntos levantados en campo. La colectora incluye el software SurvCE, en dicho programa se seleccionará el sistema de coordenadas geográficas, el cual fue el sistema World Geodetic System 1984 (WGS 84) y proyección de coordenadas en Universal Transverse Mercator (UTM). Posteriormente se hace el enlace inalámbrico (vía Bluetooth) a los dos receptores los cuales se encienden previamente. Una vez enlazadas a la colectora se hace el enlace inalámbrico con el radio UHF.

Con el equipo configurado correctamente se iniciará el trabajo de levantamiento de puntos el cual consiste en identificar los rasgos antropogénicos y naturales de la zona de estudio los cuales incluyen principalmente en:

PASIVOS AMBIENTALES

---

- Caminos y accesos al sitio
- Derechos de vía
- Líneas de Ductos si estuvieran identificadas
- Pozos de agua existentes, presas o cuerpos de agua de estudio
- Construcciones cercanas de interés para su estudio
- Seccionamiento de terreno para obtener pendientes del suelo
- Mallas o cercas de terrenos en caso de ser parte del área de estudio específico
- Postes de CFE, PEMEX, etc.
- Puntos y trayectorias de trabajos de métodos indirectos para la identificación de áreas potencialmente impactadas

Se realizarán recorridos dentro de un área próxima cercana al sitio de estudio en busca de bancos de nivel que se hayan instalado por parte de alguna dependencia o por parte de alguna compañía que haya realizado trabajos en la zona. Una vez ubicado un banco de nivel previamente establecido, se relaciona la información obtenida de este con las estaciones de medición de INEGI.

Para obtener las curvas de nivel del terreno se deberá realizar un seccionamiento en una cuadrícula máxima de 20.00 m. de largo por 20.00 m. de ancho. Los datos obtenidos en campo se procesarán mediante diversos programas de cómputo, los cuales en orden de uso se enlistan a continuación:

- SurvCE
- Bloc de notas de Microsoft
- Civil Cad (Modulo instalado en AutoCAD 2014)
- AutoCAD 2014

Mediante el programa SurvCe incluido en la colectora de datos, se seleccionará la opción de exportar datos en formato texto. El archivo generado se descargará en una computadora por medio de una conexión inalámbrica USB. Para la elaboración del plano final se importará el archivo del Bloc de notas con la ayuda



de Civil-Cad, el cual arrojará la nube de puntos georreferenciados con su descripción. Con los puntos georreferenciados y debidamente identificados se realizará el dibujo de la poligonal envolvente, la cual delimitará nuestra área de estudio, así como también se dibujarán las líneas de trayectorias de mallas, derechos de vía, accesos, etc. Como resultado del dibujo se obtendrán los diferentes planos en los cuales se detallan el sitio.

Mediante esta metodología de levantamiento topográfico, se ubicarán y georreferenciarán todos los dispositivos de prospección utilizados para esta evaluación. Incluyendo curvas de nivel y planimetría del sitio anotando referencias físicas que pudieran existir como: carreteras, líneas existentes, señalización del derecho de vía, etc. Es importante mencionar que ésta metodología es aplicable tanto para áreas de estudio potencialmente contaminadas con hidrocarburo como para áreas potencialmente contaminadas con metales pesados o cualquier otro tipo de contaminante, ya que el procedimiento de levantamiento es de manera superficial y no se requiere de trabajos adicionales especiales.



**Fotografía 8.4.2-1.-** Trabajos de levantamiento topográfico con estación GPS Topográfico Marca South Modelo RTK-S82T (Ejemplo tomando en Rio Bravo, Tamaulipas).

### Perfilaje Electromagnético (CMD)

El CMD (Medidor de Conductividad Electromagnético) es un método de prospección geofísica del orden de los electromagnéticos, el cual es utilizado cuando se tiene la necesidad de realizar una detección de estructuras subterráneas someras. Los métodos de inducción electromagnética como el caso del CMD permitirán detectar la presencia de medios magnéticos. La elección de la metodología se encuentra en función de las propiedades del subsuelo, ruido electromagnético y superficie del suelo. El principal uso de esta metodología será la búsqueda y detección de anomalías conductoras, visualizándose directamente en los gráficos obtenidos de cada frecuencia.

El perfilaje electromagnético se aplicará para determinar la distribución de materiales metálicos en el subsuelo, como parte de los procesos antropogénicos, y señalar sitios libres para la perforación de pozos de gasometrías y futuras perforaciones de muestreo de suelo. Las mediciones consistirán en registros indirectos de conductividad eléctrica y susceptibilidad magnética, con lo cual se logrará ubicar objetos metálicos enterrados in situ. Estos recorridos se realizarán dentro del área del cuadro de maniobras de cada pozo o derecho de vía donde se proyectan instalación de gasometrías.

A través del proceso de la información obtenida en campo, se tendrá como resultado una gráfica donde se muestran los puntos críticos ó de mayor importancia que pudieran definirse como picos altos y/o bajos de conductividad siendo estos interpretados como estructuras subterráneas. La finalidad de la aplicación del Medidor de Conductividad Electromagnético o CMD es la obtención de un perfil electromagnético donde se registrarán las variaciones laterales de conductividad del subsuelo a una profundidad somera de investigación. La aplicación de esta metodología no requerirá contacto directo con el suelo, siendo no invasivo y de rápida adquisición de datos. Se utilizará para realizar mapeos de conductividad en un área determinada.

Tabla 8.4.2-1.- Especificaciones técnicas del CMD-Explorer.

Especificaciones Técnicas CMD-Explorer (GF Instruments)	
Tiempos de Medición	Conductividad aparente en milisiemens por metro ( $mS/m$ )
Fuente de Alimentación	8 pilas alcalinas "C" (aprox. 20 h continuas)
Almacenamiento	10,000 records (2 componentes); 16,500 records (1 componente)
Gama de medida	Conduct.: 10, 100, 1K $mS/m$ ; Dentro de la fase de : +/- 20 partes por mil
Resolución de medición	+/- 0,1 % de la escala completa
Medición en Fase	(susceptibilidad magnética)
Frecuencia de Operación	9.8 Hz
Dimensiones	145 x 38 x 23 cm
Peso	12.4 Kg

El CMD trabaja sobre la conductividad del suelo y la medición en fase (interphase), emitiendo ondas de profundidad sencilla o múltiple diseñadas para un rango de profundidad que varía de los 0.5 m a los 5 metros, dichas señales son transmitidas a través de una bobina transmisora y recibida por una segunda bobina receptora. Las señales electromagnéticas emitidas penetran en el subsuelo creando un campo magnético secundario el cual es reflejado hacia la bobina receptora.



Fotografía 8.4.2-2.- Medidor de Conductividad Electromagnética (CMD) (Ejemplo tomado en Cd. Victoria, Tamaulipas).

Se realizará una calibración en campo cada vez que se cambie de área de estudio, colocándolo a nivel de suelo, en donde se colocará la bobina emisora en el extremo correspondiente de acuerdo al color señalado en el equipo, para este punto en el Archer debe estar en un rango de más menos 1.00 mS/m, posteriormente se conecta el receptor y se calibra la inphase debiendo tener una lectura de más menos 0.1 ppt. Una vez hecha la calibración correcta se procederá a realizar desplazamientos sobre el área de estudio, de manera automática el equipo induce ondas electromagnéticas en el subsuelo en determinado tiempo, es por eso que se requerirá un desplazamiento constante.

Se analizará el perfil generado por el equipo, las mediciones consisten en registros indirectos de conductividad y susceptibilidad magnética, a través del proceso de la información obtenida en campo, se tendrá como resultado una gráfica donde se mostrarán los puntos críticos o de mayor importancia que pudieran definirse como picos altos y/o bajos de conductividad y estos a su vez puedan interpretarse como estructuras subterráneas.

Esta técnica de prospección geofísica proporcionará imágenes del subsuelo (Figura 8.4.2-1), en donde se mostrará la distribución de los valores de conductividad, en donde se ubicarán de manera certera la distribución de tuberías y objetos que se encuentren en el subsuelo, adicionalmente producirá perfiles continuos de alta resolución en forma rápida y no destructiva. Cuando un campo electromagnético producido por una bobina recorrida por corriente alterna se propague a través del subsuelo, inducirá otras corrientes eléctricas en todo cuerpo conductor que encuentra en su camino. Estas corrientes secundarias fluirán en dirección tal que su campo electromagnético se oponga al campo inductor primario. Cuando el campo secundario se extienda en el espacio, el campo total (suma de primario y secundario) será diferente en cualquier punto del campo primario.

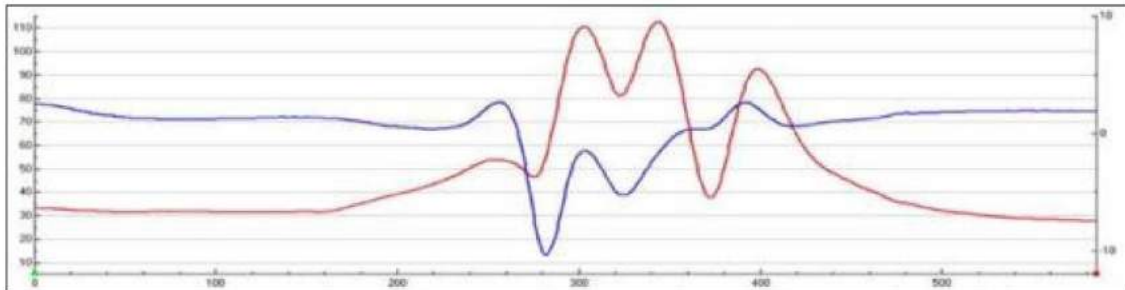


Figura 8.4.2-1.- Diagrama de detección, resultado de recorrido con CMD (ejemplo de recorrido sobre el derecho de vía. Cd. Madero – Cadereyta).

La intensidad de las corrientes inducidas dependerá, entre otros factores, de la resistividad eléctrica del cuerpo conductor y de la frecuencia del campo primario. Generalmente las corrientes son tanto más intensas cuantos mayores sean la resistividad y la frecuencia.

### Gasometrías

Las evaluaciones gasométricas son actividades adecuadas para determinar de forma simple, la extensión de un derrame de hidrocarburos líquidos volátiles y semivolátiles en el suelo y subsuelo, mediante la medición de los Compuestos orgánicos volátiles (COV's). El análisis cuantitativo y cualitativo de vapores así como la apropiada interpretación de los datos obtenidos, proporcionarán información sobre el ambiente que prevalece en la zona vadosa, lo que puede auxiliar en la determinación de la fuente, la presencia, la composición y la distribución de los contaminantes. Proporcionará información de forma relativamente rápida, comparada con otras técnicas analíticas.

Las presiones de vapor bajas pueden dar las condiciones para analizar vapores de hidrocarburos, pero sucede solo cuando los componentes se encuentran en altas concentraciones y bajo condiciones geológicas tales que los materiales son muy permeables a los vapores.



Fotografía 8.4.2-3.- Equipo MiniRAE 3000.

Para el estudio se instalarán gasometrías distribuidas en los sitios impactados, antes de realizar la perforación con ayuda del CMD se verificará que no existan estructuras subterráneas que pudiesen sufrir daño alguno. Se limpiará el lugar de todo material extraño que pudiera interferir con la ejecución adecuada de los trabajos.

Posteriormente se realizará la perforación por medios mecánicos/manuales hasta la profundidad de 1.0 m, evitando que ocurra un posible derrumbe en las paredes del pozo, al llegar a la profundidad deseada se insertará un tubo de PVC el cual en la parte superior tiene un tapón que impedirá la liberación de vapores al medio ambiente. Se realizará el sellado de las orillas con material cementante (bentonita). Una vez terminada la instalación se dejará reposar durante 24 hrs para la acumulación de los vapores. Para la medición, se utilizará un método de análisis directo, donde se empleará un detector (MiniRAE 3000) introducido directamente al sitio donde se analizará la concentración de los compuestos orgánicos volátiles provenientes de la degradación de los hidrocarburos inmersos en el suelo. Los vapores que ocupan el espacio gaseoso del suelo y que se encuentran rodeando el detector, serán cuantificados de forma inmediata. En general, la representatividad de los resultados obtenidos de una gasometría dependerá de

PASIVOS AMBIENTALES

las condiciones del terreno, del grado de saturación del suelo, de la humedad presente y otras condiciones propias del lugar que en ocasiones limitarán su desempeño.

Los trabajos realizados para la determinación de concentraciones de hidrocarburos totales del petróleo en el suelo requerirán del equipo MiniRAE 3000, el cual el principio básico es que en un extremo de la fibra óptica, se hará pasar de forma continua un haz de luz, el cual al llegar al detector cuantificará la señal emitida (estado basal o cero). Una vez que el sensor químico de fibra óptica es introducido en el agua o en un ambiente aéreo contaminado con hidrocarburos, se impregnará y en consecuencia la intensidad de luz que retorna al detector es inversamente proporcional a la concentración de hidrocarburos presentes, ya que estos se combinan con la cubierta porosa de la fibra óptica. Este proceso es reversible al cabo de unos segundos, permitiendo hacer lecturas subsecuentes en lapsos cortos de tiempo.



**Fotografía 8.4.2-4.-** Instalación Gasometrías y lectura de compuestos orgánicos volátiles acumulados en el tubo de Gasometría. (ejemplo tomado en Cd. Victoria, Tamaulipas.)

### Tomografía Eléctrica Resistiva (TER)

Esta técnica tiene por objetivo específico, determinar la distribución real de la resistividad del subsuelo hasta un cierto rango de profundidad a lo largo de un perfil de exploración, a partir de los valores de resistividad aparente obtenidos mediante medidas realizadas por métodos convencionales de corriente continua. De cada línea obtenida se realizarán dos tipos de procesamiento a los valores de resistividad. El

procesamiento cualitativo consiste en realizar una interpolación directa de los valores de resistividad y profundidad aparente, en la que los niveles de investigación no corresponden directamente con las profundidades reales de penetración y su finalidad es mostrar la distribución de resistividades en el sentido lateral y vertical así como establecer diferencias en el comportamiento de las líneas de isorresistividad e identificar “zonas anómalas”, ya sean estas por la presencia de contaminantes o por la infraestructura subterránea.

La elección de la metodología a usar en TER depende del objetivo de estudio, sensibilidad del equipo y profundidad de investigación. En el caso de la metodología seleccionada corresponde a la Dipolo- Dipolo, ya que en comparación con las diferentes metodologías (Wenner, Schulemberg, Polo-Polo) se requiere de una que sea muy sensible a cambios de resistividad horizontal, es decir la sensibilidad es una función que básicamente nos muestra el grado en que un cambio en la resistividad de una sección del subsuelo influirá en la medida del potencial. A valores más altos de la función de sensibilidad, mayor es la influencia de la región del subsuelo sobre la medida (McGillivray and Oldenburg, 1990).

La comparativa en resultados de las diferentes metodologías en cuanto a cobertura horizontal, fuerza de la señal, rechazo del ruido telúrico y resolución de imagen hacen que la metodología Dipolo - Dipolo sea la más adecuada para la detección de plumas contaminantes.

El equipo que se utilizará es un resistímetro Syscal Pro Switch 24, con un procesamiento de datos con el programa RES2DINV usa la técnica de inversión de los mínimos cuadrados con restricción de alisado para producir el modelo 2D del subsuelo con solamente los datos de resistividad aparente. Es completamente automático y no requiere dar el modelo inicial. Este programa ha sido optimizado para la inversión de grandes juegos de datos, soportando los conjuntos Wenner, polo-polo, dipolo-dipolo, polo-dipolo, Wenner-Schlumberger y rectangulares. En este programa se escogen los parámetros óptimos de inversión para un juego de datos particular.

En cuanto a su procesamiento, la utilización del algoritmo de interpretación en 2D de datos nos brindará nuevas posibilidades de aplicación de los parámetros petrofísicos estimados por resistividad. Como



PASIVOS AMBIENTALES

resultado de la aplicación del programa Res2DInv se tendrá un modelo de resistividad con igual cantidad de capas y espesores constantes para todos los sondeos del perfil (y del área).

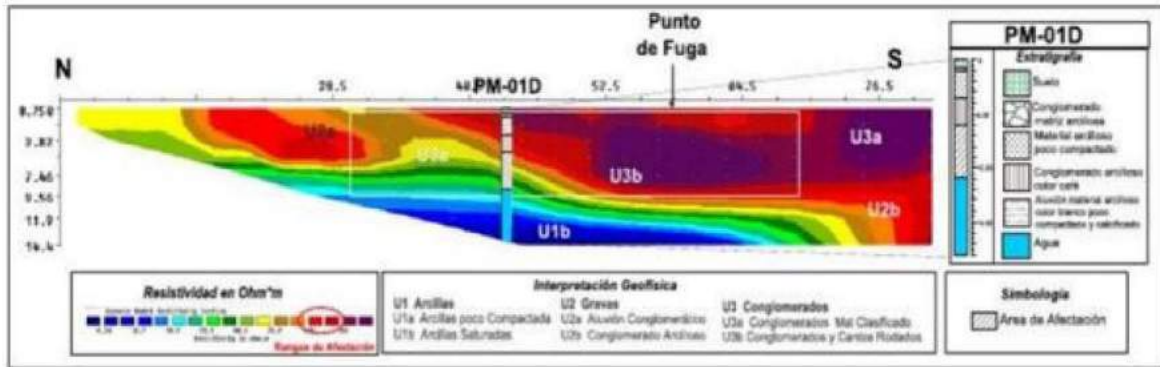


Figura 8.4.2-2.- Imagen de Tomografía Eléctrico Resistivo.

En el caso de la Tomografía Eléctrico Resistiva, se empleará el arreglo dipolo-dipolo, la metodología de campo consistirá en formar dos dipolos, uno de estos denominado de corriente, que es por el cual se inyecta corriente al terreno, y el otro llamado de potencial, a través del cual se medirán las diferencias de potencial a varias distancias. La distancia se representa entre el centro de los dos dipolos y se hace variar para aumentar la profundidad de investigación en el subsuelo, como se muestra en la Figura 8.4.2-3.

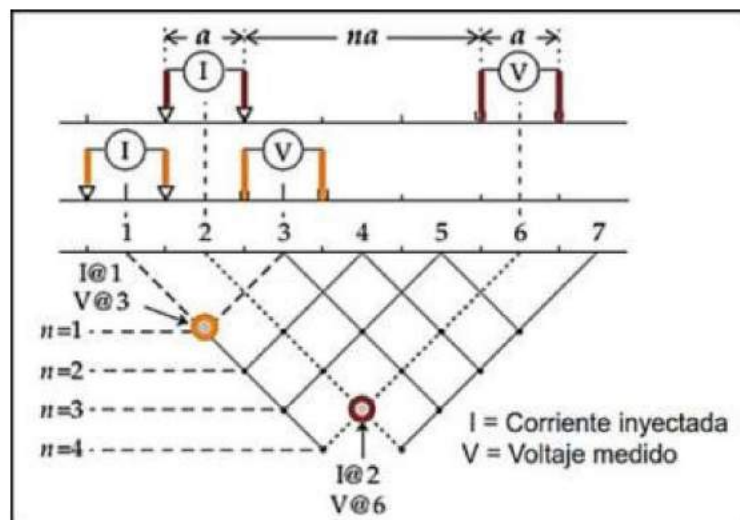


Figura 8.4.2-3.- Arreglo de electrodos para generar para generar una tomografía electro resistiva.



Fotografía 8.4.2-5.- Equipo utilizado Resistivímetro Syscal Pro Switch 24 (Cd. Victoria, Tamps).

Los criterios para elegir los métodos eléctricos en sus modalidades de Tomografía Eléctrica y Sondeo Eléctrico Vertical, son en base al área de interés, es decir las características físicas del medio y el objetivo de estudio, en este caso los métodos eléctricos nos permiten clasificar las características resistivas del subsuelo y con ello identificar variantes geológicas, hidrológicas y suelos contaminados.

Con la Tomografía Eléctrica se obtendrá un estudio somero a detalle en dos dimensiones (horizontal y vertical). En el caso del sondeo eléctrico vertical, se logrará una profundidad de estudio superior a la tomografía, logrando mayor detalle sobre una zona puntual. En conjunto estas dos técnicas se correlacionan y se podrá obtener un marco conceptual detallado de la geología del subsuelo.

Resistivímetro IRIS Instruments modelo: SYSCAL Pro. SWITCH 24 resistivity & IP equipment con número de serie: 6417-3640042876-475 para sondeos, imágenes y monitoreos (Figura 8.4.2-4).



Figura 8.4.2-4.- Resistivímetro SYSCAL Pro. Switch 24.

Consiste en la medida de emisión de corriente continua en el terreno y en el cálculo de su resistencia con un equipo procesador el cuál mide la diferencia de potencial, la cual resulta de la resta o suma según sea el caso, de potencial espontaneo y voltaje ficticio, ya que el potencial espontaneo es la corriente natural del terreno y el voltaje ficticio es la cargabilidad que adopta el medio con la inducción de corriente existente entre dos puntos fijos. Las mediciones se llevan a cabo automáticamente (de salida voltaje, número de apilamiento, factor de calidad) después de la selección del limite valores por el operador, y se almacenan en la memoria interna.

Las especificaciones de salida son 800 V (600 V 1 de pico a pico) en modo de conmutación, 1 000 V (1000 V 2 pico a pico) en el modo manual, 2.5 A, 250 W y con el convertidor interno y una batería de 12 V.

De acuerdo al manual de operación, la calibración se debe ejecutar después de la actualización del "firmware". Esta operación tiene que ser realizada sin los dipolos conectados. Después de haber elegido esta opción, aparecerá la siguiente pantalla. El resultado de calibración permite llevar a cabo la operación

del equipo en base a las necesidades de estudio, permitiendo así trabajar con una mayor precisión y efectividad, como se muestra en la Figura 8.4.2-5.

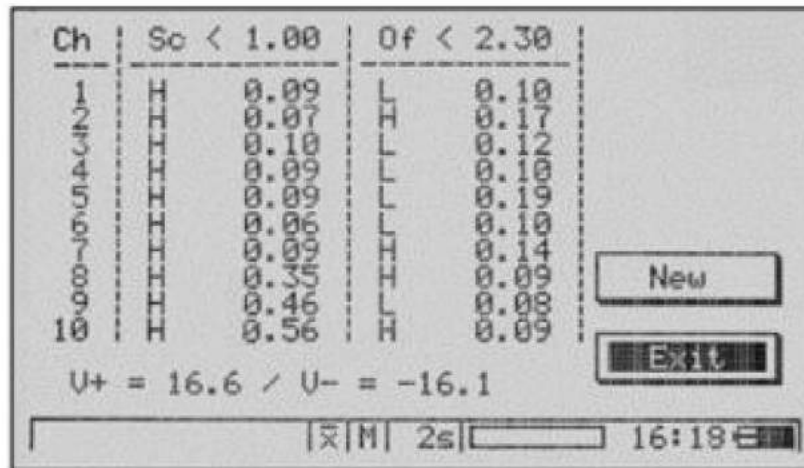


Figura 8.4.2-5.- Pantalla de configuración para calibración SYSCAL Pro. Switch 24.

El procedimiento bajo el cual operará el equipo para obtener datos es el siguiente:

Configuración del equipo de acuerdo al objetivo del estudio.

Definición de la ubicación de los electrodos de acuerdo a la configuración seleccionada.

Sujeción de cables inteligentes a electrodos previamente instalados.

Selección de la configuración deseada a ejecutar.

Una vez seleccionado el método de lectura, en manera automática el equipo inicia el proceso de revisión de conexiones, el cual bajo un ciclo de revisión de estatus confirma si físicamente se encuentran en óptimas condiciones.

Una vez realizada la revisión el equipo procede a la toma de lecturas.

Se realizará un análisis de los datos de resistividad obtenida y de la geología del sitio de estudio para poder realizar una tabla general de resistividades del subsuelo, y de acuerdo a este modelo poder definir o interpretar cada una de las lecturas o rangos obtenidos. La información generada es guardada de manera automática en el equipo para su posterior descarga, análisis y procesado. En función del objetivo deseado y de la calidad de los registros será requerido un mayor o menor procesamiento de los datos en bruto, ya que puede presentar variaciones aleatorias a la datos adquiridos. Los procesos de filtrado se aplican para eliminar datos que se puedan identificar como fuera de rango. Durante la etapa de procesamiento se utilizarán los Softwares RES2DINV, IP2WIN y Surfer 10.

Para la descarga de datos se utilizará el software PosysII, con el cual se podrá realizar una depuración de datos de acuerdo al rango de error que se presenta, para el graficado de los datos se utilizará el software RES2DINV con el cual también se generará un histograma de dichos datos, el cual mostrará porcentajes de error y número de datos que lo contienen, además este software recalculará los datos con un alto porcentaje de error y los estandariza en un rango de error más bajo, para la inversión de los datos se utilizará el software RES2DINV. Para una mejor visualización de los resultados se exportarán al programa SURFER 10 de donde se obtendrán las imágenes finales para su interpretación.

La descripción de estas imágenes será de manera conceptual, en base a las resistividades y las características geológicas específicas del área de estudio contenido en el cuadro conceptual de resistividades, presentándolas en imágenes 2D con interpolación de datos y representando contrastes resistivos en una escala.

### **Análisis de TPH's**

El análisis del sistema PetroFLAG es una herramienta de hidrocarburos con un espectro amplio analítico, adecuado para cualquier tipo de contaminación por hidrocarburos, independientemente de la fuente o del estado de degradación. A diferencia de otros métodos el análisis del sistema PetroFlag, no está destinado a detectar compuestos específicos, tales como BTEX (benceno, tolueno, xileno y Etilbenzeno) 's o PNA (polinuclear aromático) que puede ser parte de cualquier mezcla de hidrocarburos. Esto hace que el PetroFLAG sea un método analítico muy versátil que se puede utilizar en la mayoría de los accidentes con

hidrocarburos sin conocimiento previo de la existencia de BTEX o de PNA del contaminante. El PetroFLAG utiliza un producto químico para responder al aumento de la posible gama de hidrocarburos.

### **Calibración del equipo Petroflag**

Para la calibración del equipo se utilizarán dos reactivos, uno etiquetado como “Blanco de Calibración” y otro como “Calibración Estándar 1000 ppm”. Estos se verterán en las jeringas de destilación para su separación de posibles partículas presentes en el ambiente, estas al presionar la jeringa se verterán en viales de lectura, los cuales serán etiquetados con “BC” y “SC”, estos se agitarán durante diez (10) segundos y se dejarán reposar diez (10) minutos, para esto se utilizará un cronometro con alarma para señalar los tiempos necesarios. Una vez concluido el proceso de reposo, se procederá a su lectura, siendo el vial “C” de calibración el cual se colocará en el compartimiento del equipo Petroflag.

En este punto el equipo será encendido, se presionará el botón de “NEXT”, para colocar la calibración de la lectura en “2C 5”, la cual es la curva de calibración óptima para la lectura de TPH’s en condiciones de temperatura ambiente mayores a 15°C, una vez presente en la pantalla del equipo se presionará el botón seleccionar, ya colocado el vial de blanco de calibración “BC” en el compartimiento, se cerrará el compartimiento y se presionará el botón de lectura “READ”. Al cabo de un periodo de 3 a 5 segundos el equipo mostrará en la pantalla la palabra “Csd”, se continuará con la calibración intercambiando los viales en el compartimiento del equipo, ahora colocando el vial etiquetado como “SC”, posteriormente se presionará el botón “READ”, al cabo de un periodo de 3 a 5 segundos aparecerá en la pantalla la lectura “1000”, en caso de que el dispositivo no muestre esta lectura se procede a repetir el proceso de calibración.

### **Preparación de la muestra**

Una vez organizadas las muestras en el orden en el cual se obtuvieron, se procederá a obtención de una porción de la misma, diez gramos, los cuales serán pesados en una báscula especializada para esas cantidades de porciones previamente calibrada, y se verterá la porción en los tubos de muestra ya etiquetados con el nombre de la muestra (sp1, sp2...).

### **Reactivos**

Ya preparados los tubos de muestra con las porciones necesarias, se procederá a verter los reactivos en cada uno de ellos, preparando el cronometro a cinco minutos más un minuto por cada muestra que se analizará.

Al momento de verter el reactivo en el primer tubo de muestra este se agitará por un lapso de diez segundos, una vez realizado este paso se procederá a su estabilización, dejándolo reposar un minuto, al cabo de ese minuto se procederá a agitar el tubo de muestra por un lapso de diez segundos, este paso se realiza en 4 ocasiones para cada muestra, una vez concluido el minuto cinco de este proceso de agitación de la muestra se procederá a verter el contenido en una jeringa de destilación, para después proceder a la destilación de la muestra y verter el contenido en un vial de lectura.

Cabe señalar que para realizar este paso en todas y cada una de las muestras, se utilizará el cronometro para realizar los pasos en el minuto correspondiente a la muestra.

### **Preparación de vial para lectura**

Después de haber vertido el destilado de la muestra en los viales, estos deberán agitarse durante diez segundos y después deberán permanecer en reposo durante un lapso de diez minutos.

### **Lectura de viales de muestra**

Al concluir el lapso de reposo se procederá a la lectura de los viales de muestra. Se preparará la hoja de anotación de resultados, en la cual ya se tendrá el nombre de las muestras en el orden en el que se analizarán.

Se encenderá el equipo Petroflag que previamente se calibró, se abrirá el compartimiento y se introducirá el vial a muestrear, se cerrará y se presionará el botón de lectura "READ", después de un proceso de tres a cinco segundos, la pantalla del equipo mostrará el resultado del análisis.



Fotografía 8.4.2-6.- Uso de equipo Petroflag in situ, (ejemplo tomado en Chihuahua, Chihuahua).

#### Georradar de Penetración Terrestre (GPR)

El estudio de Georradar es un método indirecto que existe para el análisis del subsuelo. Mediante la respuesta dieléctrica del material a través de la emisión y propagación de ondas electromagnéticas de alta frecuencia del orden de 10 a 2,000 MHz en un medio, con la posterior recepción de las reflexiones que se producen en sus discontinuidades, se identifica que elemento se está analizando.

La metodología electromagnética a través del radar de penetración Terrestre será utilizada para detectar "in situ" la presencia de contaminantes orgánicos en el suelo cuando el contenido volumétrico del fluido orgánico resulte superior al 30 % aproximadamente del volumen de los poros. Debido a ello, la presencia de contaminantes orgánicos puede ser más fácilmente identificada cuando el suelo se encuentra inicialmente seco, mientras que en zonas parcialmente saturadas su localización resulta más compleja. Las aplicaciones del georradar en medios contaminados resultan más apropiadas para el monitoreo del desplazamiento de contaminantes a través del subsuelo.

El sistema de radar medirá el tiempo transcurrido entre la onda transmitida y la reflejada, esto se repite en intervalos de tiempo muy pequeños mientras la antena está en movimiento y la señal resultante se muestra



como reflexiones trazadas consecutivamente, correspondientes a diferentes posiciones sobre la superficie del terreno, hasta formar un perfil continuo del subsuelo llamado Radargrama (Figura 8.4.2-63).

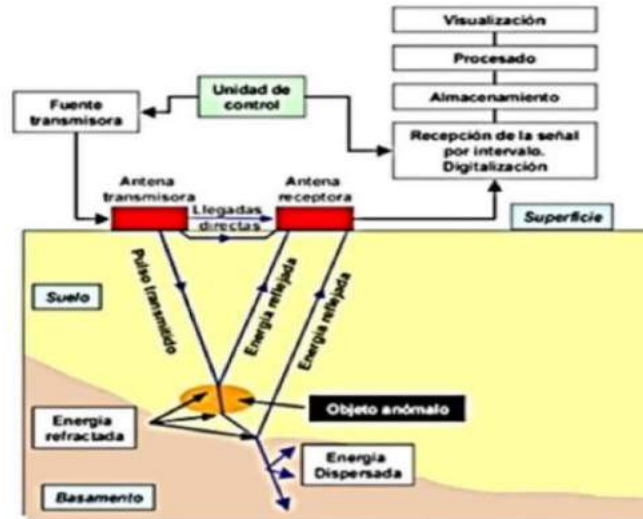


Figura 8.4.2-63.- Diagrama del Georradar.

Los estudios para la caracterización del sitio usando el Georradar son útiles para detectar nivel freático superficial, capas de arcilla, lecho rocoso, fracturamiento y cavidades. Para la detección directa el Georradar es empleado para estimar el espesor y distribución de zonas contaminadas, localización de tanques o tuberías, zanjas con contaminantes y rellenos.

El levantamiento de campo se realizará con un equipo de Georradar marca Quantum Imager Triple Frequency Stepped Pulse System (Sistema Cuantitativo de pulso escalonado de triple frecuencia), el cual consta de tres elementos: el primero corresponde con una antena monoestática (de un solo elemento) blindada de 1,000, 500, y 250 MHz en modo continuo la cual es transportada por un carruaje con odómetro integrado, y cuyas profundidades de prospección son de 4 a 6 metros para la antena de 500, de 8 a 10 metros para la antena de 250.

La segunda corresponde a la unidad de radar y la unidad central de control que se conecta a una amplia gama de antenas para alcanzar diferentes penetraciones-profundidades y resoluciones dependiendo del

objetivo a prospectar. El tercer elemento corresponde a una computadora con capacidad de grabación en tiempo real de los perfiles o datos crudos de georadar los cuales se visualizarán en la pantalla al momento de levantar los datos de campo.

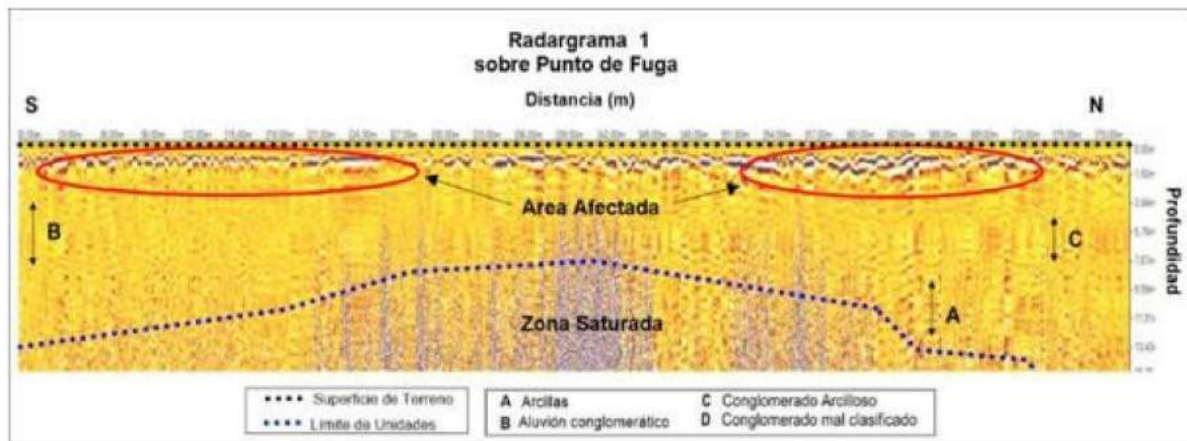


Figura 8.4.2-7. - Radargrama.



Fotografía 8.4.2-4.- Georadar marca Quantum Imager Triple Frequency Stepped Pulse System. (Ejemplo tomado en Cd. Victoria, Tamaulipas).

La calidad resolutive y la rápida obtención de datos de este método lo convierten factible para una prospección de caracterización de suelo, siendo este método correlacionable con los métodos eléctricos.

La principal condicionante del georradar se refiere a su penetración limitada, ya que aunque se cuente con un equipo ligero el cual puede ser operado por una o dos personas, la reducción de las fuentes de alimentación se encuentra ligada a la potencia de emisión, por lo tanto a su penetración en el medio. Por otro lado la naturaleza del subsuelo es un factor importante en el comportamiento de las ondas atenuándose por ejemplo en presencia de arcillas húmedas o cuando en la superficie se encuentren elementos metálicos pueden originar reflexiones erróneas, enmascarando parcialmente las reflexiones del subsuelo. Otros factores que pueden originar distorsiones son las fuentes cercanas emisoras de campos electromagnéticos como líneas alta tensión, teléfonos móviles o radio comunicadores. Con todo esto, cabe destacar que el principal inconveniente del georradar es su empleo inadecuado, ya que sin el conocimiento adecuado de sus capacidades se impide el aprovechamiento óptimo de sus ventajas.

La técnica consistirá en la transmisión en el subsuelo de pulsos electromagnéticos de duración breve (1-4 ns) y frecuencia elevada (100-250 y 500 MHz) que se propagan en profundidad con una cierta velocidad. Al encontrar una discontinuidad, o una superficie de separación entre dos medios con características electromagnéticas diferentes, parte de la energía de los pulsos transmitidos vuelve en superficie en la forma de una onda reflejada que la antena capta. Típicamente, para cada pulso transmitido en el suelo, un equipo georradar registra 512 valores de amplitud de onda durante un intervalo de tiempo de algunas decenas de nanosegundos. En los equipos más recientes la resolución horizontal puede alcanzar 1 cm, es decir que el sistema almacena una traza por cada centímetro de recorrido. Se entiende que el tiempo de llegada a la superficie de las señales que vuelven a la superficie está directamente relacionado con la velocidad de transmisión de las ondas electromagnéticas en el terreno investigado, y con la profundidad de la discontinuidad que las ha generado. Por otro lado, la intensidad de la señal recibida.

La calibración del Georradar Quantum Imager Triple Frequency se realizará de manera automática, midiendo cada posición de los pulsos y cambio entre ellos en el tiempo, posicionándolos apropiadamente. Las configuraciones de todos los ajustes se realizarán directamente en campo, obteniendo así resultados consistentes, eliminando el posible potencial de error durante su operación.

El procedimiento para tener una confiabilidad de lectura, es de acuerdo al auto calibración del equipo antes de realizar cada recorrido, la autonomía del equipo va en función del odómetro instalado en las ruedas del equipo, por el cual se rige la cantidad de disparos de la antena.

La información generada es guardada de manera automática en el equipo para su posterior descarga, análisis y procesado. En función del objetivo deseado y de la calidad de los registros será requerido un mayor o menor procesamiento de los datos en bruto, ya que puede presentar variaciones aleatorias a la datos adquiridos. Los procesos de filtrado se aplican para eliminar el ruido de fondo de las señales. Los resultados obtenidos son presentados en imágenes 2D denominados Radargramas. Durante el recorrido es posible observar las gráficas generadas conforme al desplazamiento del equipo.

Las etapas de procesamiento de las imágenes se realizan con el objetivo de resaltar todos los contrastes presentes en la señal y filtrado de los componentes de alta frecuencia de ruido, utilizando Software especializado que mejoran la calidad de las imágenes. La interpretación de los resultados se basa en la caracterización de amplitud, continuidad y terminación de las reflexiones, es por esto que se debe tener en cuenta las características geológicas del sitio. Los principales procesados del georadar consisten en la ampliación de los filtros horizontales y verticales los cuales permiten eliminar las frecuencias altas y bajas de los datos, aplicación de filtros de ganancia de onda en zonas donde la atenuación se presenta muy baja y el proceso de filtrado el cual tiene por objetivo eliminar el ruido provocado por elementos no procedentes de la geología.

La calibración es de manera automática en cada inicio de toma de lectura, siendo de manera sencilla el uso del mismo. Los datos obtenidos durante los levantamientos en campo son vaciados directamente a un dispositivo USB donde se integran con ayuda del software a los equipos de cómputo donde se realizarán los trabajos de gabinete. El reprocesamiento de las imágenes 2D se realiza hasta que los resultados se consideran satisfactorios para su interpretación.

Los resultados obtenidos de esta metodología permiten visualizar el comportamiento electromagnético del subsuelo, identificando las rupturas de las secuencias de reflexión, zonas de alteraciones que pueden

indicar cambios de estratos, localización de estructuras, oquedades, etc. Las diversas aplicaciones de esta metodología permiten su abarcar diversas áreas de especialidad como la civil, medio ambiente, geología, exploraciones mineras y arqueología.

## DESCRIPCIÓN DEL SITIO

El Área Contractual 4 Campo Calicanto se ubica en la porción Noroeste del estado de Tabasco, en el municipio de Huimanguillo, dentro de la provincia geológica del sureste mexicano, teniendo un área de 10.6 kms<sup>2</sup>. Geográficamente está localizado aproximadamente a 35 kilómetros al noroeste de Huimanguillo y a 38 kilómetros al suroeste de la ciudad de Cárdenas, Tabasco (Figura 8.4.2-8).

El municipio se localiza al sureste de la república mexicana y al oeste del estado de Tabasco. Pertenece a la región del Grijalva y ocupa una extensión territorial de 3 mil 736.80 kilómetros cuadrados representando el 15.10 por ciento de la superficie del estado; está integrado por 1 ciudad, 3 villas, 12 poblados, 41 colonias, 153 ejidos, 45 rancherías; siendo 255 localidades en su territorio. Huimanguillo es el municipio que tiene mayor extensión territorial de todos los que conforman el estado de Tabasco.

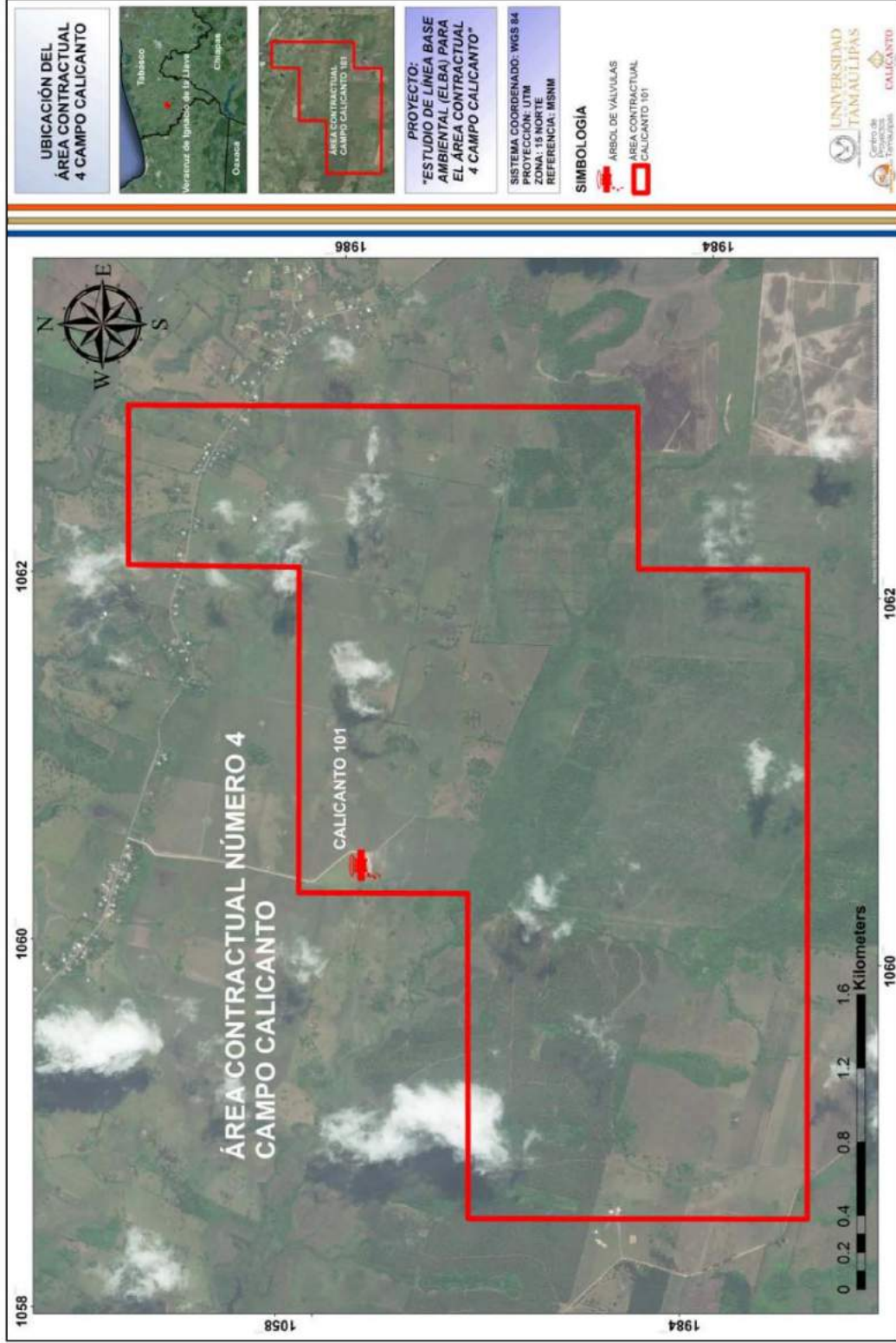
Para llegar al Área contractual 4 Campo Calicanto se accede por la carretera costera del golfo número 180 en el entronque de San Fernando se da vuelta a la izquierda y se avanza 15 km hasta el poblado Tierra Colorada, avanzando 2 km hasta la entrada del rancho. El pozo se encuentra en un área de uso agrícola y pecuario, por lo que se encuentra rodeado de cultivos y pastizales. La infraestructura existente en el área del pozo, consta del pozo Calicanto 101 con contrapozo, dos contrapozos construidos, una presa de quema, una cisterna para abastecimiento del agua.

La fecha de inicio de perforación fue el 31 de enero 2013, terminándose de perforar 15 de octubre del 2013, cuenta con una profundidad de 4,160 metros con producción de Aceite y Gas. Pozo Calicanto 101.

PASIVOS AMBIENTALES

POZO	CALICANTO-101
ESTE	424177.27
NORTE	1978139.07
REGION	REGION SUR
ACTIVO	ACTIVO INTEGRAL CINCO PRESIDENTES
CAMPO	CALICANTO
ENTIDAD	TABASCO
MUNICIPIO	HUIMANGUILLO





**Figura 8.4.2-8.- Ubicación del Área Contractual 4 Campo Calicanto.**

### Fisiografía

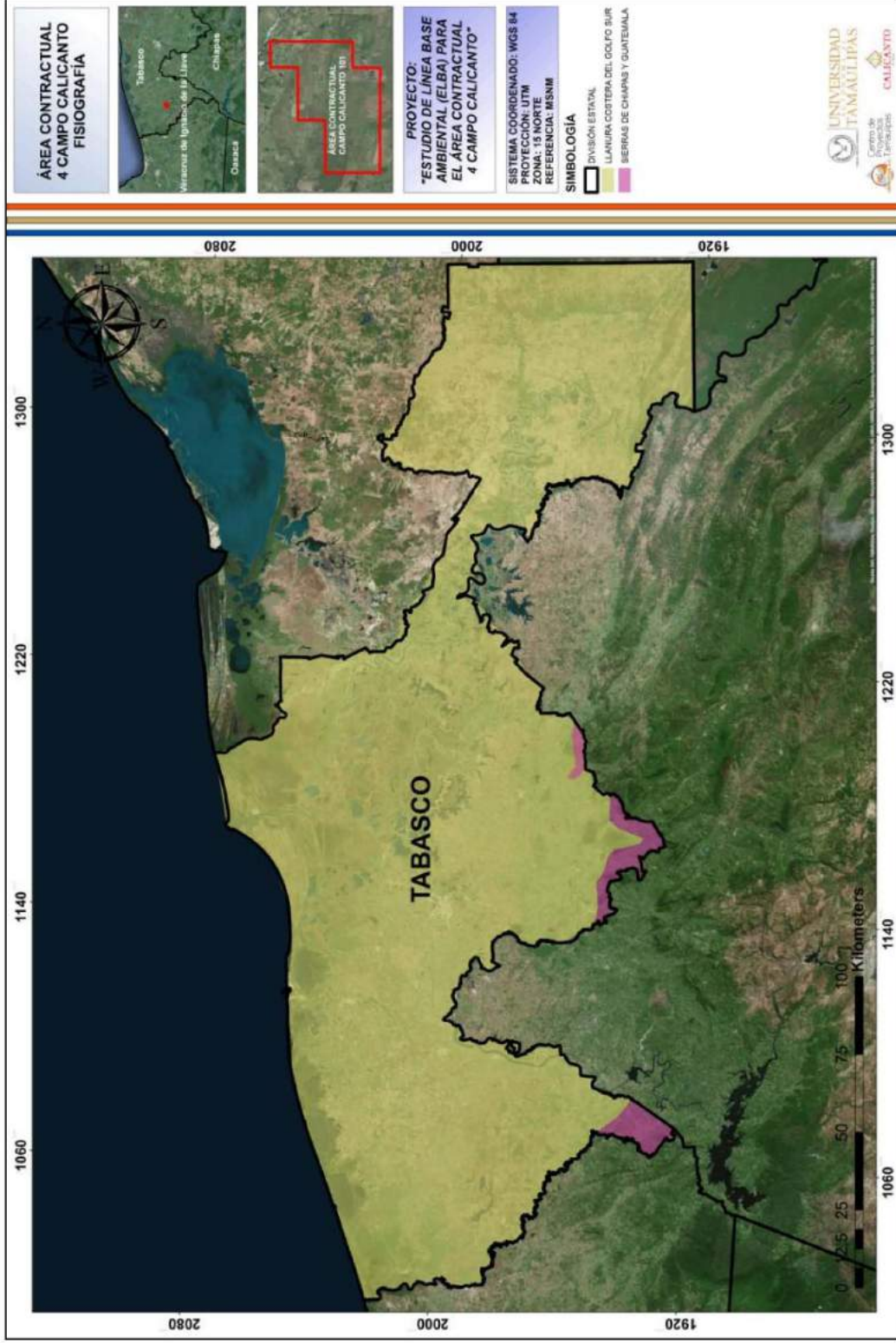
El Área Contractual 4 Campo Calicanto se encuentra dentro de la provincia fisiográfica Llanura Costera del Golfo Sur. El estado de Tabasco queda comprendido dentro de varias sub provincias que a continuación se enlistan:

- Llanura Costera del Golfo Sur (95.16%) y Sierras de Chiapas y Guatemala (4.84%)
- Llanuras y Pantanos Tabasqueños (95.16%), Sierras del Norte de Chiapas (4.83%) y
- Lomerío típico (37.83%), Llanura aluvial costera inundable (33.01%), Llanura aluvial (21.02%),
- Sierra alta escarpada compleja (4.20%), Llanura aluvial costera (3.30%)
- Sierra alta escarpada compleja (4.20%), Llanura aluvial costera (3.30%)
- Meseta con cañadas (0.47%), Valle de laderas tendidas con dunas (0.16%) y Llanura

La mayor parte del territorio tabasqueño se extiende sobre la provincia fisiográfica mexicana llamada Llanura Costera del Golfo, específicamente, sobre la planicie formada por los sedimentos aluviales depositados por la gran cantidad de ríos que atraviesan el estado para desembocar en el Golfo de México. El 95.57% de la superficie estatal se incluye dentro de esta región, formando la subprovincia de las Llanuras y Pantanos Tabasqueños (Figura 8.4.2-9).

Una pequeña porción, en la parte meridional del estado, se encuentra en la provincia de las sierras de Chiapas y Guatemala, a la que corresponde un relieve más accidentado, de montañas bajas, no mayores a los 1000 msnm. El 2.91% de la superficie estatal corresponde a la subprovincia de la sierra del norte de Chiapas, que forma parte de la Sierra Madre del Sur, y que se extiende en la parte meridional de los municipios de Huimanguillo, Macuspana, Tacotalpa y Teapa formando la Sierra de Tabasco, y el 1.52% corresponde a la subprovincia de las Sierras Bajas del Petén, en el municipio de Tenosique.





**Figura 8.4.2-9.-** Fisiografía del Estado de Tabasco.

### Clima y Vegetación

La ubicación de Huimanguillo en la zona tropical, su escasa elevación con respecto al nivel del mar y su cercanía al Golfo de México, determinan el desarrollo de climas cálidos con influencia marítima, en los que la variación de la temperatura es moderada. Debido a que el municipio se encuentra situado en la margen sur del Golfo de México y que está conformada en su mayor parte por zonas de planicie, la invasión de las masas de aire marítimas es directa y provoca gran parte de la precipitación total anual; está en la costa es mayor a 1 mil 500 mm y se incrementa gradualmente conforme se avanza hacia el sur donde se registra un volumen cercano a 3 mil 500 mm.

La humedad relativa fluctúa entre 80% y 86%, debido a esto el municipio permanece cubierto de nubes gran parte del año, lo que provoca una insolación baja. El 95.5% de la superficie del estado presenta clima cálido húmedo, el restante 4.5% es clima cálido sub-húmedo hacia la parte este del estado (Figura 8.4.2-5).

Todo el territorio de Huimanguillo se encuentra bajo la influencia de climas cálidos; las características generales de estos son: temperatura media anual de 22° C y temperatura media del mes más frío superior a 18° C. Dentro de ellos, con base en su grado de humedad y en su régimen de lluvias, el que predomina es el cálido húmedo con abundantes lluvias en verano abarcando el 61.07 por ciento de la superficie municipal. El clima cálido húmedo con lluvias todo el año se distribuye hacia la zona sur, sobre sierras y lomeríos de la Subprovincia Sierras del Norte de Chiapas principalmente. Dentro de este tipo de clima se encuentra la ciudad de Huimanguillo y Villa Estación Chontalpa; ocupando el 38.93 por ciento del territorio huimanguillense.

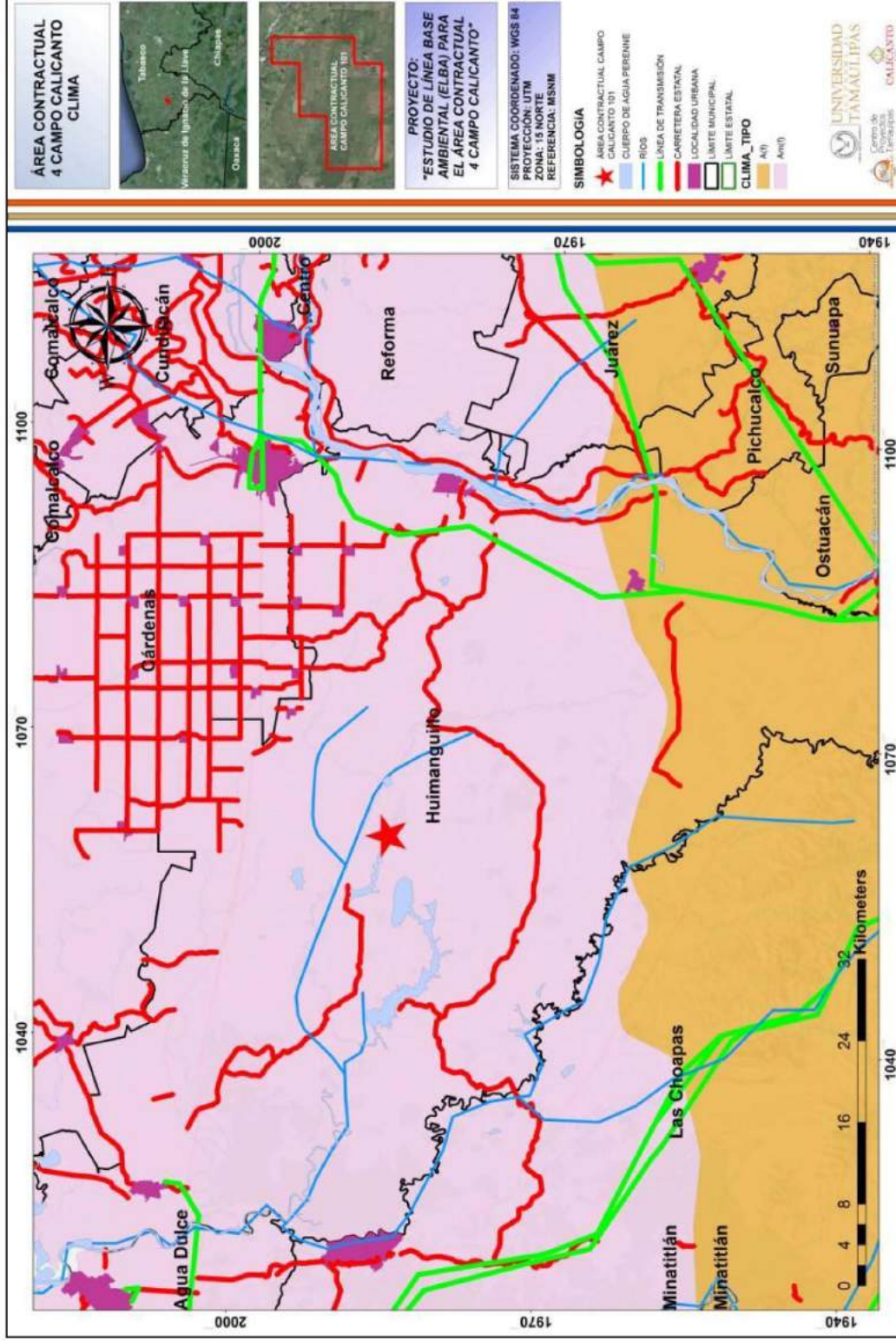
En Huimanguillo (estación 27 – 009) la temperatura media anual es de 26.3° C, el mes más caluroso es mayo, en el cual se reporta una temperatura media de 29° C; y el más frío, enero con 22.6° C; la lluvia total anual en promedio es de 2 mil 211.5 mm, el mes más lluvioso es septiembre con 349.1 mm en promedio, y el que menos cantidad de lluvia recibe es marzo con 63.8 mm.

PASIVOS AMBIENTALES

---

Los ciclones tropicales en verano y los nortes en invierno, son dos de los fenómenos meteorológicos que mayor influencia ejercen sobre las condiciones pluviales del municipio, mientras que las heladas, meteoro que afecta el desarrollo de la actividad agrícola, se produce muy raras ocasiones, debido a la poca variación de la temperatura a lo largo del año y a la humedad relativa y nubosidad altas. En relación con la vegetación, predomina la acuática y le siguen en importancia las selvas húmedas, hacia el este y oeste se localiza la sabana y bordeando las lagunas se distribuye el manglar; las selvas se ubican al sur. De la superficie estatal, más de 64% es de uso agrícola, donde destaca la siembra de pastizales para el alimento del ganado.

**PASIVOS AMBIENTALES**



**Figura 8.4.2-5.-** Clima en el municipio de Huimanguillo, Tabasco.

### Geomorfología

La superficie estatal forma parte de las provincias: Llanura Costera del Golfo Sur y Sierras de Chiapas y Guatemala, como lo muestra la Figura 8.4.2-11. El territorio del estado es una extensa llanura que se inunda fácilmente debido a las zonas pantanosas y los cuerpos de agua: El Viento, Sábana Nueva y Cantemual, entre otros (Fotografía 8.4.2-8).

En la zona sur, algunas porciones de sierras que provienen de los estados vecinos están formadas por rocas sedimentarias (se forman en las playas, los ríos y en donde se acumule la arena y barro), siendo la más prominente la Sierra Tapijulapa con 900 metros sobre el nivel del mar (msnm) y la menor en la Sierra Puana 560 msnm.

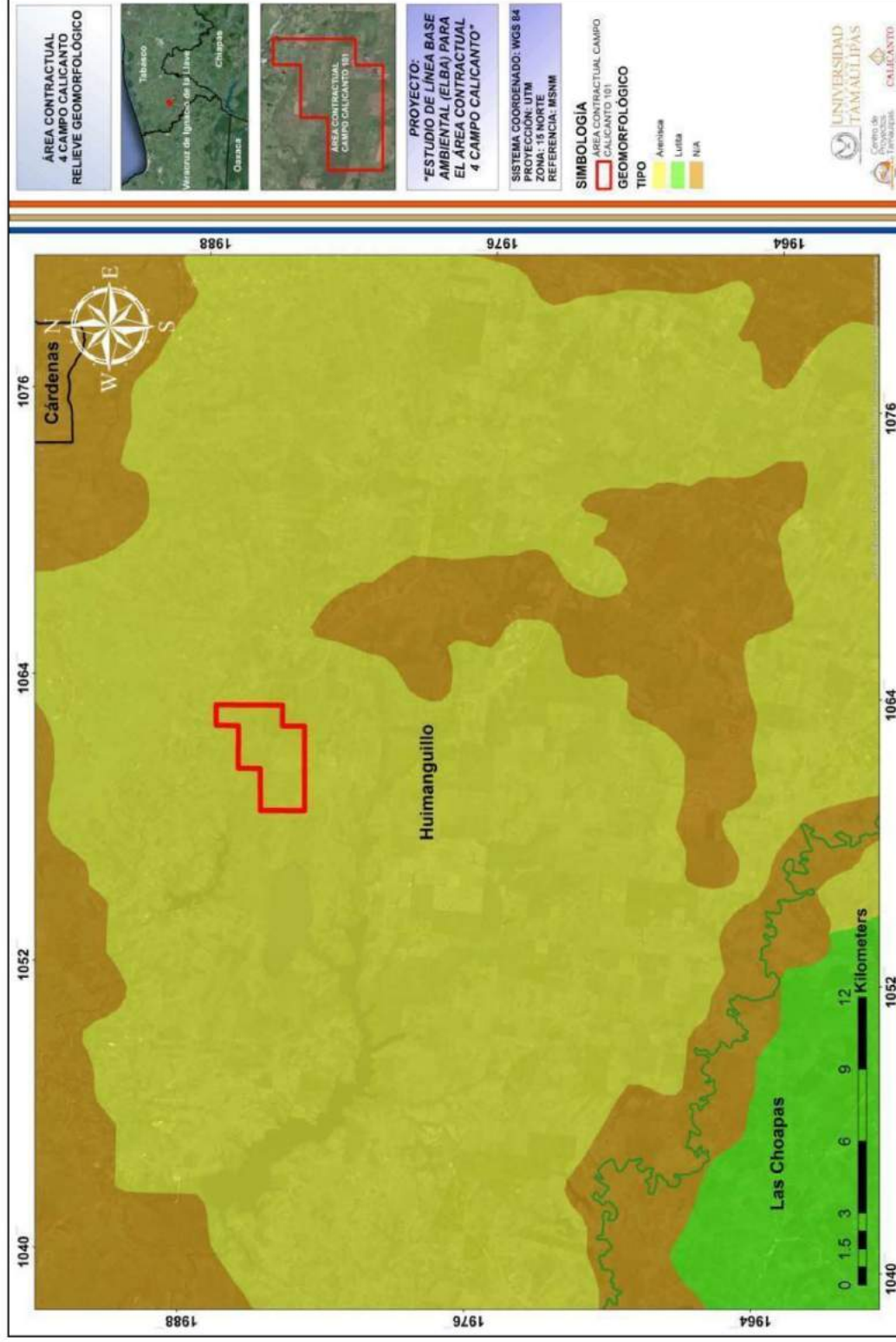
En las áreas serranas (terreno cruzado por montañas y sierras), se encuentran pequeños valles, con dirección noroeste-sureste y alargados como los que se localizan en los límites con la república de Guatemala.

Las diferentes geoformas se enlistan a continuación:

Lomerío típico (37.83%), Llanura aluvial costera inundable (33.01%), Llanura aluvial (21.02%), Sierra alta escarpada compleja (4.20%), Llanura aluvial costera (3.30%), Meseta con cañadas (0.47%), Valle de laderas tendidas con dunas (0.16%) y Llanura aluvial costera con dunas y salina (0.01%)



Fotografía 8.4.2-8.- Geomorfología del Área Contractual 4 Campo Calicanto.



**Figura 8.4.2-11.- Geomorfología del Área Contractual 4 Campo Calicanto.**

### **Evolución Tectónica**

Desde el punto de vista geológico el sureste mexicano es una de las áreas más complejas de Norteamérica. Esta complejidad se debe a que los movimientos de las placas tectónicas Norteamericana, del Caribe y de Cocos que convergen en esta región desde el Oligoceno Tardío (Morán Zenteno et al., 2000). La Placa Norteamericana tiene un movimiento relativo hacia el oeste respecto a la del Caribe, mientras que la de Cocos se mueve hacia el noroeste en dirección hacia las dos primeras

Las estructuras resultantes de esta actividad tectónica durante el Mesozoico y Cenozoico presentan tendencias estructurales diversas, así como también edades de deformación diferentes. Por ejemplo, la Sierra de Chiapas está constituida por rocas carbonatadas que varían en edad desde el Jurásico tardío hasta el Paleógeno, mismas que fueron deformadas durante el Mioceno Tardío dando lugar a un conjunto de pliegues asimétricos orientados NW-SE y con una vergencia general al NE. Después de este evento orogénico, como resultado del desalojo de grandes volúmenes de sal y arcilla, se formaron cuencas extensionales cuya dirección de extensión está orientada casi a 90° de los ejes de los pliegues de la cadena. Sin embargo, la Sierra de Chiapas es una cadena plegada y cabalgada atípica que no presenta en su frente tectónico una cuenca de antepaís, como es el caso de las cadenas de la Sierra de Zongolica y de la Sierra Madre Oriental, del borde occidental del Golfo de México.

La evolución geológica y tectónica del sureste mexicano es analizada en el contexto regional del Golfo de México. Esta inicia en el Triásico-Jurásico como consecuencia de la disgregación de la Pangea, con la separación de las placas África-Suramérica y Norteamérica, que por efectos tensionales generó un sistema de pilares y fosas (rift), y dio origen a la configuración del Golfo de México y la migración del Bloque de Yucatán (Dickinson y Coney, 1980, Salvador y Green 1980, Coney, P., 1983, Pindell, J. L., 1985, Salvador A., 1988 en Quezada M. J. M., 1990); así como al depósito de evaporitas en el Triásico-Jurásico inferior y secuencias de capas rojas (Formación Todos Santos) durante el Jurásico medio. En el Calloviano-Oxfordiano temprano continuó la separación del bloque de Yucatán de la placa de Norteamérica, dando origen a los depósitos de sal, (Amos S., et al., 1991). A fines del Oxfordiano el bloque de Yucatán termina su desplazamiento, hasta su posición actual (Amos S., et al., 1991).



Durante el resto del Paleógeno la sedimentación clástica se fue alojando en grandes depocentros formados en el antepaís de la Sierra Madre Oriental y en las porciones sur y suroccidental del Golfo de México, en donde el Macizo de Chiapas aportó un gran volumen de sedimentos, mientras que sobre el Bloque Yucatán continuaba el depósito de carbonatos de plataforma somera. En el Mioceno medio, durante el Serravaliano, la compresión derivada del movimiento lateral del Bloque Chortis y de la subducción de la Placa de Cocos contra la terminación meridional de la Placa de Norteamérica, formó los pliegues y fallas de la cadena de Chiapas-Reforma-Akal sobre un décollement al nivel de la sal calloviana; posteriormente estas estructuras se bascularon hacia el NNW cuando la sal se movilizó hacia el norte. El cambio de posición de la masa de sal generó nuevos depocentros y minicuencas, controlados por fallas con vergencia hacia las partes más profundas del Golfo de México y por fallas antitéticas regionales, que limitan las Cuencas del Sureste. El movimiento gravitacional de los depósitos cenozoicos causó finalmente inversión tectónica en las cuencas neógenas, siendo esta más evidente en la Cuenca de Macuspana.

Durante el Jurásico tardío al Cretácico temprano continua la subsidencia y el desplazamiento paulatino de los bloques aunado al efecto de fallas transcurrentes dextrales, sucede una trasgresión marina de noroeste a sureste (M. de la Cruz R. V., et al., 1991) se generan cuencas donde se depositan sedimentos mixtos de las formaciones San Ricardo y Chinameca. El lapso Aptiano-Santoniano se caracteriza por la existencia de plataformas someras, que propicio el depósito de la Formación Sierra Madre, así como de cuerpos de evaporitas. Mientras que en el Campaniano-Maastrichtiano se desarrollaron plataformas de baja energía y cuencas profundas que dieron lugar a margas y lutitas de la Formación Méndez (?), las que hacia la Sierra de Chiapas gradúan a carbonatos de plataforma de la formaciones Jolpabuchil y Ocozocuahtla/Angostura (Amos S., et al., 1991).

Durante el Cretácico tardío dio inicio el evento más importante que afectó el Golfo de México reconocido como Orogenia Laramide, el cual finalizó en el Paleoceno y Eoceno inferior, originando el levantamiento de la Sierra Madre Oriental, el mismo que fue acompañado por el desarrollo de una serie de depresiones o cuencas (Comalcalco y Macuspana), donde se depositaron paquetes gruesos de lutita y arenisca durante el Cenozoico (Amos S., et al., 1991).

Durante el Mioceno se lleva a cabo el evento denominado orogenia chiapaneca, asociado al desplazamiento lateral izquierdo del sistema Polochic-Motagua, el cual deforma el Macizo Granítico de Chiapas en el suroeste y la Plataforma de Yucatán por el noreste, (Sánchez, M. de O. 1986).

Durante el Plioceno en esta región tiene lugar el primer evento magmático representado por rocas volcánicas de composición andesítica y por el emplazamiento de un cuerpo granodiorítico denominados Santa Fe y La Victoria, este evento continúa en el Cuaternario representado principalmente por el volcán Chichonal.

### **Geología Estructural**

La deformación está representada por cabalgaduras y anticlinales y sinclinales que muestran una orientación preferencial noroeste-sureste. Las cabalgaduras se ubican en la porción centro-oriental de la carta con una dirección de transporte hacia el noreste, destacan las llamadas, Sonora, Tapijulapa, Atantún, Paxilha, Betania, Tulija y Chacamax.

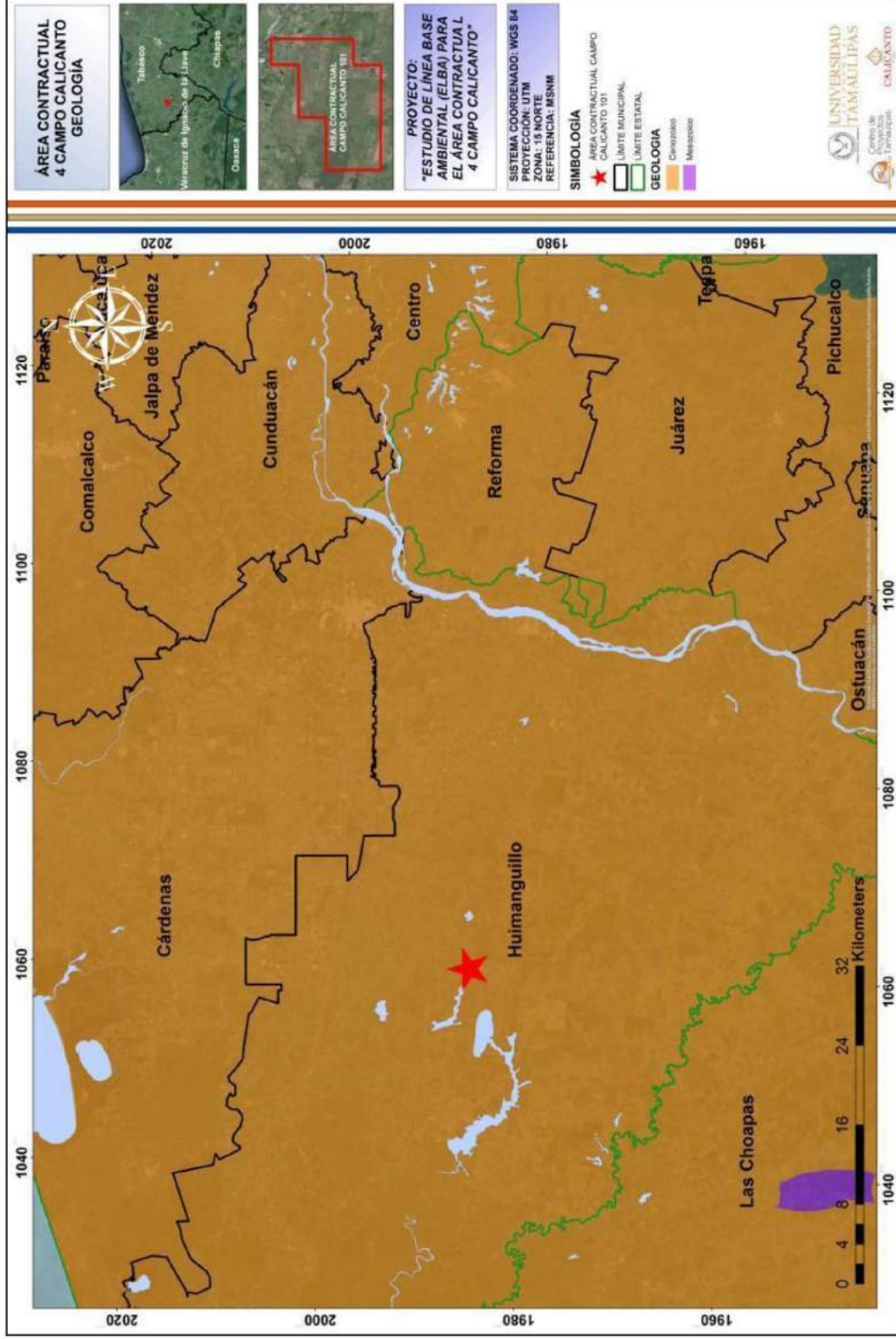
Los anticlinales son de tipo recumbente y cilíndrico. De los más importantes son Cerro Pelón, La Gloria, Primavera, Primavera 1, Yajalón, Jolpabuchil, Bascan, Cabac, Chivaltic, mientras que dentro de los de tipo cilíndrico Mono Pelado, Gaimba, Rosarito, Tumbala, Puxcatán. Algunas de estas estructuras presentan cierres periclinales como en el caso de Río Toro, Villa Luz, Madero, Miraflores, Guayaza, Jet- Já, Zona Sola.

Los sinclinales de tipo recostado se ubican en la porción centro oriental y son: Tlacotalpa, Arimatea y Estrella. En la porción central muestran cierres periclinales y estos son Ixtacomitán, Vergel, Simojovel, Oxolotán, Zaragoza, Aurora, Chilón, Mompuyil y de tipo cilíndrico se tienen a los sinclinales Amador Hernández, Llano Grande, Campanario, Chacanal, Cacactel y El Carmen. Por lo que corresponde a las estructuras del régimen frágil se identificaron fallas laterales izquierdas y derechas; las primeras tienen una orientación preferencial Noroeste-Sureste y son La Venta-Grijalva, Tuxtla, Malpaso, Capainala, Monte Grande, Cerro Pelón, Santa Fe, Sonora, Mucula, y Tecpatan-Ocosingo, Morelia. Con Santa María, Zotipac, Tapilula, Saybal, Jol Hichatil, Yajalón, Delina, Chivalito, mientras que las Teaquil, Iwultic, Nicapa, Paraíso.

PASIVOS AMBIENTALES

---

Las principales fallas normales con orientación Noroeste son: Tuxtla, Garrido Canábal, Cerro Chavarría, El Tortuguero, Tihson. Con orientación noreste se midieron las fallas Cerro Blanco, Miguel Alemán, y La Bolsa; en este tipo se interpretaron El Bosque, La Esperanza y Los Martínez.



**Figura 8.4.2-12.-** Geología del municipio de Huimanguillo, Tabasco.

### Hidrología

El área contractual se encuentra dentro de la RH Coatzacoalcos, sobre el acuífero “La Chontalpa” el cual presenta sus niveles estáticos a una profundidad que varía de 5.0 a 1.0 m, registrándose los más profundos en la parte Sur del acuífero.

La extracción media anual es de 37.6 hm<sup>3</sup>, la descarga natural comprometida 339 hm<sup>3</sup> y la recarga media anual 1973.6 hm<sup>3</sup> y la disponibilidad media anual de 1612.9 hm<sup>3</sup>.

### Hidrografía

El Municipio de Huimanguillo pertenece a una entidad que es la zona del país donde se localiza la red hidrográfica más compleja y se registran las mayores precipitaciones pluviales; aquí, a diferencia de otras entidades, es el excedente y no la falta de agua lo que ocasiona problemas, pues en algunas áreas se carece de la infraestructura adecuada para drenarla. La abundancia de escurrimientos superficiales, así como el escaso relieve de la llanura costera, da lugar a la formación de drenaje: anastomosado, dendrítico y lagunar, por tal motivo se ha desarrollado un gran número de cuerpos de agua de variadas dimensiones, al igual que pantanos y llanuras de inundación.

Desde el punto de vista hidrológico, Huimanguillo merece especial atención, en él se desarrolla un complejo sistema de escurrimientos relacionados con fenómenos de carácter geológico, climático y biológico que interactúan y se desarrollan en extensas llanuras deltaicas, sistemas lagunares, esteros pantanos y marismas.

En Huimanguillo se localizan parte de dos regiones Hidrológicas: la Región Coatzacoalcos y la Región Grijalva Usumacinta. A la vez encontramos en la Región Coatzacoalcos la Cuenca Río Tonalá y Laguna del Carmen y Machona que contiene a las Subcuencas: a).- Laguna del Carmen y Machona que ocupa 1.09 por ciento de la superficie municipal; b).- Río Santana con 5.01 por ciento del total municipal; c).- Río Coacajapa que ocupa el 21.38 por ciento del territorio municipal; d).- Río Tonalá con el 28.93 por ciento; e).- Río Tancochapa Bajo con 2.4 por ciento; f).- Río Pozacrispin con 0.22 por ciento; g).- Río Tancochapa Alto con 16.13 por ciento y finalmente; h).- Río Zanapa que tiene el 11.61% de la superficie municipal.

ANEXO H

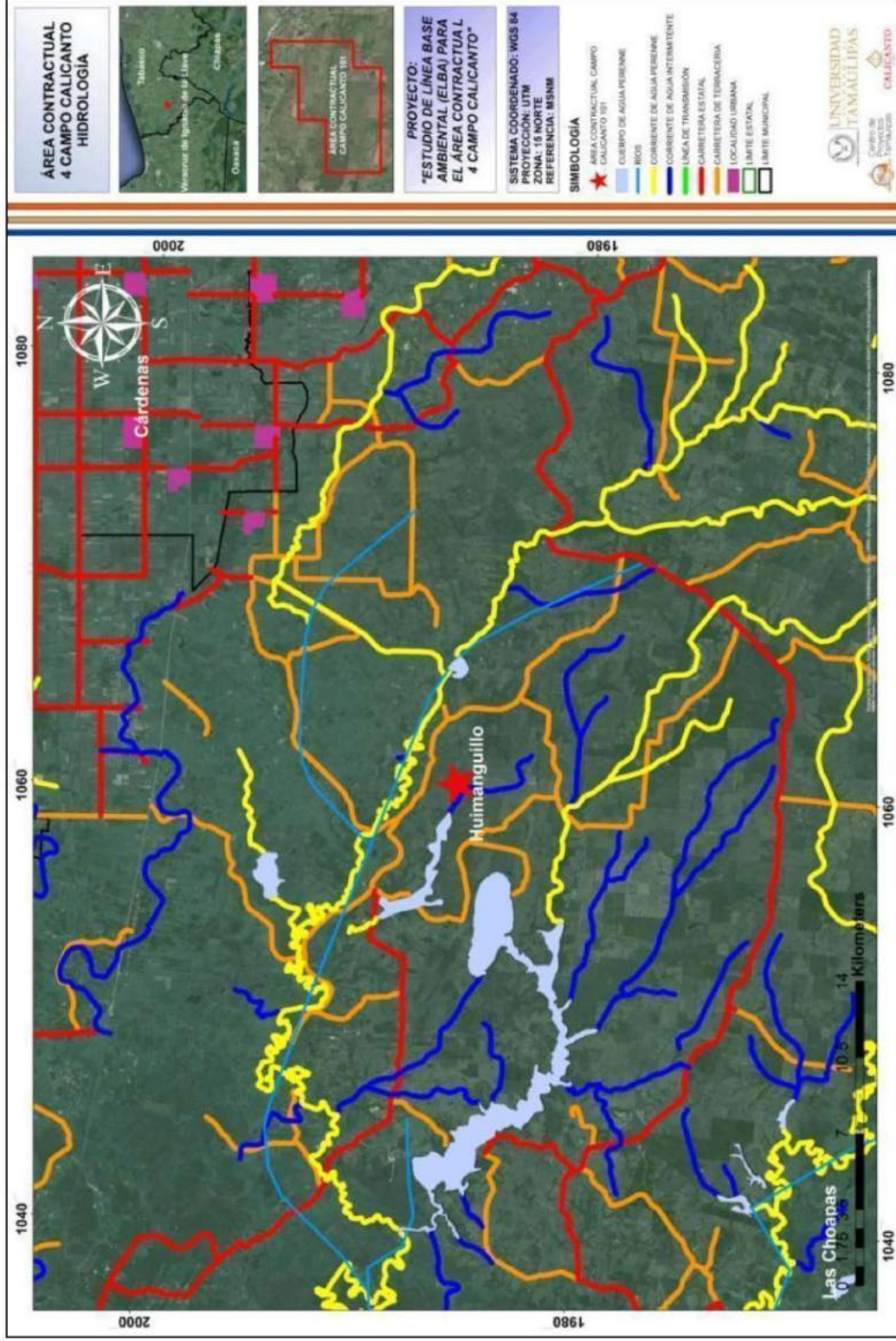


Figura 8.4.2-13.- Hidrología en el municipio de Huimanguillo, Tabasco.

### Marco Estratigráfico Regional

Para dar las referencias de la disposición de las unidades litológicas, se tomara primeramente las observaciones regionales para posteriormente analizar el contexto local referido al área estudiada correspondiente al Área Contractual 4 Campo Calicanto.

El marco geológico presentado se basa en las informaciones del Servicio Geológico Mexicano, específicamente en la información proporcionada a través de la Carta Geológica-Minera E15-8 Villahermosa, a escala de 1:250,000, así como otros artículos consultados de las cuencas geológicas y petroleras del sureste de México.

El basamento está formado por el llamada Macizo Granítico de Chiapas, que es un bloque tectónico positivo ocupa una franja paralela a la costa del Océano Pacífico y se extiende desde el istmo de Tehuantepec hasta la República de Guatemala. Está formado por rocas intrusivas y Metamórficas, con edades que varían desde el Precámbrico y el Mioceno.

La unidad más antigua es la Formación Todos Santos constituida por una alternancia de limolita, arenisca y conglomerado del Jurásico medio, que subyace concordante y transicional a calizas y lutitas de la Formación Chinameca así como a lutita y arenisca de la Formación San Ricardo), ambas del Calloviano-Aptiano.

Sobreyaciendo a estas dos unidades de manera concordantemente y transicional se encuentra la Formación Sierra Madre), constituida por caliza y dolomía del Aptiano-Santoniano; la que a su vez es cubierta por una alternancia de caliza y lutita de las formaciones Angostura-Jolpabuchil del Campaniano-Maastrichtiano.

A partir de este nivel estratigráfico puede identificarse la cuenca Sierra de Chiapas que consiste, a partir de una discordancia, de depósitos de lutita y arenisca de la Formación Soyalo de facies de cuenca, con cambio de facies a caliza de plataforma y talud de la Formación Lacandón-Tenejapa, ambas son cubiertas por la limolita y arenisca depositadas en un ambiente litoral y continental de la Formación El Bosque, que

cambia a facies de plataforma interna representadas por calizas y areniscas de la Formación Lomut, ambas del Eoceno.

Durante el Oligoceno ocurre la sedimentación de caliza, lutita y arenisca, de las formaciones Mompuyil y Simojovel-Yolho, las cuales subyacen a lutita, caliza y arenisca de la Formación Tulija.

Hacia la parte norte, norponiente y occidente del área afloran unidades de la cuenca de Comalcalco-Sierra de Chiapas, la cual se edifica sobre la Formación Angostura, constituida por una sedimentación continua que inicia en el Paleoceno-Eoceno, con el depósito concordante de la formaciones Lutitas Nanchital y Conglomerado Uzpanapa.

En el Oligoceno-Mioceno se depositan las formaciones La Laja, Depósito y Encanto y Conglomerado Nanchital; en el Mioceno superior ocurre el depósito de las formaciones Concepción Inferior y Superior y Filisola, evento que culmina con el depósito de la Formación Cedral en el lapso entre Plioceno y Pleistoceno.

En el Plioceno ocurre un evento magmático representado por rocas intrusivas de composición granodiorítica-diorítica, asociadas a un evento volcánico de composición andesítica.

Durante el Pleistoceno al Reciente se desarrolla el vulcanismo que dio lugar al volcán Chichonal, y a la par tiene lugar el depósito de sedimentos recientes como son arenas y limos de ambientes aluvial, lacustre y palustre los cuales serán tratados con más detalle en el marco de la estratigrafía local del área estudiada.

En la Figura 8.4.2-14 y Figura 8.4.2- se presenta la columna estratigráfica de la zona a partir del cenozoico y un mapa de la distribución superficial de las unidades estratigráficas.



PASIVOS AMBIENTALES

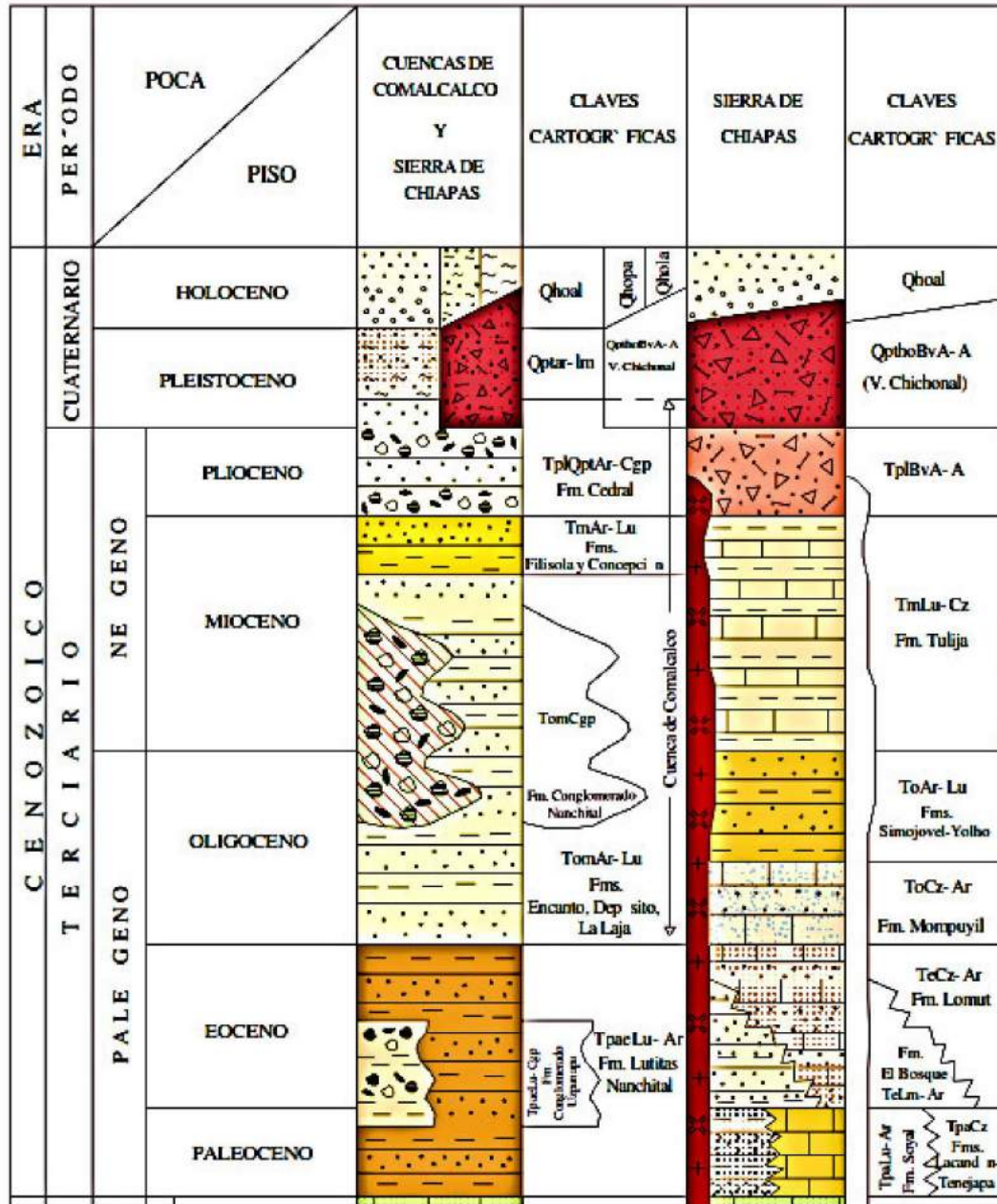


Figura 8.4.2-14.- Tabla estratigráfica.

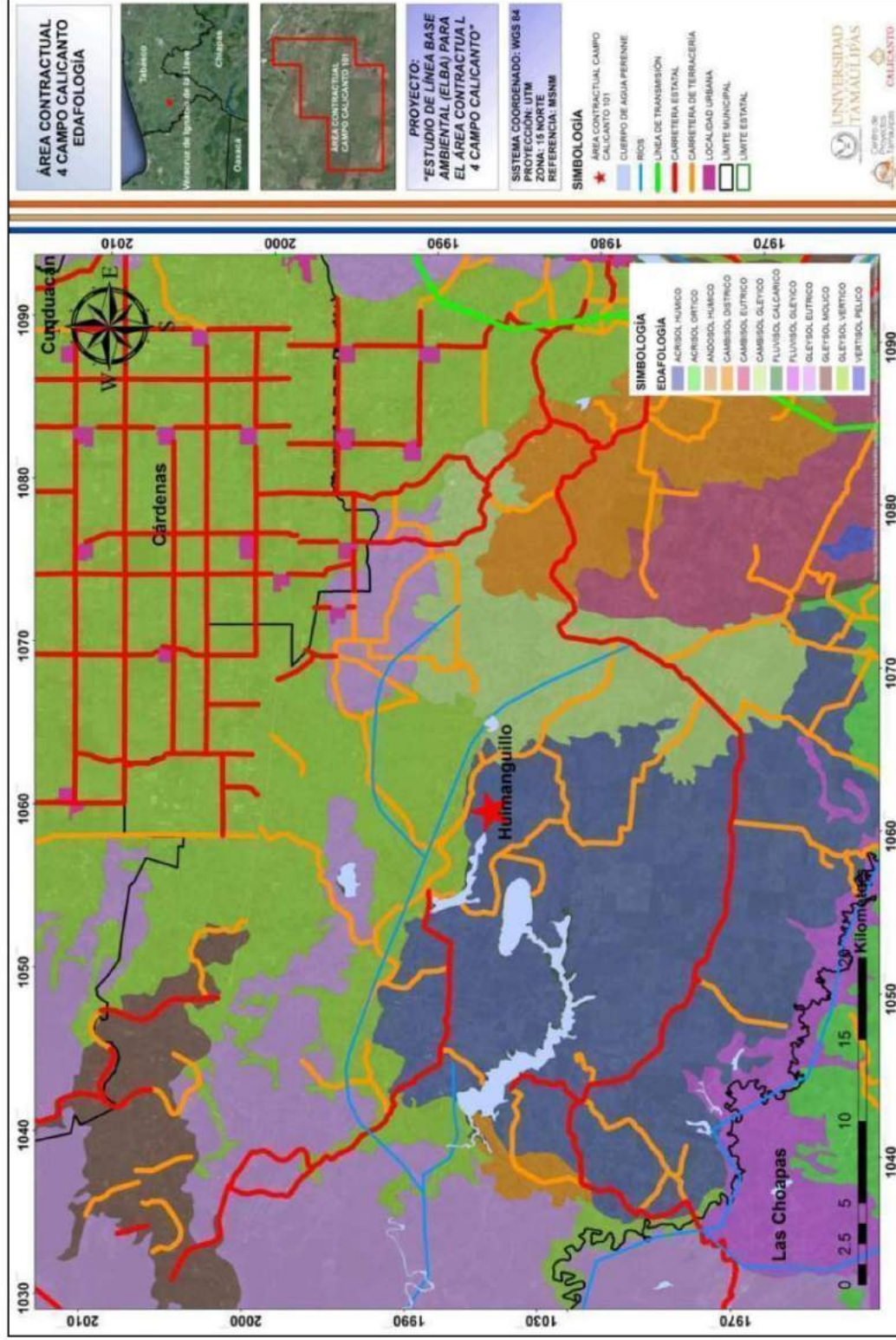
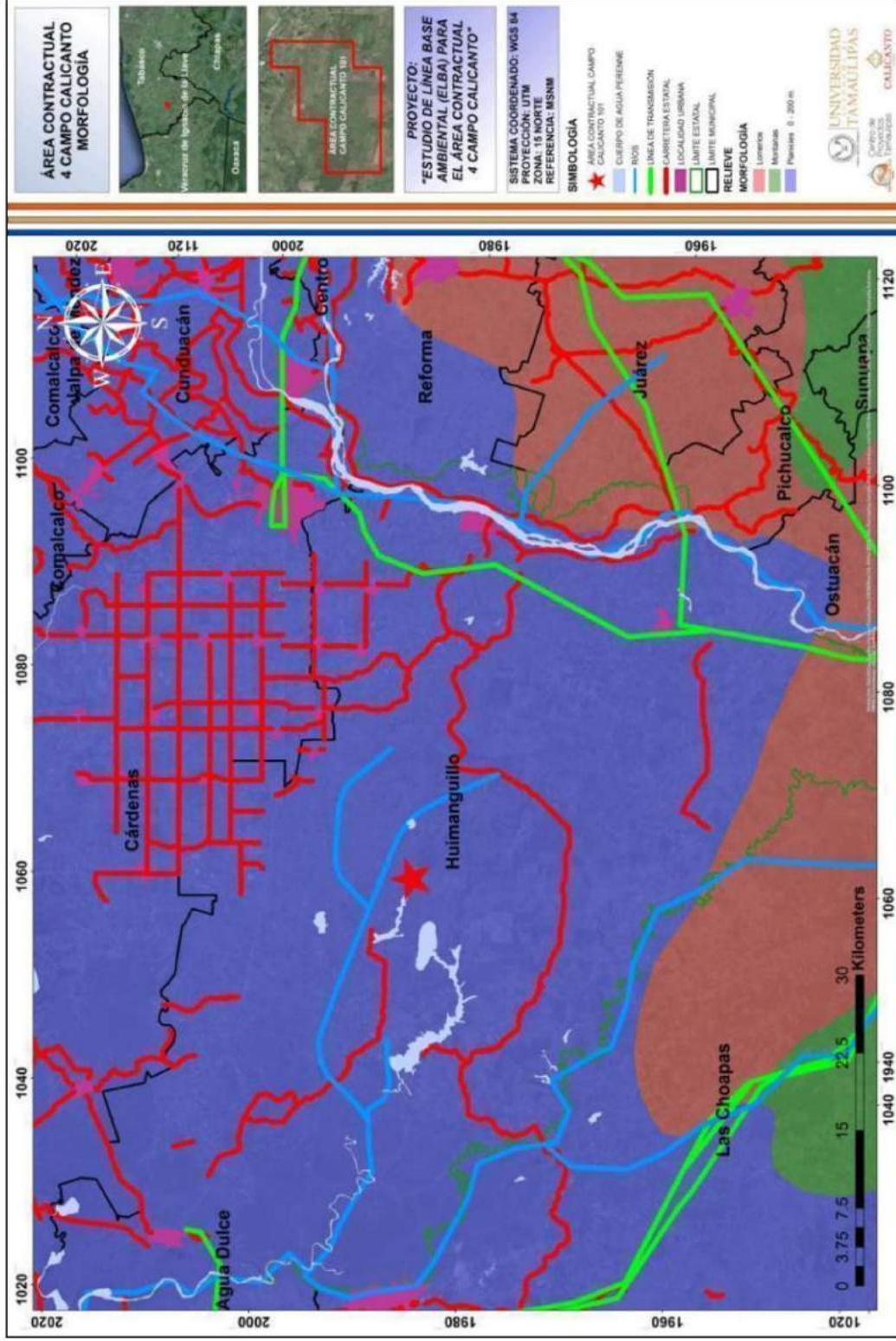


Figura 8.4.2-15.- Edafología del municipio de Huianguillo, Tabasco.



**Figura 8.4.2-16.-** Morfología del municipio de Huianguillo, Tabasco.

### Marco Estratigráfico Local

En esta descripción consideraremos a los mantos de aluviones que se presentan dentro del Área Contractual 4 Campo Calicanto y que en diferentes lugares presentan potentes espesores gradados con diferentes partículas clásticas, ya que son de interés por ser la unidad estratigráfica más superficial compuesta principalmente de suelos arcillosos, limosos y arenosos donde ocurren los derrames y depósitos de contaminantes que se vierten al suelo.

Sin embargo en los alrededores del campo afloran algunas formaciones que fueron descritas en el capítulo de la estratigrafía regional, pudiendo observar la secuencia estratigráfica compuesta de rocas sedimentarias del terciario en la base, cuya edad varía del Eoceno al Mioceno que son cubiertas por un paquete de rocas volcánicas formadas por brechas andesítica, traquiandesíticas, tobas, cenizas y escoria volcánica producto del vulcanismo del Terciario-Cuaternario que se ha manifestado en el volcán Chichonal situado al sureste del campo calicanto.

También se encuentran sedimentos clásticos recientes compuestos por arenas, gravas, limos y arcillas, producto de la erosión de las partes altas y depositadas principalmente en las cercanías de las llanuras de inundación del principal río que es el Mecalapa y sus afluentes que lo surten, así como las lagunas el Rosario y Pantanosa localizadas muy cerca del campo petrolero Calicanto.

Estas formaciones han sufrido un fuerte intemperismo producto de la intensa humedad que se tiene en la zona, así como su abundante vegetación y su producto final que es el suelo ha adquirido diferentes composiciones dominando los suelos arcillosos y en algunos lugares arcillo-arenosos tal y como lo muestra la Fotografía 8.4.2-9. El intemperismo químico ha sido rápido debido a la intensa humedad existente en la zona.

Estos suelos han sido formados con materiales provenientes de lugares separados. Son principalmente suelos de fondos de valle cuya matriz mineral procede de la erosión de las laderas así como del producto de la disolución de los minerales presentes en las rocas ígneas resultado del vulcanismo muy reciente que se presenta en la zona y que ha sido generado por el volcán Chichonal.



Fotografía 8.4.2-9.- Muestra de suelo del Área Contractual 4 Campo Calicanto.

### Geología del Subsuelo

En el Área Contractual 4 Campo Calicanto se han perforado varias decenas de pozos petroleros desde su descubrimiento. En el Área Contractual 4 Campo Calicanto, la secuencia estratigráfica cortada en las estructuras perforadas, comprende rocas que varían en edad desde Calloviano hasta el Mioceno Superior (formación Paraje Solo). Las rocas cortadas en los pozos profundos de la región correspondientes al Calloviano-Kimmeridgiano son típicas de depósitos de aguas someras de plataforma con alta energía y poseen las condiciones petrofísicas necesarias para construir una roca almacén, (Santiago et al., 1984). Las rocas carbonatadas del Cretácico Inferior (calizas clásticas, micritas con miliólidos y dolomías de plataforma) cubren la parte alta del Jurásico Superior (Tithoniano) y permanecen infrayaciendo a las diferentes facies sedimentarias identificadas en el Cretácico Medio, constituyendo en conjunto las rocas productoras en esta porción de la provincia.

El Cretácico Medio se constituye por una sección de calizas dolomíticas y dolomías que contienen bandas de pedernal negro-blanco y capas de lutitas negras carbonosas y bentonita verde. Por efectos de dolomitización, la escasa fauna encontrada las ubica dentro del Cretácico Medio, sin embargo en cuerpos de caliza arcillosa se ha identificado fauna del Aptiano. Más al Sur (área Sitio Grande) las facies de calizas dolomíticas cambia a calizas bioclásticas (brechas de talud) y calcarenitas dolomíticas con restos de microfauna (Santiago et al., 1984). El Cretácico Superior se encuentra representado por las formaciones Agua Nueva, San Felipe y Méndez (depósitos de cuenca), la formación Agua Nueva está constituida por 32 micritas de colores blanco a crema a veces arcillosas con microfósiles, nódulos de pedernal oscuro a café, pequeñas bandas de lutita negra y bentonita verde, ocasionalmente se observan cuerpos de calcarenitas. Descansa discordantemente sobre las dolomías y calizas dolomíticas del Cretácico Medio con tendencia a desaparecer por acuñaamiento hacia el Sur. En posición concordante suprayace la formación San Felipe constituida por capas alternantes de calizas bentoníticas y calizas arcillosas microfossilíferas, que en ocasiones alternan con calizas biógenas blancas de textura microcristalina (Santiago et al., 1984). La formación Méndez descansa sobre la formación San Felipe mediante contacto transicional y está constituida por una secuencia de margas con intercalaciones de brechas calcáreas, su espesor varía de 100 a 250 m y se acuña en la misma dirección. Las calcarenitas y calizas biogénicas alojadas en la formación Agua Nueva, son resultado de la erosión, transporte y redepositación (por corrientes de turbidez) efectuada por emersión de la plataforma cretácica localizada en la porción Sur del área. Las rocas carbonatadas de grano fino a grueso del Jurásico Superior, Cretácico Inferior y Cretácico Medio, estuvieron sometidas a procesos diagenéticos que cambiaron sus características sedimentarias y petrofísicas originales, transformándolas en dolomías y calizas dolomíticas observándose mayor dolomitización, porosidad (en cavernas y por fracturamiento) y permeabilidad en las cimas que en los flancos de los anticlinales.

Todo lo anterior como se menciona es la columna estratigráfica que han cortado los pozos petroleros profundos. Sin embargo el interés de este trabajo es conocer las condiciones del subsuelo más superficial que está representado en su mayoría por suelos que han sido depositados por corrientes aluviales y como productos del intemperismo como ya se mencionó líneas atrás.

Con los recorridos realizados y las observaciones hechas en algunos cortes de los caminos podemos inferir las condiciones que presenta el subsuelo que estaría compuesto por una delgada capa vegetal y suelo color negro producto de la descomposición de la materia orgánica de aproximadamente 30m cubriendo al potente espesor de arcillas, limos y arenas.

Algunos sondeos realizados en este campo petrolero, han sido dirigidos a conocer las condiciones de los materiales existentes y el grado de contaminación que existe en las peras de los pozos petroleros perforados y en las presas de lodos que existen en las cercanías de las mismas. Estos sondeos no han rebasado los tres metros Y por lo general se han extraído arcillas con algunos porcentajes de arena, como se muestra en la Fotografía 8.4.2-9.

Estos sondeos son los requisitos para evaluar los contaminantes que han penetrado al suelo. Falta todavía conocer detalles a más profundidad, y para ello se están programando pozos de monitoreo que en promedio tendrán 10m de profundidad y con ello poder hacer una columna litológica del suelo para determinar los materiales existentes y su relación con los contaminantes si es que existen.

#### **APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS INDIRECTOS**

De acuerdo a los sitios definidos como potencialmente contaminados, a través de la investigación histórica, documental y los recorridos de inspección durante la primera etapa de la evaluación de daños preexistentes, se procedió a la evaluación del área de estudio por métodos indirectos basados en la metodología establecida en el Árbol de Toma de Decisiones de los Métodos Indirectos (ATDMI, Figura 8.4.2-17), con la cual podemos obtener un panorama más definido de la distribución espacial de los contaminantes, esto con la finalidad de que el conjunto de todos los datos recabados sirvan para crear un plan de muestreo dirigido sobre objetivos específicos y con esto obtener la mayor representatividad posible de las dimensiones y características de los contaminantes en el subsuelo, diferenciando de los valores naturales de fondo, por lo que la aplicación de esta metodología a los sitios potencialmente contaminados permite corroborar si el sitio propuesto seguirá siendo objeto de estudio y proponer su Plan de Muestreo (PDM) de acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), que para el caso de los hidrocarburos es la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 mientras que para los metales pesados es la NMX-AA-132-SCFI-2006.

PASIVOS AMBIENTALES

---

De acuerdo al ATDMI, el arranque de los trabajos inicia con la identificación y búsqueda de tuberías u otra estructura inmersa en el subsuelo mediante el CMD. La importancia de este primer paso radica en la seguridad durante el desempeño de actividades que lleven consigo la perforación de suelo tanto para el personal que labora, los equipos utilizados y la infraestructura presente, como por ejemplo la perforación para la instalación de las gasometrías o la perforación a mayor profundidad para la toma de muestras. La aplicación de esta metodología electromagnética nos permite obtener la ubicación de toda aquella estructura subterránea que se encuentra en el área y de esta manera asegurar que durante los trabajos de perforación que se realizarán de manera posterior no exista instalación que pudiera ser dañada. Toda vez que no hay suficiente información de estructuras adicionales a las reportadas.

Posteriormente a la detección de estructuras en el subsuelo se procederá a realizar la instalación de pozos de gasometría; considerando el área en la cual se detectó la posible presencia de hidrocarburo (denominado Sitio Potencialmente Contaminado de acuerdo a los resultados de los sondeos realizados en búsqueda de indicios en el área), el número de gasometrías a realizar en el SPC identificado, se asoció de acuerdo al área proyectada del sitio con lo establecido en la Tabla 4 “Número Mínimo de Puntos de Muestreo de acuerdo con el área contaminada” de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.



PASIVOS AMBIENTALES

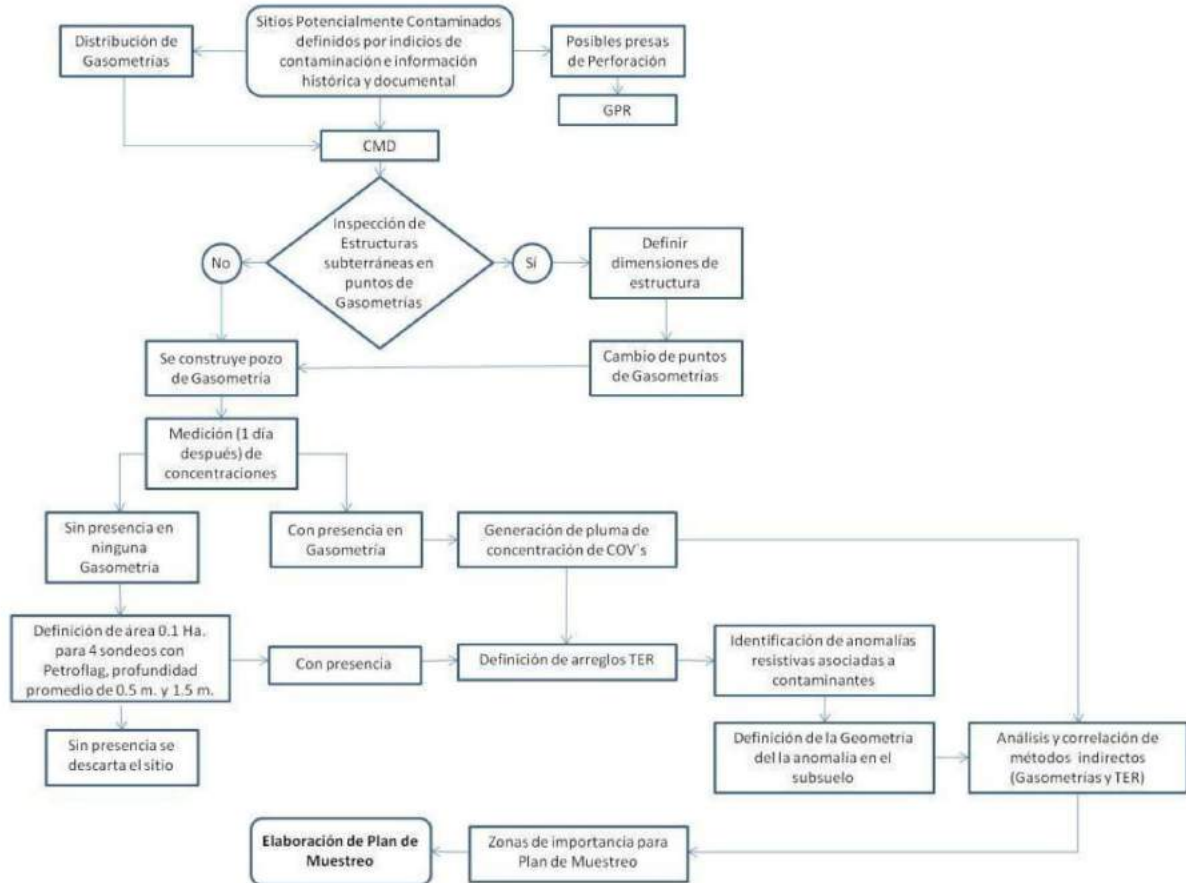


Figura 8.4.2-17.- Árbol de Toma de Decisiones de Métodos Indirectos.

Una vez realizadas las mediciones de las concentraciones de los Compuestos Orgánicos Volátiles, se procederá a procesar la información en el software ArcGis 10.2 mediante el cual obtenemos un plano representativo de la distribución de las concentraciones, con lo que se podrá proyectar la siguiente fase de prospección geofísica en todos aquellos puntos donde los valores de concentración de los Compuestos Orgánicos Volátiles presentarán valores por encima de los de fondo. Ya identificados estos puntos, se analizaron las condiciones del sitio donde se localiza, sus valores de concentración, así como lo encontrado durante la ejecución de las gasometrías (si existió presencia de contaminantes, exceso de humedad). Para establecer los valores de fondo, fue necesario ejecutar una gasometría alejado de la zona de influencia de la infraestructura presente en el, esto con la finalidad de conocer valores naturales del

suelo y poder llevar a cabo la comparativa entre los valores naturales y aquellos valores afectados por la presencia de contaminantes; en el caso de los hidrocarburos se espera un aumento en la concentración de COV's.

Así mismo, para el caso de no detectar valores representativos de concentración, se procederá a realizar análisis a través de PetroFlag para la búsqueda de hidrocarburos totales de petróleo a profundidades por debajo de 1.50 m con el fin de confirmar o descartar la presencia de estos componentes, de obtener un resultado negativo se descartaría por completo el sitio que al momento es considerado como potencialmente contaminado, de manera contraria será necesario implementar los estudios de Tomografía Eléctrica Resistiva principalmente.

En el entendido de haber obtenido algún valor confirmatorio de la presencia de contaminantes por cualquiera de los métodos mencionados (gasometría o PetroFlag), se procederá a la ejecución de las Tomografías Eléctrico Resistivas (TER), cuyo objetivo es determinar las variaciones de resistividad del subsuelo, traduciendo estos registros en términos geológicos. Las clasificaciones de estos valores resistivos se encuentran en función de la naturaleza y composición de los estratos, la textura, porosidad, contenido en fluidos que condicionará la existencia de una mayor o menor concentración de iones. A mayor movilidad de estos iones se registra una mayor conductividad o, para el caso del registro tomográfico una menor resistividad. Con ayuda de los resultados obtenidos de la dispersión de las plumas de COV's o de los resultados obtenidos en el caso de haber realizado análisis de TPH's con PetroFlag, se procederá a orientar la ubicación de las líneas de TER's de acuerdo a aquellos valores altos registrados, sin dejar de tomar en cuenta los valores cercanos a los de fondo.

A la par de la ejecución de TER, la Universidad Autónoma de Tamaulipas realizará también un sondeo exploratorio a una profundidad de tres metros., haciendo un registro de los materiales conforme se perfora el sondeo, esta información obtenida es correlacionada con las resistividades de las TER's y nos sirve para obtener un grado de confianza aún mayor en la definición de las condiciones del terreno e identificación de anomalías resistivas que nos indican la presencia de contaminantes.

Es así como la selección de valores de alta, mediana y baja resistividad son asignadas a los materiales encontrados en subsuelo, variando para cada sitio de acuerdo a su estratigrafía. Una vez definidos los rangos resistivos se buscan anomalías asociadas a la presencia de materiales que no pertenecen al sustrato, por ejemplo, para el caso de derrames por hidrocarburo se espera encontrar valores anómalos resistivos en un medio donde la continuidad mantiene una concordancia de lecturas similares. Una vez desarrolladas las actividades para la obtención de la información resistiva del medio a través de las TER, se llevara a cabo el procesamiento de los datos por medio del Software RES2DINV y Surfer para la generación de los perfiles resistivos, asociando los rangos encontrados con la información geológica obtenida, con lo que se podrá determinar aquellos valores fuera de los rangos encontrados para los materiales del medio, serán considerados como lecturas anómalas atribuibles a la presencia de contaminantes en subsuelo, con lo que se podrá identificar la profundidad y extensión de dichas anomalías.

Por último se realiza la correlación entre los resultados de dispersión de concentración de vapores (COV's), con los resultados de los perfiles isorresistivos, el cruce de esta información mediante el programa ArcGis con ayuda de la herramienta de algebra de mapas, obtendremos aquellas zona prioritarias a considerar para los puntos de muestreos, además nos servirá para orientar el resto de los puntos hacia zonas donde consideramos que existe la presencia de contaminantes, concluyendo en la construcción de plumas de contaminación una vez que se entreguen los resultados de los análisis de las muestras de suelo mediante un laboratorio acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA).

Ahora bien, para el caso de la posible presa de perforación que fue encontrada en el área cercana al pozo Calicanto 101, si esta no presenta agua, se propone realizar la prospección a través de la metodología electromagnética, estableciendo de manera transversal y longitudinal líneas de Georadar, mediante las cuales se espera poder definir los espesores del relleno de las presas de perforación. Para este caso en específico, la selección del Georadar se debe a su nivel de respuestas y su facilidad para la toma de datos, ya que únicamente se requiere calibrar el equipo de acuerdo a los parámetros deseados, desplazarlo sobre el área deseada, liberar de obstáculos el trayecto definido y llevar a cabo un procesamiento de los registros obtenidos. La emisión de pulsos electromagnéticos provenientes de la antena del Georadar queda

registrada a manera de trazas continuas, en una imagen denominada radargrama. El objetivo del empleo de esta técnica es el poder definir la profundidad y geometría del relleno presente en las presas producto de las mezclas y/o residuos de la perforación, con lo que se podría obtener un cálculo del volumen del material vertido en dichas presas y con esto facilitar la propuesta de una metodología de muestreo tanto para hidrocarburos como para metales, siendo este último muestreo referido a la NMX -AA-132- SCFI-2006 “MUESTREOS DE SUELO PARA LA IDENTIFICACIÓN Y LA CUANTIFICACIÓN DE METALES Y METALOIDES Y MANEJO DE LA MUESTRA”, ya que de acuerdo a los registros históricos, la presencia de presas de perforación indica un vertimiento de los lodos provenientes de la perforación, así como las mezclas de compuestos (metales como el Ba, Cd, Zn, Pb) para realizar la perforación de los pozos, siendo muy probable en estas áreas la presencia de metales en los rellenos.

De acuerdo a los registros históricos solo se tiene conocimiento de que únicamente en las presas de perforación pueden presentarse metales pesados, por la manera en la que se realizaban las perforaciones de pozos de extracción anteriormente y al no tener algún registro de otras zonas impactadas por metales, las convierten en los sitios potencialmente contaminados. Dentro de la gama de Métodos Indirectos que ofrece la Universidad Autónoma de Tamaulipas, como se mencionó anteriormente, el Georadar es la mejor opción en el caso de las presas de perforación, ya que la implementación de gasometrías en estos sitios, únicamente registraría la presencia de hidrocarburos; mientras que en el caso de las Tomografías Eléctrico Resistivas, por el hecho de ser una zona confinada y que en su interior tiene diferentes tipos de materiales, no se pudiera registrar a detalle algún cambio resistivo que identifique la presencia de los metales en el subsuelo. Por el mismo hecho de tener una zona de relleno y que con el paso del tiempo se realice un proceso de sedimentación.

Esta descripción a detalle de la aplicación del Árbol de Toma de Decisiones para métodos indirectos será desarrollada para el área de la pera que pertenece al pozo Calicanto 101, dentro del cual se establecieron zonas de interés denominadas como sitios potencialmente contaminados, tanto por lo descubierto durante los recorridos de inspección en búsqueda de indicios así como de los antecedentes históricos, los cuales señalan un posible evento en años anteriores, el cual puede o no ser encontrado durante la evaluación de los métodos indirectos. Se presentarán tanto el desarrollo de estas técnicas como el resultado de las

mismas, para finalmente detallar la correlación de los resultados que condujeron para la generación de la Propuesta del Plan de Muestreo para Suelos Contaminados con Hidrocarburo y Metales Pesados, apegados de acuerdo a la Normatividad Oficial Mexicana.

- **NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012** “LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE HIDROCARBUROS EN SUELOS Y LINEAMIENTOS PARA EL MUESTREO EN LA CARACTERIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES PARA LA REMEDIACIÓN”
- **NMX-AA-132-SCFI-2006** “MUESTREOS DE SUELO PARA LA IDENTIFICACIÓN Y LA CUANTIFICACIÓN DE METALES Y METALOIDES Y MANEJO DE LA MUESTRA”
- **NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004** “CRITERIOS PARA DETERMINAR LAS CONCENTRACIONES DE REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR ARSÉNICO, BARIO, BERILIO, CADMIO, PLOMO, CROMO HEXAVALENTE, MERCURIO, NÍQUEL, PLATA, SELENIO, TALIO Y/O VANADIO”

#### DESARROLLO DEL ATDMI EN EL ÁREA ALEDAÑA AL POZO CALICANTO 101

Partiendo de los sitios identificados como potencialmente contaminados durante la primera etapa de evaluación de daños preexistentes que se llevó a cabo en la zona donde se encuentra el pozo Calicanto 101, desprendiéndose y enumerándose los sitios de la siguiente manera:

**Tabla 8.4.2-2.-** Sitios potencialmente contaminados en el área cercana al pozo Calicanto 101.

Sitios Potencialmente Contaminados	Ubicación UTM	
	X	Y
Contrapozo Calicanto 101	424177.27	1978139.03
Presa de Perforación	424148.59	1978037.68
Zanja en zona de cultivo	424242.20	1978033.76
Acumulación de agua	424089.70	1978074.23

A continuación se desarrolla la ejecución de los trabajos de métodos indirectos en el área cercana a la pera donde se encuentra el pozo Calicanto 101.

### **Calicanto 101**

El pozo Calicanto 101, se encuentra localizado al noroeste del Área Contractual 4 Campo Calicanto; de acuerdo a los recorridos y a los antecedentes históricos del sitio, se estableció un área de aproximadamente de 1.15 has. siendo propuestas 23 gasometrías distribuidas sobre la superficie de los cuatro puntos identificados como sitios potencialmente contaminados, tomándose como referencia la Tabla 4 de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, de este total de gasometrías, 11 fueron destinadas a la zona del terraplén (GS-1, GS-2, GS-3, GS-4, GS-5, GS-6, GS-7, GS-8, GS-9, GS-10 y GS-11), circundando la ubicación del pozo Calicanto 101, zona en la cual se encontraron indicios de hidrocarburos en el agua presente en el contrapozo, siguiendo un posible escurrimiento hacia el norte del pozo, del resto de las gasometrías, 1 (GS-19) se propuso en el punto de la posible presa de perforación de manera de confirmación de la posible presencia de hidrocarburo en el punto y las 11 restantes se distribuyeron entre la zona de cultivo que se encuentra al Norte del terraplén y la zona Oeste del mismo donde ocurre un estancamiento de agua (GS-12, GS-13, GS-14, GS-15, GS-16, GS-17, GS-18, GS-19, GS-20, GS-21, GS-22 y GS-23), éstos últimos 3 puntos son de interés debido a que de acuerdo a los antecedentes históricos del sitio y a las entrevistas a los propietarios de los terrenos se presentó un evento que abarcó estos 3 sitios.

Cabe mencionar que al presentarse en el área de trabajo, se observó que en el área de cultivo localizada al norte del terraplén donde se encuentra el pozo Calicanto 101, se encontraba inundado, impidiendo así la ejecución de las gasometrías propuestas en esa área, determinándose así solo la ejecución de este método indirecto en el área de terraplén, llevándose a cabo 6 gasometrías en ese punto (Figura 8.4.2-20).

Las gasometrías fueron instaladas en zonas aledañas a la probable influencia de contaminantes, tomando estos valores de concentración como importantes para la ubicación de estudios posteriores (aplicación de la geofísica mediante la técnica de Tomografía Eléctrico Resistiva).

### **Recorridos CMD**

Debido a la naturaleza de los trabajos es importante identificar la presencia y trayecto de la infraestructura subterránea (ductos, estructuras metálicas, entre otros) que se encuentren dentro del área de estudio, empleando la metodología electromagnética a través del Medidor de Conductividad Electromagnética Multiprofundidad (CMD), para ello fue necesario ejecutar un total de 9 trayectos con el equipo distribuidos principalmente en el área del cuadro de maniobras. Esta distribución se presenta en el plano (Figura 8.4.2-19). El CMD (Medidor de Conductividad Electromagnético) es un método de prospección geofísica del orden de los electromagnéticos, el cual es utilizado cuando se tiene la necesidad de realizar una detección de estructuras subterráneas someras ya que esta es su principal función. Los métodos de inducción electromagnética como el caso del CMD permiten detectar la presencia de medios magnéticos. La elección de la metodología se encuentra en función de las propiedades del subsuelo, ruido electromagnético y superficie del suelo. El principal uso de esta metodología es la búsqueda y detección de anomalías conductoras, visualizándose directamente en los gráficos obtenidos de cada frecuencia.

El objetivo deseado es más fácil de encontrar cuando se encuentra un contraste de la conductividad con el medio circundante, haciendo esta metodología la más adecuada cuando se busca detectar los ductos o estructuras metálicas, ya que la posibilidad de detectarlos incrementa cuanto mayor sea su tamaño y menor la profundidad. El perfilaje electromagnético se aplica para determinar la distribución de materiales metálicos en el subsuelo, como parte de los procesos antropogénicos y señalar sitios libres para actividades propias de la caracterización, las mediciones consisten en registros indirectos de conductividad y susceptibilidad magnética. A través del proceso de la información obtenida en campo, se tiene como resultado una gráfica donde se muestran los puntos críticos o de mayor importancia que pudieran definirse como picos altos y/o bajos de conductividad siendo estos interpretados como estructuras subterráneas. La finalidad de la aplicación del Medidor de Conductividad Electromagnético o CMD es la obtención de un perfil electromagnético donde se registran las variaciones laterales de conductividad del subsuelo a una profundidad somera de investigación. La aplicación de esta metodología no requiere contacto directo con el suelo, siendo no invasivo y de rápida adquisición de datos. Se utiliza para realizar mapeos de conductividad en un área determinada.

El CMD trabaja sobre la conductividad del suelo y la medición en fase (interphase), emitiendo ondas de profundidad sencilla o múltiple diseñadas para un rango de profundidad que varía de los 0.5 m a los 5 metros, dichas señales son transmitidas a través de una bobina transmisora y recibida por una segunda

bobina receptora. Las señales electromagnéticas emitidas penetran en el subsuelo creando un campo magnético secundario el cual es reflejado hacia la bobina receptora. Anexo Manual (EM31-MK2). Se realiza una calibración en campo cada vez que se cambie de área de estudio, colocándolo a nivel de suelo, posteriormente se coloca la bobina emisora, en este paso la conductividad debe estar en un rango de más menos 1.00 mS/m, posteriormente se conecta el receptor y se calibra la inphase debiendo tener una lectura de más menos 0.1 ppt, ya concluida la calibración se procede a la toma de lecturas. Una vez hecha la calibración correcta se procede a realizar desplazamientos sobre el área de estudio, de manera automática el equipo induce ondas electromagnéticas en el subsuelo en determinado tiempo, es por eso que se requiere un desplazamiento constante.

Se analiza el perfil generado por el equipo, las mediciones consisten en registros indirectos de conductividad y susceptibilidad magnética, a través el proceso de la información obtenida en campo, se tiene como resultado una gráfica donde se muestrean los puntos críticos o de mayor importancia que pudieran definirse como picos altos y/o bajos de conductividad y estos a su vez pueden interpretarse como estructuras subterráneas.

Posteriormente, se marcaron con apoyo de una Antena GPS Topográfico los puntos de inicio y final de la línea de CMD, así como las anomalías registradas con el objetivo de plasmar estos trabajos en planos topográficos georreferenciados; identificando previamente las posibles rutas de la o las líneas, se realizó un recorrido transversal al sentido de estas, aprovechando también el buscar alguna otra estructura en el subsuelo. Una vez que se ejecutaron las líneas de CMD, se procedió a la descarga de los datos obtenidos en los trayectos y se procesaron mediante el Software DAT31W con el cual se convirtieron los datos crudos de campo en gráficas de conductividad e inphase; con base en lo anterior, se identificó primeramente al norte del pozo Calicanto 101, una anomalía presente en la tendencia de la línea de conductividad (línea roja) señalada con un círculo punteado en el perfil CMD-1 (Figura 8.4.2-1), la curva de conductividad en este punto incrementa su amplitud de onda, generando una cresta que tiene como valor máximo respecto al eje vertical de conductividad 45 mS/m. Por otro lado la curva que mide la susceptibilidad magnética en ppt (parts per thousand), responde inverso a la conductividad con un valle que llega hasta los -6 ppt. El decremento en la susceptibilidad magnética se asocia con una alteración en las propiedades y características del material del ducto. El recorrido realizado tiene una longitud de 110.00 metros y una orientación de oeste a este.



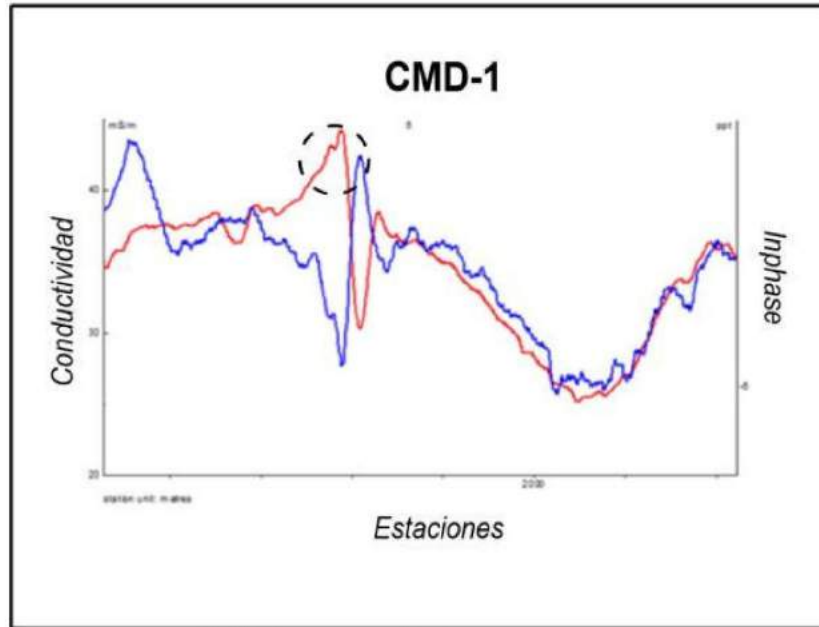


Figura 8.4.2-18.- Perfil electromagnético 1.

PASIVOS AMBIENTALES



Fotografía 8.4.2-10.- Ejecución de los trabajos de perfil electromagnético.

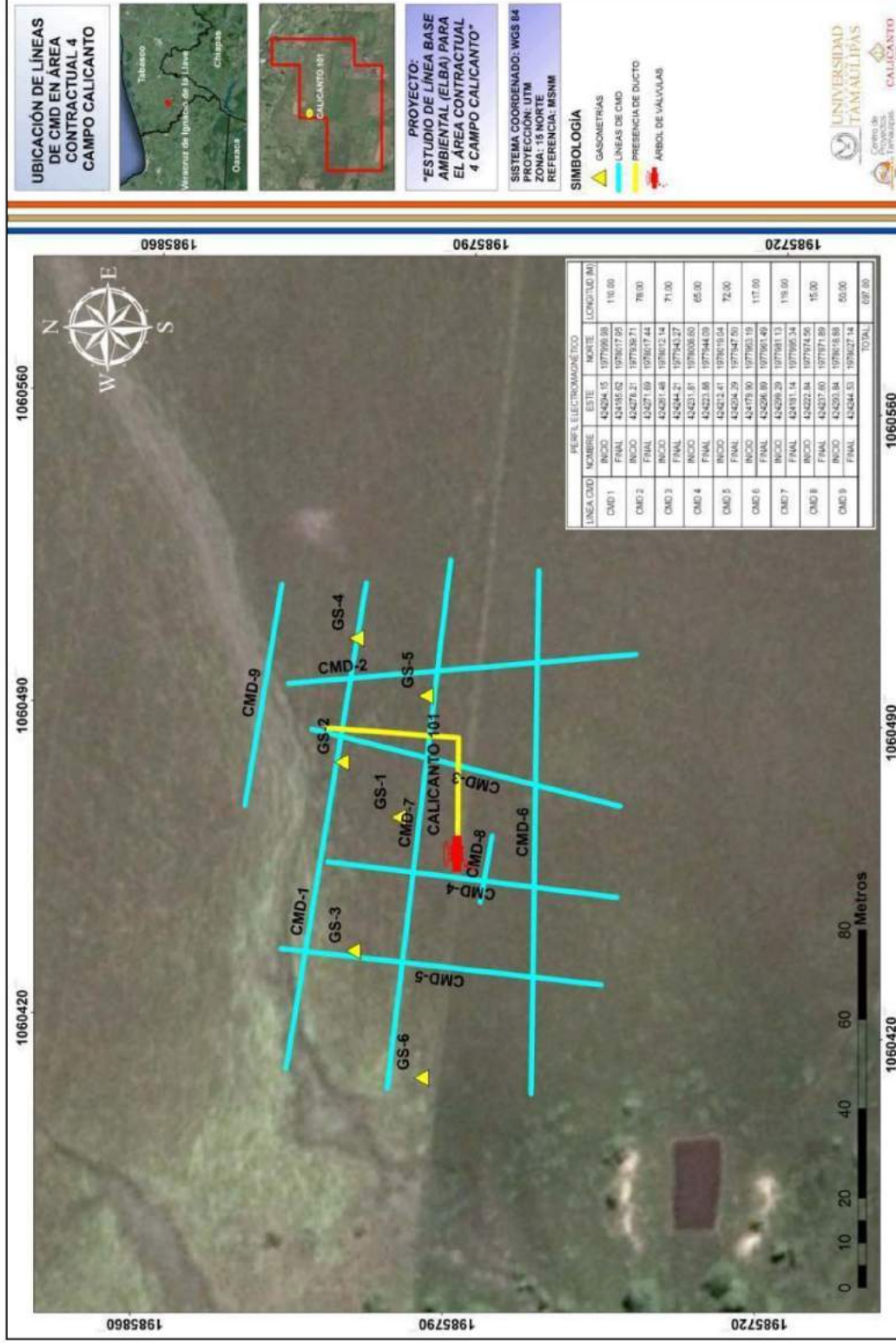
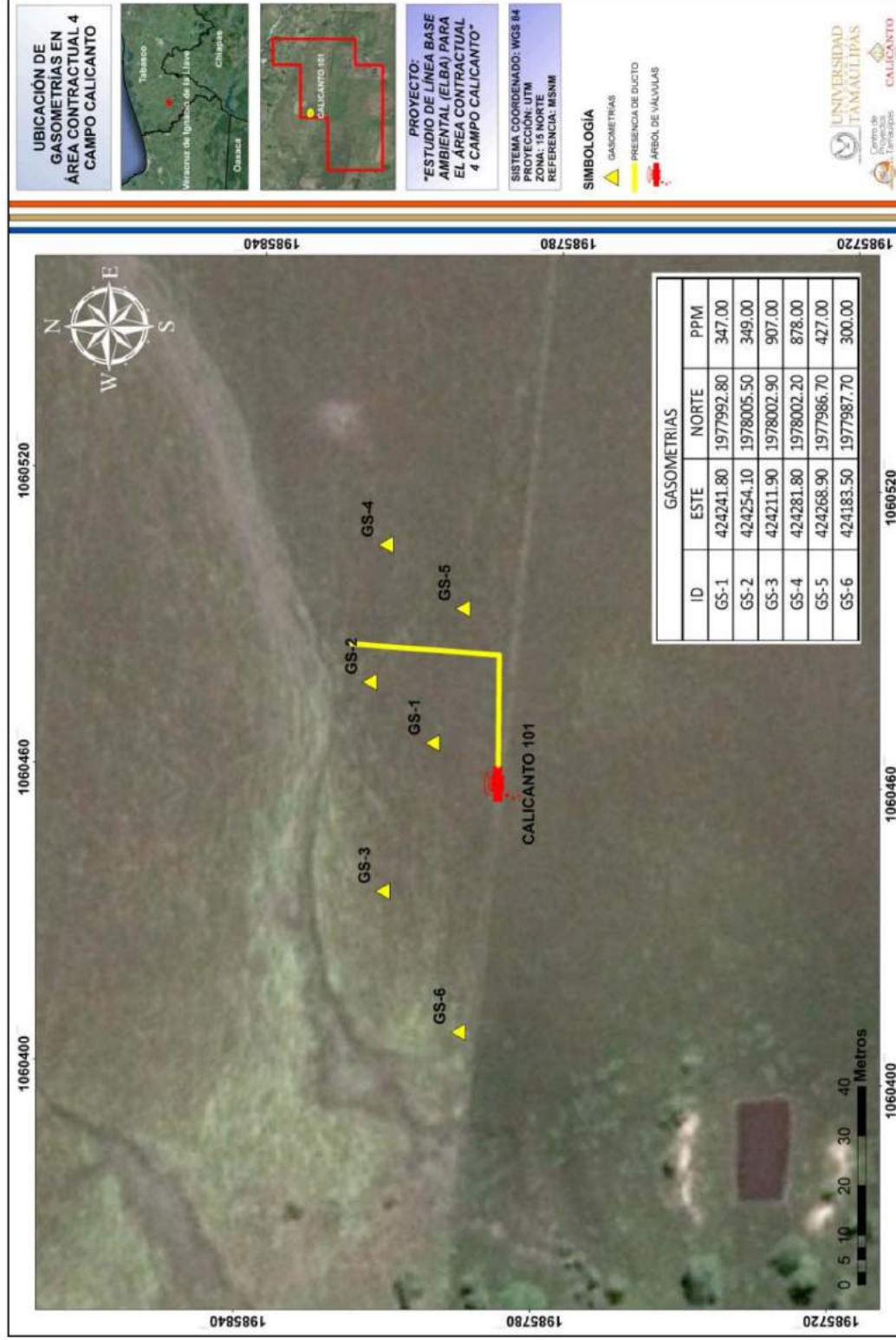


Figura 8.4.2-19.- Ubicación de recorridos de CMD en el terraplén del pozo Calicanto 101.

**PASIVOS AMBIENTALES**



**Figura 8.4.2-20.-** Ubicación de gasometrías en el terraplén del pozo Calicanto 101.

Posterior a la ejecución de los trabajos de Perfilaje electromagnético en el área, se realizó el procedimiento de interpretación de datos, que consiste en estimar la trayectoria del ducto y calcular las distribuciones y diferencias en la conductividad eléctrica y susceptibilidad magnética. Los resultados obtenidos a través de esta metodología permiten observar mediante una gráfica en 1D el comportamiento conductivo y la susceptibilidad magnética donde identificando “anomalías” en el comportamiento de las curvas graficadas es posible determinar la presencia de estructuras metálicas (ductos) en el subsuelo.

Como primer punto, se define que la respuesta propia del medio es una curva sin picos altos y/o bajos conductivos contrastantes y que comprende un rango de valores promedio de 25 A 45  $mS/m$ . Por otro lado, los puntos críticos que se definen como “anomalías”, son picos en la conductividad eléctrica con valor máximo de 50  $mS/m$ , generando un contraste lateral en la curva.

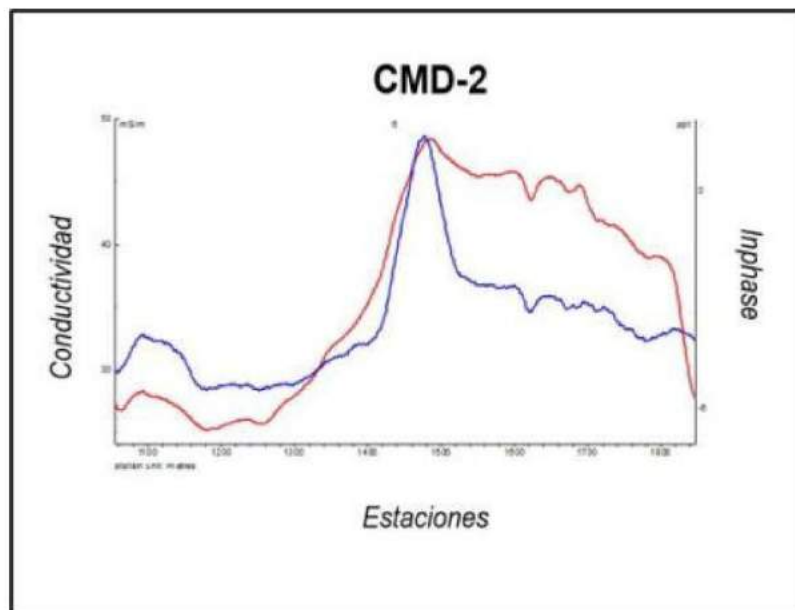


Figura 8.4.2-21.- Línea de CMD-2.

PASIVOS AMBIENTALES

La línea de CMD-3 señala una anomalía en la parte media del perfil, donde la conductividad aumenta a partir de la estación 1100 manteniendo lecturas similares hasta la estación 1500 punto donde la curva de conductividad eléctrica (color rojo) coincide con la curva de susceptibilidad magnética, con valores máximos, 46  $mS/m$  y 0 ppt, respectivamente. Posterior al pico conductivo señalado, ambas curvas tienden a disminuir y adoptar valores propios del medio, cercanos a los 30  $mS/m$ .

La anomalía identificada se asocia con un ducto proveniente del pozo, cuya trayectoria, al inicio de CMD-3 tiene la misma orientación que el perfil con una separación breve, por lo que el alcance del estudio no lo identifica sino hasta la estación 1100, como se mencionó anteriormente, donde el ducto hace un cambio de codo de 90 grados.

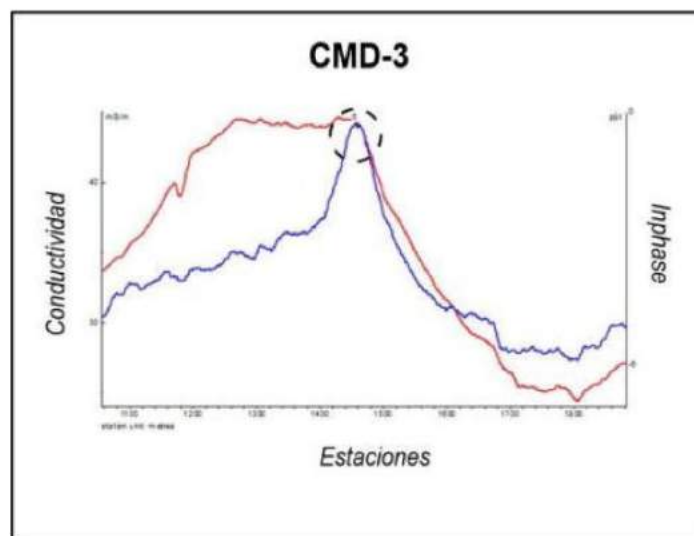


Figura 8.4.2-22.- Resultado de CMD-3.

El CMD-4 se asocia a respuesta del medio ante las ondas electromagnéticas emitidas por el CMD. Tiene una longitud de 65 metros y una orientación de norte a sur, pasando justo a un costado del pozo, en el cual no se detecta anomalía alguna asociada a la presencia de alguna estructura enterrada. El comportamiento de las curvas graficadas mantiene un patrón parcialmente regular donde se producen oscilaciones en la onda, pero de muy corta amplitud.

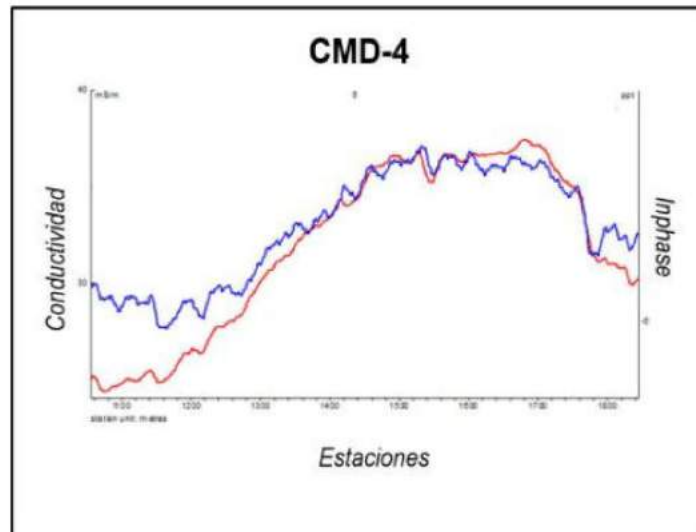


Figura 8.4.2-23.- Resultado de CMD-4.

El perfil identificado como CMD-5 se ejecutó paralelo al CMD-4 con una longitud de 72 metros, sin detección de anomalías en lo que respecta al recorrido representado en la gráfica, misma situación que se presenta en CMD-6, el cual comprende una distancia de 117 metros y se ubica en la parte sur del pozo con una orientación de oeste a este. El comportamiento de las curvas en estos perfiles presenta las características de la respuesta del medio y no de una estructura metálica (ducto).

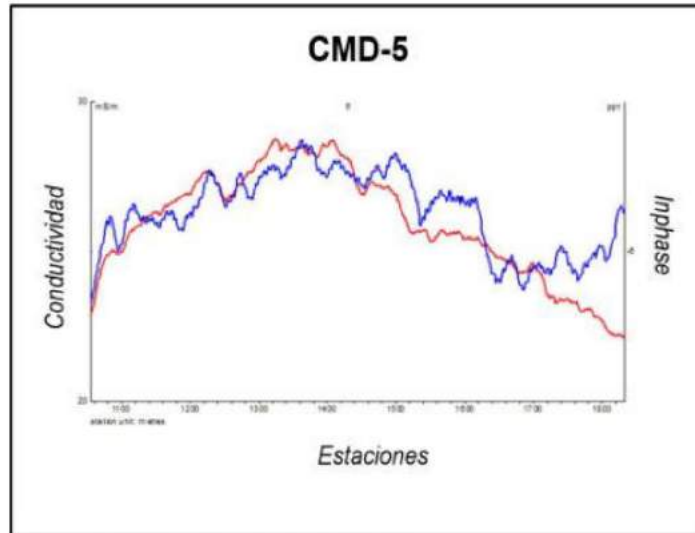


Figura 8.4.2-24.- Resultado de CMD-5.

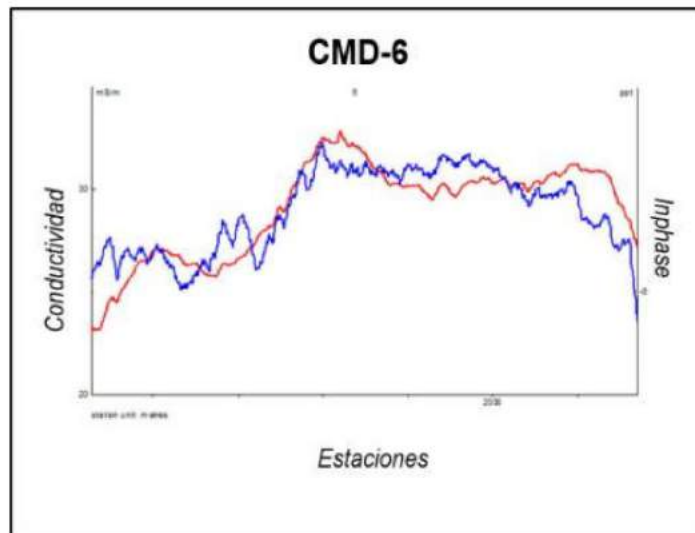


Figura 8.4.2-25.- Resultado de CMD-6.

Continuando con la inspección de la trayectoria que comprende el ducto proveniente del Pozo Calicanto 101, se realizó la línea CMD-7, la cual presenta un pico que destaca por valores en la escala vertical de conductividad, la curva tiene un rango promedio de 25 a 40  $mS/m$  y la anomalía señalada se localiza en 48  $mS/m$  acompañada de un bajo en inphase de la susceptibilidad magnética.



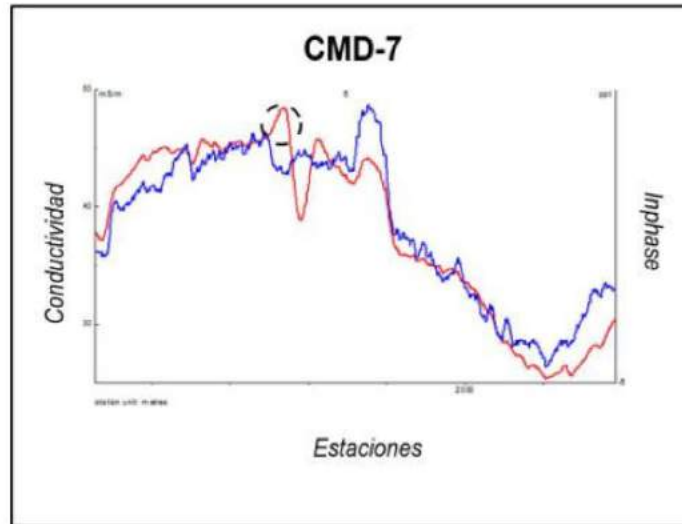


Figura 26.- Resultado de CMD-7.

En lo que respecta a las curvas graficadas por las mediciones de los recorridos en campo de CMD-8 es necesario analizar detenidamente si el comportamiento de la señal cumple con los valores de conductividad, forma, amplitud y longitud de una anomalía. Las anomalías causadas por estructuras metálicas a profundidad se presentan con una morfología de cuadratura de fase distinta que el resto de la curva graficada en el perfil mencionado, mientras que la respuesta de los materiales in situ se mantiene relativamente continua y dentro de un mismo rango, es decir no manifiesta cambios bruscos en el comportamiento. Con base a lo anterior en el CMD-8 no se encontraron rasgos que pudieran considerarse propios de una anomalía dado que los contrastes en el comportamiento están proyectados con una escala dentro de un intervalo corto de valores tanto en el eje vertical de conductividad como en inphase, además de que el perfil trazado es de apenas 15 metros de largo, razón por la cual las variaciones en las mediciones se visualizan más significativas de lo que en realidad son, pues se mantienen dentro del rango promedio para el sitio que es de 25 a 45  $mS/m$ .

Para concluir con los trabajos de perfilaje electromagnético se realizó un último perfil con orientación oeste-este y de una longitud de 50 metros para cumplir el objetivo de la prospección de ductos enterrados en el

Área de estudio del pozo Calicanto 101. Estudio que se realiza con la finalidad de mitigar el riesgo en los trabajos de perforación correspondientes a la ejecución de gasometrías y muestreo.

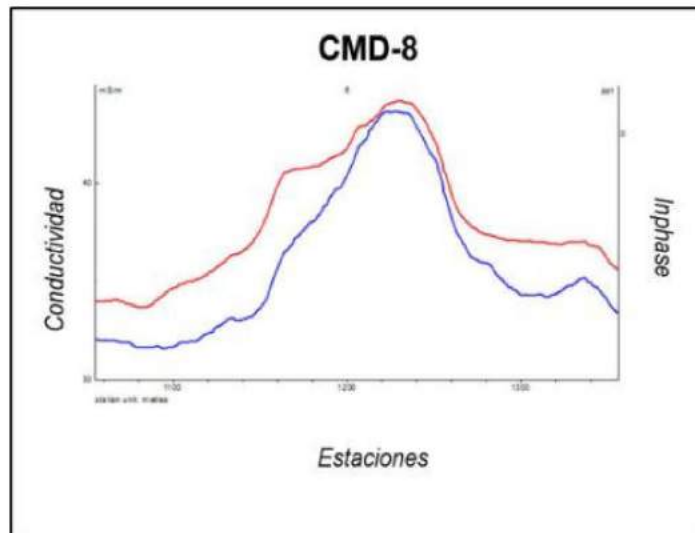


Figura 8.4.2-27.- Resultado de CMD-8.

En la última gráfica obtenida, como resultado del procesado de la información se determina que el terreno donde se llevó a cabo este perfil electromagnético es un zona segura, libre de anomalías, justificado por un comportamiento propio de respuestas normales del sitio, dado que no existen incrementos en la amplitud de onda o valores disparados de conductividad y susceptibilidad magnética.

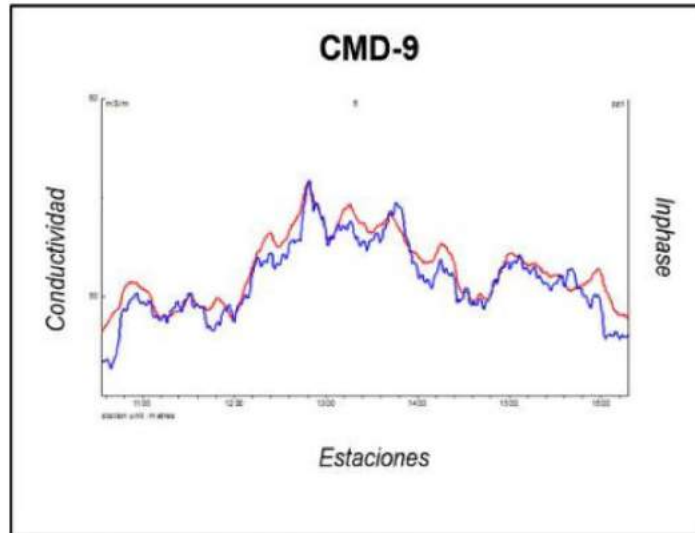
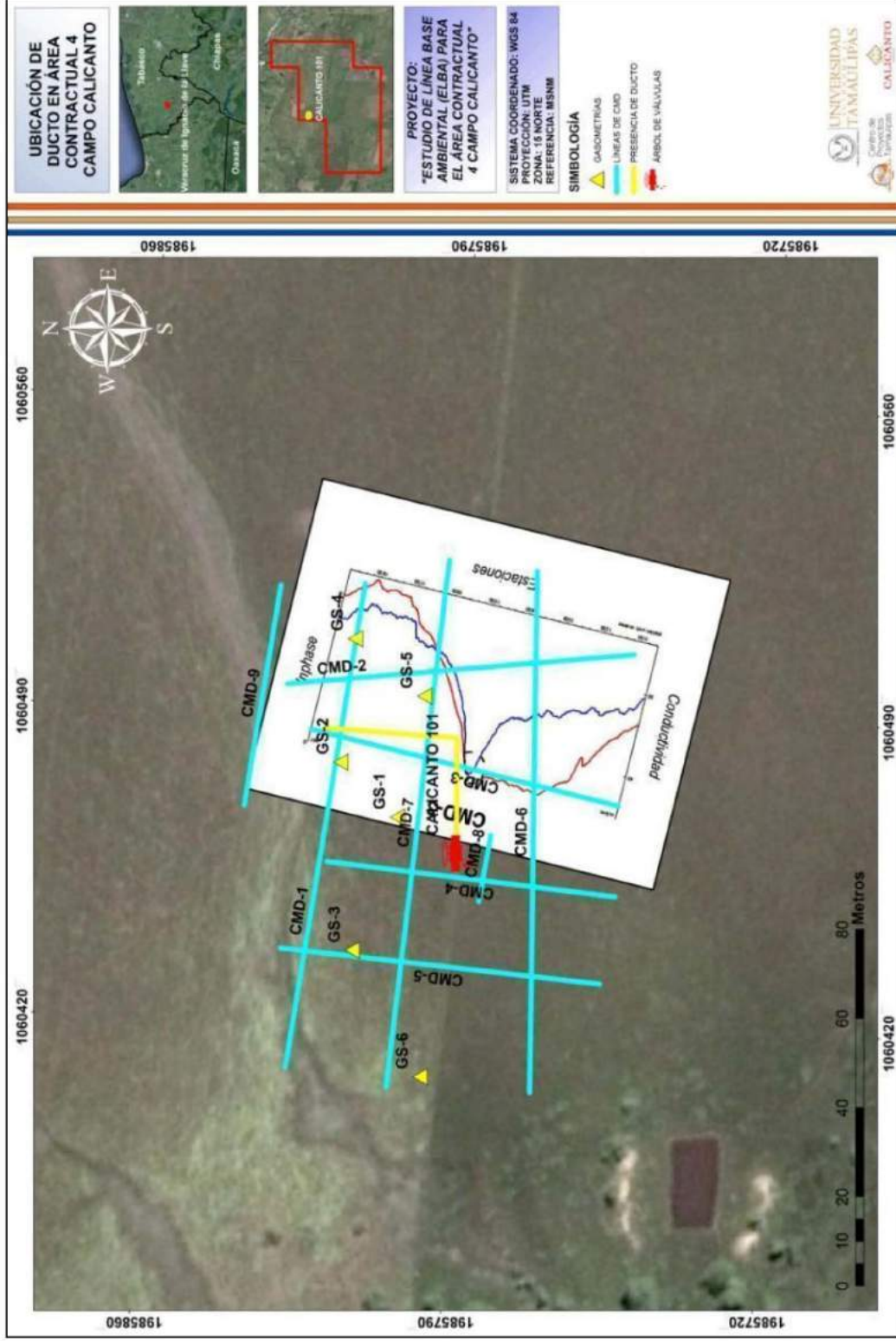


Figura 8.4.2-28.- Resultado de CMD-9.

Cabe mencionar que dados los resultados obtenidos del sitio no fue necesario reubicar las gasometrías propuestas a causa de la presencia de alguna estructura metálica, al no coincidir la ubicación de las mismas con las anomalías identificadas sobre los recorridos. Las gasometrías reubicadas fueron únicamente a razón de ampliar el área de estudio.



**Figura 8.4.2-29.-** Plano de ubicación de ductos, resultado de recorridos con CMD.

### Gasometrías

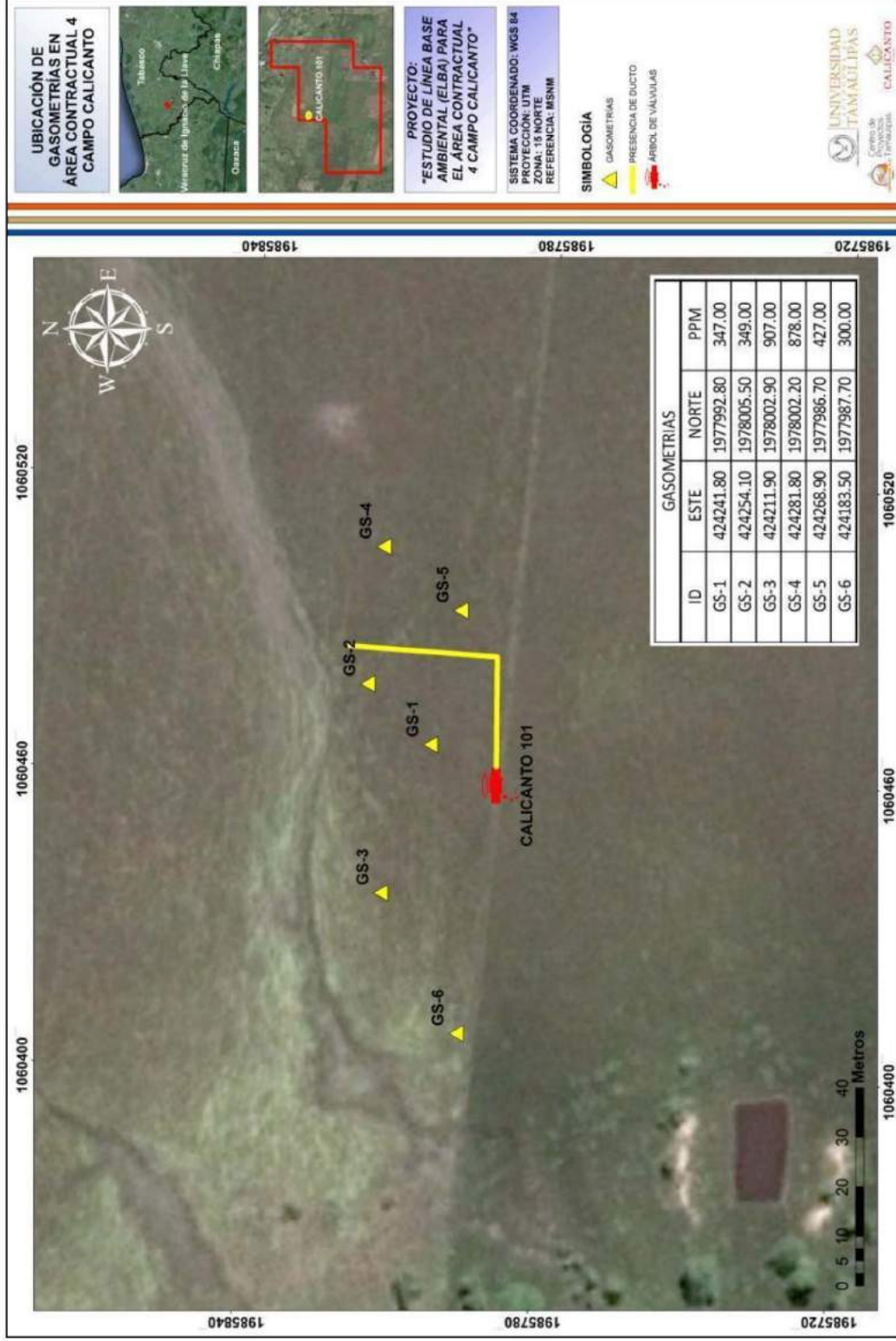
Una vez estudiada el área propuesta para la ejecución de las gasometrías y que, como resultado de esta, no se hicieran ajustes en el acomodo de la distribución de los puntos, se procedió a realizar la instalación de 6 gasometrías de las 28 propuestas, tal como lo marca nuestro procedimiento interno para la atención de suelos contaminados, se realizó la perforación del suelo con equipo manual, Hand Auger, hasta una profundidad de 1 m y a lo largo de ésta se fue realizando la identificación del material extraído (textura, olor, color) con la finalidad de obtener algunas propiedades del suelo y saber si se podía identificar la presencia de algún contaminante.

Tabla 8.4.2-3.- Resultados y coordenadas de gasometrías efectuadas en Calicanto 101.

GASOMETRÍAS			
GASOMETRÍA	ESTE	NORTE	PPM
GS-1	424241.80	1977992.80	347.00
GS-2	424254.10	1978005.50	349.00
GS-3	424211.90	1978002.90	907.00
GS-4	424281.80	1978002.20	878.00
GS-5	424268.90	1977986.70	427.00
GS-6	424183.50	1977987.70	300.00

Una vez lograda la profundidad objetivo se colocó dentro del pozo un tubo de PVC de 2" de diámetro, este tubo fue asegurado e hincado para mantener su preservación, posteriormente fue tapado en su parte superior (a nivel del suelo) y se selló el espacio entre las paredes del pozo y el tubo de PVC con la finalidad de evitar toda pérdida de estos vapores, siendo el objetivo de esta instalación captar en el transcurso de 24 horas todos aquellos Compuestos Orgánicos Volátiles provenientes de la degradación natural de materia orgánica, así como aquellos COV's provenientes de la degradación de agentes externos al medio natural, que en este caso y de acuerdo a nuestra investigación histórica solamente encontraremos hidrocarburos inmersos en el suelo que puedan afectar las concentraciones naturales de estos compuestos.

**PASIVOS AMBIENTALES**



**Figura 8.4.2-30.-** Ubicación de gasometrías en el terraplén del pozo Calicanto 101.

PASIVOS AMBIENTALES



Fotografía 8.4.2-11-. Ejecución de gasometrías en Calicanto 101.

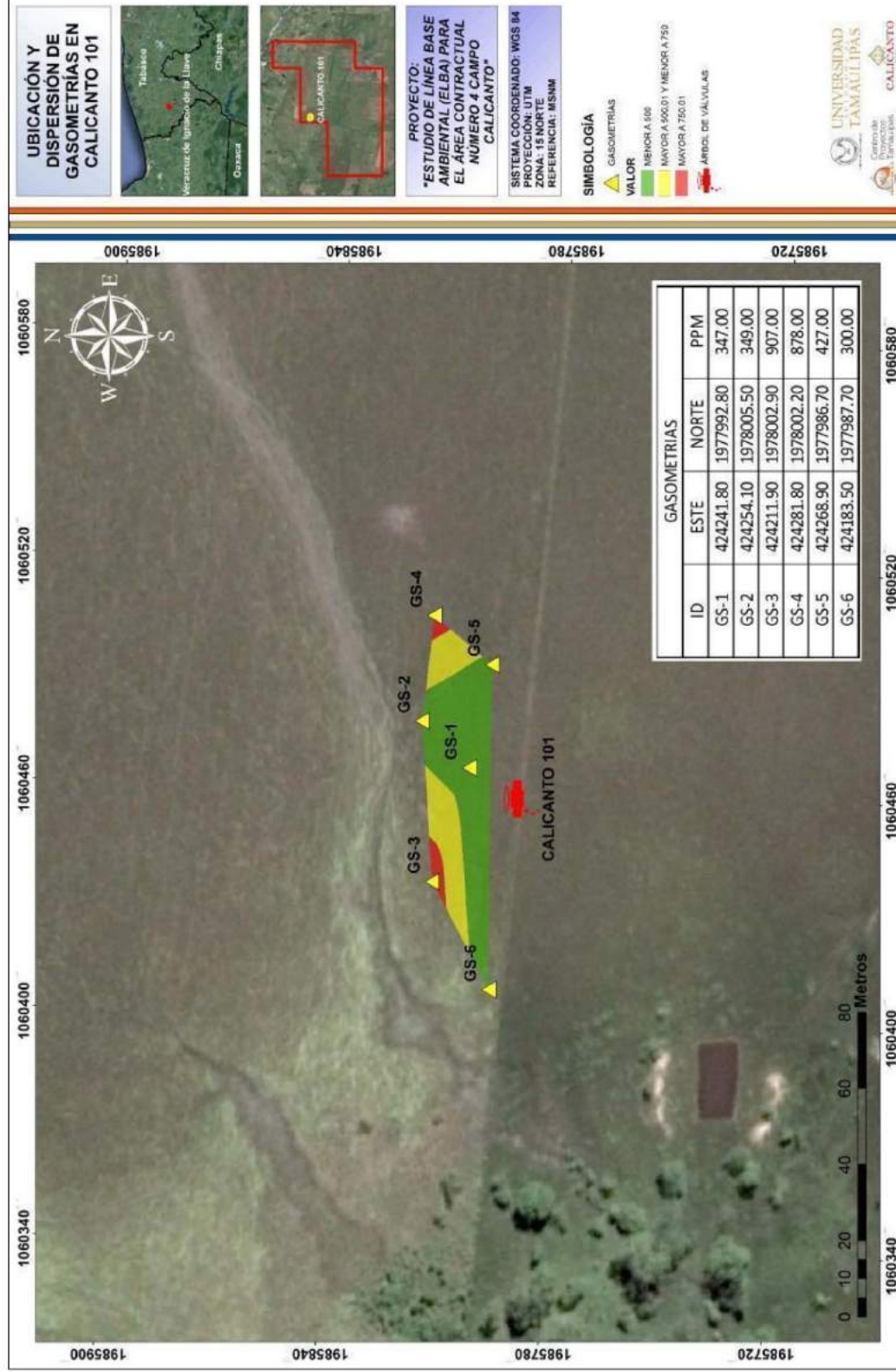
Este proceso de construcción se realizó en las 6 gasometrías de las 23 propuestas, tal cual se mencionó anteriormente, después de 24 horas, se procedió a realizar las lecturas de las concentraciones de los COV's con el equipo para detección de gases MiniRAE 3000, el cual su principio básico es a través de la fibra óptica que se encuentra en el extremo del medidor, se extraen los vapores y se hacen pasar de forma continua por un haz de luz, el cual al llegar al detector cuantifica la señal emitida (estado basal o cero). Una vez que el sensor químico de fibra óptica es introducido en el agua o en un ambiente aéreo contaminado con hidrocarburos, se impregna y en consecuencia la intensidad de luz que retorna al detector es inversamente proporcional a la concentración de hidrocarburos presentes, ya que estos se combinan con la cubierta porosa de la fibra óptica; este proceso es reversible al cabo de unos segundos, permitiendo hacer lecturas subsecuentes en lapsos cortos de tiempo.

Una vez obtenidas las concentraciones de los COV's, se realizó el procesamiento de datos, obteniendo la pluma de dispersión de los compuestos, esto mediante el Software ArcGis 10.2 por medio de la herramienta de interpolación Natural Neighbor, la cual utiliza un subconjunto de muestras que rodean a un punto dado para realizar la distribución, de manera que los valores interpolados están dentro del rango de los valores arrojados por el estudio; la diferencia con las dispersiones tipo Kriging es que este último hace estimaciones generando una tendencia hacia el infinito, en aquellos valores que se consideran límites, en otras palabras Natural Neighbor solo realiza interpolaciones entre los mismos datos, de los límites hacia el interior. Los resultados de la dispersión de concentración se presentan en el Plano de dispersión (Figura 8.4.2-).

Se pudo observar que el rango de concentración promedio se encuentra entre los 300 a 427 ppm presentándose en la mayor parte del área de la Pera (las gasometrías GS-1, GS-2, GS-5 y GS-6). Mientras que los valores más altos (878.00 ppm a 907.00 ppm) que se registraron fueron en las gasometrías que se encuentran fuertemente asociados a la presencia de hidrocarburo, debido a las estructuras petroleras como lo son los ductos y el pozo de extracción de hidrocarburo, sin embargo, estas altas concentraciones se asocian directamente al cuadro de maniobras. Algo que hay que señalar es la presencia de una concentración de COV's elevada en el sitio potencialmente contaminado registrado como antecedente, que nos confirma la residencia del hidrocarburo en el suelo a pesar del tiempo que ha transcurrido desde el evento.



**PASIVOS AMBIENTALES**



**Figura 8.4.2-31.-** Dispersión resultado de las mediciones de COV's en las gasometrías.

### Tomografía Eléctrica Resistiva

De acuerdo a las concentraciones mencionadas anteriormente, fueron colocadas estratégicamente 3 líneas de Tomografía Eléctrica Resistiva (TER), sobre aquellas áreas donde se encontraron los valores de concentración más altos de COV's, que pudieran identificar valores anómalos asociados a la posible presencia de contaminantes en suelo y subsuelo. (Figura 8.4.2-).

En el caso de este estudio, el arreglo de las tomografías fue dipolo-dipolo, la metodología de campo consiste en formar dos dipolos (como se muestra a continuación), uno de estos denominado de corriente, que es por el cual se inyecta corriente al terreno, y el otro llamado de potencial, a través del cual se miden las diferencias de potencial a varias distancias. La distancia se representa entre el centro de los dos dipolos y se hace variar para aumentar la profundidad de investigación en el subsuelo, como se muestra en la Figura 8.4.2-32.

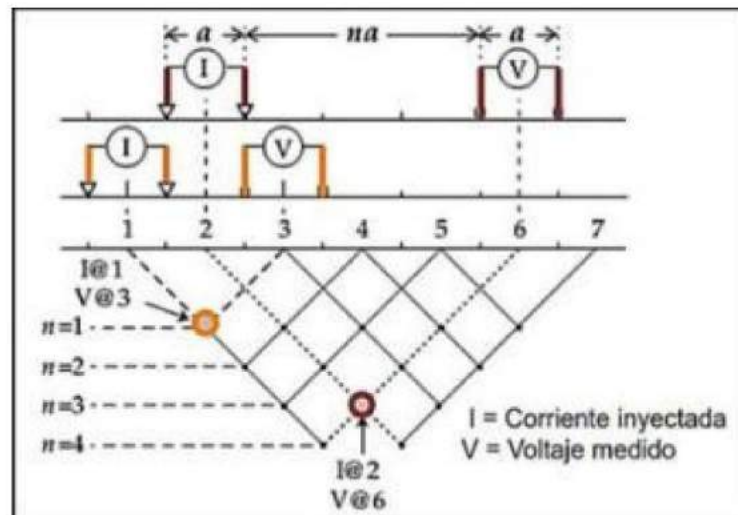
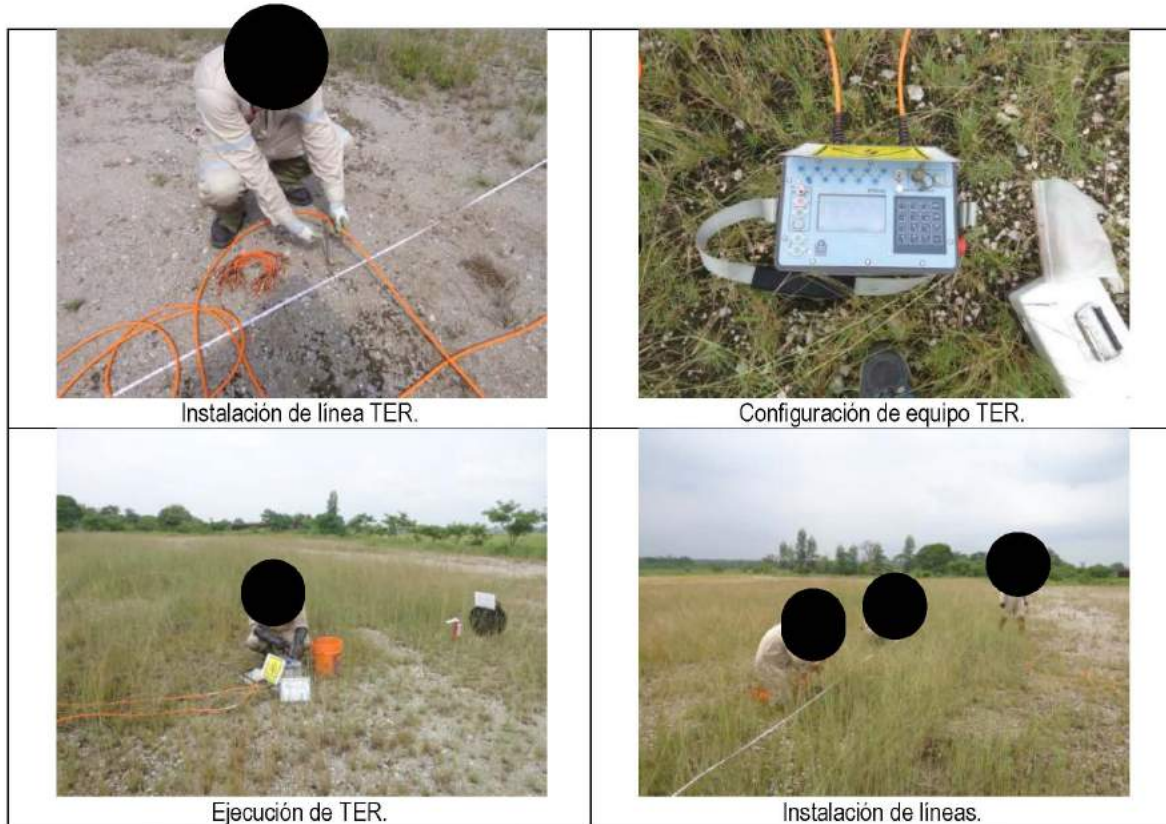


Figura 8.4.2-32.- Arreglo de electrodos para generar para generar una tomografía electro resistiva.

PASIVOS AMBIENTALES



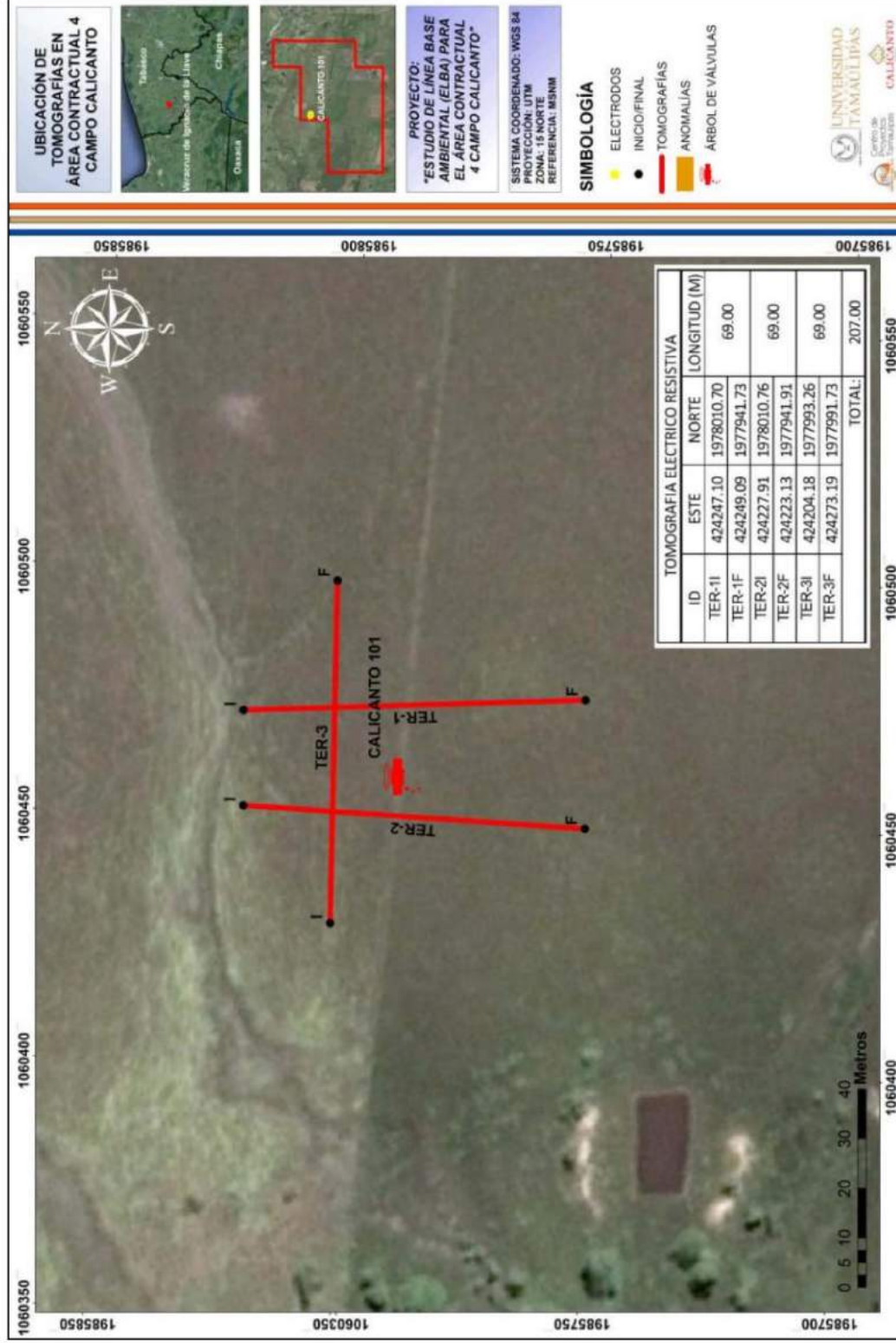
Fotografía 8.4.2-12-. Ejecución de Tomografías Eléctrico Resistivas en pozo Calicanto 101.

Para la descarga de datos se utiliza el software PosysII, con el cual se puede realizar una depuración de datos de acuerdo al rango de error que se presenta. En cuanto al procesamiento de las Tomografías, la utilización del algoritmo de interpretación en 2D de datos nos brinda nuevas posibilidades de aplicación de los parámetros petrofísicos estimados por resistividad. Como resultado de la aplicación del programa Res2DInv, el cual genera un histograma de los datos, muestra porcentajes de error y número de datos que lo contienen, además este software recalcula los datos con un alto porcentaje de error y los estandariza en un rango de error más bajo.

La explicación de estas imágenes es de manera conceptual, presentándolas en imágenes 2D con interpolación de datos y representados en una escala, contrastes resistivos. Se tiene un modelo de resistividad con igual cantidad de capas y espesores constantes para todos los sondeos del perfil (y del

área). Con ayuda de estos modelos es fácil construir mapas para una profundidad constante o para una misma capa, facilitando la localización de zonas contaminadas.

**PASIVOS AMBIENTALES**



**Figura 8.4.2-33.-** Ubicación de líneas de Tomografía Eléctrico Resistivas en Calicanto 101.

Para el caso del área del pozo Calicanto 101 se obtuvieron registros que en su mayoría predominaron resistividades altas, sin embargo en algunos casos fue importante tomar en cuenta estas ya en algunas zonas se registraron concentraciones de COV's altas y en relación con la geofísica se obtuvieron los valores más comunes del sitio, como se mencionó anteriormente fue necesario tomar en cuenta anomalías altas resistivas pero en general se tuvo mayor atención en resistividades bajas ya que la presencia de contaminantes en las rocas, en particular los hidrocarburos, modifica la resistividad eléctrica, creando un contraste de resistividades entre las formaciones limpias y las contaminadas (Sauck, 2000). Esta diferencia depende, entre otros factores, de la antigüedad del derrame de hidrocarburo. Para el caso de derrames recientes, los suelos reportan valores de alta resistividad (debido a la firma resistiva del hidrocarburo) y cuando el derrame es antiguo, se observa lo contrario, es decir, la contaminación presenta valores de baja resistividad (Atekwana et al., 2000). Principalmente se busca la presencia de hidrocarburo ya que va directamente relacionado con las actividades propias del campo.

Se presentan los resultados de prospección geofísica para la identificación de zonas anómalas asociadas a contaminantes en el Área Contractual 4 Campo Calicanto, desarrollado por el grupo especialista de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

De acuerdo a la (Figura 8.4.2-17) donde se visualiza la "Metodología para la evaluación de sitios potencialmente contaminados mediante los métodos indirectos", la última fase para la búsqueda de contaminantes en subsuelo implica la utilización de la metodología geofísica a través de su variante eléctrica (tomografía eléctrica resistiva). Dicha prospección tiene dos objetivos fundamentales: la primera es la identificación de valores resistivos asociados a la presencia de hidrocarburo y la segunda es que, una vez identificados estos valores es posible determinar tanto la profundidad como la extensión del suelo impactado, estimando la geometría del área afectada.

Para llevar a cabo la selección de los sitios de interés fue necesario primero generar un plano de dispersión de contaminantes, resultado de las mediciones de los COV's, una vez identificadas aquellas áreas donde los valores de concentración resultan más significativas fueron seleccionadas los arreglos más apropiados

para la prospección geofísica, que para el caso de esta evaluación fue elegido el arreglo Dipolo-Dipolo por su alta resolución para la búsqueda de cambios resistivos del orden horizontal.

Para el caso del Área Contractual 4 Campo Calicanto fueron proyectadas inicialmente tres líneas de 69 m de longitud, con espacio inter-electródico de 3 MN, lo que permitió alcanzar una profundidad promedio de 14.4 m de estudio. De acuerdo a las respuestas resistivas del terreno y la información histórica (Carta geológica) recopilada del área, se propone un modelo geológico resistivo clasificado en tres unidades principales (Tabla 8.4.2-4).

La “Unidad 1 Gravass” se encuentra conformada principalmente por rocas disgregadas de mayor tamaño (de acuerdo a la clasificación materiales encontrados en el Área Contractual 4 Campo Calicanto) registrando los valores más altos de resistividad los cuales van de los 40  $Ohm * m$  en adelante.

La “Unidad 2 Arenas” se identifica por la predominancia de materiales de mediana granulometría de acuerdo al registro resistivo varía de los 15 a los 40  $Ohm * m$ , este rango de escala se debe a que el material se puede encontrar acompañado por otras unidades que aumenten o disminuyen ligeramente los valores de resistividad.

Por último se identifica la “Unidad 3 Arcillas”, la cual se compone de los materiales granulométricos más finos con la escala de valores más bajos resistivos que van desde 1- 15  $Ohm * m$ .

Tabla 8.4.2-4.- Modelo Geológico Resistivo.

UNIDAD	RESISTIVIDAD ( $Ohm * m$ )	PROFUNDIDAD MEDIA (m)
U1 GRAVAS	40 - $\infty$	1.00 – 3.82
U2 ARENAS	15-40	3.82 – 5.46
U3 ARCILLAS	1-15	5.46- $\infty$

Una vez que las respuestas resistivas del terreno fueron asociadas con la información geológica del área contractual es posible realizar la descripción de cada sección tomográfica.

En general, en las respuestas geofísicas se observan rangos de mediana y baja resistividad correspondiente con el tipo de formación del sitio donde se ubica el Área Contractual 4 Campo Calicanto, el cual se encuentra en la provincia llanura Costera del Golfo Sur dentro de la subprovincia Llanuras y Pantanos Tabasqueños, por lo que se espera encontrar valores bajos resistivos por la predominancia de suelos de tipo arcillosos (más conductivos) , así como también valores de media a alta conductividad correspondientes a depósitos de materiales conglomeráticos de tipo aluvial. La importancia de dicha clasificación radica en el comportamiento de estos materiales frente a cualquier fluido, entendiéndose que la porosidad de un material se encuentra en función del tamaño de las partículas que lo componen. Es así que mediante el análisis de cada sección tomográfica se pueden identificar valores anómalos de resistividad y zonas preferenciales de migración de fluidos que van desde superficie hasta las zonas impermeables.

La primera sección identificada como Tomografía 1 (Figura 8.4.2-) fue proyectada de acuerdo al valor de concentración de vapores registrados de la gasometría GS-5 la cual registro valores de 427 ppm; en esta imagen es posible visualizar una sección bien delimitada en color morado a partir de los 28 m hasta los 55 m de distancia y que va desde superficie hasta los 2. 28 m de profundidad. Los valores registrados para esta área destacan por encontrarse en el rango más elevado resistivo de toda la sección, identificándose de acuerdo a las inspecciones visuales como material de relleno, compuesto por rocas y materiales de mayor granulometría no consolidada, encontrándose rodeada de un material ligeramente menos resistivo en color rojo identificado como gravas (U1) que al igual que el material de relleno van desde superficie hasta los 3.82 m de profundidad. Se observa una inclusión a partir de los 55 m hasta los 62 m de materiales arenosos (U2) en color naranja. Todas las unidades anteriormente mencionadas se encuentran sobre una capa casi horizontal de materiales bajos resistivos identificados a partir de los 5.46 m desde el inicio de la sección hasta los 53 m de distancia llegando hasta los 14.4 m de profundidad. En dicha unidad (U3) se identifican ligeras variaciones de resistividad del mismo material posiblemente por la presencia de



humedad o la presencia de carbonatos, los cuales tienen propiedad de alterar la respuesta resistiva del terreno haciéndolo menos resistivo.

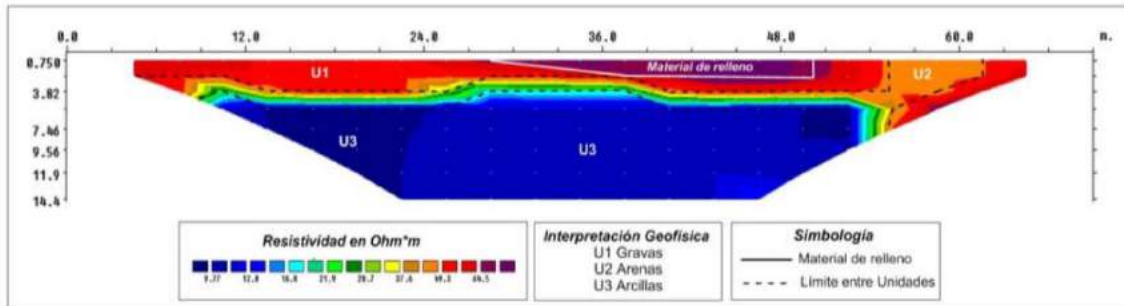


Figura 8.4.2-34.- Tomografía 1.

Por otra parte en la sección de tomografía 2 (Figura 8.4.2-35) se observa una primera capa alta resistiva en color morado identificada como material de relleno, la cual conforme avanza en distancia incrementa significativamente en profundidad llegando hasta los 7.46 m. Dentro de esta misma sección se identifican ligeros decrementos resistivos (49 m a 58 m) visualizándose en un tono más claro, debido a la influencia de materiales más conductivos (carbonatos) o posible humedad. Los materiales subsecuentes al material de relleno se encuentran predominados por las unidades más bajas resistivas (U3), así como intercalaciones aisladas de materiales identificados como gravas (U2) en tonalidades amarillas. Para el caso de la Unidad 3, se observan tres variantes del mismo material, registrando los valores más bajos resistivos cercanos a 1  $Ohm * m$  a una profundidad de 12 m en color azul marino e incrementando resistivamente hasta el orden de los 7  $Ohm * m$  conforme se acerca a superficie (3.82 m), coincidiendo con los resultados visualizados en la Figura 8.4.2-36, donde se observa el acomodo de los materiales similares a la sección antes mencionada (Figura 8.4.2-35), sin embargo para esta sección los materiales altos resistivos pertenecientes al material de relleno se mantienen desde superficie hasta los 3.82 m, ubicándose un estrato de gravas (U1) y arenas (U2) entre este material y los materiales más bajos resistivos (U3).

PASIVOS AMBIENTALES

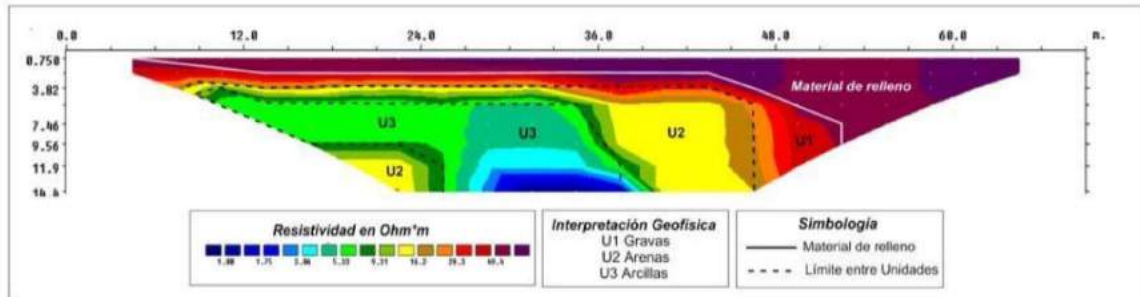


Figura 8.4.2-35.- Tomografía 2.

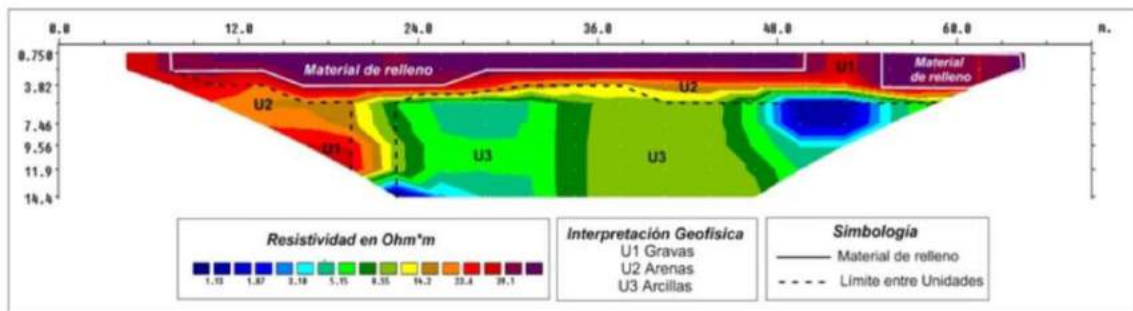


Figura 8.4.2-36.- Tomografía 3.

El análisis en conjunto de estas tres secciones coincide en el acomodo de los materiales visualizándose de acuerdo a su resistividad, identificándose en superficie materiales altos resistivos coincidentes con materiales de relleno propios del terraplén existente en el área contractual, precedidos por materiales ligeramente menos resistivos (U1) que son identificados como gravas. Dichos materiales descansan sobre los materiales arcillosos (U3), los cuales presentan los valores más conductivos dentro de la escala resistiva asignada al Área Contractual 4 Campo Calicanto. Es importante destacar que los materiales de mayor porosidad preferentemente se mantienen en las primeras profundidades (hasta los 3 m) mientras que los materiales que funcionan como barrera impermeable comienzan a registrarse a partir de los 3.82 m, por lo que la inmersión de cualquier fluido desde superficie se da en el estrato permeable conformado por materiales de mayores granulometrías (U1 y U2) sin embargo al encontrarse continuidades de estos mismos estratos desde superficie hasta mayores profundidades es posible que cualquier fluido alcance mayores profundidades conforme se va dando la dispersión en el subsuelo. La unidad arcillosa (U3)

identificada con bajas resistividades en las secciones de tomografía podría funcionar como barrera impermeable, ya que una de las propiedades físicas por las que destaca esta unidad es su baja porosidad, por el tipo de partícula que se encuentra conformado. Hasta los 14.4 m que alcanzaron las prospecciones geofísicas no se identificaron valores atribuibles a la presencia de estratos con agua, sin embargo por tratarse de una zona cercana a cuerpos de agua, no se descarta la presencia de la misma, ya sea a mayores profundidades o a zonas contiguas al Área Contractual 4 Campo Calicanto

De acuerdo a la información obtenida (TER) se presentan dos rangos de resistividad asociados a posibles anomalías encontradas en la prospección geofísica a través de la metodología eléctrica. De acuerdo a los rangos visualizados en el plano es posible identificar una predominancia baja resistiva la cual se encuentra alrededor de los  $30 \text{ Ohm} * m$ , en el área del pozo Calicanto 101, además de que las zonas identificadas en algunos casos coinciden con los valores de gasometría elevados identificados en el área. Por otra parte, se observa hacia el Noroeste del área de estudio, una zona en color rojo la cual registra un rango alto resistivo entre los  $80 \text{ Ohm} * m$  y  $107 \text{ Ohm} * m$ , destacando por no seguir un comportamiento similar con las respuestas encontradas para el área de la pera, por lo que es importante incluir esta anomalía dentro del plan de muestreo ya que se desconoce qué es lo que pudiera estar alterando las condiciones físicas de los materiales.

A sí mismo, con los análisis generales de TER, se tiene que las anomalías se encuentran generalmente entre los estratos más someros de prospección identificados mediante las respuestas resistivas del medio, sin embargo las mediciones puntuales a través de las secciones de tomografía indican que las áreas ubicadas dentro del cuadro de maniobras del pozo en estudio el alcance de las anomalías llegó a ciertas profundidades (3.38 m) debido a la influencia de los materiales establecen el tipo de migración preferencial de cualquier fluido tanto en superficie como en subsuelo y encontrándose rodeada por materiales rocoso con presencia de arcilla.

### **Análisis de TPH's**

Dando el seguimiento a la información obtenida por los antecedentes históricos del sitio, se realizó una evaluación sobre la zona de cultivo que se encuentra al norte del terraplén, ésta zona se encontró inundada por gran parte del tiempo que ha sido destinado para la ejecución de los métodos indirectos, mostrando un tirante de hasta 30 centímetros por varias semanas. Sabemos que estas condiciones de saturación del material, impiden la ejecución correcta y el aprovechamiento de la información a obtener de la zona de estudio, para lo cual siguiendo el ATDMI, en el que señala que si las gasometrías no arrojan valor de concentración de COV's en ninguna de las instalaciones realizadas, se debe realizar una evaluación de TPH's analizándolo con equipo PetroFlag en el sitio.

De acuerdo a esto, una vez que el tirante de agua en la superficie del área disminuyó a 10 centímetros, condición en la que no se puede realizar el resto de los métodos indirectos, se propuso realizar una evaluación a través del método de análisis de TPH's, para lo cual la Universidad Autónoma de Tamaulipas, sustituyó los puntos propuestos para gasometría por puntos de sondeo para análisis con Petroflag (SP), cumpliendo lo señalado en el oficio ASEA/UGI/DGGEERC/0694/2016, en el apartado de RESUELVE en su numeral QUINTO, en el punto 2, "cuando aplique la técnica de análisis in situ de Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH's) mediante Petroflag, deberá definir dentro del muestreo para los sitios potencialmente contaminados al menos en dos estratos; si las muestras recuperadas son superficiales, se deberán tomar en un rango de 0.3 m a 0.5 m y por cada punto de muestreo se tomarán muestras al menos en dos profundidades distintas; la superficial y en profundidad (no menos de un metro de profundidad justificada técnicamente).

En consecuencia y por las condiciones en las que se encuentra el terreno, se decidió realizar la toma de muestras a 0.5 m y a 1.0 m, siendo la superficial a una profundidad de 0.5 m para tratar de evitar la saturación presente en el área, tomando en cuenta que es arcilla el material que se encuentra en el área y que presenta cierta impermeabilidad.

Una vez definidos los puntos se procedió a la ejecución de la toma de muestras en el área utilizando equipo Hang Auger, una vez alcanzada la profundidad deseada, en primer instancia 0.5 m, se realizó la toma de la muestra de suelo utilizando una espátula metálica y procurando que el material extraído se

encontrara lo menos saturado posible, extrayéndolo del núcleo del cilindro de perforación del Hand Auger, éste se depositó en los contenedores de sólidos que forman parte del equipo de análisis Petroflag previamente etiquetados para esa muestra, de igual manera al llegar al siguiente nivel de perforación manual, 1.00 m, se procedió con los mismos pasos de extracción de muestra.

Se llevó a cabo la ejecución de 12 puntos de sondeo, 3 de estos (SP-1, SP-2 y SP-3) se realizaron en el área de terraplén para la corroboración de resultados y poder correlacionar este con los resultados de las tomografías ejecutadas en esa zona, al SP-1 se realizó al suroeste del pozo mientras que el SP-2 y SP-3 se realizaron en dirección norte y noreste, los siguientes 6 puntos de sondeo (SP-4, SP-5, SP-6, SP-7, SP-8 y SP-9) fueron distribuidos estratégicamente en la zona de cultivo, esquivando las zonas de mayor saturación y buscando puntos donde se pueda establecer una frontera de contaminación, el sondeo SP-10 se realizó sobre la posible presa de perforación, buscando también la presencia de hidrocarburo en el punto y finalmente se realizaron 2 sondeos (SP-11 y SP-12) en la zona después de la PPP al oeste del terraplén buscando un posible flujo de la contaminación.

Una vez obtenidas las muestras se llevo a cabo el análisis de las muestras con equipo petroflag in situ, correspondiendo así con lo solicitado en el oficio ASEA/UGI/DGGEERC/0694/2016, en el apartado de RESUELVE en su apartado QUINTO numeral 3, en el cual solicita que se registre en bitácora la “temperatura ambiente a la que se realizó la lectura del analito en campo procurando siempre que la lectura se haga en condiciones de temperatura similares a las que se realizó la calibración” y “el factor de respuesta seleccionado, numero de muestras, la(s) muestra(s) a la(s) que se aplicó, el sitio y la ubicación del punto de muestreo (coordenadas UTM WGS84), cada vez que se cambie el factor de respuesta y de sitio).

El proceso de análisis se comenzó con la calibración del equipo in situ, llevándose a cabo dos procesos de calibración, el primero se llevó a cabo a una temperatura de 28.0°C y el segundo a una temperatura de 31.8°C ambos con un factor de respuesta de “2C 5”, cumplido estos procedimientos, se realizó la preparación de los analitos previamente etiquetados, a los cuales se les realizó un proceso de pesado para manejar la cantidad de 10 gramos en cada uno de ellos, de esta manera se continuó preparando cada uno de ellos vertiendo primeramente la solución que contienen las ampollitas que forman parte del material del equipo Petroflag, realizándose agitaciones de cada uno de ellos en 4 ocasiones con un tiempo de reposo

PASIVOS AMBIENTALES

entre cada agitación de 1 minuto, esto para generar un proceso de decantación del material en cada recipiente, después de cumplirse 10 minutos de reposo en cada uno de ellos se procedió al destilado de la solución, vertiendo cada analito en las jeringas que son parte del material, y procediendo a verter de manera siguiente en los viales de lectura para cada uno de los analitos, éstos también fueron previamente etiquetados para dar seguimiento al analito y poder realizar una evidencia fotográfica completa. Al verter la solución en los viales de lectura se agitaran cada uno de estos por lapso de 10 segundos y se procederá a dejar en reposos por 10 minutos.

Una vez cumplidos estos puntos se procedió a realizar la lectura de los analitos con el equipo portátil Petroflag, tomando evidencia fotográfica de cada una de las lecturas y llevando registro de los resultados en bitácora. Siendo los resultados los que se muestran a continuación.

**Tabla 8.4.2-5.-** Resultados de análisis de TPH's con equipo Petroflag.

SP	COORDENADAS		RESULTADOS (ppm)	
	E	N	0.50	1.00
SP-1	424225	1977969	120	133
SP-2	424237	1977989	167	126
SP-3	424264	1977983	126	62
SP-4	424242	1978026	123	183
SP-5	424284	1978020	292	127
SP-6	424246	1978052	111	229
SP-7	424145	1978053	0	0
SP-8	424210	1978075	255	215
SP-9	424265	1978085	206	251
SP-10	424149	1978029	63	252
SP-11	424163	1978001	267	0
SP-12	424149	1977984	254	290

Con estos resultados se obtuvo una dispersión de los valores de concentración de TPH's en dos profundidades, 0.5 m y 1.0 m, así como se muestra en la

PASIVOS AMBIENTALES



Extracción de muestras.



Calibración de equipo Petroflag.

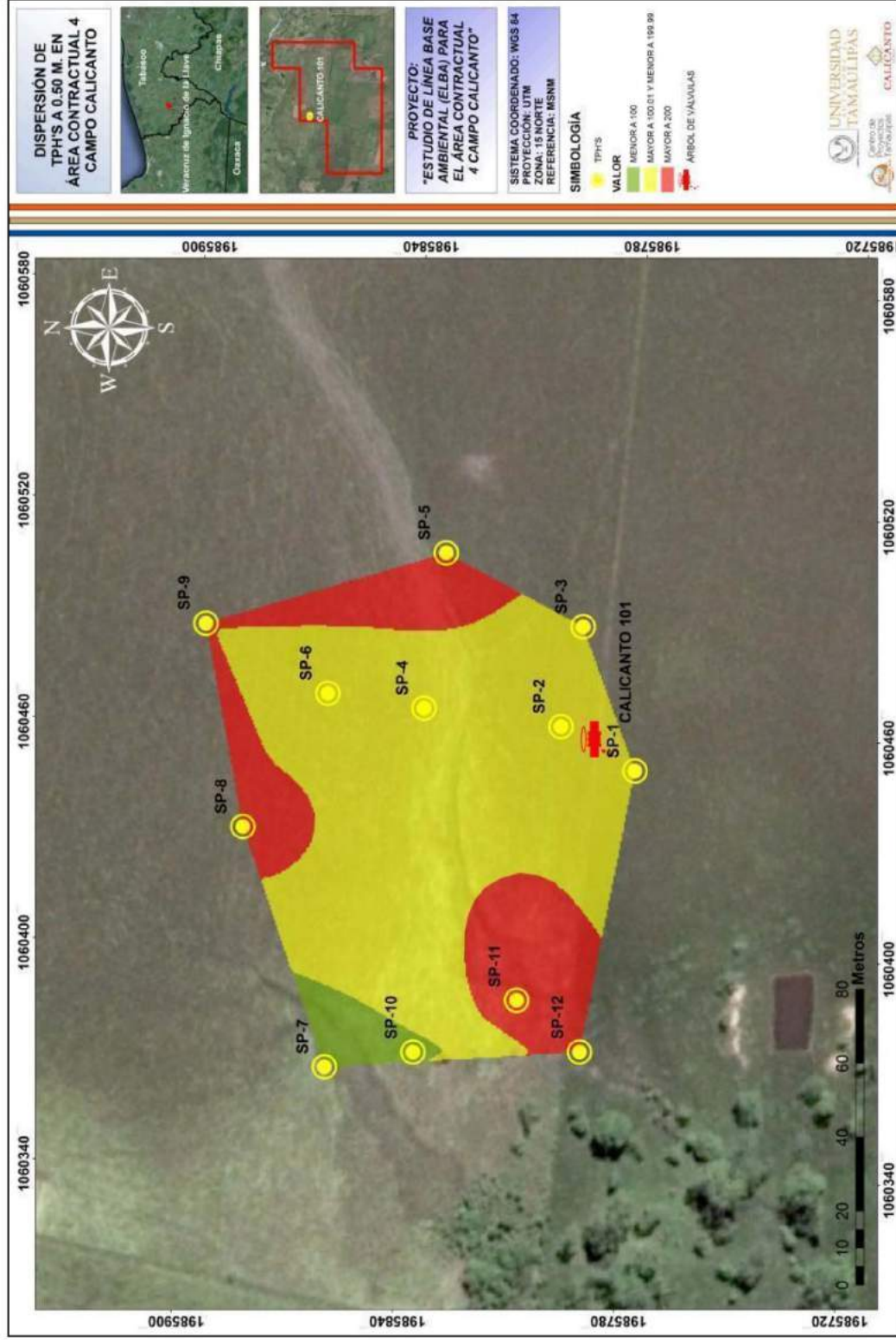


Preparación de analitos.



Análisis in situ con Petroflag.

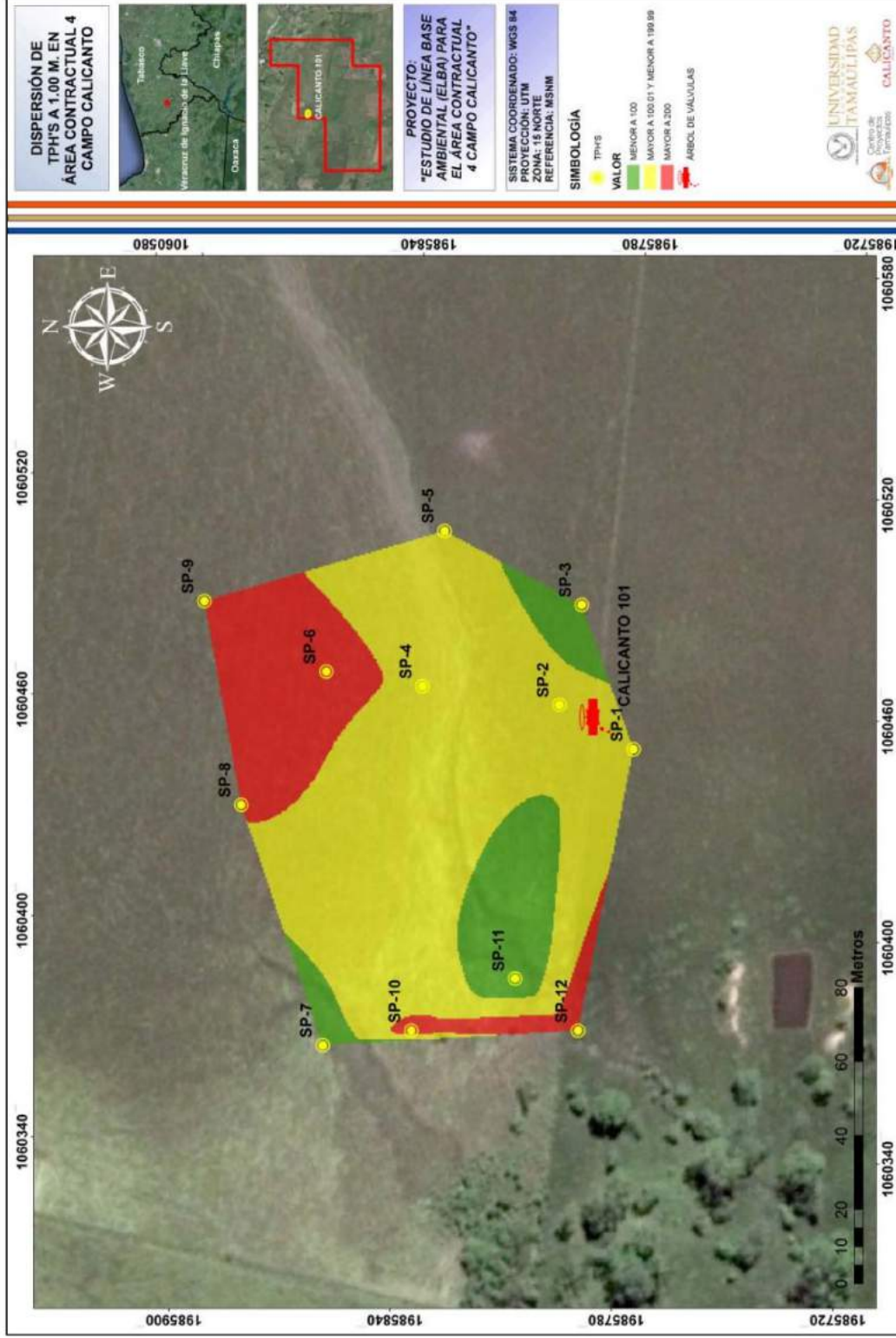
**PASIVOS AMBIENTALES**



**Figura 8.4.2-37.-** Dispersion de TPH's a 0.5 m de profundidad.



**PASIVOS AMBIENTALES**



**Figura 8.4.2-38.-** Dispersion de TPH's a 1.0 m de profundidad.

### **Georadar**

Para el caso de las presas de perforación y de acuerdo a los registros históricos, la presencia de presas indica un vertimiento de los lodos provenientes de la perforación, así como las mezclas de compuestos (metales como el Ba, Cd, Zn, Pb) para realizar la perforación de los pozos, siendo muy probable en estas áreas la presencia de metales en los rellenos. De acuerdo a los registros históricos solo se tiene conocimiento de que únicamente en las presas de perforación pueden presentarse metales pesados, por la manera en la que se realizaban las perforaciones de pozos de extracción anteriormente y al no tener algún registro de otras zonas impactadas por metales, las convierten en los sitios potencialmente contaminados. Por lo que, tal como se estableció en el Árbol de Toma de Decisiones de Métodos Indirectos (ATDMI), se realizó la prospección a través de la metodología electromagnética, estableciendo de manera transversal y longitudinal líneas de Georadar, mediante las cuales se definen los espesores del relleno de las presas de perforación. Para este caso en específico, la selección del georadar se debió a su nivel de respuestas y su facilidad para la toma de datos, ya que únicamente se requiere calibrar el equipo de acuerdo a los parámetros deseados, desplazarlo sobre el área deseada, liberar de obstáculos el trayecto definido y llevar a cabo un procesamiento de los registros obtenidos. La emisión de pulsos electromagnéticos provenientes de la antena del georadar queda registrada a manera de trazas continuas, en una imagen denominada radargrama.

Para llevar a cabo la prospección de espesores de la presa encontrada dentro del área del pozo Calicanto 101, fueron proyectadas dos líneas de georadar en las zonas aledañas a la presa, cabe mencionar que, durante los trabajos en campo, dicha presa se encontraba saturada de agua, por lo que el estudio con el equipo de georadar se realizó en la zona contigua, sin embargo en los resultados obtenidos en el Radargrama 01 y el Radargrama 02 fue posible identificar los espesores de acuerdo a las respuestas electromagnéticas del medio, identificándose en ambos cortes que los materiales constituyentes de la presa resaltando sus marcados contrastes, por lo cual fue posible apreciar un cambio vertical lo que pudiera tratarse del contacto entre el suelo húmedo de la presa y los materiales contenidos en subsuelo.

Con el objetivo de establecer los espesores de la presa contenida dentro de los Sitio Potencialmente Contaminado (SPC) del pozo Calicanto 101, se llevó a cabo la proyección de dos líneas de georadar sobre

el área identificada como “Posible Presa de Perforación” (PPP), además de tres líneas adicionales sobre el terraplén ubicado en el área de la pera. Para el caso de la prospección indirecta en el área de la presa, el objetivo es determinar las máximas profundidades para llevar a cabo el muestreo exploratorio de acuerdo a lo establecido en la NMX-AA-132-SCFI-2006 y en el caso de la prospección en la plataforma de perforación (área de la pera) se busca estimar el espesor del terraplén.

Por tratarse de una técnica no destructiva, que no requiere ningún tipo de excavación para la recaudación de los datos del subsuelo, el uso del georadar se considera la metodología más adecuada para el cumplimiento de dichos objetivos además de que en comparación con otras técnicas, el georadar presenta un elevado grado de sensibilidad a las variaciones físicas del subsuelo, lo que se traduce a la detección de discontinuidades por los cambios litológicos o estructuras inmersas en el mismo. Básicamente se trata de la emisión de pulsos electromagnéticos a través de una antena monoestática (250 MHz) y la recepción a través de misma, de las reflexiones obtenidas, con lo que se generan los perfiles denominados Radargramas. Dichas ondas al encontrar una discontinuidad o una superficie de separación entre dos medios con características electromagnéticas distintas, registran una variación en los datos de amplitud ya sea por el contacto con sedimentos finos (aumento de la atenuación de la señal) o bien por contactos por materiales rocosos (mayor contraste de onda).

Partiendo de estos principios, se presentan los resultados de la prospección a través de georadar realizados en la PPP que pertenece al pozo Calicanto 101 ubicada hacia el Noroeste del área de estudio, para lo cual fueron destinadas dos líneas ubicadas a los bordes laterales con orientación de Noroeste-Sureste. Las distancias propuestas para dichas líneas fueron ajustadas de acuerdo a las distancias longitudinales de la misma presa, resultando en dos líneas de 30 m con alcance en profundidad de 7.67 m.

Para el caso de esta zona, las características electromagnéticas de los materiales permitieron diferenciar aquellos contactos entre las zonas de mayor contraste y amplitud de onda con las respuestas donde se observan una menor continuidad, amplitud y contraste de las reflexiones obtenidas, además de considerarse que las respuestas encontradas en los primeros metros corresponden a los materiales constituyentes de la superficie, estimando así los espesores para el área de presa.

Las respuestas correlacionadas entre el Radargrama 01 (Figura 8.4.2-39) y el Radargrama 02 (Figura 8.4.2-40) permiten estimar que los mayores contrastes y amplitudes de onda se presentan hasta los 3.60 m de profundidad, observándose que por debajo de esta zona identificada como “Área de Presa” el comportamiento electromagnético de los materiales presenta una mayor atenuación por el cambio en las propiedades físicas de los materiales a esa profundidad (arcillas).

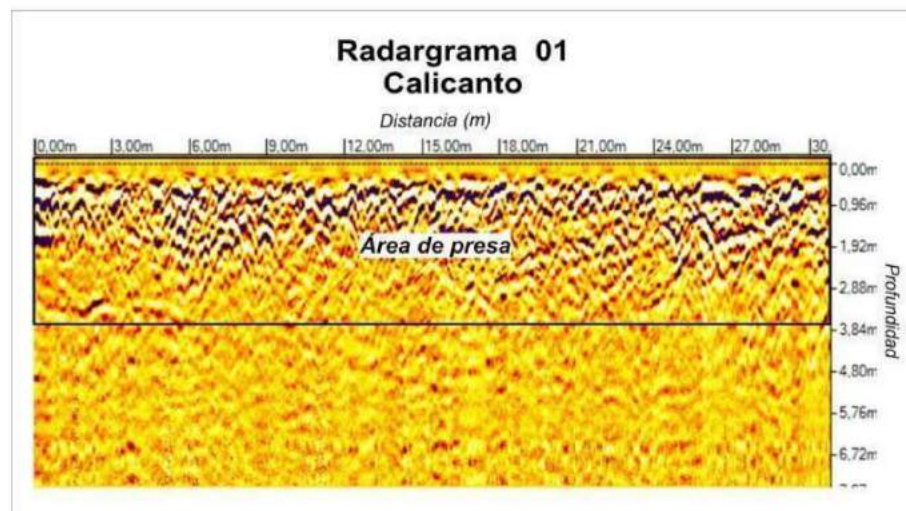


Figura 8.4.2-39.- Radargrama 01, Calicanto 101.

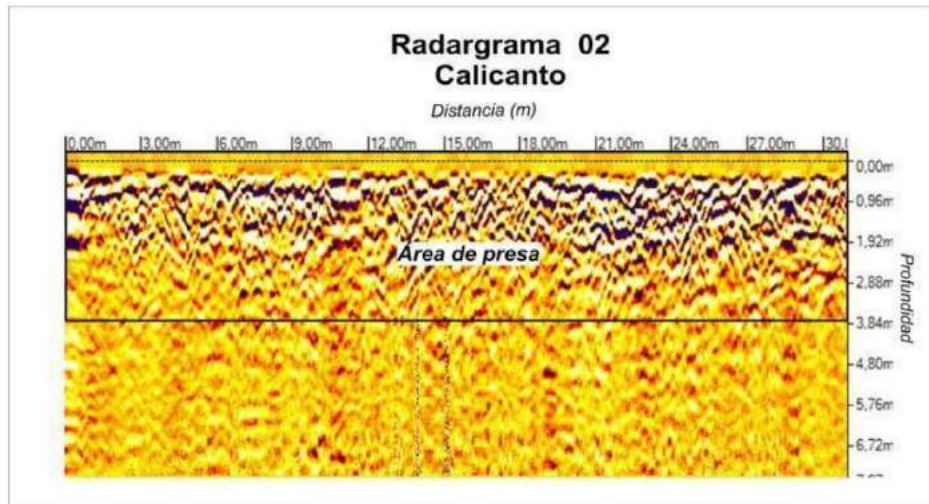
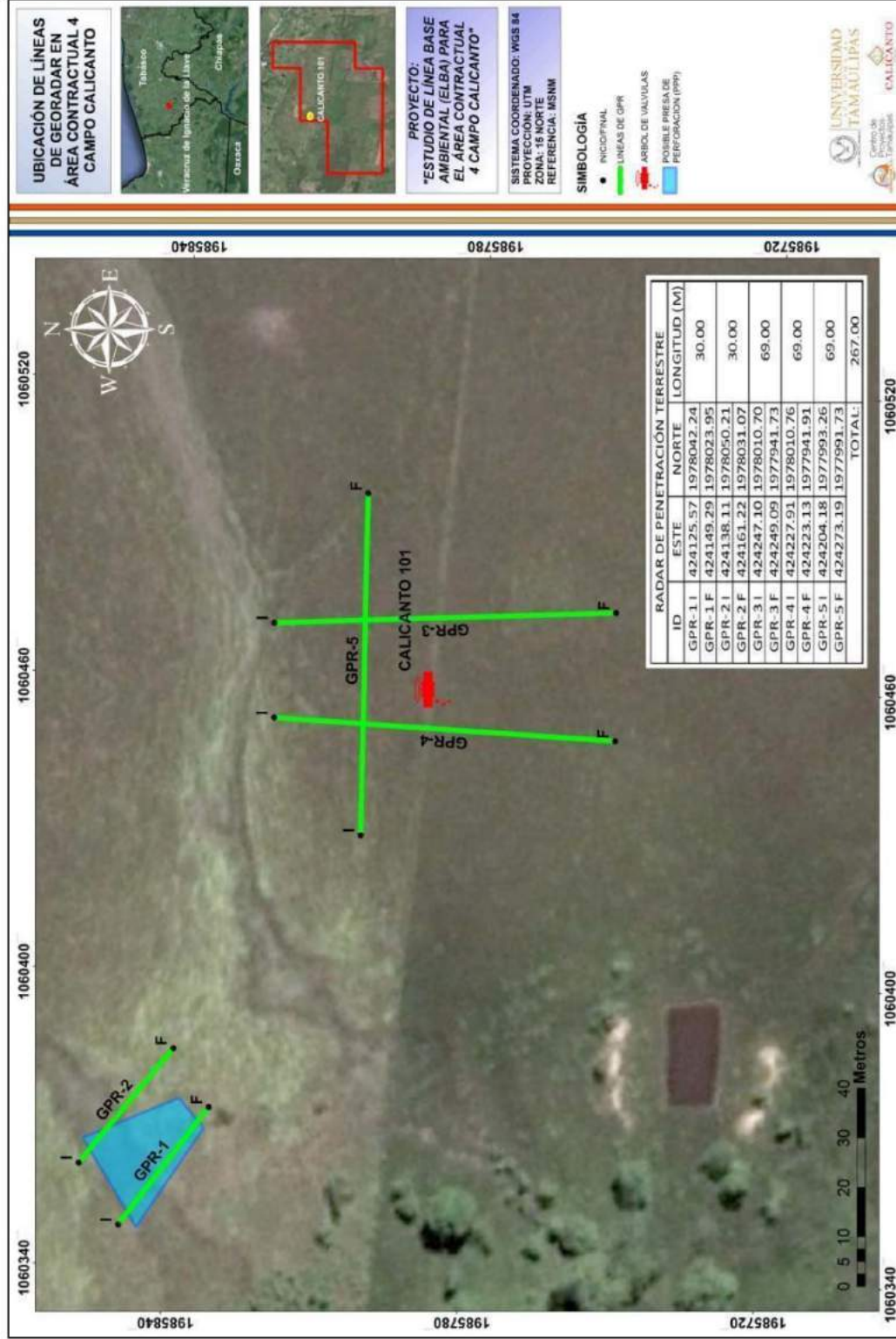


Figura 8.4.2-40.- Radargrama 02, Calicanto 101.

**PASIVOS AMBIENTALES**



**Figura 8.4.2-41.-** Plano de ubicación de GPR en Calicanto 101.

PASIVOS AMBIENTALES

Por otra parte, se realizaron dos secciones paralelas (GPR-3 y GPR-4) entre sí sobre el área de la Macropera, con 69 m de distancia orientadas de Norte a Sur y una sección perpendicular (GPR-5) atravesando a los dos perfiles anteriores. De acuerdo a las reflexiones observadas tanto en el Radargrama 03 (Figura 8.4.2-) como en el Radargrama 04 (Figura 8.4.2-43.-).

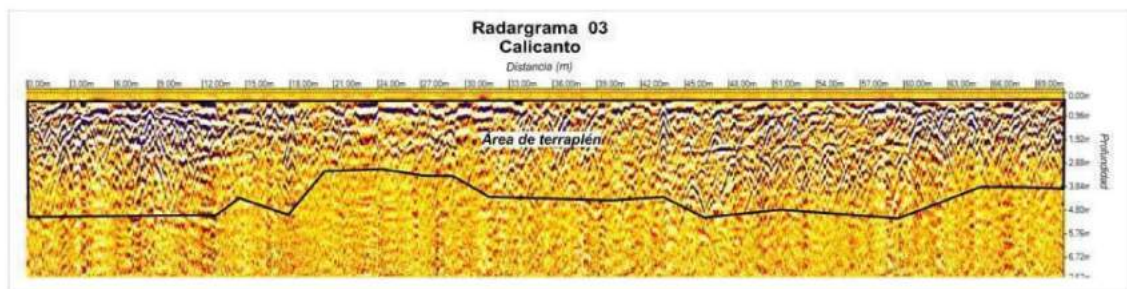


Figura 8.4.2-42.- Radargrama 03, Calicanto 101.

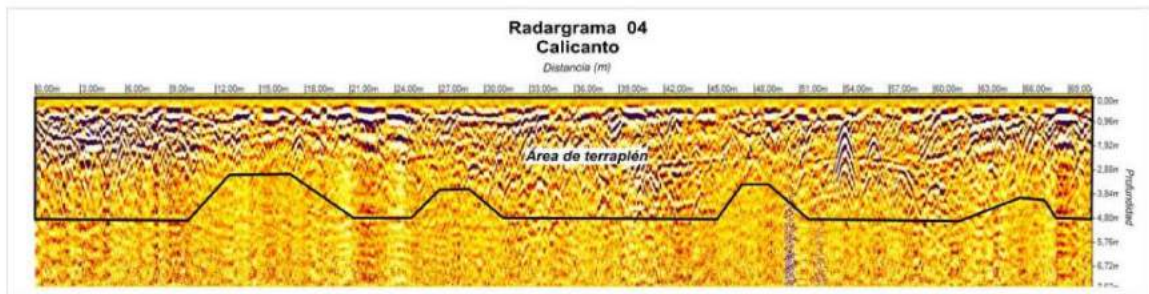


Figura 8.4.2-43.- Radargrama 04, Calicanto 101.

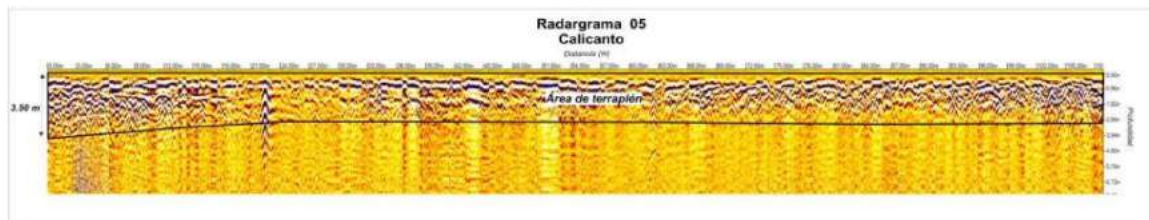


Figura 8.4.2-44.- Radargrama 05, Calicanto 101.

PASIVOS AMBIENTALES

Como es sabido, la conformación de caminos y terracerías requiere la compensación de materiales (materiales de banco) para llevar a cabo la nivelación del terreno, con el fin de permitir que las cargas rodantes no produzcan deformaciones y sean aptas para el uso como vías de acceso, por lo que el resultado obtenido en el Radargrama 03 (Figura 8.4.2-) se visualiza un significativo contraste de onda, en comparación con los otros Radargramas debido a la influencia de los materiales de tipo rocoso encontrados en el camino de acceso. Sin embargo, es posible clasificar el área de presa debido a las amplitudes de onda registrados hasta los 3 m de profundidad, coincidiendo con la estimación observada en los Radargramas anteriormente analizados.

De acuerdo al análisis y comparativa entre los resultados obtenidos se presenta la Tabla 8.4.2-5, donde se determina la longitud del área de presa así como la profundidad observada mediante esta metodología indirecta, estimando para el caso del pozo Calicanto 101 una profundidad aproximada de 3 m.

SP	COORDENADAS		RESULTADOS (ppm)	
	E	N	0.50	1.00
SP-1	424225	1977969	120	133
SP-2	424237	1977989	167	126
SP-3	424264	1977983	126	62
SP-4	424242	1978026	123	183
SP-5	424284	1978020	292	127
SP-6	424246	1978052	111	229
SP-7	424145	1978053	0	0
SP-8	424210	1978075	255	215
SP-9	424265	1978085	206	251
SP-10	424149	1978029	63	252
SP-11	424163	1978001	267	0
SP-12	424149	1977984	254	290



Tabla 8.4.2-6.- Ubicación y longitudes de los recorridos con Georadar en el área del pozo Calicanto 101.

RADAR DE PENETRACIÓN TERRESTRE				
ID		ESTE	NORTE	LONGITUD (M)
GPR-1	GPR-1 I	424125.57	1978042.24	30.00
	GPR-1 F	424149.29	1978023.95	
GPR-2	GPR-2 I	424138.11	1978050.21	30.00
	GPR-2 F	424161.22	1978031.07	
GPR-3	GPR-3 I	424247.10	1978010.70	69.00
	GPR-3 F	424249.09	1977941.73	
GPR-4	GPR-4 I	424227.91	1978010.76	69.00
	GPR-4 F	424223.13	1977941.91	
GPR-5	GPR-5 I	424204.18	1977993.26	69.00
	GPR-5 F	424273.19	1977991.73	
TOTAL:				267.00

#### Correlación de resultados de Métodos Indirectos

De acuerdo a la información obtenida (TER) se presentan dos rangos de resistividad asociados a posibles anomalías encontradas en la prospección geofísica a través de la metodología eléctrica. De acuerdo a los rangos visualizados en el plano es posible identificar una predominancia baja resistiva la cual se encuentra alrededor de los  $30 \text{ Ohm} * m$ , en el área del pozo Calicanto 101, además de que las zonas identificadas en algunos casos coinciden con los valores de gasometría elevados identificados en el área. Por otra parte, se observa hacia el Noroeste del área de estudio, una zona en color rojo la cual registra un rango alto resistivo entre los  $80 \text{ Ohm} * m$  y  $107 \text{ Ohm} * m$ , destacando por no seguir un comportamiento similar con las respuestas encontradas para el área de la pera, por lo que es importante incluir esta anomalía dentro del Plan de muestreo ya que se desconoce qué es lo que pudiera estar alterando las condiciones físicas de los materiales.

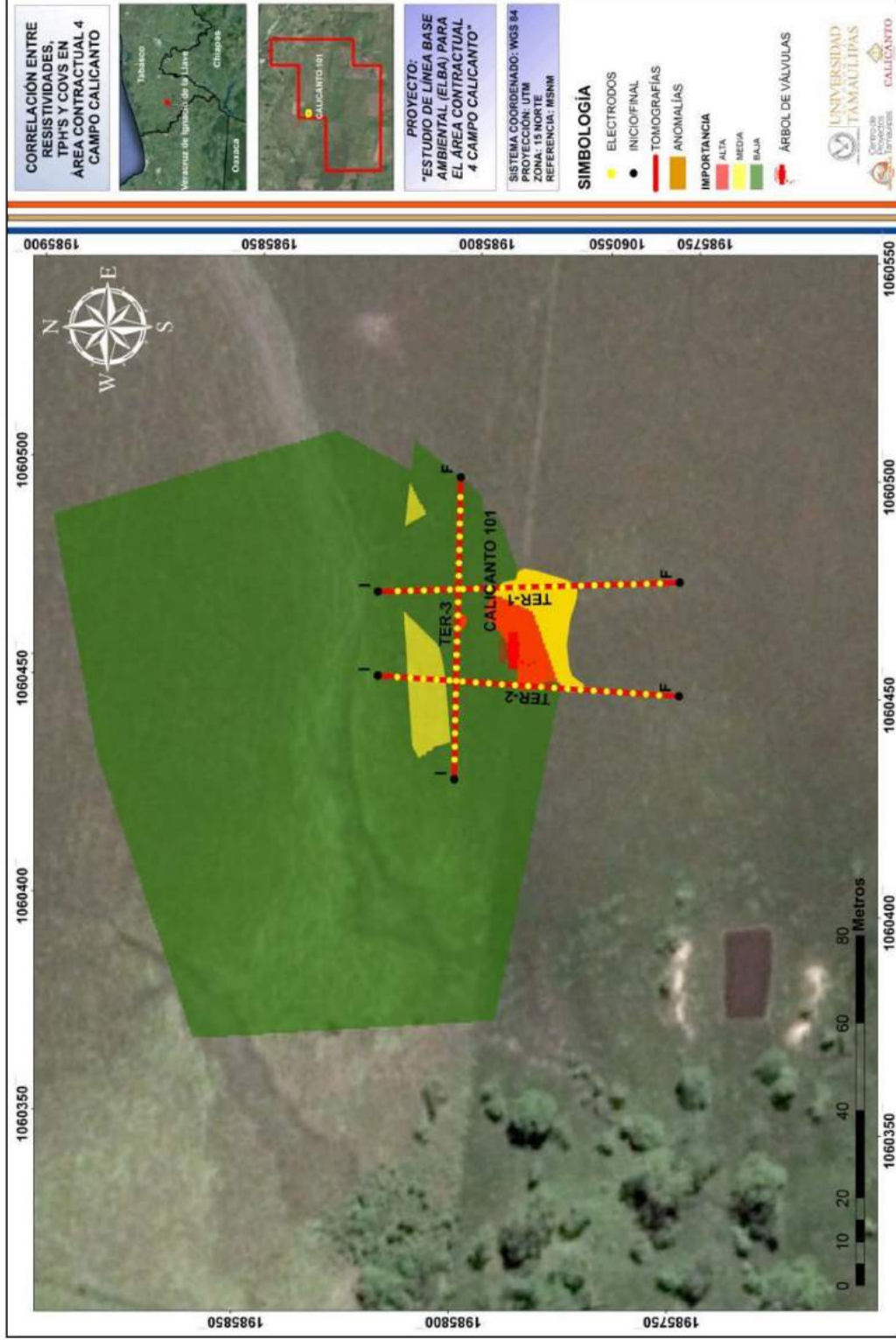
A sí mismo, con los análisis generales de TER, se tiene que las anomalías se encuentran generalmente entre los estratos más someros de prospección identificados mediante las respuestas resistivas del medio, sin embargo las mediciones puntuales a través de las secciones de tomografía indican que las áreas ubicadas dentro del cuadro de maniobras del pozo en estudio el alcance de las anomalías llego a ciertas profundidades (3.38 m) debido a la influencia de los materiales establecen el tipo de migración preferencial de cualquier

fluido tanto en superficie como en subsuelo y encontrándose rodeada por materiales rocoso con presencia de arcilla.

Analizando la información resistiva del medio y las dispersiones de gasometría, con ayuda del software ArcGis se realizó un algebra de mapas, para resaltar aquellas zonas que presentan anomalías resistivas altas más la presencia de altas concentraciones de COV's y de igual manera lo obtenido por los métodos de análisis de TPH's, gracias a este análisis se logró como resultado, la proyección del plano de correlación entre COV's, TPH's y resistividades Calicanto 101 (Figura 8.4.2-), en el que es posible clasificar los resultados coincidentes en dos categorías: en color naranja se encuentran resaltadas las zonas de interés alto, para el color amarillo las de interés medio y en verde se presentan las zonas de prioridad baja, para el muestreo.

De acuerdo a los resultados visualizados las superficies de mayor importancia se presentan dentro del área de la pera Calicanto 101, de importancia baja se presenta la zona al norte del pozo, sin embargo cabe mencionar que la correlación es baja ya que no fue posible realizar los estudios correspondientes, únicamente análisis con TPH's es por estos que se marca como una zona de bajo interés, cabe mencionar que los resultados obtenidos en el análisis dieron un valor positivo a la presencia de hidrocarburo. Con los resultados obtenidos es posible dirigir con mayor certeza los puntos de muestreo, con los cuales se obtendrán las muestras más representativas del sitio de manera superficial o hasta 1.5 m, el definir la profundidad se realizó con ayuda de las tomografías.

**PASIVOS AMBIENTALES**



**Figura 8.4.2-45.-** Correlación de Tomografías, COV's y TPH's.

De acuerdo a los resultados obtenidos de las metodologías indirectas que se lograron ejecutar, se realizó un mapa de correlación entre anomalías geofísicas resistivas y concentraciones de compuestos orgánicos volátiles, el cual grafica zonas en colores de acuerdo a su prioridad, se definen como las áreas más importantes a investigar por métodos directos, ya que de acuerdo a los resultados de COV's por su registro alto refieren a la posible presencia de hidrocarburo y por las anomalías geofísicas se infiere la presencia de algún material diferente al propio del sitio ya que "la presencia de contaminantes en las rocas, en particular los hidrocarburos, modifica la resistividad eléctrica, creando un contraste de resistividades entre las formaciones limpias y las contaminadas" (Sauck, 2000). "Esta diferencia depende, entre otros factores, de la antigüedad del derrame de hidrocarburo". "Para el caso de derrames recientes, los suelos reportan valores de alta resistividad (debido a la firma resistiva del hidrocarburo) y cuando el derrame es antiguo, se observa lo contrario, es decir, la contaminación presenta valores de baja resistividad" (Atekwana et al., 2000). Esto justifica que se hayan hecho mediciones en sitios de resistividad altas, TPH's y COV's altos.

#### ***Levantamiento topográfico de los sitios potencialmente contaminados***

Se efectuó el levantamiento Topográfico del Sitio en donde se ubicaron rasgos naturales y antropogénicos cercanos a los sitios potencialmente contaminados, para una mayor referencia del plano local e identificación del sitio. Asimismo, se ubicaron y georeferenciaron todos los dispositivos de prospección utilizados para esta evaluación. En el anexo de planos se incluye el plano topográfico.

Una vez generado el levantamiento topográfico general del sitio, se prosiguió con el levantamiento de los puntos de georeferenciación de los trabajos y actividades realizadas en el área, en el caso de los métodos indirectos se procedió a levantar las coordenadas de los puntos donde se realizaron las gasometrías, los puntos de inicio y fin de las líneas tomográficas así como de los recorridos de cmd y georradar, como parte final de los trabajos se realizó el levantamiento de las coordenadas de los puntos de sondeo para análisis de TPH's in situ.

Estos levantamientos son con la finalidad de poder proyectar las ubicaciones de las actividades de métodos indirectos en la zona, y así procurar que la correlación de los resultados sean lo más acertado posible. Todos los levantamientos fueron realizados en coordenadas UTM WGS84.

Los puntos de control en la zona fueron señalados con mojoneras de concreto, ubicadas al sur del pozo Calicanto 101, recargado a la orilla del terraplén, y fueron enlazados a los bancos de nivel del INEGI establecidos en la zona.



Fotografía 8.4.2-13.- Trabajos de levantamiento Topográfico con estación GPS Topográfico Marca South Modelo RTK-S82T.

### **Plan de muestreo**

El plan de muestreo tiene por objetivo realizar la caracterización de suelo que se encuentra en el Área Contractual 4 Campo Calicanto con base a la normatividad existente para hidrocarburos y metales, así como definir objetivamente y con el fundamento técnico necesario, la presencia o ausencia de contaminantes con respecto a los límites máximos permisibles (LMP) para suelos de uso agrícola.

Es en la NOM-138-SEMARNAT-SSA1/2012 donde se establecen los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su cuantificación, también se menciona la necesidad de cumplir con un número mínimo de muestreo que están en función del área a evaluar.

PASIVOS AMBIENTALES

El muestreo propuesto por la Universidad Autónoma de Tamaulipas es un muestreo de tipo dirigido ya que como lo indica la NOM 138, es el muestreo que se lleva a cabo sobre puntos específicamente determinados mediante la aplicación de estudios, así también cuando se cuenta con información previa del sitio, se conoce el producto derramado que para nuestro caso se trata de gas y aceites de 39° API (ligeros). Para este caso aplican esas condicionantes, pero además de ser dirigido también es un muestreo con intervalos definidos en cuanto a la profundidad.

Los pozos propuestos se realizaron en base a lo que nos indica la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 en cuanto a cantidad se refiere, dicha norma nos indica el mínimo de puntos de muestreo de acuerdo con el área posiblemente contaminada. Esta área fue determinada en aquellas zonas donde se detectaron los sitios potencialmente contaminados (SPC).

**Tabla 8.4.2-7.-** Número mínimo de puntos de muestreo de acuerdo con el área contaminada.

Área contaminada (ha)	Puntos de muestreo
Ha s ta	
0.1	4
0.2	8
0.3	12
0.4	14
0.5	15
0.6	16
0.7	17
0.8	18
0.9	19
1.0	20
2.0	25
3.0	27
4.0	30
5.0	33
10.0	38
15.0	40
20.0	45

Tal como se mencionó anteriormente el muestreo de metales pesados se realizará únicamente en la posibles presas de perforación, ya que de acuerdo a su función (contención de lodos, residuos de operación, etc.) y es por ello se contempla que ahí se encuentran dichos metales.

La norma de referencia para realizar el muestreo de metales pesados es la NMX-AA-132-SCFI-2006, en cuanto a cantidad se refiere, dicha norma nos indica el mínimo de puntos de muestreo de acuerdo con el área posiblemente contaminada.

**Tabla 8.4.2-8.- Muestreo exploratorio en áreas no urbanas.**

SUPERFICIE DEL SITIO QUE SE SUPONE CONTAMINADO (HECTÁREAS)		NÚMERO MÍNIMO DE PUNTOS DE MUESTREO	NÚMERO MÍNIMO DE POZOS VERTICALES
DE	A		
0,1	0,19	6	1
0,2	0,29	7	1
0,3	0,39	8	2
0,4	0,49	9	2
0,5	0,69	10	2
0,7	0,99	11	2
1	1,99	12	2
2	2,99	14	3
3	3,99	16	3
4	4,99	18	4
5	5,99	19	4
6	6,99	20	4
7	7,99	21	4
8	8,99	22	4
9	10,99	23	5
11	11,99	24	5
12	13,99	25	5
14	15,99	26	5

Resultado de lo antes mencionado se generó una propuesta para el plan de muestre en el cual de acuerdo a los elementos obtenidos por medio de estudios, análisis, información historia y documental y reportes de pobladores cercanos al sitio, se definieron los puntos o áreas más importantes para el estudio por métodos directos, dado lo anterior:

### HIDROCARBUROS

- Los puntos PH-1, PH-2, PH-3, PH-4, PH-5, PH-6, PH-7, PH-11, PH-12 y PH-14 fueron establecidos para encontrar el suelo en condiciones naturales, en donde la mayoría de los puntos de muestro se propone realizarlos a una profundidad máxima de 4.5 m estas profundidades se definieron en general de acuerdo a las respuestas encontradas en la geofísica, además de las condiciones geológicas del sitio las cuales de acuerdo a su contenido arcilloso tienden a ser impermeables y evitar el paso a mayores profundidades de los fluidos, sin embargo se espera que en estos puntos las lecturas sean de suelo limpio.
- El punto PH-20 y PH-19 se asocian a las TER-2 y TER-3 respectivamente, relacionado a una zona de interés alto de acuerdo a la correlación debido a que encontramos valores anómalos en la parte media de las tomografías, e indicativos positivos de la presencia del hidrocarburo de acuerdo a TPH's. Colocando los intervalos de la obtención de las muestras a las profundidades de 1.50 m y 4.50 m.
- Para los puntos PH-8, PH-9 y PH-10, se definieron con base a un pequeño arroyo intermitente que se encuentra en la zona, ya que en este se realizaron análisis de TPH's y se obtuvo un valor positivo, se busca definir con mayor precisión si este se encuentra contaminado y hasta qué punto pudo haber llegado el contaminante.
- Por último para el caso de los puntos PH-13, PH-15, PH-16, PH-17, PH-18, PH-21, PH-22, PH-23 y PH-24, se ubicaron de manera estratégica al norte del pozo en un área que solía ser de cultivo, esto de acuerdo a los comentarios recibidos por la persona dueño del predio ya que de acuerdo a sus reportes, en algún tiempo hubo un derrame de hidrocarburo proveniente del pozo Calicanto-101, con esto esperamos definir de manera cualitativa y cuantitativa la pluma de dispersión del contaminante cubriendo el total del área antes mencionada.

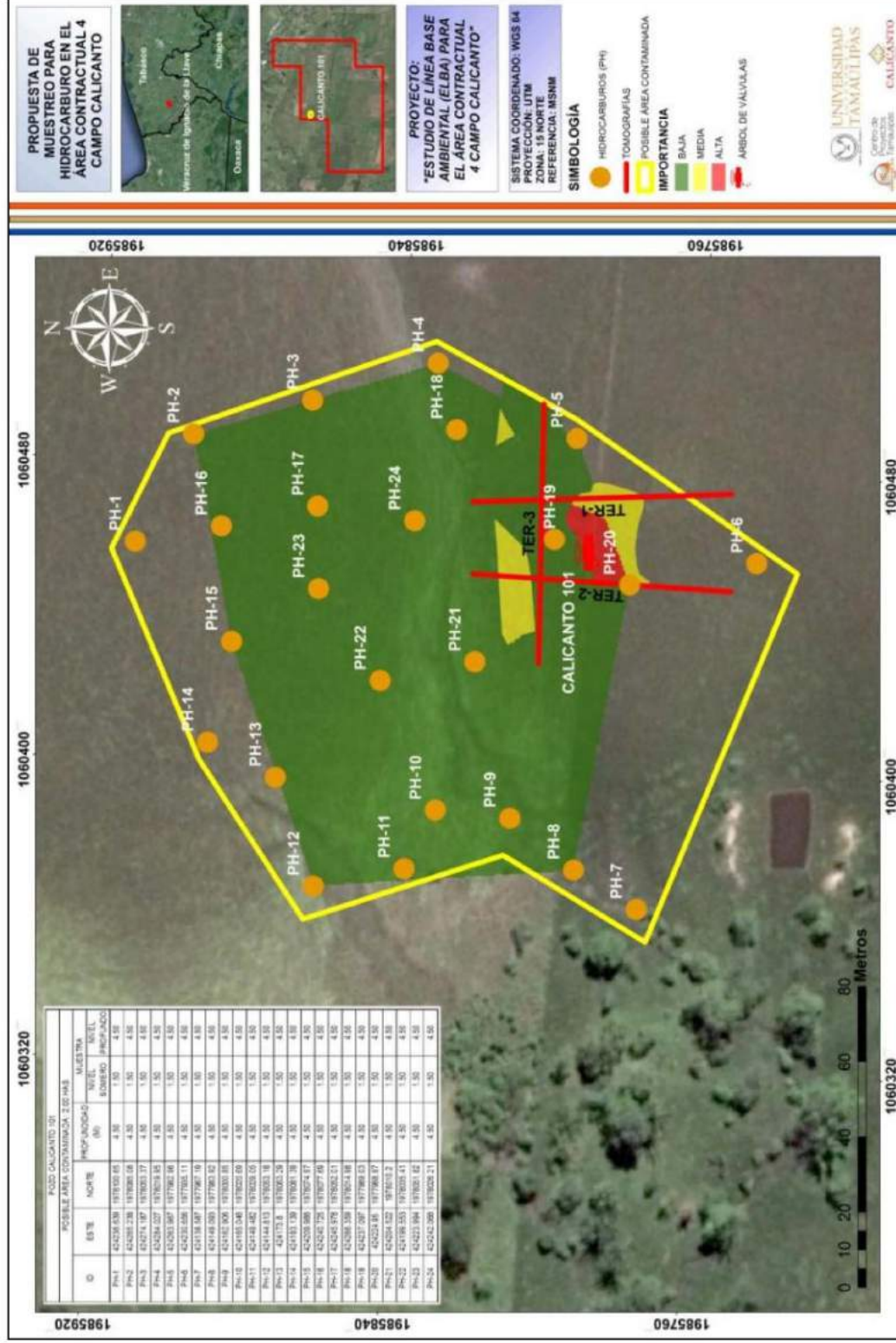


De esta manera, la ubicación de los puntos de muestreo será como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 8.4.2-9.-** Ubicación de los puntos de muestreo para hidrocarburos en el pozo Calicanto 101.

ID	ESTE	NORTE	PROFUNDIDAD (M)	MUESTRA	
				NIVEL SOMERO	NIVEL PROFUNDO
PH-1	424236.639	1978100.65	4.50	1.50	4.50
PH-2	424265.238	1978085.08	4.50	1.50	4.50
PH-3	424274.187	1978053.37	4.50	1.50	4.50
PH-4	424284.027	1978019.95	4.50	1.50	4.50
PH-5	424263.967	1977982.96	4.50	1.50	4.50
PH-6	424230.656	1977935.11	4.50	1.50	4.50
PH-7	424138.587	1977967.19	4.50	1.50	4.50
PH-8	424149.093	1977983.92	4.50	1.50	4.50
PH-9	424162.906	1978000.85	4.50	1.50	4.50
PH-10	424165.046	1978020.69	4.50	1.50	4.50
PH-11	424149.482	1978029.05	4.50	1.50	4.50
PH-12	424144.813	1978053.18	4.50	1.50	4.50
PH-13	424173.8	1978063.29	4.50	1.50	4.50
PH-14	424183.139	1978081.39	4.50	1.50	4.50
PH-15	424209.986	1978074.97	4.50	1.50	4.50
PH-16	424240.725	1978077.69	4.50	1.50	4.50
PH-17	424245.978	1978052.01	4.50	1.50	4.50
PH-18	424266.359	1978014.98	4.50	1.50	4.50
PH-19	424237.097	1977989.03	4.50	1.50	4.50
PH-20	424224.95	1977968.97	4.50	1.50	4.50
PH-21	424204.522	1978010.2	4.50	1.50	4.50
PH-22	424199.553	1978035.41	4.50	1.50	4.50
PH-23	424223.994	1978051.82	4.50	1.50	4.50
PH-24	424242.066	1978026.21	4.50	1.50	4.50

**PASIVOS AMBIENTALES**



**Figura 8.4.2-46.-** Propuesta de ubicación de puntos de muestreo de suelo para hidrocarburos.

### METALES PESADOS

- Se establecieron los puntos PHM-1, PHM-2, PHM-3 y PHM-4 sobre las paredes de la presa de perforación, de manera cardinal, y se planea realizarse lo más adentro posible de la presa de perforación, ejecutándose estas a una profundidad de entre 0.00 y 0.05 m. Estos serán para la determinación de metales e hidrocarburos.
- Los puntos PM-5 y PM-6, son propuestos en el centro de la presa, dependiendo de las condiciones en la que se encuentre en el momento del muestreo (inundación) se realizarán lo más exactas en su posición, el primer punto (PM-5) se realizará a una profundidad de 0.05 m y el segundo (PM-6) se realizará en dos profundidades cumpliendo con la normatividad, a 0.05 m y a 3.8 m., ambas muestras son para la determinación únicamente de metales pesados. La profundidad máxima que se propuso para este tipo de muestreo se deriva de la información proporcionada por los trabajos de Georadar realizados en la presa, en donde los recorridos GPR-1 y GPR-2, mostraron una profundidad en su construcción de aproximadamente 3.8 m.

De esta manera, la ubicación de los puntos de muestreo será como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 8.4.2-10.-** Propuesta de muestreo para la presa del pozo Calicanto 101.

IDENTIFICACIÓN	ESTE	NORTE	TIPO	PROFUNDIDAD (M)	NIVELES DE TOMA DE MUESTRA	
					NIVEL SOMERO	NIVEL PROFUNDO
PMH-1	424135.02	1978043.86	HIDROCARBURO Y METALES	0.05	0.05	
PMH-2	424147.68	1978027.95	HIDROCARBURO Y METALES	0.05	0.05	
PMH-3	424146.37	1978039.05	HIDROCARBURO Y METALES	0.05	0.05	
PMH-4	424135.70	1978031.95	HIDROCARBURO Y METALES	0.05	0.05	
PM-5	424136.39	1978037.30	METALES	0.05	0.05	
PM-6	424143.34	1978034.85	METALES	3.80	0.05	3.8

PASIVOS AMBIENTALES

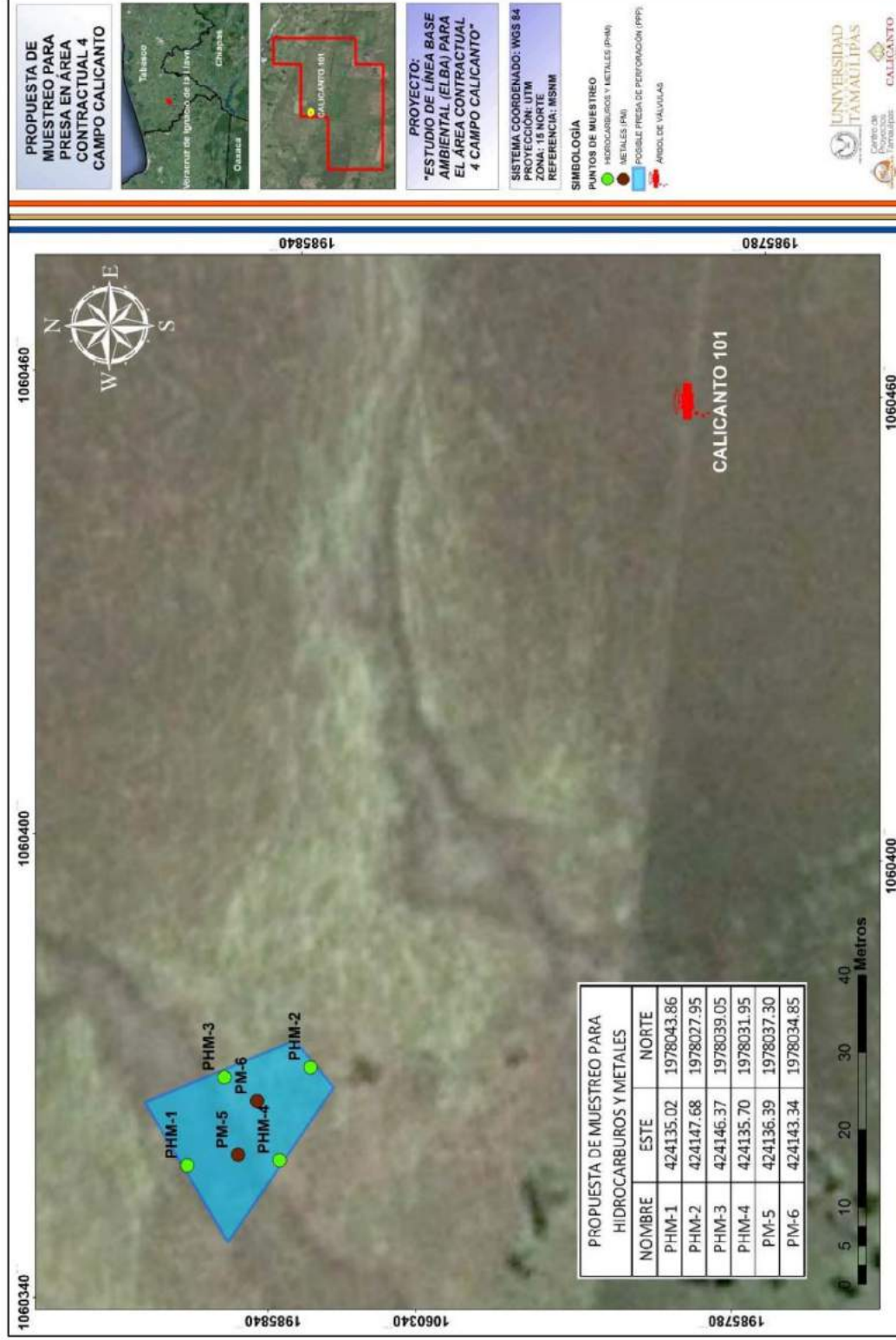


Figura 8.4.2-47.- Propuesta de puntos de muestreo en la Posible Presa de Perforación del pozo Calicanto 101.

## DESCRIPCIÓN DE TIPO DE MUESTREO

### Muestreo para Hidrocarburos

Este muestreo será de tipo dirigido ya que se llevará cabo sobre puntos específicamente determinados, y se cuenta con información previa del sitio, se conoce el producto derramado y es evidente la extensión de la afectación.

### Muestreo para Metales

Este muestreo será exploratorio en zonas no urbanas (superficial de 0 cm -5 cm) y las muestras deberán tomarse en suelos expuestos. Se utilizará también el muestreo vertical para valorar la migración vertical de contaminantes, se pueden utilizar excavaciones, que permitan el acceso de la persona que toma la muestra, o se pueden utilizar perforaciones para el hincado de un muestreador manual o mecánico que obtenga un núcleo que permita ver y muestrear el perfil del suelo.

El método utilizado para la distribución de puntos de muestreo para metales pesados será el muestreo a juicio de experto, ya que se cuenta con información acerca del sitio, y generados también por métodos indirectos. Al igual que se cuenta con profesionistas capacitados académicamente y con una amplia experiencia.

### Estrategia de muestreo

El personal de laboratorio acreditado en conjunto con la Universidad Autónoma de Tamaulipas, realizarán los trabajos de perforación y muestreo a diferentes profundidades para cada una de las tomas de muestras. También ubicarán y señalarán los puntos de muestreo, así como su profundidad y su toma de muestras. El muestreo que se realizará será estratificado para el caso de hidrocarburos y para metales.

### Selección del medio contenedor para hidrocarburos y metales

Puesto que los contaminantes derramados se identificaron como aceites, el medio contenedor que se empleó consiste en un cartucho con contra tapa de teflón para conservar inalteradas las propiedades de la muestra y evitar la pérdida de los contaminantes de la misma.

### **Equipo de muestreo empleado para hidrocarburos**

Para la extracción de las muestras se empleará un equipo de perforación mecánico.

### **Equipo de muestreo empleado para metales**

Se debe realizar con una cuchara o espátula de acero inoxidable o plástico y para el vertical se pueden utilizar excavaciones, que permitan el acceso de la persona que tome la muestra, o se pueden utilizar perforaciones para el hincado de un muestreador manual o mecánico que obtenga un núcleo que permita muestrear el perfil del suelo. Se debe tener precaución de utilizar perforadoras en buen estado que no provoquen contaminación.

### **Material y Equipo para la colecta de muestras de metales**

- Herramienta para la colecta de muestras de suelo en campo, fácil de limpiar, resistente al desgaste y que no contamine las muestras con impurezas.
- Envases con capacidad para contener al menos 500 g de muestra.
- Plumas, marcadores y etiquetas.
- Cinta métrica o flexómetro.
- Cámara fotográfica.
- Libreta de campo.
- Plano, mapa o fotografía aérea de la zona de muestreo, con la ubicación tentativa de los puntos.
- Instrumento que permita la ubicación de los puntos de muestreo.

### **Procedimiento de muestreo para Hidrocarburos**

El muestreo se realizará de acuerdo a las indicaciones del personal de la Universidad Autónoma de Tamaulipas y de CALICANTO OIL & GAS, S.A.P.I de C.V. basados en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, de manera estratificada extrayendo cada una de las muestras, mismas que se identificaran en las cadenas de custodia. Una vez extraída la muestra de suelo, se procederá a su retiro tomando el material de la parte central del nucleador y depositándolo en una bolsa de plástico para su envasado de inmediato. Como una medida de aseguramiento de calidad, se colectará y analizará una muestra duplicada de

campo por cada diez muestras tomadas . Para superficies menores a 0.3 ha, también se debe coleccionar como mínimo una muestra duplicada de campo. Se etiquetarán cada una de las muestras llevando su código de identificación su sello de control de calidad y su preservación en hielo 4° C.

#### 1. Plan de muestreo

a. Se deberá formular un plan de muestreo junto con la supervisión de CALICANTO OIL & GAS, S.A.P.I de C.V. y/o de la ASEA para determinar los puntos de muestreo y el número de muestras. En este plan se deberá tomar especial cuidado en que las muestras sean representativas del suelo remediado.

#### 2. muestreo

a. El muestreo será llevado a cabo por personal técnico de un laboratorio acreditado ante la EMA y aprobado por PROFEPA. Los muestreos se harán con herramienta manual, hincando un muestreador con "Linner". Una vez tomada la muestra, se coloca en el recipiente adecuado según la Tabla 8.4.2-4.

b. Los recipientes deben ser nuevos o libres de contaminantes.

c. Las muestras se mantendrán en hieleras a 4oC y se enviarán a laboratorio acreditado, para ser analizadas antes de su tiempo máximo de conservación (Tabla 8.4.2-4).

d. Cada muestra será sellada y etiquetada inmediatamente después de ser tomada y debe ser entregada para su análisis a un laboratorio de pruebas acreditado.

e. No se deben analizar muestras cuyos sellos han sido violados.

f. Todos los sellos deben contar con el número o clave única de la muestra.

g. Todas las etiquetas deben contar con la siguiente información como mínimo: nombre de la persona que tomó la muestra, fecha y hora de muestreo, nombre de la empresa, lugar del muestreo, y número o clave única misma que la del sello.

**Tabla 8.4.2-11.-** Recipientes para las muestras, temperaturas de preservación y tiempo máximo de conservación por tipo de parámetro.

Parámetro	Tipo de recipiente	Temperatura de preservación	Tiempo máximo de conservación
Hidrocarburos Fracción Ligera	Frasco de vidrio boca ancha, con tapa y sello de teflón (Cartucho con sello que asegure la representatividad de las muestras hasta su análisis)	4°C	14 días
BTEX		4°C	7 días
Hidrocarburos Fracción Media	Frasco de vidrio boca ancha, con tapa y sello de teflón (Cartucho con sello que asegure la representatividad de las muestras hasta su análisis)	4°C	14 días
Hidrocarburos Fracción Pesada		4°C	14 días
HAP		4°C	14 días

### Procedimiento para muestreo de metales

El muestreo exploratorio se realiza en dos fases de acuerdo a la NOMX-AA-132-SCFI-2006. En la primera fase, se toman muestras de suelo superficial y en la segunda, se toman muestras en perfiles de suelo (muestreo vertical). El muestreo superficial (0 cm a 5 cm de profundidad). Para el muestreo vertical pueden utilizar excavaciones que permitan el acceso de la persona que toma la muestra, o se pueden utilizar perforaciones para el hincado del muestreador manual o mecánico que obtenga un núcleo que permita ver y muestrear el perfil del suelo.

### Consideraciones para la toma de muestras de suelo para metales pesados

- Se debe garantizar que la muestra obtenida sea de un tamaño tal que una vez tamizada contenga por lo menos 250 g de residuo fino para su análisis y que facilite y permita, la preparación de muestras compuestas en el muestreo de detalle.
- Se debe evitar que el equipo de muestreo provoque contaminación entre las diferentes muestras, para lo cual se deberá limpiar con una brocha o cepillo. En caso de que la limpieza no sea suficiente, será necesario lavar con agua, entre muestra y muestra, el equipo y los instrumentos de muestreo. Cuando se utilicen detergentes, éstos deben estar libres de fosfatos.
- En el muestreo vertical, deben identificarse los diferentes horizontes que forman el suelo en función de su aspecto físico (color, textura, grado de compactación, entre otros).



- Para horizontes con espesor menor a 30 cm, debe tomarse una muestra de canal vertical abarcando todo el espesor del mismo. Para horizontes mayores a 30 cm deben tomarse tantas muestras de 30 cm como sean necesarias para cubrir el espesor total. Para profundidades mayores a 2 m el intervalo de muestreo deberá ser definido con su justificación correspondiente.

### **Medidas de seguridad Hidrocarburos**

- Se acordonará y señalará perfectamente la zona de trabajo.
- Se utilizará el equipo de protección personal (overol, zapato industrial, lentes y casco de seguridad, guantes de látex).
- No se tendrá contacto oral con las muestras o materiales utilizados en el muestreo.
- Se utilizará bolsa de plástico en la cual se colocará la muestra extraída para su manipulación.
- Se utilizarán guantes de látex durante el manejo y preparación de la muestra para el laboratorio, la cual se identificará, etiquetará y sellará para su transportación mediante preservación en hielera.
- Posteriormente a la toma de muestras se procederá al lavado y limpieza del equipo de muestreo a 4° C.
- Se firmarán cada una de las muestras para que estas no se alteraran.
- El equipo de muestreo será lavado y secado antes de la toma de cada una de las muestras.
- No se deberán ingerir bebidas o alimentos durante el muestreo.

### **Manejo y Control de las Muestras para Metales**

- El envase debe ser cerrado de manera hermética garantizando su inviolabilidad hasta su llegada al laboratorio.
- El etiquetado de los recipientes debe realizarse inmediatamente después de recolectar cada una de las muestras.
- La etiqueta debe colocarse en un lugar visible y no sobrepasar las dimensiones del recipiente.
- La etiqueta que acompañe a la muestra, debe incluir por lo menos su clave de identificación, lugar del muestreo o proyecto, y la fecha y hora del muestreo, así como las iniciales de la persona que toma la muestra.

- Una vez envasadas y etiquetadas, las muestras deben ser llevadas al laboratorio en donde serán preparadas conforme a la naturaleza de los metales y metaloides a identificar y cuantificar, y sometidas a los procesos de análisis correspondientes.
- Traslado de las muestras y cadena de custodia.
- Durante el traslado es necesario evitar el efecto de factores externos que puedan cambiar la naturaleza de las muestras (por ejemplo, la temperatura y los rayos ultravioleta).
- La cadena de custodia en original y dos copias debe acompañar a las muestras desde su toma, durante su traslado y hasta el ingreso al laboratorio. El laboratorio debe incluir una copia de esta cadena con los resultados del análisis.

Las muestras se etiquetarán señalándose la profundidad, número de muestra, fecha y hora de recolección, punto de muestreo, nombre de la empresa, nombre del técnico que lo realizó y número o clave única (mismo que apareció en el sello). Para esto se utilizarán las etiquetas que fueron proporcionadas por el laboratorio acreditado por la EMA y aprobado por PROFEPA.

#### **Llenado y registro de Cadena de Custodia**

Para documentar formalmente la transportación y movimientos de las muestras desde el momento de su recolección hasta su ingreso al laboratorio, se llenará un registro de cadena de custodia, mismo que acompañará cada muestra. El registro deberá contener la siguiente información:

- El nombre de la empresa y responsable del muestreo.
- Los datos de identificación del sitio de muestreo.
- La fecha y hora en que se tomó la muestra y el nombre completo y las iniciales de la persona que la tomó.
- El número o clave única de cada muestra.
- Nombre del laboratorio que recibe las muestras.
  - Identificación de las muestras (para el caso de hidrocarburos será PM#X).
  - Fecha y hora del muestreo.
  - Matriz de la muestra.

PASIVOS AMBIENTALES

---

- Parámetros a analizar.
- Nombre y firma de la persona que muestreará.
- Indicación de si la muestra se mantiene en preservación sí o no.
- Nombre y firma de la persona que entregara la muestra, así como la fecha y hora.
- Nombre y firma de la persona que recibe las muestras por parte del laboratorio fecha y hora de la recepción de muestras.

Anexo a la cadena de custodia se elaborará un registro (bitácora) que contendrá los datos mínimos para poder identificar el sitio de muestreo con exactitud: coordenadas con el GPS, croquis del sitio, paisaje, uso de suelo, etcétera. La cadena de custodia de las muestras será llenada en presencia del supervisor de la autoridad y del supervisor de campo.

**Cadena de custodia para muestreo por metales pesados**

- El nombre de la empresa y responsable del muestreo.
- Los datos de identificación del sitio.
- La fecha del muestreo.
- Las claves de las muestras.
- Nombre del laboratorio que recibe las muestras.
- Los análisis o la determinación requerida.
- El número de envases.
- Observaciones.
- La identificación de las personas que participan en las operaciones de entrega y recepción en cada una de las etapas de transporte, incluyendo fecha, hora y firma de los participantes.
- Libreta de campo
- Toda la información concerniente al muestreo en campo deberá ser anotada con tinta indeleble, en una libreta de campo foliada.

Los datos que deben anotarse en la libreta de campo, al momento del muestreo, son:

- El nombre de la empresa y responsable del muestreo
- Los datos de identificación del sitio.
- La fecha del muestreo.
- Las claves de las muestras.
- Nombre del laboratorio que recibe muestras.
- Los análisis o la determinación requerida.
- El número de envases.
- Observaciones.

La identificación de las personas que participan en las operaciones de entrega y recepción en cada una de las etapas de transporte, incluyendo fecha, hora y firma de los participantes.

### **Control de calidad para Hidrocarburos**

Para evitar contaminación cruzada, se aplicarán los procedimientos de limpieza de cada uno de los equipos de muestreo entre cada una de las tomas de muestra. Así mismo, tal como lo establece la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, señala que, como una medida de aseguramiento de calidad, se coleccionará y analizará una muestra duplicada de campo por cada diez muestras tomadas. Tomando el caso de que para superficies menores a 0.3 ha, se debe coleccionar como mínimo una muestra duplicada de campo. Se contará con la supervisión del personal de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, de la supervisión de Calicanto Oil & Gas S.A.P.I. de C.V. y de la ASEA con el fin de corroborar la correcta aplicación de los procedimientos técnicos para el desarrollo del proceso de muestreo.

### **Caracterización de los contaminantes**

Se tomarán muestras de suelo y subsuelo a profundidades (En función de la contaminación y a los resultados de la determinación en el sitio), a estratos diferentes según sea haya determinado para cada Macroperla. Se tomarán como base la "NORMA Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012", Que

establece los Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación.

#### **Análisis de las muestras de suelo para hidrocarburos**

Todas las muestras tomadas serán transportadas refrigeradas a laboratorio acreditado ante la EMA y aprobado por PROFEPA. Para los análisis de suelo se analizarán hidrocarburos totales de petróleo TPH's FRACCIÓN LIGERA (aceites) y BTEX, según los lineamientos de la norma NOM-138- SEMARNAT/SSA1-2012.

Los procedimientos analíticos que se utilizarán son los siguientes:

NMX-AA-105-SCFI-2008 SUELOS - HIDROCARBUROS FRACCION LIGERA POR CROMATOGRAFÍA DE GASES CON DETECTORES DE IONIZACION DE FLAMA O ESPECTROMETRÍA DE MASAS. Publicada la Declaratoria de Vigencia en el Diario Oficial de la Federación el 14 de marzo de 2008.

NMX-AA-141-SCFI-2007 SUELOS - BENCENO, TOLUENO, ETILBENCENO Y XILENOS (BTEX) POR CROMATOGRAFÍA DE GASES CON DETECTORES DE ESPECTROMETRÍA DE MASAS Y FOTOIONIZACIÓN- MÉTODO DE PRUEBA. Publicada la Declaratoria de vigencia en el Diario Oficial de la Federación el 1 de marzo de 2007.

### Referencia bibliográfica

GOBIERNO MUNICIPAL. (2013). *PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO*. MEXICO.

INAFED. (2012). *inafed.gob.mx*. Recuperado el 2014,  
de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM28tamaulipas/municipios/28041a.html>

INEGI. (2010). *inegi.org.mx*. Recuperado el 2014,  
de <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/Default.aspx>

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACION Y LA AGRICULTURA. (2014).  
*fao.org*. Recuperado el 2014, de <http://www.fao.org/soils-portal/manejo-del-suelo/manejo-de-suelos-problematicos/suelos-calcareos/es/>

RZEDWSKI, J. (2005). *VEGETACION DE MEXICO* (PRIMERA EDICION DIGITAL ed.). MEXICO:  
COMISION NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD .

SEMARNAT. (2011). Recuperado el 2014, de [semarnat.gob.mx:](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Cap3_suelos.pdf)  
[http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_12/pdf/Cap3\\_suelos.pdf](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Cap3_suelos.pdf)

Innovative Technology Summary Reports (1999). Smart Sampling.

Subsurface contaminant focus area. Prepared for U.S. Department of Energy. (Reportes Sumarios de  
Tecnologías Novedosas (1999). Muestreo Inteligente MR. Área de concentración de contaminantes en el  
subsuelo. Preparado para el Departamento de Energía de los Estados Unidos).

9.2 International Organization for Standardization (2002). ISO 10381-1:2002, Soil quality-Sampling, Part 1:  
Guidance on the design of sampling programmes. (Organización Internacional de Estandarización (2002).  
ISO 10381-1:2002. Calidad del Suelo-Muestreo Parte 1: Guía para el diseño de programas de muestreo).

9.3 Ontario Ministry of Environment and Energy (1996) Standards.

Guidance on Sampling and Analytical Methods for Use at Contaminated Sites in Ontario. Development Branch. December, (Ministerio de Energía y Medio Ambiente. Estándares. Guía de Muestreo y Métodos Analíticos para su Uso en Sitios Contaminados en Ontario. Departamento de Desarrollo).

9.4 SESDPROC-300-R3, Soil Sampling, U.S. Environmental Protection Agency Science and Ecosystem Support Division, August 21, 2014 (SESDPROC - 300-R3, Muestreo de suelos, División de Apoyo de Ciencia y Ecosistema de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América, Agosto 21, 2014).

9.5 U.S.EPA (United States Environmental Protection Agency) Guidance on Choosing a Sampling Design for Environmental Data Collection. Use in Developing a Quality Assurance Project Plan. EPA QA/G-5S Quality Staff Office of Environmental Information. Washington, DC 20460 December 2002. (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Guía para la Selección de un Diseño de Muestreo para la Captura de Datos Ambientales. Para utilizar en el Desarrollo del Plan de Aseguramiento de Calidad. EPA QA/G-5S. Oficina Asesora de Calidad para la Información Ambiental. Estados Unidos. Washington, DC 20460 Diciembre 2002).

### 8.4.3 Tercer Reporte

#### INTRODUCCIÓN

Tomando como antecedente, para la elaboración y alcance de este documento, los resultados y conclusiones del segundo informe de Daños Preexistentes para el estudio de Línea Base Ambiental del Área Contractual 4 Campo Calicanto, que contiene el plan de muestreo para la identificación y cuantificación de metales y metaloides, así como de hidrocarburos, sustentado principalmente con la ejecución de estudios con métodos indirectos, se presenta a continuación los resultados emitidos por el laboratorio acreditado ante la EMA de cada punto de muestreo ejecutado, realizando el análisis, interpolación y cálculo de volumetría de suelo contaminado.

La combinación de los métodos indirectos con los métodos de muestreo directo tienen como propósito brindar mayor certidumbre en las acciones de caracterización y delimitación del volumen de terreno potencialmente contaminado, mediante la obtención de muestras representativas, las cuales brindan un instrumento técnico a través del cual se determina el grado de contaminación con el fin de establecer si el suelo supera o no los límites máximos permisibles.; representa una ventaja para realizar un diagnóstico del estado del subsuelo, además de minimizar costos y tiempo, así como la incertidumbre para la localización de dichas tomas de muestras.

En lo que concierne a las actividades, tanto de toma y preparación de muestras como de análisis e interpretación de datos, la base para la ejecución de las mismas se encuentra en la normatividad aplicable en la República Mexicana, en materia de medio ambiente:

- **EL REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS (LGPGIR)**, considera en su Artículo 2. en el apartado III a la cadena de custodia para el registro de la obtención de muestras, su transporte y entrega al laboratorio y en su Artículo 138. , lo referente al contenido de un estudio de caracterización, así como la información añadida para el caso de pasivos ambientales, especificada en el Artículo 139.



- **NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012**, la cual establece los *“Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación”*. Donde se hace mención de los hidrocarburos que deberán analizarse en función del producto contaminante, los límites máximos permisibles para fracciones de hidrocarburos, así como para hidrocarburos específicos en suelo, el mínimo de puntos de muestreo de acuerdo con el área contaminada, así como las especificaciones de los recipientes para las muestras, su temperatura de preservación y el tiempo máximo de conservación por tipo de parámetro.
- **NMX-AA-132-SCFI-2006**, la cual establece *“Las especificaciones técnicas para la obtención y el manejo de muestras, que permitan la caracterización de suelos en el sitio de estudio, a través de la identificación y cuantificación de metales y metaloides, entendiendo por éstos el arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y vanadio”*. En la cual nos aplica el procedimiento del Plan de Muestreo de acuerdo a las especificaciones técnicas para la toma de las muestras, como son el correcto manejo, preparación, control y recepción de las mismas, evitando su contaminación, el tipo de muestreo determinado para nuestras características, así como los métodos para determinar la localización y distribución de los puntos de muestreo, las especificaciones para obtener las muestras de suelo representativas y así establecer la distribución horizontal de los metales y metaloides.
- **NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004**, la cual establece los *“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”*.

## OBJETIVOS

### Objetivo General

Con base en la ejecución del Plan de Muestreo en el Área Contractual 4 Campo Calicanto con la toma de muestras de suelo para su posterior análisis por el Laboratorio Acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditamiento (E.M.A.) y, de esta manera determinar la distribución horizontal y vertical de las concentraciones de los contaminantes que superan los límites establecidos por la normatividad ambiental vigente. Para con ello estimar las área de afectación y sus respectivos volúmenes de suelo contaminado.

### Objetivos Específicos

- Presentar el desarrollo de los trabajos de ejecución del Plan de Muestreo del Área Contractual 4 Campo Calicanto (perforación de pozos de muestreo, toma de muestra, manejo y preservación de las muestras), junto con la elaboración de la documentación de seguimiento y control del muestreo (cadenas de custodia y bitácoras de campo).
- Justificar las modificaciones del Plan de Muestreo Ejecutado con respecto al plan propuesto, especificando aquellos cambios importantes que propiciaron la modificación de los puntos de muestreo durante la ejecución del mismo.
- Presentar los resultados de las muestras obtenidas durante la ejecución del Plan de Muestreo Propuesto, de acuerdo a los métodos analíticos establecidos en la normatividad ambiental vigente.
- Realizar la comparativa de los resultados obtenidos del muestreo ejecutado, de acuerdo a los límites máximos permisibles de los contaminantes establecidos en la normatividad vigente.
- Generación de las plumas de dispersión de los contaminantes de acuerdo a los resultados emitidos por el laboratorio aprobado por PROFEPA y acreditado ante la EMA, considerando también realizar el cálculo de áreas y volúmenes de suelo impactado.
- Descripción de las posibles afectaciones a la dispersión de contaminantes causadas por cuestiones climáticas, accidente topográficos e infraestructura.

## METODOLOGÍA Y EJECUCIÓN DE MUESTREO.

Los trabajos de perforación para la colecta de muestras de suelo, se realizó en base al Plan de Muestreo de Suelo del Área Contractual 4 Campo Calicanto propuesto por el equipo técnico de la Universidad Autónoma de Tamaulipas; dicho plan de muestreo fue basado en los resultados de los estudios de campo de las primeras etapas (Topografía, Gasometrías, Determinación de Hidrocarburos Totales de Petróleo y Geofísica), lo que permitió visualizar en un plano la distribución de los sitios potencialmente contaminados (definidas como anomalías) y que, mediante la aplicación de los métodos directos con la perforación de pozos de muestreo, toma de muestras y el análisis de ellas, se podrá determinar la concentración horizontal y vertical del contaminante inmerso en el medio. Dicho Plan de Muestreo contempló realizar la perforación y toma de muestra en 24 puntos de muestreo, distribuidos en el terraplén del Pozo Calicanto 101 y sus áreas aledañas. Distribuidos de la siguiente manera:

- Terraplén del Pozo Calicanto 101 y su área aledaña, en ella se realizaron 24 puntos de muestreo.
- Presa de Perforación, la cual está localizada al Noroeste del terraplén del Pozo Calicanto 101, en ella se realizaron 6 puntos de muestreo.

Es importante señalar que, a pesar de que en el Área Contractual 4 Campo Calicanto se tiene registrado que los productos de la perforación y extracción de hidrocarburos, son aceites con 39° API de acuerdo a la tabla de "las Características de las Áreas Contractuales" de la ronda 1, emitida por la Secretaria de Energía (SENER) y de que es por este valor de los grados API que los aceites son clasificados en la categoría de ligero y de acuerdo a lo establecido en la "Tabla 8.4.3-1. "Hidrocarburos que deberán analizarse en función de producto contaminante" de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, la cual indica que, para el caso de los aceites derivados del petróleo, se deben analizar únicamente la Fracción pesada y los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos "HAP's" (Benzo{a}pireno, Dibenzo {a, h} antraceno, Benzo{a}antraceno, Benzo{b}fluoranteno, Benzo{k}fluoranteno, Indeno {1, 2, 3-cd} pireno); sin embargo, en atención a lo establecido en el RESUELVE QUINTO numeral 9 del Oficio ASEA/UGI/DGGEERC/0694/2016 "Aceptación de Propuesta de Línea Base Ambiental Campo Calicanto" emitido el pasado 11 de julio de 2016 por la ASEA, donde realiza la recomendación de que "se apliquen todos los parámetros que señala la NOM-138-

### PASIVOS AMBIENTALES

SEMARNAT /SSAI-2012 en el caso de los hidrocarburos”, por lo que a todas las muestras obtenidas se determinarán todas las Fracciones Ligera, Media y Pesada, además de los parámetros de BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos {suma de isómeros} y de HAP’s.

Tabla 8.4.3-1. Tabla de características de las Áreas Contractuales en la primera ronda (SENER).

Zona	Nombre del Área Contractual	Tipo de Hidrocarburo	Volumen Original		Producción Acumulada		Calidad (°API)	Superficie (Km <sup>2</sup> )
			Aceite (MMb)	Gas (MMMpc)	Aceite (MMb)	Gas (MMMpc)		
Norte	Benavides	Gas Seco	0.0	190.4	0.0	106.2	-	135.5
	Calibrador		0.0	54.5	0.0	28.6	-	16.1
	Carretas		0.0	100.9	0.0	59.0	-	89.4
	Duna		0.0	67.2	0.0	33.4	-	36.7
	Mareógrafo		0.0	85.1	0.0	40.8	-	29.8
	Peña Blanca		0.0	189.8	0.0	106.4	-	26.0
	Ricos		0.0	61.3	0.0	15.9	-	23.7
	San Bernarndo		0.0	48.3	0.0	20.6	-	28.3
Centro	Barcodón	Aceite	165.5	48.3	14.6	9.6	18	11.0
	Pontón		7.3	6.1	0.8	1.9	23	11.8
	Tecolutla		7.8	8.8	1.9	1.7	28	7.2
	La Laja		1.7	0.9	0.1	0.1	30	10.2
	Paso de Oro		0.5	0.4	0.2	0.2	29	23.1
Sur	Tajón	Aceite	651.6	424.4	1.4	0.8	33	27.5
	Cuichapa Poniente		452.6	472.1	159.6	313.8	32	41.5
	Moloacán		221.7	121.9	39.4	22.0	20	46.3
	Paraiso		77.6	42.7	0.1	0.1	35	17.0
	Topén		40.4	72.4	7.6	19.1	29	25.3
	Mayacaste		29.7	11.1	0.0	0.0	37	21.9
	Malva		13.2	85.8	2.8	25.7	35	21.2
	Secadero		6.9	17.3	2.7	4.9	36	9.8
	Calicanto		0.6	0.3	0.0	0.0	39	10.6
	Mundo Nuevo		Gas y Condensado	86.1	572.3	34.6	321.1	50
	Catedral	36.9		717.1	20.0	500.2	57	58.0

PASIVOS AMBIENTALES

Zona	Nombre del Área Contractual	Tipo de Hidrocarburo	Volumen Original		Producción Acumulada		Calidad (°API)	Superficie (Km²)
			Aceite (MMb)	Gas (MMMpc)	Aceite (MMb)	Gas (MMMpc)		
	Fortuna Nacional		7.3	62.1	2.1	18.0	53	22.0

Una vez establecidos los contaminantes por analizar en las muestras del suelo, fijamos de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, los valores máximos permisibles en suelo, tomando de referencia la "Tabla 8.4.3-2. Límites máximos permisibles para fracciones de hidrocarburos en suelo"; la cual al pie en la "Nota 1" la cual menciona textualmente que: "Para usos de suelo mixto, deberá aplicarse el límite máximo permisible más estricto, para los usos de suelo involucrados.", En este caso en específico, el área Contractual Calicanto, presenta una gran influencia de los Sectores Agrícola, Forestal y Pecuario, además de las actividades de extracción de hidrocarburos., definiéndose así los límites para cada fracción de la siguiente manera:

**Tabla 8.4.3-2.** Límites máximos permisibles para fracciones de hidrocarburos en suelo

FRACCIÓN DE HIDROCARBUROS	USO DE SUELO PREDOMINANTE (mg/kg BASE SECA)			MÉTODO ANALÍTICO
	Agrícola, forestal, pecuario y de conservación	Residencial y recreativo	Industrial y comercial	
<b>Ligera</b>	200	200	500	NMX-AA-105-SCFI-2008
<b>Media</b>	1,200	1,200	5,000	NMX-AA-145-SCFI-2008
<b>Pesada</b>	3,000	3,000	6,000	NMX-AA-134-SCFI-2006

**Tabla 8.4.3-3.** Límites máximos permisibles para hidrocarburos específicos en suelo

HIDROCARBUROS ESPECÍFICOS	USO DE SUELO PREDOMINANTE (mg/kg BASE SECA)			MÉTODO ANALÍTICO
	Agrícola, forestal, pecuario y de conservación	Residencial y recreativo	Industrial y comercial	
Benceno	6	6	15	NMX-AA-141-SCFI-2007
Tolueno	40	40	100	NMX-AA-141-SCFI-2007
Etilbenceno	10	10	25	NMX-AA-141-SCFI-2007
Xilenos (suma de isómeros)	40	40	100	NMX-AA-141-SCFI-2007
Benzo[a]pireno	2	2	10	NMX-AA-146-SCFI-2008
Dibenzo[a,h]antraceno	2	2	10	NMX-AA-146-SCFI-2008
Benzo[a]antraceno	2	2	10	NMX-AA-146-SCFI-2008
Benzo[b]fluoranteno	2	2	10	NMX-AA-146-SCFI-2008
Benzo[k]fluoranteno	8	8	80	NMX-AA-146-SCFI-2008
Indeno (1,2,3-cd)pireno	2	2	10	NMX-AA-146-SCFI-2008

En el Plan de Muestreo, se estableció que otro de los contaminantes que son objeto de estudio en el Área Contractual son los metales pesados, asociados a los procesos de perforación (lodos de perforación y/o residuos de operación), cuyo objetivo en la etapa de perforación fue la de contener todas esas emulsiones necesarias para la ejecución de la actividad, además del acopio de recortes de perforación, así como residuos de la extracción del hidrocarburo. Con este fundamento se realizó la búsqueda de este tipo de infraestructura en el terraplén del pozo, identificando una presa ubicada al Noroeste del área de maniobras. La cual de acuerdo al área de la presa, se estableció la cantidad de 6 puntos de muestreo en horizontal y un muestreo en profundidad vertical la cual cuenta con una superficie de 0.03has, para este caso y de acuerdo a establecido en la NMX-AA-132-SCFI-2006 "Muestreo de Suelos para la Identificación y la Cuantificación de Metales y Metaloides, y Manejo de la Muestra"; se observa en la Tabla 1 "Muestreo Exploratorio" que la extensión mínima que se señala es de 0.10has, siendo que para el caso no se alcanza

PASIVOS AMBIENTALES

esta cantidad de superficie, para lo cual se procede a realizar la formula a para extensiones menores a 0.10has y mayores a 30.00has:

Dónde: 
$$Y = X^{0.3} * 11.71$$

Y = es el número mínimo de puntos de muestreo, y

X = es la superficie del suelo de la zona de estudio expresada en hectáreas.

Por lo cual, realizando las operaciones correspondientes

$$Y = 0.03^{0.3} * 11.71$$

Resultando así

$$Y = 4.09$$

De esta manera, se obtuvo que el número mínimo de muestras es de 5 puntos para esta presa de acuerdo a la norma, pero observando la necesidad de obtener un mayor detalle en la evaluación de la presa, se propone un total de 6 puntos de muestreo y, de los cuales de acuerdo a la Tabla 8.4.3-1 de la mencionada norma, el número mínimo de pozos verticales es de 1.

Tabla 8.4.3-1. Muestreo Exploratorio de la NMX-AA-132-SCFI-2006, "Tabla 1."

Superficie del sitio que se supone contaminado (Hectáreas)		Número mínimo de puntos de muestreo	Número mínimo de pozos verticales
De	A		
0,1	0,19	6	1
0,2	0,29	7	1
0,3	0,39	8	2
0,4	0,49	9	2
0,5	0,69	10	2
0,7	0,99	11	2
1	1,99	12	2
2	2,99	14	3
3	3,99	16	3

PASIVOS AMBIENTALES

Superficie del sitio que se supone contaminado (Hectáreas)		Número mínimo de puntos de muestreo	Número mínimo de pozos verticales
De	A		
4	4,99	18	4
5	5,99	19	4
6	6,99	20	4
7	7,99	21	4
8	8,99	22	4
9	10,99	23	5
11	11,99	24	5
12	13,99	25	5

A las muestras tomadas de la presa se le realizarán los análisis de Hidrocarburos en todas las fracciones (Ligera, Media y Pesada), además de BTEX y HAP's, de acuerdo a lo señalado en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. En el caso de los metales, la norma "Que establece los 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) es la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, establecido en su "Tabla 1 Concentraciones de Referencia Totales (CRT) por Tipo de Uso de Suelo" las concentraciones de referencia totales de acuerdo al contaminante y al uso de suelo, que al igual que en el caso de hidrocarburos, el uso de suelo seleccionado es el agrícola/residencial/comercial.

Tabla 8.4.3-5. Concentración de referencia para metales de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 (Tabla 1).

TABLA 1 Concentraciones de referencia totales (CRT) por tipo de uso de suelo.		
Contaminante	Uso agrícola/residencial /comercial (mg/kg)	Uso industrial (mg/kg)
Arsénico	22	260
Bario	5,400	67,000
Berilio	150	1,900
Cadmio	37	450
Cromo Hexavalente	280	510
Mercurio	23	310



TABLA 1 Concentraciones de referencia totales (CRT) por tipo de uso de suelo.		
Níquel	1,600	20,000
Plata	390	5,100
Plomo	400	800
Selenio	390	5,100
Talio	5,2	67
Vanadio	78	1,000
<b>NOTA:</b>		
a. En caso de que se presenten diversos usos del suelo en un sitio, debe considerarse el uso que predomine.		
b. Cuando en los programas de ordenamiento ecológico y de desarrollo urbano no estén establecidos los usos del suelo, se usará el valor residencial.		

Por lo que, en el caso de las presas se obtuvieron muestras para la determinación de hidrocarburos y de metales pesados, distribuidas en toda el área de la presa de perforación, ya que de acuerdo a su construcción se considera que los materiales que están dentro de ella se encuentran confinados. A continuación, se desarrolla la descripción de los trabajos ejecutados (procedimiento de perforación y toma de muestras) en cada una de las zonas de estudio, describiendo también la manera en que se ejecutaron de acuerdo a lo proyectado en el Plan de muestreo y a las modificaciones realizadas, definiendo aquellos factores que propiciaron la modificación de estos planes.

### Perforación para la Toma de Muestras.

Para llevar a cabo el muestreo ambiental y cumplir con las normas NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, (Límites Máximos Permisibles de Hidrocarburos en Suelos y Lineamientos para el Muestreo en la Caracterización y Especificaciones para la Remediación) y NMX-AA-132-SCFI-2006 (Muestreo de Suelos Para la Cuantificación de Metales y Metaloides, y Manejo de la Muestra), La Universidad Autónoma de Tamaulipas empleó la metodología de perforación manual por medio de un Hand Auger, la definición de este método, se debió a que en la zona de muestreo las tierras aledañas al Pozo son de carácter agrícola, por lo que no soportarían el peso del equipo mecánico (perforadora mecánica Power Probe 9780D), ya que tiene un elevado peso para ese tipo de sitios que a consecuencia de las lluvias que se han suscitado en la región. Para evaluar esta situación el especialista Geólogo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas,

realizó sondeo exploratorios para determinar la factibilidad del utilizar este método, dando como resultado la recomendación de la perforación manual por medio del Hand Auger, mismo que cumple con los fines establecidos en el Plan de Muestreo, no incurriendo en faltas a la normatividad aplicable para el muestreo de hidrocarburos como de metales pesados.

### **Muestreo con equipo manual (Hand auger)**

Para la ejecución del muestreo se cuenta con el equipo de perforación manual Hand Auger, el cual consta de punta de perforación o broca de aproximadamente 0.40 m. con un diámetro de perforación de 3in (7.62 cm), la cual hay de dos tipos: para arcillas y para arenas, diferenciadas por la apertura de las cuchillas de corte para perforación, presentando más amplias las cuchillas para arcillas, siendo ésta la adecuada para la ejecución de estos trabajos, ya que el material que más prevalece en el área son arcillas, éstas brocas tienen un tornillo en su parte superior para el ensamblaje de las extensiones. Estas extensiones tienen una longitud de 1.50 m. cada una (4 en su totalidad), éstas se van agregando o separando de la punta del Hand Auger de manera de cumplir con las necesidades de profundidad de la perforación que se requieren en el plan de muestreo; finalmente se coloca en la parte superior del Hand Auger un maneral de giro, perpendicular al juego de extensiones, para el apropiado manejo del equipo de perforación manual, sobre este se realizará un esfuerzo vertical y un movimiento rotatorio para que las cuchillas que se encuentran en la broca corten e impulsen el material por su interior conforme se avanza al momento de la perforación para realizar la toma de muestra.

Para el caso de la extracción de la muestra una vez alcanzada la profundidad deseada de acuerdo a las características del suelo y lo propuesto en el plan de muestreo, se utiliza un muestreador de percusión, el cual consta de una punta en la cual se encuentra un tubo bipartido enroscado a una base que conecta con las extensiones de 1.50 m., dentro de éste se coloca el liner de 0.30 m. en el cual se captura el material deseado para la muestra, en la parte superior de las extensiones conectadas a la punta de muestreo, se coloca un martillo de lingote, con el cual se realizarán una serie de golpes o percusiones de manera que la punta de muestreo se hincó en su totalidad en el material a la profundidad alcanzada llenándolo de la muestra deseada.



Fotografía 8.4.3-1. Equipo de perforación manual (Hand Auger).

La muestra de suelo a analizar es tomada por el personal de laboratorio, así como su etiquetado y manejo de la misma. La secuencia para la toma de muestras hasta una profundidad de 3.00m, es la siguiente:

1. Ubicación de puntos de acuerdo al plan de muestreo, utilizando un equipo de Estación Topográfica South S82T.
2. Una vez ubicados los puntos mediante el equipo Medidor de Conductividad Electromagnética Multiprofundidad (CMD), se realiza un reconocimiento en las áreas de trabajo en búsqueda de instalaciones subterráneas.
3. Se coloca una punta (broca) a una extensión de 1.5 m., misma que le ha sido colocado previamente un maneral de giro.
4. Se inicia la perforación manual aplicando el esfuerzo vertical y el movimiento rotatorio necesario, y aproximadamente a cada 0.20m o 0.30m se extrae la broca y se retira el material almacenado en ella, realizando golpes con mazo suave.
5. De acuerdo a la profundidad deseada se van incorporando al equipo extensiones, un ejemplo es, si se planea que la muestra se extraiga a los 3.00m se conectarán en su totalidad dos extensiones de 1.50m y la punta de perforación para alcanzar esa profundidad.
6. Una vez que se llega a la profundidad señalada en el plan de muestreo, se procede a extraer el equipo Hand Auger para introducir en el punto de sondeo el martillo de lingote con extensiones de

PASIVOS AMBIENTALES

- 1.50m que sean necesario para cubrir la profundidad deseada, instalando en su punta el tubo bipartido con el liner.
7. Se realizarán golpes o percusiones con el martillo de lingote hasta que la punta de muestreo llegue a su saturación por el material que se encuentra a la profundidad perforada, esto se observa a través del orificio de perforación, cumplido esto se procede a extraer el muestreado realizando golpes o percusiones de manera opuesta a la inicial.
  8. Se extrae el liner del tubo bipartido con el material deseado para su presentación como muestra, siendo el signatario el encargado del manejo de la muestra en la totalidad de su existencia, abarcando el punto desde la extracción, y etiquetado, así como su sellado y almacenamiento.
  9. Una vez realizado esto, dependiendo de si hace falta continuar la perforación para obtener una muestra a mayor profundidad, se realizará la instalación del Hand Auger o se cerrara el punto de muestreo y se continuará en otro punto señalado en el plan de muestreo o algún otro punto que se requiera para cumplir con la finalidad del muestreo.



Fotografía 8.4.3-2. Uso de equipo de extracción de muestras, martillo de pistón y tubo nucleador.

Una vez recuperada la muestra, se entrega al signatario por parte del laboratorio, tanto el signatario y el laboratorio son entes acreditados por la EMA y aprobados por PROFEPA. El signatario es el encargado de la preservación de la muestra hasta que esta llegue a las instalaciones de laboratorio para su posterior

PASIVOS AMBIENTALES

análisis, en este caso el medio de preservación fue mantenerlas a una temperatura de 4° C en hielo las cuales deberán ser analizadas antes de cumplir el tiempo máximo de conservación (14 días), como lo establece la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

**Tabla 8.4.3-2.** Recipientes para las muestras, temperatura de preservación y tiempo máximo de conservación por tipo de parámetro.

PARÁMETRO	TIPO DE RECIPIENTE	TEMPERATURA DE PRESERVACIÓN (°C)	TIEMPO MAXIMO DE CONSERVACIÓN (DÍAS)
Hidrocarburos Fracción Ligera	Cartucho con contratapa o sello de PTFE, que se asegure la integridad de las muestras hasta su análisis.	4	14
BTEX		4	14
Hidrocarburos Fracción Media	Frasco de vidrio con boca ancha, con contratapa o sello de PTFE, o cartucho con sello que asegure la integridad de las muestras hasta su análisis.	4	14
Hidrocarburos Fracción Pesada		4	14
HAP		4	14

Los recipientes con muestras deben ser sellados y etiquetados inmediatamente después de haber sido tomada la muestra y como lo menciona la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, en el punto 7.3.4. Posteriormente son entregados para su análisis a un laboratorio de pruebas acreditado y aprobado en los términos de lo establecido en el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos que en este caso, como se mencionó anteriormente, es el Laboratorio Microanálisis.



Fotografía 8.4.3-3. Etiquetado y sellado de muestra.

Al término de este procedimiento se desconectan las extensiones del equipo manual (hand auger) y el equipo bipartido para la toma de muestra para poder llevar a cabo la limpieza de este con una brocha o cepillo, en caso de que la limpieza no sea suficiente, será necesario lavar con agua, entre muestra y muestra. Cuando se utilicen detergentes, éstos deben estar libres de fosfatos como lo marca la norma NMX-AA-132-SCFI-2006 en el punto 5.2.2 y en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 en el punto 7.1.16 para su reutilización.



Fotografía 8.4.3-4. Lavado del equipo Hand Auger que se utiliza para la extracción de muestras de suelo.

### Llenado y registro de la cadena de custodia.

Para documentar formalmente la transportación y movimientos de las muestras desde el momento de su recolección hasta su ingreso al laboratorio, se completa un registro de cadena de custodia, mismo que acompañe al lote muestras obtenidas. Se anexan tres juegos de copias de cadena de custodia de los cuales, una copia corresponde al paquete de traslado de las muestras y las otras dos copias se entregarán al signatario y encargado del sitio. A continuación se describen los puntos que se deben completar en la cadena de custodia:

1. Número de la orden de trabajo: se expedirá un documento escrito en el cual se describen las características de los trabajos a realizar con un folio.
2. Cliente: nombre de la empresa
3. Giro de la empresa: ramo al que pertenece la empresa
4. Muestreado por: nombre del signatario quien se encargara de etiquetar y preservar la muestra.
5. Fecha y hora: fecha y hora en que se toma la muestra sellada.
6. Matriz: componentes a analizar (suelo, agua, etc.)
7. Muestra: es un número consecutivo que se le asigna una vez ingresado al laboratorio.
8. Identificación de la muestra: se proporcionara un nombre a cada muestra para mayor identificación señalando las profundidades en la que fue tomada.
9. Número de contenedores: dependerá al tipo de análisis a realizar y su procedimiento por norma.
10. Análisis solicitado: tipo de análisis a realizar.
11. Observaciones: se definirán las normas que aplicarán en dicho muestreo.
12. Nombre y firma: nombre y firma del encargado del sitio por parte de la empresa (empresa CALICANTO OIL & GAS, S.A.P.I. de C.V.) y en cargo del sitio UAT.
13. Tiempo de espera: dependerá al tipo de análisis a realizar, ejemplo: para hidrocarburos nos dice la norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 que son 14 días. De metales son 30 días de acuerdo a la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004.
14. Conservador: tipo de conservador que se utilizara para preservar la muestra.
15. Identificación del sitio de muestreo: nombre del sitio.

16. Entregado por: firma del signatario encargado.
17. Hora y fecha: hora en que se termina el muestreo, llenado de cadena de custodia y fecha conclusión del muestreo.
18. Recibido por: nombre de quien recibe las muestras una vez ya enviadas del sitio donde se extrajeron.
19. Fecha y hora: fecha y hora en que llegan las muestras al laboratorio.
20. Laboratorio que recibe la muestra: nombre del laboratorio donde se realizara su análisis.
21. Temperatura de recepción de muestra: la temperatura en que llega la muestra al laboratorio una vez enviada del sitio donde se extrajo
22. Página: el número de páginas a entregar.



PASIVOS AMBIENTALES

**GRUPO MICROANALISIS**  
EXPERIENCIA Y CALIDAD CERTIFICADA

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

CLIENTE **Calicanto Oil & Gas, S.A.P.I. de C.V.**  
Ciclo de la empresa Petrolera

**CADENA DE CUSTODIA**

ME (EQUIPO)  MM (  )

IGM (  )

LABORATORIO QUE RECIBIÓ LAS MUESTRAS

FECHA

PÁG. 2 DE 3

**ANÁLISIS SOLICITADOS**

NÚMERO DE COMANDOS	MUESTRA	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA	HORA	MATRIZ	MUESTRA	ANÁLISIS SOLICITADOS	FECHA	HORA	RECEBIDO POR	RECEBIDO POR	FECHA	HORA	RECEBIDO POR	RECEBIDO POR	FECHA	HORA	RECEBIDO POR	RECEBIDO POR
1	Calicanto - 101 - PH - 2 - 0.70m	Calicanto - 101 - PH - 2 - 0.70m	11-05	11:10			Metalos	11-05	11:10			11-05	11:10			11-05	11:10		
2	Calicanto - 101 - PH - 1 - 0.30m	Calicanto - 101 - PH - 1 - 0.30m	11-05	11:25			Arsenos	11-05	11:25			11-05	11:25			11-05	11:25		
3	Calicanto - 101 - PH - 12 - 1.5m	Calicanto - 101 - PH - 12 - 1.5m	11-05	11:39			Berilio	11-05	11:39			11-05	11:39			11-05	11:39		
4	Calicanto - 101 - PH - 12 - 2.20m	Calicanto - 101 - PH - 12 - 2.20m	11-05	11:55			Cromo	11-05	11:55			11-05	11:55			11-05	11:55		
5	Calicanto - 101 - PH - 13 - 0.50m	Calicanto - 101 - PH - 13 - 0.50m	11-05	12:51			Mercurio	11-05	12:51			11-05	12:51			11-05	12:51		
6	Calicanto - 101 - PH - 9 - 0.50m	Calicanto - 101 - PH - 9 - 0.50m	11-05	13:06			Plata	11-05	13:06			11-05	13:06			11-05	13:06		
7	Calicanto - 101 - PH - 7 - 0.50m	Calicanto - 101 - PH - 7 - 0.50m	11-05	13:06			Selenio	11-05	13:06			11-05	13:06			11-05	13:06		
8	Calicanto - 101 - PH - 11 - 1.5m	Calicanto - 101 - PH - 11 - 1.5m	11-05	13:35			Vanadio	11-05	13:35			11-05	13:35			11-05	13:35		
9	Calicanto - 101 - PHM - 2 - 0.10m	Calicanto - 101 - PHM - 2 - 0.10m	11-05	14:03				11-05	14:03			11-05	14:03			11-05	14:03		
10	Calicanto - 101 - PHM - 3 - 0.10m	Calicanto - 101 - PHM - 3 - 0.10m	11-05	14:35				11-05	14:35			11-05	14:35			11-05	14:35		
11	Calicanto - 101 - PHM - 4 - 0.10m	Calicanto - 101 - PHM - 4 - 0.10m	11-05	14:55				11-05	14:55			11-05	14:55			11-05	14:55		
12	Calicanto - 101 - PHM - 5 - 0.10m	Calicanto - 101 - PHM - 5 - 0.10m	11-05	15:51				11-05	15:51			11-05	15:51			11-05	15:51		
13	Calicanto - 101 - PM - 6 - 0.10m	Calicanto - 101 - PM - 6 - 0.10m	11-05	16:25				11-05	16:25			11-05	16:25			11-05	16:25		

Fotografía 8.4.3-5. Cadena de Custodia del muestreo del pozo Calicanto 101.

### Resultados analíticos.

El propósito del análisis de suelo es determinar la distribución horizontal y vertical de los potenciales contaminantes en área de estudio. El diseño del muestreo fue basado en los resultados de la exploración geofísica dentro y fuera del área estudiada, fue recomendado para definir con precisión zonas críticas y de esa manera garantizar y cubrir en su totalidad el área afectada, la cual brinda mayor exactitud a las estimaciones de volumetría del suelo impactado, estos planes como se describió anteriormente sufrieron algunas modificaciones con la finalidad de dar cumplimiento al objetivo de delimitar la presencia de los contaminantes en los suelos. Como se ha mencionado, las muestras colectadas en la ejecución de los planes de muestreo fueron enviadas al laboratorio Microanálisis S.A. de C.V. el cual cuenta con la acreditación ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) así como la aprobación por parte de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). Para los 24 puntos de muestreo en el Pozo Calicanto 101, se establecieron como objetivos, la cuantificación de las fracciones: Ligera, Media, Pesada, BTEX y HAP's; en el caso de las posibles presas de perforación se cuantificaron las fracciones antes mencionadas para lo correspondiente a los metales: Arsénico, Bario, Berilio, Cadmio, Cromo Hexavalente, Mercurio, Níquel, Plata, Plomo, Selenio, Talio y Vanadio, esto de acuerdo a lo establecido en la **NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012** y **NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004** respectivamente.

**Tabla 8.4.3-3.** Relación de análisis ejecutados

Pera	Análisis de Hidrocarburo Fracción Ligera, Media, Pesada, BTEX y HAP's	Análisis de Metales Arsénico, Bario, Berilio, Cadmio, Cromo Hexavalente, Mercurio, Níquel, Plata, Plomo, Selenio, Talio, Vanadio
Calicanto 101	32	7

PASIVOS AMBIENTALES

---

Dado que la autoridad ambiental sólo reconoce las determinaciones que hayan sido analizadas por un laboratorio de pruebas acreditado y aprobado conforme a las disposiciones legales aplicables y de acuerdo a los métodos analíticos establecidos en las normas mexicanas, dichos métodos son:

- Hidrocarburos fracción ligera. Se analizan conforme a la NMX-AA-105-SCFI-2014, para realizar este método se deben utilizar las siguientes técnicas de introducción de muestra acopladas al sistema de cromatografía de gases con Detector de Ionización de Flama (CG/DIF) o al sistema de Cromatografía de Gases acoplado a Espectrometría de Masas. El análisis de Hidrocarburos Fracción Ligera cubre el intervalo de átomos de carbono de C5 a C10, en su mayoría compuestos volátiles. La determinación cuantitativa se realiza por CG/DIF o CG/EM, obteniendo como resultado un perfil de picos cuya separación está en función de los pesos moleculares de los hidrocarburos presentes. Se realiza una extracción de la muestra mediante la técnica de purga y trampa (PyT) utilizando cualquiera de los sistemas de introducción (sistema abierto o sistema cerrado), los cuales tienen como objetivo principal evitar la pérdida de los hidrocarburos por volatilización. Cualquiera de los sistemas de introducción va acoplado al cromatógrafo, con la finalidad de introducir los hidrocarburos directamente a la columna de separación inmediatamente después de haber sido extraídos del suelo.
- Hidrocarburos fracción media. Se analizan conforme a la NMX-AA-145-SCFI-2008 Este método describe el análisis de Hidrocarburos Fracción Media por Cromatografía de Gases con Detector de Ionización de Flama (DIF). Esta Norma Mexicana describe el método para determinar Hidrocarburos Fracción Media en Suelos. Los compuestos a determinar son los siguientes: Hidrocarburos Fracción Media cuyas moléculas cubran el intervalo de número de átomos de carbono de C10 a C28. El método para determinar Hidrocarburos Fracción Media en suelos se aplica en el intervalo de concentraciones de 120 a 10 000 mg/kg.
- Hidrocarburos fracción pesada. Se analizan conforme a la NMX-AA-134-SCFI-2006 Describir el

PASIVOS AMBIENTALES

---

- Método para determinar por extracción y gravimetría hidrocarburos de fracción pesada en muestras de suelo. Este método no es aplicable para medir materiales que volatilizan a temperaturas por debajo de 125°C. Una porción representativa de muestra es secada con sulfato de sodio. Después de secado, el material es extraído mediante cualquiera de las técnicas que se enlistan a continuación: Soxhlet - Sonicación. Se concentra, seca y pesa; para posteriormente ser tratado con sílica gel estandarizada para su purificación y determinación gravimétrica. Se evalúa una porción de muestra por separado para calcular el porcentaje de sólidos y el peso de la fracción seca es utilizado para calcular la concentración de HFP en peso seco.
- HAP's. Se analizan conforme a la NMX-AA-146-SCFI-2008. Este método analítico se usa para determinar la concentración de hidrocarburos aromáticos poli cíclicos (HAP) en extractos preparados a partir de muestras de suelo. Para el análisis es necesario extraer previamente los HAP que están presentes en la muestra de suelo homogeneizada y cribada mediante cualquiera de las siguientes técnicas de extracción: Sonicación (disruptor ultrasónico o baño ultrasónico), Soxhlet o Extracción Acelerada con Disolventes.
- BTEX. Se analizan conforme a la NMX-AA-141-SCFI-2014. Este método describe los procesos para la introducción de muestra utilizando los sistemas de purga y trampa para el análisis de BTEX en concentraciones bajas y altas. Para el análisis, los compuestos BTEX se introducen en el cromatógrafo de gases mediante el método de purga y trampa directamente a la columna capilar. La temperatura de la columna se programa para separar a los analíticos, los cuales son detectados con un espectrómetro de masas y/o un detector de fotoionización.

La siguiente Tabla 8.4.3-4 muestra las metodologías de análisis a utilizar, en el caso de los Hidrocarburos, estos métodos están referidos en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

Tabla 8.4.3-4. Métodos analíticos para hidrocarburos

PRUEBA	NORMATIVIDAD	TÉCNICA	RESUMEN DEL MÉTODO
Hidrocarburos fracción ligera	NMX-AA-105-SCFI-2014	ESPECTROMETRÍA DE MASAS	El análisis de Hidrocarburos Fracción Ligera cubre el intervalo de átomos de carbono de C5 a C10, en su mayoría compuestos volátiles.
Hidrocarburos fracción media	NMX-AA-145-SCFI-2008	CROMATOGRAFÍA DE GASES (FID)	Hidrocarburos Fracción Media cuyas moléculas cubran el intervalo de número de átomos de carbono de C10 a C28.
Hidrocarburos fracción pesada	NMX-AA-134-SCFI-2006	GRAVIMETRÍA	Se evalúa una porción de muestra por separado para calcular el porcentaje de sólidos y el peso de la fracción seca es utilizado para calcular la concentración de HFP en peso seco.
HAP's	NMX-AA-146-SCFI-2008	ESPECTROMETRÍA DE MASAS	El método describe el análisis para determinar la concentración de hidrocarburos aromático policíclicos (HAP) en extractos preparados a partir de muestras de suelo.
BTEX	NMX-AA-141-SCFI-2014	ESPECTROMETRÍA DE MASAS	El método de concentraciones bajas de BTEX en suelos es aplicable al intervalo de 0,5 µg/kg a 200 µg/kg.

Para el caso de Metales y con base en el Apéndice Normativo B: Métodos Analíticos de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 en el cual tiene como objetivo establecer los procedimientos para la preparación de las muestras y los métodos analíticos para caracterizar los suelos de un sitio presuntamente contaminado por los elementos normados; se enlistan los métodos analíticos empleados para la determinación de Arsénico, Bario, Berilio, Cadmio, Cromo hexavalente, Mercurio, Níquel, Plata, Plomo, Selenio, Talio y/o Vanadio, según sea el caso

- Método por espectrometría de absorción atómica
  - Por flama

PASIVOS AMBIENTALES

---

- Horno de grafito
- Generador de hidruros y vapor frío
- Métodos analíticos por aspiración directa, generación de hidruros y vapor frío
  - Métodos analíticos por aspiración directa para Bario, Berilio, Cadmio, Níquel, Plata, Plomo, Talio, Vanadio
  - Métodos analíticos por horno de grafito para talio y vanadio
  - Métodos analíticos por generación de hidruros para arsénico y selenio
  - Método analítico por vapor frío para mercurio
- Método por espectrometría de emisión con plasma acoplado inductivamente
- Determinación colorimétrica de Cromo VI

#### Áreas y volúmenes de suelo contaminado

Ya analizados los resultados de laboratorio de todas las muestras obtenidas en campo, se llevó a cabo el procesamiento de la información mediante el Software ArcMap 10.3, con el objetivo de representar de una manera gráfica y concisa la dispersión de las plumas de contaminación, considerando independientemente a cada contaminante enlistado en las normas (NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012). El procedimiento necesario para obtener los mapas consiste en un análisis cuantitativo ejecutado por el software mediante la herramienta "interpolation" contenida en el "Tool Box", para el uso de esta herramienta es necesario contar con las coordenadas UTM de cada punto de muestreo, esto con la finalidad de obtener una georreferencia real, además de las coordenadas también debemos de contar con los valores "Z" que para este caso serán las concentraciones de los contaminantes. El método de interpolación utilizado es el de "Natural Neighbor" el cual al igual que todos los métodos de interpolación parte del principio de obtener información o datos donde haya una ausencia de estos, generados a partir del conocimiento de un conjunto discreto de puntos. Este algoritmo utilizado, encuentra el subconjunto de muestras de entrada más cercano a un punto de consulta y aplica ponderaciones sobre éstas basándose en áreas proporcionales para interpolar un valor (Sibson, 1981). También se conoce como interpolación de Sibson o de "robo de área". Sus propiedades básicas son que es local, utiliza sólo

un subconjunto de muestras que circundan a un punto de consulta y asegura que los datos interpolados estarán dentro del rango de las muestras utilizadas. No infiere tendencias ni produce picos, depresiones, crestas o valles que no estén ya representados por las muestras de entrada. La superficie pasa por las muestras de entrada y es suave en todas partes, excepto en las ubicaciones de las muestras de entrada.

Una vez obtenidas las plumas de dispersión del contaminante, mediante el uso del ArcMap 10.3 y mediante la herramienta "Calculate Geometry" se procede a calcular el área de afectación de los contaminantes mediante el software. Esta operación se realiza para cada polígono generado a una profundidad establecida.

## SITIOS CON PASIVOS AMBIENTALES.

### Pozo Calicanto 101.

#### Modificaciones al Plan de Muestreo

El inicio de las actividades de perforación y toma de muestra se realizó en el sitio del Pozo Calicanto 101, el cual se encuentra ubicado al Noroeste del área contractual. De acuerdo al Plan de Muestreo obtenido de la correlación de resultados que fueron generados durante la implementación de los Métodos Indirectos descritos en el Segundo Informe, se propuso un total de 24 puntos de muestreo para el análisis de hidrocarburos en suelo, distribuidos sobre el cuadro de maniobras así como las zonas aledañas a éste. Cumpliendo de esta manera con lo establecido en la normatividad ambiental vigente aplicable, **NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012**. Para el inicio de las actividades de muestreo el personal de la Universidad Autónoma de Tamaulipas realizó como primera medida la solicitud del permiso de acceso a los propietarios de los terrenos donde se llevarían a cabo las actividades, una vez obtenidos los permisos se procedió a la ubicación de los puntos de muestreo mediante el equipo estación topográfica marca SOUTH modelo S82T.

Apegándonos al plan de muestreo anteriormente mencionado se procedió a la ejecución de la perforación y toma de muestra en los puntos de muestreo. Durante estas actividades, se estuvo presentando un factor

que modificó el plan de muestreo original tanto en la cantidad de ellos, así como en los niveles de investigación a profundidad; de los 24 puntos de muestreo que se tenían previstos, se realizaron un total de 21, tal como se indica a continuación:

- Este factor que propició las modificaciones al plan de muestreo, fue la presencia de agua meteórica a profundidades por debajo de los 0.30m en la mayoría de los puntos que se encuentran ubicados en la zona de cultivo que se encuentra al norte del terraplén del Pozo Calicanto, en dicha zona localizamos un canal de escurrimiento de aguas pluviales, el cual provee al campo de cultivo de ésta agua meteórica. En las áreas del terraplén también se presentó la condición de la presencia de agua a las profundidades de 1.70m, 2.20 hasta 2.40m de profundidad, obligándonos a modificar las profundidades de las perforaciones así como de la colecta de la muestra. La presencia de agua en el subsuelo, fue el resultado de las precipitaciones pluviales que se presentaron entre los meses de octubre a noviembre del 2016, posteriores a la aplicación de los métodos indirectos efectuados en el terraplén por lo que, cuando se integró la información para el Plan de Muestreo del Pozo Calicanto 101, el sitio no se encontraba inundado de agua meteórica. Una vez aprobado el Plan, nos percatamos de ésta condición de lluvias e inundaciones en la zona de estudio, por lo que fue necesario hacer un seguimiento de los niveles de agua en los sitios potencialmente contaminados donde se realizarían los trabajos de perforación y toma de muestra; posteriormente, a mediación del mes de diciembre, se reportó que los niveles de agua y la cantidad de lluvia habían disminuido considerablemente más no como para llevar a cabo los trabajos apegados al Plan de Muestreo y no fue hasta el mes de enero del 2017 que se decidió iniciar la ejecución de los muestreos debido a los tiempos en los compromisos de cumplimiento del Estudio de Línea Base Ambiental, con las autoridades ambientales, aun sabiendo que las condiciones no eran las óptimas y que existía la probabilidad de no ejecutar o detener los trabajos de perforación en aquellos puntos que presentaran agua en niveles superiores a los de la investigación propuesta, esto debido a que se evitaría toda condición de provocar una contaminación cruzada a niveles más profundos. Afectando los puntos de muestreo (PH-3, PH-4, PH-17, PH-23 y PH-22) donde solo pudo tomarse la muestra a 0.30m de profundidad, por lo que se tomó la decisión de detener la perforación a esa profundidad. De la misma manera se procedió a reubicar los puntos de muestreo que se encontraban más alejados al Norte del Terraplén (PH-1, PH-2, PH-12, PH-



PASIVOS AMBIENTALES

---

13, PH-14, PH-15 y PH-16. Toda vez que los resultados de la perforación del PH-3 y PH-17 confirmaron la presencia del agua meteórica en toda la zona de cultivo, por lo que se consideró que esto se repetiría en los Pozos restantes que se encuentran en esa dirección, reduciendo así la extensión del área de investigación.

- El segundo factor para realizar una modificación del plan de muestreo original surgió al observar indicios de contaminante en el agua que se está acumulada en el contrapozo del Pozo Calicanto 101, la cual en conjunto con la información obtenida por los trabajos de Métodos Indirectos realizados en el área cercana al pozo, nos permitirán realizar la evaluación directa sobre la zona, ubicándose un punto al Este y un punto al Sur del contrapozo (PH-1 y PH-2).

Tal como se describió con anterioridad, derivado de las condiciones de saturación en el suelo por el agua meteórica se presentó la limitante de poder investigar a la profundidad obtenida por los métodos indirectos, toda vez que, para que exista una correcta certidumbre en la investigación de un sitio, es necesario el poder contar con la mayor cantidad de datos posibles. Por lo que, el personal técnico de la Universidad Autónoma de Tamaulipas recomienda el realizar un muestreo en el sitio, en épocas de estiaje donde los niveles de agua permita realizar el muestreo hasta la profundidad registrada.

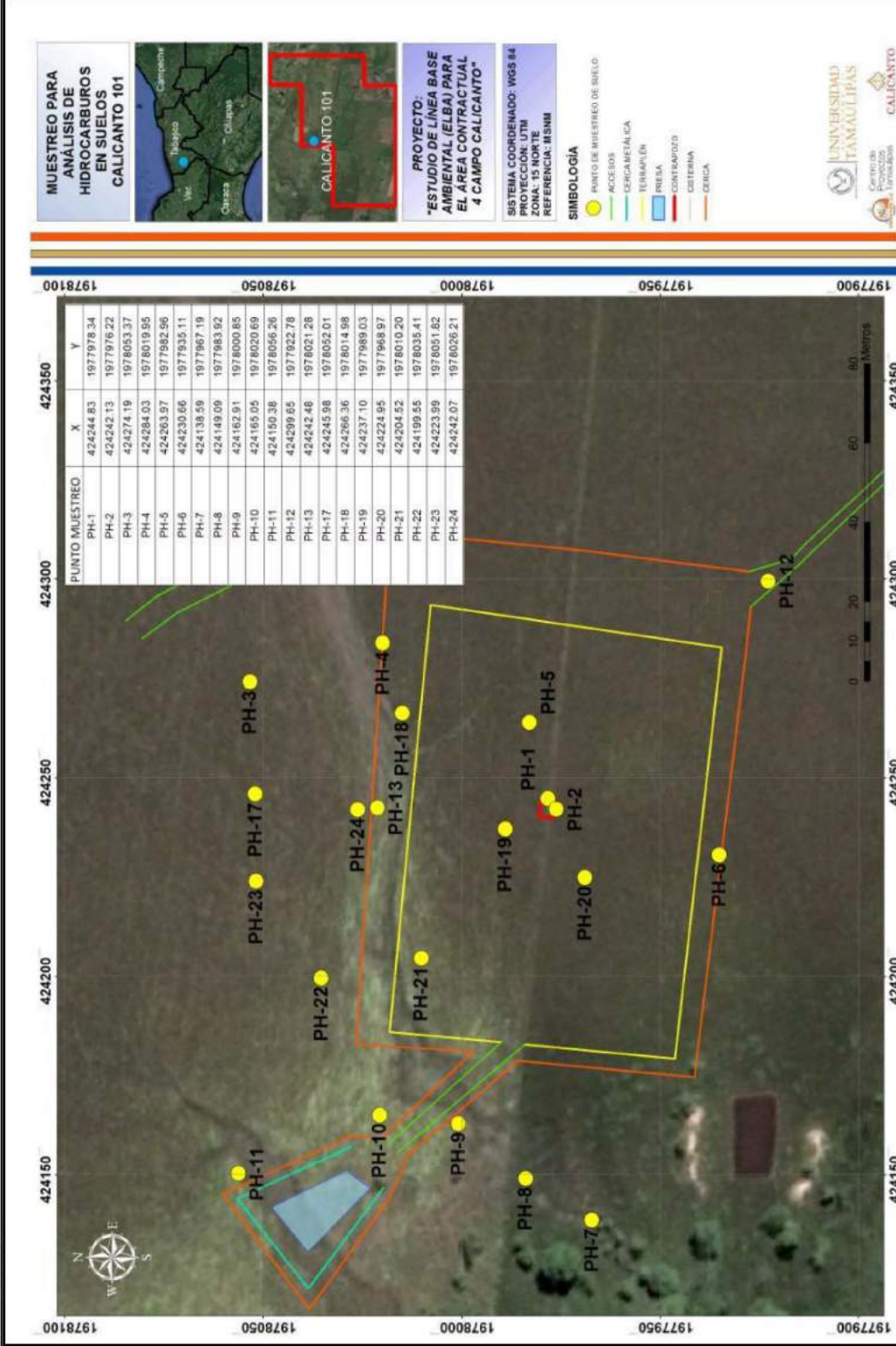
Dando seguimiento a la ejecución de estos trabajos, se realizó el registro de las condiciones en las que se encuentra el material de recorte extraído en las perforaciones, observándose que los materiales presentes en el área son: material de relleno en los primeros 0.30m, a partir de esta profundidad y hasta los 1.00m y 1.40m se encuentran las arcillas, presentando distintas coloraciones, como negras, cafés y verdes; sobre ese mismo nivel se encuentran arenas, también en distinta coloración (gris y café) y finalmente se encuentra una combinación de arcillas negra y amarillas, encontrándose el agua en el segundo y tercer nivel de materiales.

### PASIVOS AMBIENTALES

**Tabla 8.4.3-5.-** Pozos y los factores que influyen en su modificación de acuerdo al plan de muestreo original.

ID	ESTE	NORTE	PROFUNDIDAD PROPUESTA	PROFUNDIDAD EJECUTADA	FACTOR DE MODIFICACIÓN		
					NIVEL DE AGUA	REUBICACIÓN POR REDUCCIÓN DE ÁREA DE MUESTREO	ELIMINACIÓN POR REDUCCIÓN DE ÁREA DE MUESTREO
PH-1	424244.8256	1977978.345	4.5	0.7	X	X	
PH-2	424242.1345	1977976.216	4.5	0.7	X	X	
PH-3	424274.187	1978053.37	4.5	0.3	X		
PH-4	424284.027	1978019.95	4.5	0.3	X		
PH-5	424263.967	1977982.96	4.5	1.5	X		
PH-6	424230.656	1977935.11	4.5	2.4	X		
PH-7	424138.587	1977967.19	4.5	0.3	X		
PH-8	424149.093	1977983.92	4.5	0.3	X		
PH-9	424162.906	1978000.85	4.5	0.3	X		
PH-10	424165.046	1978020.69	4.5	0.3	X		
PH-11	424150.3826	1978056.258	4.5	1.5	X	X	
PH-12	424299.6513	1977922.779	4.5	2.2	X	X	
PH-13	424242.4836	1978021.28	4.5	0.5	X	X	
PH-14	424183.139	1978081.39	4.5				X
PH-15	424209.986	1978074.97	4.5				X
PH-16	424240.725	1978077.69	4.5				X
PH-17	424245.978	1978052.01	4.5	0.3	X		
PH-18	424266.359	1978014.98	4.5	2.3	X		
PH-19	424237.097	1977989.03	4.5	1.5	X		
PH-20	424224.95	1977968.97	4.5	1.5	X		
PH-21	424204.522	1978010.2	4.5	1.5	X		
PH-22	424199.553	1978035.41	4.5	0.3	X		
PH-23	424223.994	1978051.82	4.5	0.3	X		
PH-24	424242.066	1978026.21	4.5	0.3	X		

**PASIVOS AMBIENTALES**



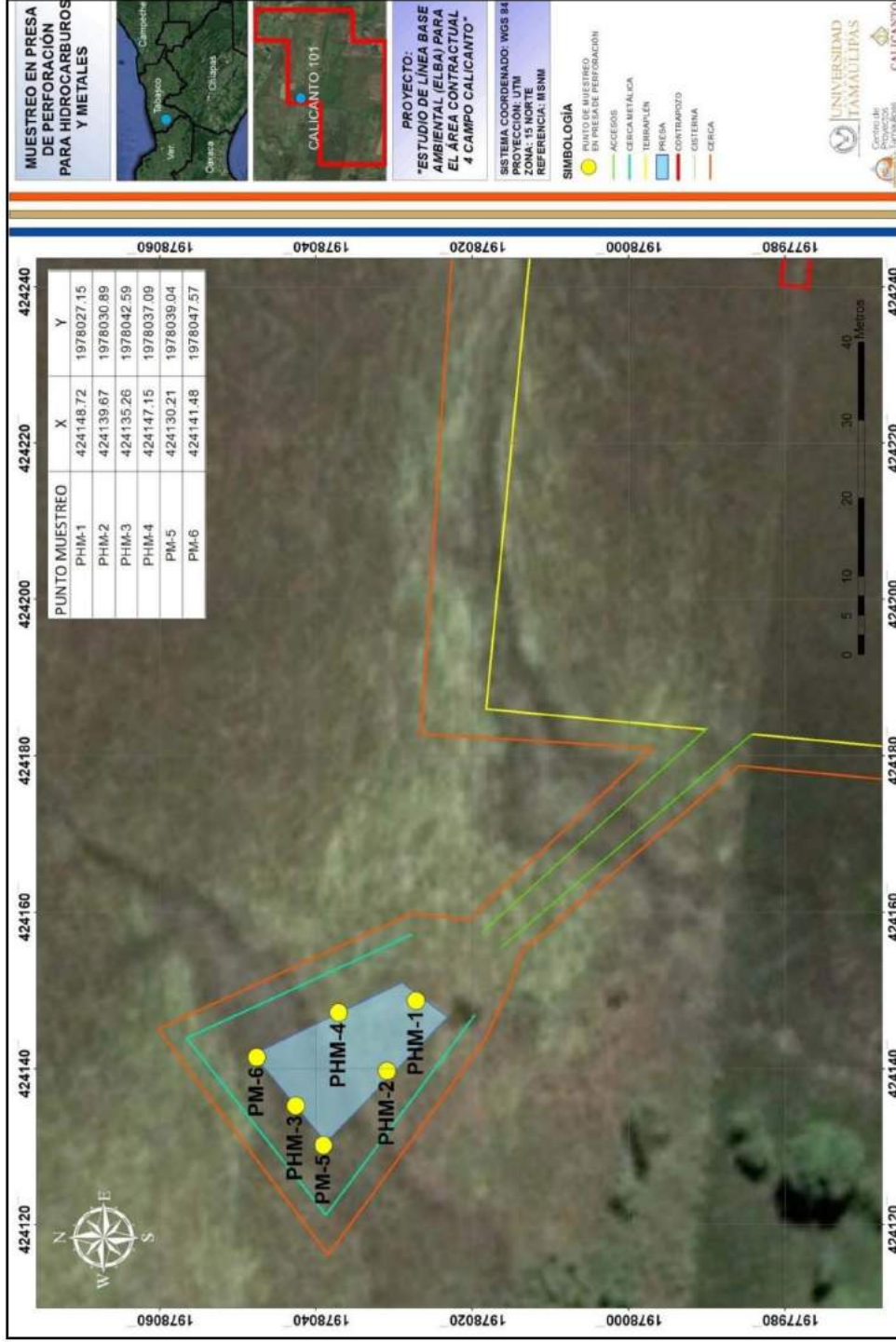
**Figura 8.4.3-1.** Ubicación final de los puntos de sondeo para análisis de Hidrocarburos en el pozo Calicanto 101.

PASIVOS AMBIENTALES

- Un tercer factor que influyó para la reubicación de puntos de sondeo fue el de reconocimiento de las áreas de posible influencia generada por la presa de perforación que se encuentra ubicada al Oeste del terraplén, realizándose un punto de sondeo al Norte de esta en comunicación con el área de cultivo que se encuentra al Norte del terraplén, ubicándose el punto PH-11 en esta zona, cumpliendo con lo establecido en la normatividad aplicable.

Tabla 8.4.3-6. Ubicaciones y profundidades finales de los puntos de muestreo en la presa de perforación del pozo Calicanto 101.

ID	ESTE	NORTE	TIPO	NIVELES DE TOMA PROPUESTO		NIVELES DE TOMA EJECUTADO		OBSERVACIONES
				NIVEL SOMERO	NIVEL PROFUNDO	NIVEL SOMERO	NIVEL PROFUNDO	
PMH-1	424148.72	1978027.15	HIDROCARBURO Y METALES	0.05		0.1		REUBICADO
PMH-2	424139.67	1978030.89	HIDROCARBURO Y METALES	0.05		0.1		REUBICADO
PMH-3	424135.26	1978042.59	HIDROCARBURO Y METALES	0.05		0.1		REUBICADO
PMH-4	424147.15	1978037.09	HIDROCARBURO Y METALES	0.05		0.1		REUBICADO
PM-5	424130.21	1978039.04	METALES	0.05		0.1		REUBICADO
PM-6	424141.48	1978047.57	METALES	0.05	3.8	0.1	1.3	REUBICADO



**Figura 8.4.3-2.** Ubicación final de los puntos de muestreo en la zona de presas de perforación en el pozo Calicanto 101.

PASIVOS AMBIENTALES

Los resultados analíticos emitidos por el laboratorio acreditado son los siguientes:

A continuación se presenta los resultados de los análisis realizados a las muestras obtenidas de los trabajos de muestreo de suelo llevados a cabo en el Área Contractual 4 Campo Calicanto, de acuerdo a los métodos establecidos por la normatividad ambiental vigente (para hidrocarburos es la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 y para metales la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004), que a continuación se describen.

Tabla 8.4.3-7. Resultados analíticos de Hidrocarburos de las muestras de suelo obtenidas en el área aledaña al pozo Calicanto 101.

ID	X	Y	FRACCIÓN N LIGERA	FRACCIÓN N MEDIA	FRACCIÓN N PESADA	B	T	E	X	BP	DA	BA	BF(b)	BF(k)	Ip
CALICANTO-101-PH-3-0.30 M.	424274.19	1978053.3 7	<2.3	<31.0	<500.0	<0.1 0	<0.0 7	<0.1 0	<0.0 9	<0.03 6	<0.03 9	<0.03 5	<0.03 6	<0.03 6	<0.02 3
CALICANTO-101-PH-4-0.30 M.	424284.03	1978019.9 5	<2.3	<31.0	<500.0	<0.1 0	<0.0 7	<0.1 0	<0.0 9	<0.03 6	<0.03 9	<0.03 5	<0.03 6	<0.03 6	<0.02 3
CALICANTO-101-PH-17-0.30 M.	424245.98	1978052.0 1	<2.3	<31.0	<500.0	<0.1 0	<0.0 7	<0.1 0	<0.0 9	<0.03 6	<0.03 9	<0.03 5	<0.03 6	<0.03 6	<0.02 3
CALICANTO-101-PH-23-0.30 M.	424223.99	1978051.8 2	<2.3	<31.0	<500.0	<0.1 0	<0.0 7	<0.1 0	<0.0 9	<0.03 6	<0.03 9	<0.03 5	<0.03 6	<0.03 6	<0.02 3
CALICANTO-101-PH-22-0.30 M.	424199.55	1978035.4 1	<2.3	<31.0	<500.0	<0.1 0	<0.0 7	<0.1 0	<0.0 9	<0.03 6	<0.03 9	<0.03 5	<0.03 6	<0.03 6	<0.02 3
CALICANTO-101-PH-24-0.30 M.	424242.07	1978026.2 1	<2.3	<31.0	<500.0	<0.1 0	<0.0 7	<0.1 0	<0.0 9	<0.03 6	<0.03 9	<0.03 5	<0.03 6	<0.03 6	<0.02 3
CALICANTO-101-PH-10-0.30 M.	424165.05	1978020.6 9	<2.3	<31.0	<500.0	<0.1 0	<0.0 7	<0.1 0	<0.0 9	<0.03 6	<0.03 9	<0.03 5	<0.03 6	<0.03 6	<0.02 3
CALICANTO-101-PH-9-0.30 M.	424162.91	1978000.8 5	<2.3	<31.0	<500.0	<0.1 0	<0.0 7	<0.1 0	<0.0 9	<0.03 6	<0.03 9	<0.03 5	<0.03 6	<0.03 6	<0.02 3
CALICANTO-101-PH-8-0.30 M.	424149.09	1977983.9 2	<2.3	<31.0	<500.0	<0.1 0	<0.0 7	<0.1 0	<0.0 9	<0.03 6	<0.03 9	<0.03 5	<0.03 6	<0.03 6	<0.02 3
CALICANTO-101-PH-7-0.30 M.	424138.59	1977967.1 9	<2.3	<31.0	<500.0	<0.1 0	<0.0 7	<0.1 0	<0.0 9	<0.03 6	<0.03 9	<0.03 5	<0.03 6	<0.03 6	<0.02 3
CALICANTO-101-PH-13-0.50 M.	424242.48	1978021.2	<2.3	<31.0	<500.0	<0.1	<0.0	<0.1	<0.0	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.02

PASIVOS AMBIENTALES

ID	X	Y	FRACCIÓN N LIGERA	FRACCIÓN N MEDIA	FRACCIÓN N PESADA	B	T	E	X	BP	DA	BA	BF(b)	BF(k)	Ip
		8				0	7	0	9	6	9	5	6	6	3
CALICANTO-101-PH-2-0.70 M.	424242.13	1977976.2 2	<2.3	<31.0	<500.0	<0.1 0	<0 7	<0.1 0	<0 9	<0.03 6	<0.03 9	<0.03 5	<0.03 6	<0.03 6	<0.02 3
CALICANTO-101-PH-1-0.70 M.	424244.83	1977978.3 4	<2.3	<31.0	<500.0	<0.1 0	<0 7	<0.1 0	<0 9	<0.03 6	<0.03 9	<0.03 5	<0.03 6	<0.03 6	<0.02 3
CALICANTO-101-PH-18-1.50 M.	424266.36	1978014.9 8	<2.3	<31.0	<500.0	<0.1 0	<0 7	<0.1 0	<0 9	<0.03 6	<0.03 9	<0.03 5	<0.03 6	<0.03 6	<0.02 3
CALICANTO-101-PH-5-1.50 M.	424263.97	1977982.9 6	<2.3	<31.0	<500.0	<0.1 0	<0 7	<0.1 0	<0 9	<0.03 6	<0.03 9	<0.03 5	<0.03 6	<0.03 6	<0.02 3
CALICANTO-101-PH-5-1.50 M. DUP.	424263.97	1977982.9 6	<2.3	<31.0	<500.0	<0.1 0	<0 7	<0.1 0	<0 9	<0.03 6	<0.03 9	<0.03 5	<0.03 6	<0.03 6	<0.02 3
CALICANTO-101-PH-21-1.50 M.	424204.52	1978010.2 0	<2.3	<31.0	<500.0	<0.1 0	<0 7	<0.1 0	<0 9	<0.03 6	<0.03 9	<0.03 5	<0.03 6	<0.03 6	<0.02 3
CALICANTO-101-PH-19-1.50 M.	424237.10	1977989.0 3	<2.3	<31.0	<500.0	<0.1 0	<0 7	<0.1 0	<0 9	<0.03 6	<0.03 9	<0.03 5	<0.03 6	<0.03 6	<0.02 3
CALICANTO-101-PH-6-1.50 M.	424230.66	1977935.1 1	<2.3	<31.0	<500.0	<0.1 0	<0 7	<0.1 0	<0 9	<0.03 6	<0.03 9	<0.03 5	<0.03 6	<0.03 6	<0.02 3
CALICANTO-101-PH-20-1.50 M.	424224.95	1977968.9 7	<2.3	<31.0	<500.0	<0.1 0	<0 7	<0.1 0	<0 9	<0.03 6	<0.03 9	<0.03 5	<0.03 6	<0.03 6	<0.02 3
CALICANTO-101-PH-12-1.50 M.	424299.65	1977922.7 8	<2.3	<31.0	<500.0	<0.1 0	<0 7	<0.1 0	<0 9	<0.03 6	<0.03 9	<0.03 5	<0.03 6	<0.03 6	<0.02 3
CALICANTO-101-PH-11-1.50 M.	424150.38	1978056.2 6	<2.3	<31.0	<500.0	<0.1 0	<0 7	<0.1 0	<0 9	<0.03 6	<0.03 9	<0.03 5	<0.03 6	<0.03 6	<0.02 3
CALICANTO-101-PH-12-2.20 M.	424299.65	1977922.7 8	<2.3	<31.0	<500.0	<0.1 0	<0 7	<0.1 0	<0 9	<0.03 6	<0.03 9	<0.03 5	<0.03 6	<0.03 6	<0.02 3
CALICANTO-101-PH-12-2.20 M. DUP.	424299.65	1977922.7 8	<2.3	<31.0	<500.0	<0.1 0	<0 7	<0.1 0	<0 9	<0.03 6	<0.03 9	<0.03 5	<0.03 6	<0.03 6	<0.02 3
CALICANTO-101-PH-18-2.30 M.	424266.36	1978014.9 8	<2.3	<31.0	<500.0	<0.1 0	<0 7	<0.1 0	<0 9	<0.03 6	<0.03 9	<0.03 5	<0.03 6	<0.03 6	<0.02 3
CALICANTO-101-PH-6-2.40 M.	424230.66	1977935.1 1	<2.3	<31.0	<500.0	<0.1 0	<0 7	<0.1 0	<0 9	<0.03 6	<0.03 9	<0.03 5	<0.03 6	<0.03 6	<0.02 3

---

PASIVOS AMBIENTALES

Derivado del análisis de los resultados emitidos por el laboratorio acreditado por las autoridades ambientales mexicanas, podemos observar que ninguno supera los valores establecidos como límites máximos permisibles en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.



PASIVOS AMBIENTALES

**Tabla 8.4.3-8.** Resultados analíticos de Metales pesados y metaloides de las muestras de suelo obtenidas en el área aledaña al pozo Calicanto 101.

ID	X	Y	As	Ba	Be	Cd	Cr	Hg	Ni	Ag	Pb	Se	Tl	V
<b>0.10 METROS DE PROFUNDIDAD</b>														
CALICANTO-101-PHM-1-0.10M.	424148.72	1978027.15	5	500	12.5	2.5	0.3	0.07	100	50	50	50	3	12.4
CALICANTO-101-PHM-2-0.10M.	424139.67	1978030.89	5	500	12.5	6.3	0.3	0.07	100	50	50	50	3	25.2
CALICANTO-101-PHM-3-0.10M.	424135.26	1978042.59	5	500	12.5	10.4	0.3	0.07	100	50	50	50	3	41.6
CALICANTO-101-PHM-4-0.10M.	424147.15	1978037.09	5	500	12.5	2.7	0.3	0.07	100	50	50	50	3	11.9
CALICANTO-101-PM-5-0.10M.	424130.21	1978039.04	5	500	12.5	11.8	0.3	0.07	100	50	50	50	3	46.8
CALICANTO-101-PM-6-0.10M.	424141.48	1978047.57	5	500	12.5	11.5	0.3	0.07	100	50	50	50	3	43.5
<b>1.30 METROS DE PROFUNDIDAD</b>														
CALICANTO-101-PM-6-1.30M.	424141.48	1978047.57	5	500	12.5	2.5	0.3	0.07	100	50	50	50	3	25.4

De igual manera que en el caso anterior, las concentraciones detectadas por medio de los análisis realizados por el laboratorio acreditado a las muestras obtenidas en la presa de perforación, claramente señalan que estas no superan los valores de concentraciones de referencia totales para el tipo de suelo presente en la infraestructura. Lo cual nos indica que esta no representa un riesgo para el entorno.

---

PASIVOS AMBIENTALES

**Áreas y volúmenes contaminados en el área del pozo calicanto 101.**

Una vez generadas las plumas de dispersión mediante los métodos estadísticos anteriormente descritos, se observa que la contaminación principalmente se asocia a las presas muestreadas y en mayor medida de manera superficial para los contaminantes (se presentarán las fracciones y contaminantes que se encuentran por encima del límite máximo permisible que señala la muestra), (se señala la profundidad a la que se encontró el contaminante así como la ubicación de los puntos de sondeo que mostraron contaminación por encima de los límites máximos permisibles que señala la muestra)

### CORRELACIÓN ENTRE MÉTODOS DIRECTOS (RESULTADOS ANALÍTICOS) Y MÉTODOS INDIRECTOS (GEOFÍSICA)

De acuerdo a los resultados de la prospección geofísica realizada dentro del Área Contractual 4 Campo Calicanto, en donde se ejecutaron **3 Tomografías Eléctrico Resistivas (TER's)** para la exploración del subsuelo sobre el "sitio potencialmente contaminado," se propusieron un total de **5 Puntos de Muestreo para hidrocarburo (PH)** ubicados sobre el área donde se llevó a cabo el levantamiento de las mismas, así como en zonas cercanas que permitieron tomar de referencia los valores obtenidos mediante esta metodología de acuerdo a los registros resistivos.

La ejecución de los puntos de muestreo comenzó sobre las propuestas más representativas, en los cuales se esperaba encontrar una correspondencia entre las anomalías identificadas durante los análisis de las metodologías indirectas y la presencia de cualquier indicio de contaminación (olor y/o presencia visual), además, en la ejecución de los mismos, se realizó un análisis organoléptico de las muestras obtenidas, registrando en bitácora las características físicas de los materiales como su color y textura, con lo cual se detalló la estratigrafía somera del sitio.

En este apartado se llevará a cabo la correlación entre los métodos directos e indirectos, con la finalidad de evaluar la eficacia del método geofísico y a su vez obtener el porcentaje de confianza que nos servirá para la toma de decisiones en cuanto a la dispersión de contaminantes, debido a que en caso de contar con una buena correlación, se tendría mayor información del área de estudio y no solo con resultados puntuales como lo establece el muestreo (métodos directos). Cabe mencionar que, además de los objetivos de búsqueda de valores anómalos por presencia de hidrocarburo, se consideraron dentro de los criterios para la proyección de PH, aquellas anomalías que por su contraste resistivo se tuvo la necesidad de realizar la perforación para esclarecer el origen de tales valores.

En el caso geológico, se obtuvieron registros que en su mayoría predominaron resistividades medias y bajas, definiéndose la siguiente distribución de acuerdo a la clasificación materiales encontrados dentro del mismo terreno:

PASIVOS AMBIENTALES

- La "Unidad 1 Gravas" se encuentra conformada principalmente por rocas disgregadas de mayor tamaño (de acuerdo a la clasificación materiales encontrados en el Área Contractual Calicanto) registrando los valores más altos de resistividad los cuales van de los 40 Ohm\*m en adelante y encontrándose en la parte más superficial de las imágenes (1.00- 3.82m).
- La "Unidad 2 Arenas" se identifica por la predominancia de materiales de mediana granulometría de acuerdo al registro resistivo varía de los 15 a los 40 Ohm\*m, este rango de escala se debe a que el material se puede encontrar acompañado por otras unidades que aumenten o disminuyen ligeramente los valores de resistividad.
- La "Unidad 3 Arcillas", la cual se compone de los materiales granulométricos más finos con la escala de valores más bajos resistivos que van desde 1- 15 Ohm\*m, se encuentra generalmente a partir de los 5.00m de profundidad

Tabla 8.4.3-9. Modelo Geológico Resistivo.

UNIDAD	RESISTIVIDAD (Ohm*m)	PROFUNDIDAD MEDIA (m)
U1 GRAVAS	>40	1.00 – 3.82
U2 ARENAS	15-40	3.82 – 5.46
U3 ARCILLAS	1-15	5.46- 14.00

Con base en esto, se realizó la búsqueda más puntualizada de aquellos valores atípicos con respecto a la respuesta resistiva de los materiales, considerando que la intrusión de cualquier contaminante en el medio altera las propiedades físicas del mismo, lo que puede ser visualizado mediante la técnica de Tomografía Eléctrico Resistiva, donde se buscan dichas anomalías asociadas a la presencia de posibles contaminantes.

El análisis en conjunto de las secciones de tomografía, permitió obtener un modelo estratigráfico local, el cual fue corroborado con las bitácoras de perforación obtenidas durante los procesos de toma de muestra para el análisis de laboratorio acreditado por la EMA (Métodos Directos). Con estos datos, fue posible

realizar un ajuste al modelo inicial, obteniendo así mayor certeza entre la correlación geológica y geofísica del sitio.

Analizando la información, es posible idealizar un marco geológico conceptual, con el cual se definen capas del subsuelo así como su espesor, que de acuerdo a su valor resistivo, se asocia a algún material compuesto (Aluvión) o simple (Arcilla).

Para el caso del área aledaña del Pozo Calicanto 101 se obtuvo una media de las resistividades asociándolas a materiales que pudieron ser identificados en las perforaciones realizadas para la instalación de las gasometrías, obteniendo las 3 clasificaciones mencionadas anteriormente, además, conforme se realizaron las perforaciones para los muestreos de suelo, se ejecutó el análisis mediante el tacto y visualizando los materiales extraídos (organolépticamente), registrando esta información y generando perfiles estratigráficos a detalle hasta una profundidad máxima de 2.60 metros.

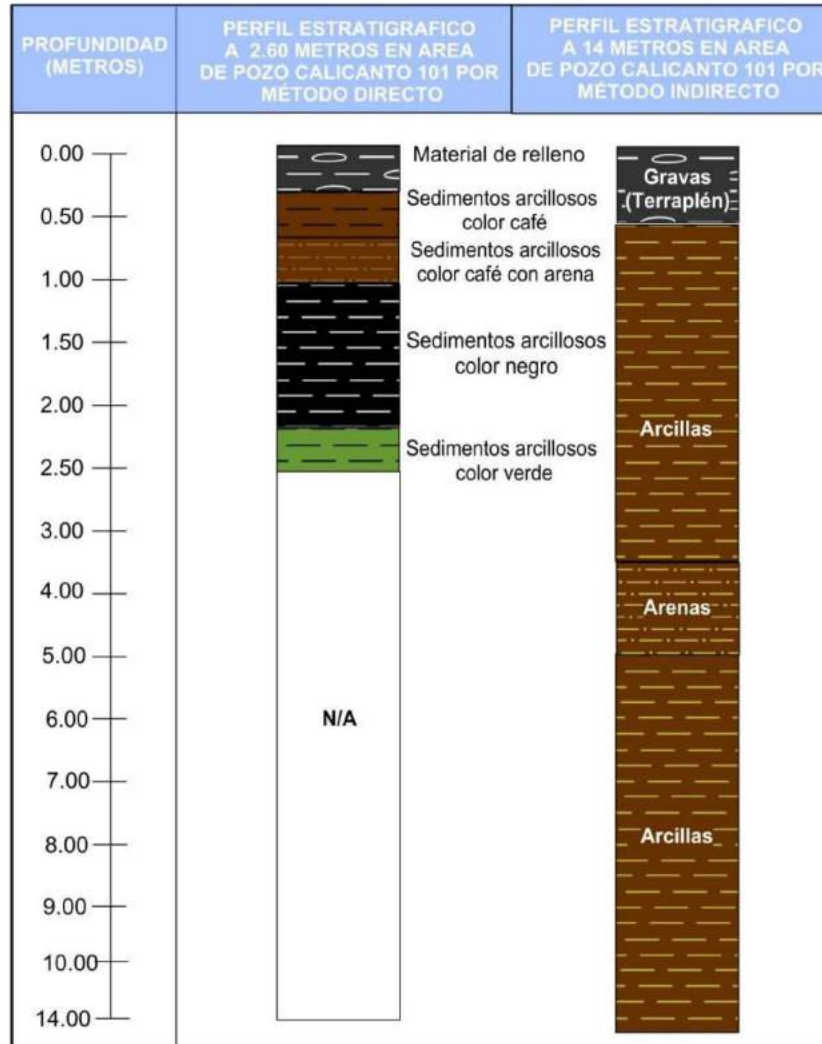


Figura 8.4.3-3. Comparativa entre perfil estratigráfico por Método Directo y perfil estratigráfico por Método Indirecto Calicanto 101.

Comparando los dos perfiles resultantes es posible observar que las Unidades Geológicas Resistivas identificadas mediante la geofísica, corresponden a los materiales obtenidos a través la metodología directa hasta los 2.60 m de alcance, asociándose la presencia de materiales arcillosos hasta los 14.00m de profundidad, de acuerdo a la correspondencia numérica obtenida en las correlaciones superficiales. Con

esto, es posible afinar los datos geofísicos obtenidos preliminarmente para entender con mayor precisión el comportamiento estratigráfico de la zona.

Otra de las comparaciones establecidas entre la información obtenida durante la perforación para la toma de muestra, es posible establecer una comparativa entre los perfiles resistivos y el esquema litológicos del área. Para ello se presenta la imagen de la tomografía TER-2 Calicanto, en donde se propuso el PH-20 sobre las áreas de contraste observadas en color rojo por la presencia del terraplén el cual registra valores mayores a los 80 Ohm\*m y el área observada en color verde con valores entre los 40 y 50 Ohm\*m, que de acuerdo a los registros de perforación, dichos valores pertenecen al suelo arcilloso en diferentes transiciones, variando en tonalidades y texturas por la presencia de agregados como arenas, las cuales incrementan ligeramente los valores resistivos.

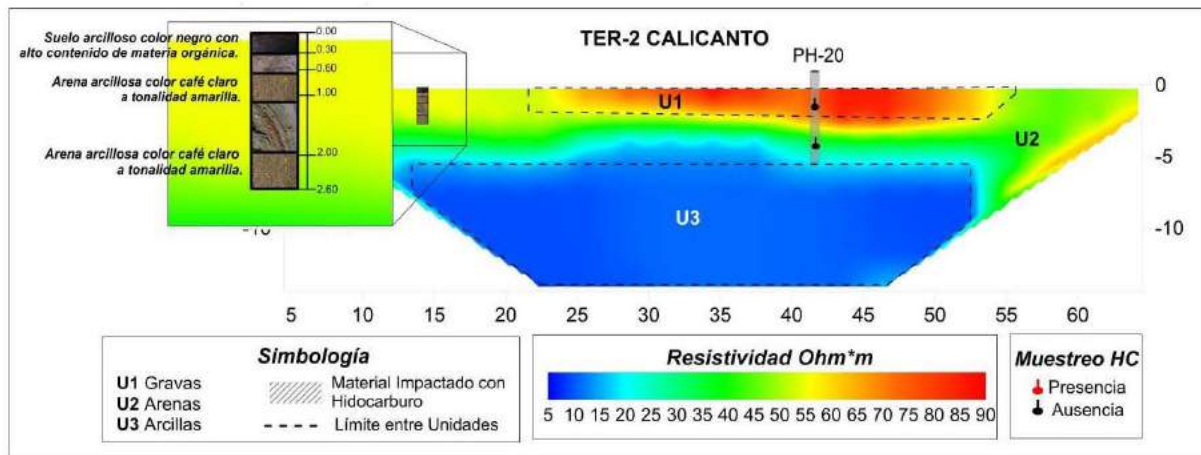


Figura 8.4.3-4. Correlación Tomografía-Estratigrafía Calicanto

Para el caso de la correlación entre los resultados de la *metodología indirecta* y los *resultados analíticos de laboratorio*, es importante mencionar que dicha comparación **no puede considerarse como factible**, debido a que las condiciones físicas encontradas en el área del terraplén y zonas aledañas al Pozo Calicanto-101 durante la ejecución de la Metodología Directa, se vieron afectadas por los eventos meteorológicos ocurridos durante la temporada de lluvias, observando que las condiciones iniciales

PASIVOS AMBIENTALES

---

registradas durante la evaluación del sitio a través de la metodología indirecta (ejecutada durante la temporada de estiaje) difieren por completo a las observadas durante la etapa de muestreo, las cuales al presentar un medio permeable en superficie (terraplén), permitieron la filtración del agua a través del subsuelo, alterando de esta forma las condiciones físicas sobre las cuales fueron basadas las propuestas de PH's, por lo que se descarta la posibilidad de establecer una comparativa entre dichas metodologías.



REFERENCIAS

---

**9 REFERENCIAS**

Ayuntamiento de Huimanguillo. Dirección de Protección Civil Dirección de Obras Públicas.

Bakkes, J.A., van den Born, G.J., Helder, J.C., Swart, R. J., Hope, C.W., and Parker, J.D.E. (1994) An Overview of Environmental Indicators: State of the Art and Perspectives. UNEP/EATR.94-01; RIVM/402001001. Environmental Assessment Sub-Programme; UNEP, Nairobi.

Bojorquez-Tapia, L. A., Ezcurra E. And García, O. (1998) Appraisal of environmental impacts and mitigation measures through mathematical matrices; Journal of Environmental Management 53, 91-99.

Brower E. James, Zar H.J., von Ende C. (1998) Field and Laboratory Methods for General Ecology; Ed. Mcgrawhill, United States of América.

Canter, L. W.: 1999, Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Técnicas para la elaboración de los estudios de impacto. Mc Graw-Hill. Madrid.

Cavazos, T., J. A. Salinas, B. Martínez, G. Colorado, P. de Grau, R. Prieto, C. Conde, A. Quintanar, J. Santana, R. Romero, M. E. Maya, J. G. Rosario, M.R. Ayala, H. Carrillo, O. Santi esteban, M. E. Bravo. 2013. Actualización de escenarios de cambio climático para México como parte de los productos de la Quinta Comunicación Nacional. <http://escenarios.ine.gob.mx>

Comisión Nacional de Hidrocarburos.

PEMEX Exploración y Producción, 2002.

Comisión Nacional del Agua, 2015, Estadísticas del Agua en México.

Conesa F. Vicente (2010). Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental; Ediciones, Mundi-Prensa, Madrid, España.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Artículos: 4, 25, 27, 73 y 115.

Diario Oficial de la Federación DOF el 20 de abril de 2015. Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas.

REFERENCIAS

---

- Espinoza, G. (2007). Gestión y fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. Santiago de Chile: Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y Centro de Estudios para el Desarrollo (CED).
- Estudio Ambiental de Sitio para la Construcción de camino de acceso, presa y presa de quema para la perforación del pozo exploratorio Calicanto 101, desarrollado por la Universidad Popular de la Chontalpa.
- FAO, 1980. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
- Felger, (2000). Flora of the Gran Desierto and Rio Colorado of Northwestern Mexico, University of Arizona Press, Tucson.
- Gamendia Salvador, Alfonso. (2005), Evaluación de Impacto Ambiental, Pearson Educación, S.A., Madrid, España.
- Gómez Orea, D. (2003). Evaluación de Impacto Ambiental. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2010.
- INEGI 2015. Estadísticas de actividades primarias de la Localidad Huimanguillo, Estado de Tabasco.
- INEGI, 2015. Anuario estadístico y geográfico de Tabasco.
- INEGI. Las cartas geológicas de la zona, en escala 1:250 000.
- Leopold, L. B., F. E. Clarke, B. B. Hanshaw, and J. E. Balsley. 1971. A procedure for evaluating environmental impact. U.S. Geological Survey Circular 645, Washington, D.C.
- Ley de Aguas Nacionales. Artículo 3, Fracción XVI.
- Ley de hidrocarburos. Artículo 2, Fracción I, II, III, IV y V. Artículo 4, Fracción III y IV.
- Ley de la agencia nacional de seguridad industrial y de protección al medio ambiente del sector hidrocarburos. Artículo 1, Fracción I, II y III. Artículo 3, Fracción VII. Artículo 6, Fracción I y II. Artículo 13, Fracción III. Artículo 22, Fracción I, II, III, IV y V.
- Ley de Protección Ambiental del Estado de Tabasco.
- Ley Federal de Responsabilidad Ambiental. Artículo 2, Artículo 6. Artículo 7. Artículo 10. Artículo 12.

REFERENCIAS

---

- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). Artículo 15. Artículo 20 Bis 2. Artículo 134 Fracción V. Artículo 152 BIS.
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Art.5. Artículo 31 Fracción XI. Artículo 68.
- Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos del Estado de Tabasco, 2013.
- Licitación No. 18575008-536-11. Descripción de los Trabajos: Saneamiento y restauración de áreas contaminadas con hidrocarburo.
- Madigan, M.T.; Martinko, J.M.; Parker, J. 1999. Brock: Biología de los microorganismos. 8 ed. Madrid: Prentice. 986 p.
- Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional del proyecto Ogarrio-Magallanes (MIA-R).
- Monitoreo de las condiciones ambientales y seguimiento, evaluación y validación del cumplimiento de Términos y Condicionantes del proyecto Ogarrio-Magallanes No. de convenio PEP-UPCH425101811.
- Montes de Oca, E., 2001. Escarabajos coprófagos de un escenario ganadero típico de la región de los Tuxtlas, Veracruz, México: importancia del paisaje en la composición de un gremio funcional, Acta Zoológica Mexicana, No.82, Xalapa, Abril, 2001.
- NMX-AA-132-SCFI-2006. Muestreo de suelos para la identificación y la cuantificación de metales y metaloides, y manejo de la muestra.
- NOM-052-SEMARNAT-2005. Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.
- NOM-115-SEMARNAT-2003. Que establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y mantenimiento de pozos petroleros terrestres para exploración y producción en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de áreas naturales protegidas o terrenos forestales.
- NOM-117-SEMARNAT-2006. Que establece las especificaciones de protección ambiental durante la instalación, mantenimiento mayor y abandono, de sistemas de conducción de hidrocarburos y petroquímicos en estado líquido y gaseoso por ducto, que se realicen en derechos de vía existentes, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales.

REFERENCIAS

---

- NOM-138-SEMARNAT/SS-2003. Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación. Apartado 4.17.
- NOM-143-SEMARNAT-2003. Que establece las especificaciones ambientales para el manejo de agua congénita asociada a hidrocarburos.
- 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, publicada el 30 de Diciembre del 2010, en el diario oficial de la federación. Segunda Sección. México D.F.
- NRF-009-PEMEX-2012. Identificación de instalaciones fijas.
- NRF-030-PEMEX-2009. Diseño, Construcción, Inspección y Mantenimiento de Ductos Terrestres para Transporte y Recolección de Hidrocarburos.
- NRF-256-PEMEX-2010 Diseño, construcción y mantenimiento de localizaciones y sus caminos de acceso, para la perforación de pozos petroleros terrestres.
- NRF-261-PEMEX-2010. Manejo integral de recortes impregnados con fluidos de control base aceite, generados durante la perforación y mantenimiento de pozos petroleros.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), 1996.
- Pemex, Exploración y Producción. (2011).
- POET. Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Estado de Tabasco.
- Primack, R., Rozzi, R., Feinsinger, P., Dirzo, R. & Massardo, F. 2001. Fundamentos de conservación biológica: Perspectivas Latinoamericanas. Fondo de Cultura Económica, México D.F. 797 pp.
- PROFEPA. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.
- Rau, J.G. 1980. Summarization of environmental impact. In J.G. Rau and D.C. Wooten, editors Environmental Analysis Handbook. McGraw Hill, New York.
- Reglamento de la Ley General de para la Prevención y Gestión de los Residuos, Artículo 132, párrafo segundo.
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental. Artículo 3.

REFERENCIAS

---

- Resolución emitida en materia de Impacto y Riesgo Ambiental S.G.P.A./DGIRA.-DG-2288.07 del 05 de octubre de 2007, del proyecto "Desarrollo de actividades del Proyecto Ogarrío Magallanes", y la modificación S.G.P.A./DGIRA/DG/0151/09 del 15 de enero de 2009.
- Resolutivo No. ASEA/UGI/DGGEERC/0694/2016 con fecha del 11 de julio de 2016, emitido por la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA)
- Sayre, R., 2000. Un Enfoque en la Naturaleza, Evaluaciones Ecológicas Rápidas. 2000 The Nature Conservancy, Arlington, Virginia, USA.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. (1997).
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Medio Ambiente.
- Sobrevilla y Bath, 1992. "Evaluaciones Ecológicas Rápidas" publicado por The Nature Conservancy.

**CLIMA**

- García, Enriqueta, 2004, Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- INEGI, 2009, Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Huimanguillo, Tabasco.
- Landa et al, 2008, Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Magaña, V, Caetano, 2007, E, Identificación de cuencas atmosféricas en México, Instituto Nacional de Ecología.
- Norma Oficial Mexicana NOM-156-SEMARNAT-2012, Establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire, Diario Oficial de la Federación, 16 de julio de 2012.
- Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-1993, Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO). Valor permisible para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población. Diario Oficial de la Federación, 18 de agosto de 1994.
- Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2010, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Valor normado para la concentración de

REFERENCIAS

---

dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. Diario Oficial de la Federación, 11 de junio de 2010.

Norma Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-1993, Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población. Diario Oficial de la Federación, 18 de agosto de 1994.

Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014, Salud ambiental. Valores límites permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> en el aire ambiente y criterios para su evaluación. Diario Oficial de la Federación, 4 de agosto de 2014.

Norma Oficial Mexicana NOM-034-SEMARNAT-1993, Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

Norma Oficial Mexicana NOM-035-SEMARNAT-1993, Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

Norma Oficial Mexicana NOM-036-SEMARNAT-1993, Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de ozono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

Norma Oficial Mexicana NOM-037-SEMARNAT-1993, Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de nitrógeno en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

NOM-038-SEMARNAT-1993, Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de azufre en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición. Diario Oficial de la Federación, 18 de octubre de 1993.

Organización Meteorológica Mundial, 2011, Guía de Prácticas Climatológicas, OMM-Nº 100.

Pérez-Vidal, et. al., 2008, Análisis de partículas suspendidas totales (PST) y partículas fracción respirable (PM-10), en Cunduacán, Tabasco, Universidad y Ciencia, Vol.26, No.2, 2010.

Ramos-Herrera, S, et al, Análisis temporal de la concentración de partículas PM<sub>10</sub> en Villahermosa, Tabasco, Kukulcab', Vol. XVI, No. 30, Enero-Junio 2010.

REFERENCIAS

---

Velázquez V., G., 1994, Los Recursos Hidráulicos del Estado de Tabasco, UJAT, Centro de Investigación de la División Académica de Ingeniería y Tecnología.

Boletín informativo de la calidad del Aire. Estación Instituto Tecnológico de Villahermosa (ITVH).  
[http://sernapam.tabasco.gob.mx/sites/all/files/sites/sernapam.tabasco.gob.mx/files/Cal\\_Aire\\_1115Oct\\_2010\\_2015\\_ITVH.pdf](http://sernapam.tabasco.gob.mx/sites/all/files/sites/sernapam.tabasco.gob.mx/files/Cal_Aire_1115Oct_2010_2015_ITVH.pdf)

Normales climatológicas por estación. Comisión Nacional Del Agua.  
[http://smn1.conagua.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=42&Itemid=75](http://smn1.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75)

Simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas. [http://antares.inegi.org.mx/analisis/red\\_hidro/SIATL/](http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/)

Atlas del agua en México, 2015. Comisión Nacional del Agua.  
<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/ATLAS2015.pdf>

Condición de los acuíferos a nivel nacional. [http://201.116.60.25/sina/index\\_jquery-mobile2.html?tema=acuiferos](http://201.116.60.25/sina/index_jquery-mobile2.html?tema=acuiferos)

Disponibilidad de cuencas hidrológicas. [http://201.116.60.25/sina/index\\_jquery-mobile2.html?tema=cuencas](http://201.116.60.25/sina/index_jquery-mobile2.html?tema=cuencas)

Interpretación de la calidad del agua a nivel nacional. Demanda bioquímica de oxígeno DBO5.  
[http://201.116.60.25/sina/index\\_jquery-mobile2.html?tema=calidadAgua](http://201.116.60.25/sina/index_jquery-mobile2.html?tema=calidadAgua)

Cuencas hidrológicas de México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.  
<http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjE3LjQ5Mjk4LGxvbjotOTMuMzE2ODQsejo4LGw6dGMxMTFzZXJ2aWNpb3N8YzQwMg==>

## EDAFOLOGÍA

REFERENCIAS

---

- Bolaños González, M. A., F. Paz Pellat, C. O. Cruz Gaistardo, J. A. Argumedo Espinoza, V. M. Romero Benítez y J. C. de la Cruz Cabrera, 2016. Mapa de erosión de los suelos de México y posibles implicaciones en el almacenamiento de carbono orgánico del suelo, *Terra Latinoamericana* 34: 271-288.
- Cuanalo, H, 1990, Manual para la descripción de perfiles de suelo en campo, Colegio de Postgraduados.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), 2009, Guía para la descripción de suelos, Cuarta edición.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), 2007, Base referencial mundial del recurso suelo, Segunda edición, 2006, primera revisión 2007.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2015. Chapter 6: Global soil status, processes and trends. In: FAO. Status of the World's Soil Resources. Rome, Italy. ISBN 978-92-5-109004-6.
- Galindo Alcántara, Adalberto, 2006, Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Tabasco, Secretaría de Desarrollo Social y Protección al Ambiente del estado de Tabasco.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), 2014, Guía para la interpretación de la cartografía de erosión del suelo escala 1: 250 000 Serie I, INEGI, Aguascalientes, México, ISBN 978-607-739-013-8.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales), 2002. Inventario Nacional de Suelos, México, D.F.
- Shields, J. and D. Coote, 1990. Development, documentation and testing of the soil and terrain (SOSTER) database and its use in the global assessment of soil degradation th (GLASOD), *Trans. 14 International Congress Soil Sc.*
- Zavala-Cruz, J, D.J. Palma-López, C.R. Fernández C, A. López C. y E. Shirma T, 2011, Degradación y conservación de suelos en la cuenca del río Grijalva, Tabasco, Colegio de Postgraduados, Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental y PEMEX, Villahermosa, Tabasco, 90 p.

**GEOLOGIA**

- CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres), 2001, Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México.



REFERENCIAS

---

- Galindo Alcántara, Adalberto, 2006, Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Tabasco, Secretaría de Desarrollo Social y Protección al Ambiente del estado de Tabasco.
- Padilla y Sánchez, José Ricardo, 2005, Evolución geológica del sureste mexicano desde el Mesozoico al presente en el contexto regional del Golfo de México, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Tomo LIX, Núm. 1, 2007, P. 19-42.
- Tarback, J. Eduard, Ludgens, Frederick K. Lutgens, 2005, Ciencias de la tierra, una introducción a la geología física, Ed. Pearson Educación S. A., Madrid, 2005.
- Zavala-Cruz, Joel, Palma-López, David Jesús, Jiménez Ramírez, Raquel, Gavi Reyes, Francisco, Bautista Zúñiga, Francisco, Paisajes geomorfológicos: Base para el levantamiento de suelos en Tabasco, Ecosistemas y Recursos Agropecuarios [en línea] 2016.
- Zonas sísmicas en México. Manual de diseño en obras civiles (diseño por sismo) de la Comisión Federal de Electricidad. <http://portalweb.sgm.gob.mx/museo/riesgos/sismos/sismologia-de-mexico>
- Provincias fisiográficas en México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjIzLjMyMDA4LGxvbjotMTAyLjE0NTY1LHo6MSxsOmm0MTE=>

## HIDROLOGÍA

- Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Huimanguillo (2701), Estado de Tabasco. Diario Oficial de la Federación, 20 de abril de 2015.
- Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero La Chontalpa (2702), Estado de Tabasco. Diario Oficial de la Federación, 20 de abril de 2015.
- Acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de Calidad del Aguas CE-CCA-001/89, Diario Oficial de la Federación, 13 de diciembre de 1989.
- Comisión Nacional del Agua, 2015, Estadísticas del Agua en México.
- Galindo Alcántara, Adalberto, 2006, Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Tabasco, Secretaría de Desarrollo Social y Protección al Ambiente del estado de Tabasco.
- Landa et al, 2008, Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México.

REFERENCIAS

---

Ley de Aguas Nacionales, Diario Oficial de la Federación, 24 de marzo de 2016.

Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015. Conservación del recurso agua - Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, Diario Oficial de la Federación, 27 de marzo de 2015.

NOM-127-SSA1-1994. "Salud ambiental, agua para uso y consumo humanos –límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización", D.O.F., 20 octubre de 2000.

Norma Mexicana NMX-AA-003-1980. Aguas residuales - Muestreo. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de marzo de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-014-1980. Cuerpos receptores.- Muestreo. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de septiembre de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-012-SCFI-2001. Análisis de Agua – Determinación de oxígeno disuelto en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – Método de Prueba (Cancela a la NMX-AA-012-1980).

Norma Mexicana NMX-AA-034-SCFI-2015. Análisis de agua - Medición de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – Método de prueba (cancela a la NMX-AA-034-SCFI-2001).

Norma Mexicana NMX-AA-072-2001. Análisis de agua - Determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba (cancela a la NMX-AA-072-1981).

Norma Mexicana NMX-AA- 039-1980. Análisis de aguas - Determinación de sustancias activas al azul de metileno (SAAM) en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas - Método de prueba (cancela a la NMX-AA- 039-1980).

Norma Mexicana NMX-AA-028-1981. Análisis de agua - Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en aguas naturales, residuales (DBO5) y residuales tratadas - Método de Prueba (cancela a la NMX-AA-028-1981).

Norma Mexicana NMX-AA-005-SCFI-2013. Análisis de agua – Medición de grasas y aceites recuperables en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – Método de prueba (cancela a la NMX-AA-005-SCFI-2000). DECLARATORIA de vigencia de la Norma Mexicana NMX-AA-005-SCFI-2013, Diario Oficial de la Federación, 11 de abril de 2014.

Norma Mexicana NMX-AA-008-SCFI-2011. Análisis de agua - Determinación del pH - Método de prueba- (cancela a la NMX-AA-008- SCFI-2000). DECLARATORIA de vigencia de la Norma Mexicana NMX-AA-008-SCFI-2016, Diario Oficial de la Federación, 9 de septiembre de 2016.

REFERENCIAS

---

- Norma Mexicana NMX-AA-099-SCFI-2006. Análisis de agua – Determinación de nitrógeno de nitritos en aguas naturales y residuales – métodos de prueba (cancela a la NMX-AA-099-1987), DECLARATORIA de vigencia de las normas mexicanas NMX-AA-099-SCFI-2006, NMX-AA-102-SCFI-2006, NMX-AA-119-SCFI-2006, NMX-AA-122-SCFI-2006, NMX-AA-123-SCFI-2006, NMX-AA-124-SCFI-2006 y NMX-AA-125-SCFI-2006, Diario Oficial de la Federación, 21 de agosto de 2006.
- Norma Mexicana NMX-AA-042-SCFI-2015. Análisis de agua - Enumeración de organismos coliformes totales, organismos coliformes fecales (termotolerantes) y escherichia coli – método del número más probable en tubos múltiples (cancela a LA NMX-AA-42-1987). DECLARATORIA de vigencia de las normas mexicanas NMX-AA-034-SCFI-2015, NMX-AA-042-SCFI-2015 y NMX-AA-175-SCFI-2015, Diario oficial de la Federación, 18 de abril de 2016.
- Norma mexicana NMX-AA-079-SCFI-2001. Análisis de aguas - Determinación de nitratos en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas - Método de prueba (cancela a la NMX-AA-079-1986). DECLARATORIA de vigencia de la NMX-AA-079-2001, Diario Oficial de la Federación, 13 de agosto de 2001.
- Norma Mexicana NMX-AA-029-SCFI-2001. Análisis de aguas - Determinación de fósforo total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba (cancela a la NMX-AA-029-1981), DECLARATORIA de vigencia de las norma mexicana NMX-AA-029-SCFI-2001, Diario oficial de la Federación, 17 de abril de 2001.
- Norma Mexicana NMX-AA-045-SCFI-2001. Análisis de agua - Determinación de color platino cobalto en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba (cancela a la NMX-AA-045-1981), DECLARATORIA de vigencia de las normas mexicanas NMX-AA-034-SCFI-2001, NMX-AA-036-SCFI-2001, NMX-AA-038-SCFI-2001, NMX-AA-039-SCFI-2001, NMX-AA-044-SCFI-2001, NMX-AA-045-SCFI-2001 y NMX-AA-050-SCFI-2001, Diario oficial de la Federación, 19 de julio de 2001.
- Norma Mexicana NMX-AA-038-SCFI-2001. Análisis de agua - Determinación de turbiedad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba (cancela a LA NMX-AA- 038-1981), DECLARATORIA de vigencia de las normas mexicanas NMX-AA-034-SCFI-2001, NMX-AA-036-SCFI-2001, NMX-AA-038-SCFI-2001, NMX-AA-039-SCFI-2001, NMX-AA-044-SCFI-2001, NMX-AA-045-SCFI-2001 y NMX-AA-050-SCFI-2001, Diario oficial de la Federación, 19 de julio de 2001.
- Norma Mexicana NMX-AA-093-SCFI-2000. Análisis de agua - Determinación de la conductividad electrolítica - Método de prueba (cancela a la NMX-AA-093-1984), DECLARATORIA de vigencia de las normas mexicanas NMX-AA-004-SCFI-2000, NMX-AA-005-SCFI-2000, NMX-AA-006-SCFI-2000, NMX-AA-007-SCFI-2000, NMX-AA-008-SCFI-2000 y NMX-AA-093-SCFI-2000, Diario oficial de la Federación, 23 de noviembre de 2000.

REFERENCIAS

---

López, Yamel, 2000, Relaciones hídricas en el continuo agua, suelo-planta-atmósfera, División de Investigaciones de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, 2000.

**VEGETACIÓN**

Brower E. James, ZAr H.J., von Ende C. (1998) Field and Laboratory Methods for General Ecology; Ed. Mcgrawhill, United States of América.

Gómez Pompa, A, Vázquez Yanes, C.1985. Estudio sobre la regeneración de selvas en regiones cálido-húmedas de México. In: Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Vol. II. Gómez-Pompa A. y S. Del Amo R. (eds.). Instituto de Investigaciones sobre Recursos Naturales y Editorial Alambra Mexicana, S.A. de C.V. México D.F. Pp. 1-25.

Guariguata y Ostertag, 2002. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. Forest ecology and management 148 (1), 185-206.

Kent M., Coker P., (1994). Vegetation description and analysis: A practical approach. Wiley Publications, Chichester.

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, publicada el 30 de Diciembre del 2010, en el diario oficial de la federación. Segunda Sección. México D.F.

Pennington T. D. y J. Sarukán. (2005). Árboles Tropicales de México. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 521pp.

**FAUNA**

A.O. U. 1998. Check-list of North American birds. 7th ed. American Ornithologists' Union. Lawrence, Kansas, 829 pp.

REFERENCIAS

---

- Aranda S., J. M. 1981. Rastros de los mamíferos silvestres de México. Manual de campo. Instituto Nacional de Investigación sobre Recursos Bióticos.
- Arriaga, et al 2000. Regiones terrestres prioritarias. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Arita, H. T. y Ceballos, G. 1997. Los mamíferos de México: distribución y estado de conservación. Revista Mexicana de Mastozoología. Vol 2.
- Arita , H. T. y CONABIO. Sin fecha. Proyecto P075 "Escalas y la diversidad de Mamíferos de México. UNAM: [http:// www.conabio.gob.mx/mamiferos/mamiferos3.pl](http://www.conabio.gob.mx/mamiferos/mamiferos3.pl)
- Arizmendi, M.C., L. Marquez y H. Benitez. 1999. Base de Datos de las AICAS. CIPAMEX, CONABIO, FMCN, y CCA. (<http://www.conabio.gob.mx> .México).
- Brower, J.E., J. H. Zar y C.N. Von Ende. 1990. Field and laboratory methods for general ecology. 3ª Ed. WM C. Brown Publishers. 237pp.
- Casas y Reina-Trujillo. 1991. Herpetofauna (anfibios y reptiles) Carta de Biogeografía IV.8.6. Instituto de Geografía, UNAM. Atlas Nacional de México.
- Ceballos, G., J., et al. 2002. The mammals of Mexico: Composition, distribution, and conservation status. Occasional Papers of the Museum, Texas Tech University, 218: 1-27.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad <http://www.conabio.gob.mx>
- CONAFOR. Comisión Nacional Forestal. [www.conafor.gob.mx](http://www.conafor.gob.mx)
- CONANP. . Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. [www.conanp.gob.mx](http://www.conanp.gob.mx)
- Conant R. y Collins J. T. 1991. A field guide to reptiles and amphibians eastern and central North america. 3 ed. Houghton Mifflin Co. USA. 450 pp.
- Dixon y Werler. 2000. Texas Snakes: Identification, Distribution, and Natural History.
- Edwards, E.P. 2009 . A field guide to the birds of Mexico and Adjacent Areas Belize, Guatemala, and El Salvador.
- Fa y Morales .1998. Patrones de diversidad de mamíferos de México. Pp. 315-352. In: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.), Diversidad biológica de México: Orígenes y distribución. Instituto de Biología, UNAM., México, D. F.

REFERENCIAS

---

- Fierro. 2009. Aves migratorias en Colombia. En: Plan Nacional de las Especies Migratorias: Diagnóstico e identificación de acciones para la conservación y el manejo sostenible de las especies migratorias de la biodiversidad colombiana. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial & WWF Colombia. Naranjo, L.G. & Amaya-Espinell J.D. (Editores). Bogotá.
- Flores-Villela y Canseco-Márquez. 2004. Nuevas especies y cambios taxonómicos. *Acta Zoológica Mexicana*.
- Flores Villela, O. 1998. Formación de una base de datos y elaboración de un atlas de la herpetofauna de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Bases de datos SNIB-CONABIO proyecto No. A014. México, D.F
- Flores-Villela, O. 1993. Herpetofauna Mexicana. Lista anotada de las especies de anfibios y reptiles de México, cambios taxonómicos recientes, y nuevas especies. Special publication No. 17. Carnegie Mus. Nat. Hist. 73 pp.
- García, A. y G. Ceballos. 1994. Guía de campo de los reptiles y anfibios de la costa de Jalisco, México. Fundación Ecológica de Cuixmala, A.C. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gill . 1995. Ornithology (2nd ed.). New York: W. H. Freeman and Company.
- Google Earth . 2016. V-7.1.7. 2606 . Google inc.
- Howell, S. N. G. y S. Webb. 1995. A guide to the birds of Mexico and northern central America. Oxford University Press. New York. 851 pp.
- Hutson ,A.M., et al . 2001. Microchiropteran bats: Global status survey and action plan. iucn/ssc Chiroptera Specialist Group, iucn, Gland
- INEGI , Serie 5 Uso de suelo y vegetación. Estado de Tabasco.
- Kays, R. & Wilson, D. E. 2009. Mammals of North America. Princeton Field Guides. Second Edition . 816 pp.
- Kays, R. & Wilson, D. E. 2002. Mammals of North America. Princeton Field Guides. University Press. U. K. 240 pp.
- Lazcano Villarreal, D. 1997. Anfibios y reptiles del estado de Nuevo León. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. B099. México, D.F.

REFERENCIAS

---

- Lazcano Villarreal, D. 1999. Anfibios y reptiles del estado de Tamaulipas, México. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas. Bases de datos SNIB-CONABIO proyecto No. H104. México D. F.
- “Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) y Reglamentos; Diario Oficial de la Federación (2015). Artículo 46.
- Lopez- Wilchis et al. 1992. Biodiversidad de Oaxaca Instituto de Biología. Universidad Autónoma de México. Fondo Oaxaqueño Para La Conservación De La Naturaleza. World Wildlife Fund.
- Mandujano, S. 1994. Conceptos generales del método de conteo de animales en transectos. *Ciencia* 45: 203-211.
- Medellín, R.A., et al. 2009. Conservación de especies migratorias y poblaciones transfronterizas, en *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 459-515.
- Medellín, R.A. . 2008 . Identificación de los Murciélagos de México. Clave de Campo. Segunda edición. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. 79 páginas.
- National Geographic Society. 2002. Field guide to the birds of North America. 4th Edition. 480 pp.
- Navarro, S.A. and Gordillo, A. 2006. Catálogo de autoridad taxonómica de la avifauna de México. Museo de Zoología, Facultad de Ciencias, UNAM. Base de datos snib-CONABIO, proyecto CS010.
- 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, publicada el 30 de Diciembre del 2010, en el diario oficial de la federación. Segunda Sección. México D.F.
- Ocampo-Peñuela. 2010. El fenómeno de la migración en aves: una mirada desde la Orinoquia. *Orinoquia* 14 (2):188-200
- Ramírez, P. J. 1999. Catálogo de autoridades de los mamíferos terrestres de México. UAM-Iztapalapa. Base de datos SNIB-Conabio, proyecto Q023 y Ceballos et al. 2002. The mammals of México. *Occ. Papers Mus. Texas Tech Univ.* 218:1-24.
- Ramírez, P.J. et al. 2005. Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoologica Mexicana*, 21(1):21-82.
- Ramírez-Pulido, J. & A. Castro-Campillo. 1993. Diversidad mastozoológica en México, *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. Vol. Esp.* (XLIV):413-427.

REFERENCIAS

---

- Rappole et ál. 1993.. Aves migratorias neárticas en los neotrópicos. Conservation and Research Center, National Zoological Parks, Smithsonian Institution, Washington, D.C. 341 p.
- Roland, W. K. and Don E. W. .2009. Mammals of North America Second Edition. Princeton Field guides.816 pp.
- Sélem-Salas,et all . 2004. Capítulo 9: Aves y mamíferos. 269-302. En: Zúñiga Bautista, F., H. Delfin González, J. L. Palacio Prieto y M.C. Delgado Carranza (eds.). Técnicas de muestreo para manejadores de recursos.Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma de Yucatán, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología e Instituto Nacional de Ecología. México.
- SEMARNAT. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. [www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)
- Shackelford et al. 2005.
- Ramsar .Convención de Ramsar-.Portal de la CONANP (<http://ramsar.conanp.gob.mx/lsr.php>)
- Regiones del continente americano en el cual se distribuyen las aves. (<http://animaldiversity.org/glossary/>).
- Rappole et ál. 1993. Aves migratorias neárticas en los neotrópicos. Conservation and Research Center, National Zoological Parks, Smithsonian Institution, Washington, D.C. 341 p.
- Roland W. Kays and Don E. Wilson.2009. Mammals of North America: Second Edition. Princeton University Press.816 pp.
- Rutas migratorias de aves. [http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/scripts\\_aves/docs/naturalia\\_aves.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/scripts_aves/docs/naturalia_aves.pdf)
- Sayre .2000. Evaluaciones Ecológicas Rápidas (EER). "Nature in Focus: Rapid Ecological Assessment"
- Sélem-Salas C. et. al. 2004. Técnicas de Muestreo para Manejadores de Recursos Naturales. Cap III Los organismos: Aves y Mamíferos. UNAM DGEP
- SEMARNAT. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. [www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)
- Sobrevila, C. y P. Bath. 1992. Evaluación ecológica rápida: un manual para América Latina y el Caribe. The Nature Conservancy-Programa de Ciencias para América Latina, Arlington, VA. 232pp.
- Stebbins, R.C. 1998. A Field Guide to Western Reptiles and Amphibians: Field Marks of All Species in Western North America, Including Baja California (Peterson Field Guides). 2nd. ed. Houghton Mifflin Co. New York.
- S. N. G. y S. Webb.1995. A guide to the birds of Mexico and northern Central America.



REFERENCIAS

---

Toledo. 1988. La diversidad biológica de México. Ciencia y Desarrollo 81:17-30.

UMAs. Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre  
<http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestion-ambiental/vida-silvestre/sistema-de-unidades-de-manejo>.

West, R.C. 1991. The natural regions of Middle America. Pp 363-383.

Wiederholt, R., et al. 2013. Rutas Migratorias y de anidación en México y Estados Unidos. Moving across the border: modeling migratory bat populations. Ecosphere 4(9):114.).

## PAISAJE

Aramburu, M.P. Escribano, R. Rubio, R. (2003): Cálculo de índices de calidad visual del paisaje de la Comunidad de Madrid». *Actas IV Congreso de Ciencia del Paisaje*. Formato digital.

Aramburu, M<sup>a</sup>., P. Cifuentes, R. Escribano y S. González, (1994): Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Secretaría de Estado para las Políticas del Agua y el Medio Ambiente. Madrid. 809 pp.

Cervantes Borja, J. F. y G. Alfaro-Sánchez. (1998). La Ecología del paisaje en el contexto del desarrollo sustentable: ordenamiento ecológico de la región de La pesca, Tamaulipas, México. En: Salinas Chávez, E. y J. Middleton. La Ecología del Paisaje como base para el desarrollo sustentable en América Latina.

Cuaderno Estadístico Municipal. Primera edición. (1998). Comisión Nacional del Agua. Aspectos Geográficos, Estado y Movimiento de la Población, Vivienda y Servicios Básicos, Salud, Educación, Seguridad y Orden Público, Empleo, Información Económica Agregada, Agricultura, Ganadería, Silvicultura, Pesca, Industria, Comercio, Turismo, Transportes Comunicaciones, Ampliación y Conservación de la Infraestructura, Servicios Financieros Y Finanzas Públicas. 188p.p.

REFERENCIAS

---

- Lovejoy, D. "Land use and landscape planning". (1973). International Textbook Company. Leonard Hill, London.
- Carta Edafológica del INEGI (2000). Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Marco Geoestadístico.
- DE PABLO, L. C. (1993): "Bases teóricas de la cartografía ecológica". Quercus. 88:32-35.
- POET. Programa de Ordenamiento Ecológico del estado de Tabasco. 2013-2018. Primera Edición, Julio 2015.
- Zonneveld, I.S. 1988. Landscape ecology and its application. En: Landscape Ecology and Management. Proceedings of the First Symposium of the Canadian Society for Landscape Ecology and Management: University of Guelph, May 1987. Editado por Michael R. Moss. Polyscience Publications Inc. Segunda Impresión.

APÉNDICES

---

10 APÉNDICES

No aplica.

ESTA HOJA FUE DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE

TABLAS

**11 LISTAS DE TABLAS**

**INTRODUCCIÓN**

- 3-1.- Análisis Normativo y Técnico en la conceptualización de los daños ambientales y preexistentes, identificación, caracterización y atribuciones del generador.
- 3-2.- Coordenadas de la poligonal del Proyecto Ogarrio Magallanes.
- 3-3.- Coordenadas de la poligonal del Área Contractual Calicanto.

**RESULTADOS**

- 8.1-1.- Ciclo del manejo integral de cuencas para el Área Contractual Calicanto.
- 8.1-2.- Regionalización hidrológica conforme al proyecto Ogarrio Magallanes y Calicanto.
- 8.1-3.- Caracterización ambiental bajo el criterio de cuenca hidrológica.
- 8.1-4.- Criterios Específicos de Regulación Ecológica (CRE) que le aplican al Área Contractual Calicanto.
- 8.1-5.- Criterios Ecológicos Específicos para el establecimiento de infraestructura y asentamientos humanos que deben aplicarse a las UGA's de acuerdo a su Política Ambiental.
- 8.1-6.- Criterios Específicos de Regulación Ecológica (CRE) que le aplican al Área Contractual Calicanto, para el establecimiento de infraestructura y asentamientos humanos.
- 8.1-7.- Resumen de las actividades primarias en el municipio de Huimanguillo donde se ubica el Área Contractual Calicanto.
- 8.1-8.- Regionalización hidrológica del Área Contractual Calicanto.

**GENERALIDADES**

- 8.1.1-1.- Infraestructura del Área Contractual Calicanto.
- 8.1.1-2.- Registro del Pozo Calicanto 101 en la base de datos de la CNH.
- 8.1.1-3.- Resumen de las actividades primarias en el municipio de Huimanguillo donde se ubica el Área Contractual Calicanto.
- 8.1.1-4.- Matriz de interacción de obras tipo por fase de desarrollo.
- 8.1.1-5.- Cartera de obras (pozos) del proyecto Ogarrio Magallanes.
- 8.1.1-6.- Resumen del proyecto pozo exploratorio Calicanto 101.
- 8.1.1-7.- Características del pozo nuevo en Área Contractual Calicanto.
- 8.1.1-8.- Anomalías identificadas en la instalación del pozo exploratorio Calicanto 101.

**CLIMATOLOGÍA Y METEOROLOGÍA**

- 8.1.2.1-1.- Localización geográfica de las estaciones utilizadas para la caracterización del Área Contractual Calicanto.
- 8.1.2.1-2.- Temperaturas promedio mensuales y anuales de la estación climatológica Huimanguillo, para el periodo 1951-2010.
- 8.1.2.1-3.- Precipitación promedio mensual, anual de la estación climatológica Huimanguillo para el periodo 1951 - 2010.

TABLAS

- 8.1.2.1-4.- Evaporación promedio mensual y anual de la estación climatológica Francisco Rueda.
- 8.1.2.1-5.- Humedad relativa en la estación agroclimática C-41 en el año 2011.
- 8.1.2.1-6.- Días con tormentas eléctricas promedio mensual y anual de la estación climatológica Huimanguillo, periodo 1951-2010.
- 8.1.2.1-7.- Días con niebla promedio mensual y anual de la estación climatológica Huimanguillo, periodo 1951-2010.
- 8.1.2.1-8.- Velocidades máximas, promedio mensuales en km/h, de la Estación agroclimática C-41 del año 2011.
- 8.1.2.1-9.- Huracanes intensos que han afectado el Área Contractual Calicanto, en el periodo 1970-2011.
- 8.1.2.1-10.- Escala de Huracanes Saffir-Simpson, del Centro Nacional de Huracanes.
- 8.1.2.1-11.- Periodos de lluvia, sequías, temporales y nortes.
- 8.1.2.1-12.- Cronología de inundaciones (1879-2009) en el estado de Tabasco.
- 8.1.2.1-13.- Niveles máximos permisibles para los parámetros a monitorear.
- 8.1.2.1-14.- Métodos analíticos utilizados.
- 8.1.2.1-15.- Coordenadas del sitio de monitoreo de la calidad del aire.
- 8.1.2.1-16.- Dirección y velocidad del viento.
- 8.1.2.1-17.- Registro de temperatura y humedad relativa.
- 8.1.2.1-18.- Resultados del monitoreo de las partículas y especificaciones de acuerdo a la NOM-025-SSA1-2014.
- 8.1.2.1-19.- Resultados del monitoreo de óxidos de nitrógeno
- 8.1.2.1-20.- Registro de bióxido de azufre.
- 8.1.2.1-21.- Registro de monóxido de carbono.

### EROSIÓN (EDAFOLOGÍA)

- 8.1.2.2-1.- Tipos de suelo y porcentaje en el Área Contractual Calicanto.
- 8.1.2.2-2.- Coordenadas UTM sitios de muestreo Área Contractual Calicanto.
- 8.1.2.2-3.- Características físico-químicas de la unidad de suelo Cambisol.
- 8.1.2.2-4.- Características físico-químicas de la unidad de suelo Vertisol.
- 8.1.2.2-5.- Erosión hídrica potencial en el Área Contractual Calicanto.
- 8.1.2.2-6.- Clases de riesgo de erosión propuestos por Shields y Coote.

### GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

- 8.1.2.3-1.- Sismos ocurridos cerca del Área Contractual Calicanto en los últimos 12 meses.

### HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

- 8.1.2.4-1.- Atlas Digital del Agua, 2010, CONAGUA.
- 8.1.2.4-2.- Parámetros acuífero Huimanguillo.
- 8.1.2.4-3.- Indicadores de la Calidad del Agua. Escalas de Clasificación.

TABLAS

- 8.1.2.4-4.- Métodos analíticos utilizados para los parámetros.
- 8.1.2.4-5.- Distribución porcentual de sitios de monitoreo en cuerpos de agua superficiales en la región hidrológico-administrativa XI Frontera Sur, de acuerdo a los indicadores DBO, DQO y SST, 2014.
- 8.1.2.4-6.- Coordenadas de los sitios de muestreo.
- 8.1.2.4-7.- Niveles máximos permitidos por CE-CCA-001/89 Criterios de calidad del agua, para los distintos usos potenciales.
- 8.1.2.4-8.- Resultados del análisis físico químico de la muestra de agua superficial 01-BC-HSUP.
- 8.1.2.4-9.- Resultados del análisis físico químico de la muestra de agua superficial 02-BC-HSUP.
- 8.1.2.4-10.- Resultados del análisis físico químico de la muestra de agua superficial 2.
- 8.1.2.4-11.- Resultados del análisis físico químico de la muestra de agua subterránea P01—BC-HSUB.
- 8.1.2.4-12.- Resultados del análisis físico químico de la muestra de agua subterránea P02-BC-HSUB.

**VEGETACIÓN**

- 8.1.3.1-1.- Sitios de muestreo de vegetación en el Área Contractual Calicanto.
- 8.1.3.1-2.- Riqueza de especies por tipo de vegetación.
- 8.1.3.1-3.- Especies por formas biológicas identificadas en el Área Contractual Calicanto.
- 8.1.3.1-4.- Número de especies que presenta algún uso en el Área Contractual Calicanto.
- 8.1.3.1-5.- Lista de especies introducidas en el Área Contractual Calicanto.
- 8.1.3.1-6.- Valor de Importancia de las especies presentes en pastizales del Área Contractual Calicanto.
- 8.1.3.1-7.- Composición florística de un Acahual en el Área Contractual Calicanto.
- 8.1.3.1-8.- Parámetros estructurales de las especies presentes en un Acahual del Área Contractual Calicanto.
- 8.1.3.1-9.- Composición florística de un Encinar en el Área Contractual Calicanto.
- 8.1.3.1-10.- Parámetros estructurales de las especies presentes en un Encinar del Área Contractual Calicanto, Tabasco.
- 8.1.3.1-11.- Composición florística de la vegetación secundaria en el Área Contractual Calicanto.
- 8.1.3.1-12.- Parámetros estructurales de las especies presentes en vegetación secundaria del Área Contractual Calicanto, Tabasco.
- 8.1.3.1-13.- **Composición florística de la vegetación secundaria en el Área Contractual Calicanto.**
- 8.1.3.1-14.- Parámetros estructurales de las especies presentes en vegetación secundaria del Área Contractual Calicanto
- 8.1.3.1-15.- Composición florística plantaciones de Eucalipto y Hule en el Área Contractual Calicanto
- 8.1.3.1-16.- Parámetros estructurales de las especies presentes en plantaciones de Eucalipto y Hule en el Área Contractual Calicanto.
- 8.1.3.1-17.- Valores relativos y de importancia de las especies presentes en los diferentes tipos de vegetación del Área Contractual Calicanto

**FAUNA SILVESTRE**

- 8.1.3.2-1.- Metodología de estudio para fauna silvestre.
- 8.1.3.2-2.- Coordenadas de inicio y fin de los transectos de muestreo de fauna silvestre, de acuerdo a los diferentes tipos de vegetación del Área Contractual Calicanto.
- 8.1.3.2-3.- Número de especies bajo categoría de riesgo en la Norma Oficial Mexicana 059 (NOM-059-SEMARNAT-2010).

TABLAS

- 8.1.3.2-4.- Áreas naturales Protegidas.
- 8.1.3.2-5.- Regiones Terrestres Prioritarias cerca del Área Contractual Calicanto.
- 8.1.3.2-6.- Regiones Hidrológicas Prioritarias.
- 8.1.3.2-7.- Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves y su distancia al Área Contractual Calicanto.
- 8.1.3.2-8.- Sitios Ramsar cercanos al Área Contractual Calicanto.

**PAISAJE**

- 8.1.4-1.- Unidades de Paisaje de la subcuenca del área contractual Calicanto.
- 8.1.4-2.- Fragilidad por tipo de vegetación y uso de suelo de acuerdo del área contractual Calicanto.
- 8.1.4-3.- Coordenadas visuales de miradores.
- 8.1.4-4.- Distancias de núcleos habitados a miradores.
- 8.1.4-5.- Tabla de los valores de distancias visuales.
- 8.1.4-6.- Imágenes panorámicas de los puntos de miradores en campo.

**ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS REALIZADO  
(DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DEL ÁREA CONTRACTUAL CALICANTO)**

- 8.2-1.- Regionalización hidrológica conforme al proyecto Ogarrio Magallanes y Calicanto.
- 8.2-2.- Ciclo del manejo integral de cuenca para el proyecto.
- 8.2-3.- Listado de componentes e indicadores ambientales en el área contractual Calicanto.
- 8.2-4.- Componentes ambientales que integran el área contractual Calicanto.
- 8.2-5.- Se presentan las características del modelo "PER" Estado – Presión - Respuesta.
- 8.2-6.- Temas seleccionados con sus indicadores ambientales a medir.
- 8.2-7.- Criterios que se deberán considerar en la selección de indicadores.
- 8.2-8.- Componentes ambientales que componen el sistema ambiental y sus indicadores de estado.
- 8.2-9.- Indicadores ambientales considerados para el diagnóstico en el área contractual Calicanto.
- 8.2-10.- Indicadores ambientales del estado base en área contractual Calicanto.

**REGISTRO Y DESCRIPCIÓN DE DAÑOS AMBIENTALES**

- 8.3-1.- Lista de actividades identificadas por tipo en Área Contractual Calicanto.
- 8.3-2.- Listado de factores y atributos ambientales del Sistema Ambiental del Área Contractual Calicanto.
- 8.3-3.- Características de los impactos ambientales
- 8.3-1.- Diagrama de flujo del proceso de identificación de daños ambientales.
- 8.3-4.- Cálculo del Índice de Incidencia.
- 8.3-5.- Matriz de interacciones para la etapa de operación y mantenimiento de pozos, líneas de descarga, gasoductos y estaciones de recolección.
- 8.3-6.- Cálculo del índice de incidencia de los componentes evaluados.



TABLAS

**REGISTRO Y DESCRIPCIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES (DAÑOS PREEXISTENTES)**

<b>Tabla 8.4.1-1.-</b>	Formato de llenado de antecedentes analizados.
<b>Tabla 8.4.1-2.-</b>	Especificaciones generales del Área Contractual 4 Campo Calicanto.
<b>Tabla 8.4.1-3.-</b>	Fuentes de información consultadas para la investigación histórica.
<b>Tabla 8.4.1-4.-</b>	Pozo presente en el Área Contractual 4 Campo Calicanto.
<b>Tabla 8.4.1-5.-</b>	Materiales empleados en la perforación.
<b>Tabla 8.4.1-6.-</b>	Sitios Potencialmente contaminados en el Área Contractual 4 Campo Calicanto.
<b>Tabla 8.4.2-7.-</b>	Especificaciones técnicas del CMD-Explorer.
<b>Tabla 8.4.2-8.-</b>	Sitios potencialmente contaminados en el área cercana al pozo Calicanto 101.
<b>Tabla 8.4.2-9.-</b>	Resultados y coordenadas de gasometrías efectuadas en Calicanto 101.
<b>Tabla 8.4.2-10.-</b>	Modelo Geológico Resistivo.
<b>Tabla 8.4.2-11.-</b>	Resultados de análisis de TPH's con equipo Petroflag.
<b>Tabla 8.4.2-12.-</b>	Ubicación y longitudes de los recorridos con Georadar en el área del pozo Calicanto 101.
<b>Tabla 8.4.2-13.-</b>	Número mínimo de puntos de muestreo de acuerdo con el área contaminada.
<b>Tabla 8.4.2-14.-</b>	Muestreo exploratorio en áreas no urbanas.
<b>Tabla 8.4.2-15.-</b>	Ubicación de los puntos de muestreo para hidrocarburos en el pozo Calicanto 101.
<b>Tabla 8.4.2-16.-</b>	Propuesta de muestreo para la presa del pozo Calicanto 101.
<b>Tabla 8.4.2-11.-</b>	Recipientes para las muestras, temperaturas de preservación y tiempo máximo de conservación por tipo de parámetro.
<b>Tabla 8.4.3-1.-</b>	Tabla de características de las Áreas Contractuales en la primera ronda (SENER).
<b>Tabla 8.4.3-2.-</b>	Límites máximos permisibles para fracciones de hidrocarburos en suelo
<b>Tabla 8.4.3-3.-</b>	Límites máximos permisibles para hidrocarburos específicos en suelo
<b>Tabla 8.4.3-17.-</b>	Muestreo Exploratorio de la NOM-AA-132-SCFI-2006, "Tabla 1."
<b>Tabla 8.4.3-5.-</b>	Concentración de referencia para metales de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 (Tabla 1).
<b>Tabla 8.4.3-18.-</b>	Recipientes para las muestras, temperatura de preservación y tiempo máximo de conservación por tipo de parámetro.
<b>Tabla 8.4.3-19.</b>	Relación de análisis ejecutados
<b>Tabla 8.4.3-20.-</b>	Métodos analíticos para hidrocarburos
<b>Tabla 8.4.3-21.-</b>	Pozos y los factores que influyen en su modificación de acuerdo al plan de muestreo original.
<b>Tabla 8.4.3-22.-</b>	Ubicaciones y profundidades finales de los puntos de muestreo en la presa de perforación del pozo Calicanto 101.
<b>Tabla 8.4.3-23.-</b>	Resultados analíticos de Hidrocarburos de las muestras de suelo obtenidas en el área aledaña al pozo Calicanto 101.
<b>Tabla 8.4.3-24.-</b>	Resultados analíticos de Metales pesados y metaloides de las muestras de suelo obtenidas en el área aledaña al pozo Calicanto 101.
<b>Tabla 8.4.3-25.-</b>	Modelo Geológico Resistivo.

INTRODUCCIÓN

---

**12 LISTADO DE FIGURAS**

**INTRODUCCIÓN**

- 3-1.- Cadena de valor del sector hidrocarburos.
- 3-2.- Imagen que muestra el polígono del proyecto Ogarrio Magallanes y el área contractual Calicanto.
- 3-3.- Imagen que muestra el Área contractual Calicanto y sus instalaciones petroleras.

**METODOLOGÍAS**

- 7-1.- Inspección del pozo Calicanto 101.

**RESULTADOS**

- 8.1-1.- Fases de manejo integral de una cuenca tipo.
- 8.1-2.- Región hidrológica y Área Contractual Calicanto.
- 8.1-3.- Imagen que muestra la poligonal del proyecto Ogarrio Magallanes y Área Contractual Calicanto.
- 8.1-4.- Unidades de Gestión Ambiental (UGA) en el Estado de Tabasco.
- 8.1-5.- UGA's del municipio de Huimanguillo.
- 8.1-6.- Área Contractual Calicanto.

**GENERALIDADES**

- 8.1.1-1.- Activo Integral Cinco Presidentes y Área Contractual Calicanto.

**CLIMATOLOGÍA Y METEOROLOGÍA**

- 8.1.2.1-1.- Ubicación de las estaciones climatológicas (CONAGUA) y agroclimatológica (INIFAP) para la caracterización del Área Contractual Calicanto.
- 8.1.2.1-2.- Clima característico del Área Contractual Calicanto.
- 8.1.2.1-3.- Ubicación del sitio del proyecto, con respecto a la trayectoria de huracanes que tocaron o se acercaron a menos de 100 km de distancia del Área Contractual Calicanto.
- 8.1.2.1-4.- Velocidad de vientos máximos sostenidos en km/h de ciclones tropicales que se han presentado en el Atlántico en el periodo de 1851 a 2000 (Atlas Climatológico de Ciclones Tropicales en México, 2002).
- 8.1.2.1-5.- Perspectiva aérea de las Centrales Hidroeléctricas ubicadas en el Complejo Grijalva
- 8.1.2.1-6.- Patrón de dispersión, densidad de parcelas de viento y límites probables de la cuenca atmosférica Campeche.
- 8.1.2.1-7.- Ubicación del sitio de monitoreo dentro del Área Contractual Calicanto.

INTRODUCCIÓN

---

**EROSIÓN (EDAFOLOGÍA)**

- 8.1.2.2-1.- Tipos de suelos y muestreos en el Área Contractual Calicanto.
- 8.1.2.2-2.- Localización de los puntos de muestreo en el Área Contractual Calicanto.
- 8.1.2.2-3.- Mapa Nacional de Erosión, escala 1:50,000. SAGARPA-INEGI-CONAFOR-COLPOS.

**GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA**

- 8.1.2.3-1.- Provincia Fisiográfica Llanura Costera del Golfo Sur.
- 8.1.2.3-2.- Subprovincia Fisiográfica Llanuras y Pantanos Tabasqueños, INEGI, 1991.
- 8.1.2.3-5.- Carta de relieve del Área Contractual Calicanto.
- 8.1.2.3-3.- Geología del Área Contractual Calicanto.
- 8.1.2.3-4.- Litoestratigrafía regional del Área Contractual Calicanto.
- 8.1.2.3-6.- Zonificación sísmica del Área Contractual Calicanto.

**HIDROLOGÍA SUPERFICIAL**

- 8.1.2.4-1.- Regiones Hidrológicas de México.
- 8.1.2.4-2.- Subcuencas RH29-A-c Río Coacajapa y RH29-A-d Río Tonalá.
- 8.1.2.4-3.- Coeficiente de escurrimiento Área Contractual Calicanto.
- 8.1.2.4-4.- Acuíferos Área Contractual Calicanto.
- 8.1.2.4-5.- Unidades Geohidrológicas presentes en el polígono del Área Contractual Calicanto.
- 8.1.2.4-6.- Infiltración.
- 8.1.2.4-7.- Evapotranspiración real en la República Mexicana, CONABIO, 1990.
- 8.1.2.4-8.- Ubicación de los sitios de muestreo.

**VEGETACIÓN**

- 8.1.3.1-1.- Método de muestreo de cuadros anidados para la vegetación. 221
- 8.1.3.1-2.- Método de muestreo de Línea de Canfield o Intercepción de línea. 221

**FAUNA SILVESTRE**

- 8.1.3.2-1.- Provincias biogeográficas de México (CONABIO 2012) con respecto al Área Contractual Calicanto (flecha roja).
- 8.1.3.2-2.- Ubicación del Área Contractual Calicanto (flecha roja), en el contexto de la clasificación de Provincias y Subprovincias zoogeográficas de México (Edwards 1968).
- 8.1.3.2-3.- Regiones Herpetológicas naturales de México (West, 1971) modificadas por Flores-Villela (1993).
- 8.1.3.2-4.- Sobreposición de trazo e imagen de la delimitación del Área Contractual Calicanto.
- 8.1.3.2-5.- Sobreposición de Carta de uso de suelo y vegetación (INEGI, 2012).
- 8.1.3.2-6.- Puntos de muestreo de fauna silvestre dentro del Área Contractual Calicanto.

INTRODUCCIÓN

- 8.1.3.2-7.- Ubicación geográfica de las Áreas Naturales Protegidas Federales, Estatales y municipales con respecto al Área Contractual Calicanto.
- 8.1.3.2-8.- Ubicación geográfica de las Regiones Terrestres Prioritarias cercanas a la poligonal del Área Contractual Calicanto.
- 8.1.3.2-9.- Regiones Hidrológicas Prioritarias que interactúan con la Poligonal del Área Contractual Calicanto.
- 8.1.3.2-10.- Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves y su distancia con respecto al Área Contractual Calicanto.
- 8.1.3.2-11.- Sitio RAMSAR más Cercano al Área Contractual Calicanto.
- 8.1.3.2-12.- Riqueza de Murcielagos en Latinoamérica (Bat Conservation International).
- 8.1.3.2-13.- Rutas Migratorias y de anidación en México y Estados Unidos (Wiederholt, R., L. López-Hoffman, J. Cline, R. A. Medellín, P. Cryan, A. Russell, G. McCracken, J. Diffendorfer, and D. Semmens. 2013. Moving across the border: modeling migratory bat populations. Ecosphere 4(9):114.).
- 8.1.3.2-14.- Regiones del continente americano en el cual se distribuyen las aves. (<http://animaldiversity.org/glossary/>).
- 8.1.3.2-15.- Rutas migratorias de aves en América del Norte, con localización del AC Calicanto (SEMARNAT 2009).

**PAISAJE**

- 8.1.4-1.- Localización y fisiografía del área contractual Calicanto.
- 8.1.4-2.- Unidades de Paisaje del Área Contractual Calicanto.
- 8.1.4-3.- Puntos de percepción de miradores del área contractual Calicanto.
- 8.1.4-4.- Localidades del área contractual Calicanto.
- 8.1.4-5.- Elevación del terreno del área contractual Calicanto.
- 8.1.4-6.- Puntos viales o miradores, localidades y municipio.

**PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO**

- 8.1.5-1.- Ubicación de las zonas patrimonio cultural cercanas al Área Contractual Calicanto.

**ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS REALIZADO  
(DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DEL ÁREA CONTRACTUAL CALICANTO)**

- 8.2-1.- Región hidrológica y Área Contractual Calicanto.
- 8.2-2.- Imagen que muestra la poligonal del proyecto Ogarrio Magallanes y Área Contractual Calicanto.
- 8.2-3.- Activo Integral Cinco Presidentes y área contractual Calicanto.
- 8.2-4.- Interacción de los componentes ambientales y actividades productivas identificadas en el área contractual Calicanto.

## REGISTRO Y DESCRIPCIÓN DE DAÑOS AMBIENTALES

**Figura 8.3-1.-** Diagrama de flujo del proceso de identificación de daños ambientales.

## REGISTRO Y DESCRIPCIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES (DAÑOS PREEXISTENTES)

**Figura 8.4.1-1.-** Cuadrantes en los que fue dividida el Área Contractual 4 Campo Calicanto para su análisis histórico.

**Figura 8.4.1-2.-** Formato de entrevista a pobladores cercanos al Área Contractual 4 Campo Calicanto.

**Figura 8.4.1-3.-** Árbol de toma de decisiones para los recorridos.

**Figura 8.4.1-4.-** Localización del Área Contractual 4 Campo Calicanto y su infraestructura.

**Figura 8.4.1-5.-** Zonas de interés, imagen de 2012 Google Earth Pro.

**Figura 8.4.1-6.-** Caminos de Acceso al Área Contractual 4 Campo Calicanto.

**Figura 8.4.1-7.-** Camino de Acceso al Pozo Calicanto 101.

**Figura 8.4.1-8.-** Oficio de solicitud de información histórica.

**Figura 8.4.1-9.-** Registro de entrevista realizada a propietario de predio

**Figura 8.4.1-10.-** Ubicación de sondeos de inspección en el área del Pozo Calicanto 101.

**Figura 8.4.1-11.-** Identificación de áreas de interés dentro y en zonas aledañas al pozo Calicanto 101.

**Figura 8.4.1-12.-** Ubicación de sondeos en estación de PEMEX cercana al Área Contractual 4 Campo Calicanto.

**Figura 8.4.1-13.-** Árbol de Toma de Decisiones para métodos indirectos en la evaluación de áreas identificadas con impacto

**Figura 8.4.1-14.-** Propuesta de métodos indirectos.

**Figura 8.4.2-1.-** Diagrama de detección, resultado de recorrido con CMD (ejemplo de recorrido sobre el derecho de vía. Cd. Madero – Cadereyta).

**Figura 8.4.2-2.-** Imagen de Tomografía Eléctrico Resistivo.

**Figura 8.4.2-3.-** Arreglo de electrodos para generar para generar una tomografía electro resistiva.

**Figura 8.4.2-4.-** Resistímetro SYSCAL Pro. Switch 24.

**Figura 8.4.2-5.-** Pantalla de configuración para calibración SYSCAL Pro. Switch 24

**Figura 8.4.2-6.-** Diagrama del Georradar.

**Figura 8.4.2-7.-** Radargrama

**Figura 8.4.2-8.-** Ubicación del Área Contractual 4 Campo Calicanto.

**Figura 8.4.2-9.-** Fisiografía del Estado de Tabasco.

**Figura 8.4.2-10.-** Clima en el municipio de Huimanguillo, Tabasco.

**Figura 8.4.2-11.-** Geomorfología del Área Contractual 4 Campo Calicanto.

**Figura 8.4.2-12.-** Geología del municipio de Huimanguillo, Tabasco.

**Figura 8.4.2-13.-** Hidrología en el municipio de Huimanguillo, Tabasco.

**Figura 8.4.2-14.-** Tabla estratigráfica.

**Figura 8.4.2-15.-** Edafología del municipio de Huimanguillo, Tabasco.

**Figura 8.4.2-16.-** Morfología del municipio de Huimanguillo, Tabasco.

**Figura 8.4.2-17.-** Árbol de Toma de Decisiones de Métodos Indirectos.

**Figura 8.4.2-18.-** Perfil electromagnético 1

INTRODUCCIÓN

- Figura 8.4.2-19.-** Ubicación de recorridos de CMD en el terraplén del pozo Calicanto 101.
- Figura 8.4.2-20.-** Ubicación de gasometrías en el terraplén del pozo Calicanto 101.
- Figura 8.4.2-21.-** Línea de CMD-2.
- Figura 8.4.2-22.-** Resultado de CMD-3.
- Figura 8.4.2-23.-** Resultado de CMD-4.
- Figura 8.4.2-24.-** Resultado de CMD-5.
- Figura 8.4.2-25.-** Resultado de CMD-6.
- Figura 8.4.2-26.-** Resultado de CMD-7.
- Figura 8.4.2-27.-** Resultado de CMD-8.
- Figura 8.4.2-28.-** Resultado de CMD-9.
- Figura 8.4.2-29.-** Plano de ubicación de ductos, resultado de recorridos con CMD.
- Figura 8.4.2-30.-** Ubicación de gasometrías en el terraplén del pozo Calicanto 101.
- Figura 8.4.2-31.-** Dispersión resultado de las mediciones de COV's en las gasometrías.
- Figura 8.4.2-32.-** Arreglo de electrodos para generar para generar una tomografía electro resistiva.
- Figura 8.4.2-33.-** Ubicación de líneas de Tomografía Eléctrico Resistivas en Calicanto 101.
- Figura 8.4.2-34.-** Tomografía 1.
- Figura 8.4.2-35.-** Tomografía 2.
- Figura 8.4.2-36.-** Tomografía 3.
- Figura 8.4.2-37.-** Dispersión de TPH's a 0.5 m de profundidad.
- Figura 8.4.2-38.-** Dispersión de TPH's a 1.0 m de profundidad.
- Figura 8.4.2-39.-** Radargrama 01, Calicanto 101.
- Figura 8.4.2-40.-** Radargrama 02, Calicanto 101.
- Figura 8.4.2-41.-** Plano de ubicación de GPR en Calicanto 101.
- Figura 8.4.2-42.-** Radargrama 03, Calicanto 101.
- Figura 8.4.2-43.-** Radargrama 04, Calicanto 101.
- Figura 8.4.2-44.-** Radargrama 05, Calicanto 101.
- Figura 8.4.2-45.-** Correlación de Tomografías, COV's y TPH's.
- Figura 8.4.2-46.-** Propuesta de ubicación de puntos de muestreo de suelo para hidrocarburos.
- Figura 8.4.2-47.-** Propuesta de puntos de muestreo en la Posible Presa de Perforación del pozo Calicanto 101.
  
- Figura 8.4.3-11.-** Ubicación final de los puntos de sondeo para análisis de Hidrocarburos en el pozo Calicanto 101.
- Figura 8.4.3-12.-** Ubicación final de los puntos de muestreo en la zona de presas de perforación en el pozo Calicanto 101.
- Figura 8.4.3-13.-** Comparativa entre perfil estratigráfico por Método Directo y perfil estratigráfico por Método Indirecto Calicanto 101.
- Figura 8.4.3-14.-** Correlación Tomografía-Estratigrafía Calicanto

ESTA HOJA FUE DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE