

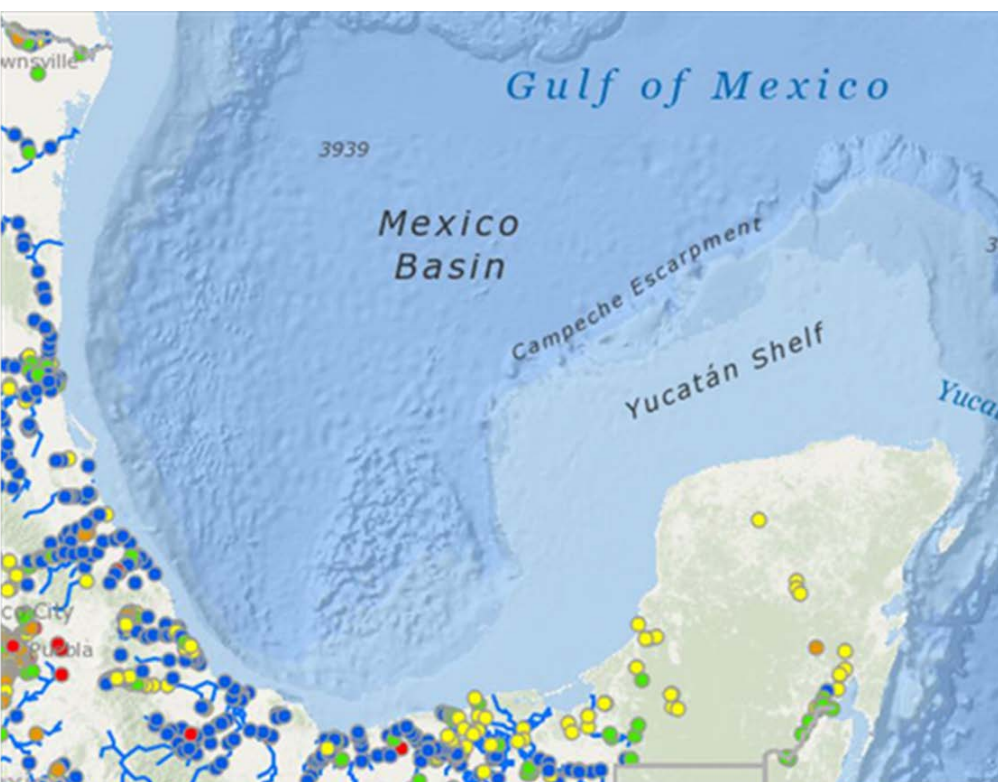
# MONITOREO PROSPECTIVO EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE

## Informe Final



2012

### Coordinación General de Adaptación al Cambio Climático



Coordinado por:

Coordinación General de Adaptación al  
Cambio Climático

Elaborado por:

Comisión Nacional del Agua

Boulevard Adolfo Ruiz Cortines 4209, 2° piso. Col. Jardines  
en la Montaña, Del. Tlalpan C.P. 4210 Ciudad de México  
Tel. +52 (55) 54246400.

[www.inecc.gob.mx](http://www.inecc.gob.mx)

Se presentan los resultados del monitoreo y evaluación de la calidad del agua en 53 sitios distribuidos a lo largo de las costas del Golfo de México y Mar Caribe

*Monitoreo  
prospectivo en las  
Costas del Golfo de  
México y Mar Caribe  
Marzo de 2012*



**CONAGUA**  
Comisión Nacional del Agua



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

**SEMARNAT**

## **SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA**

### **GERENCIA DE CALIDAD DEL AGUA**



**MARZO 2012**



|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....  | <b>1</b>  |
| 1.1 Derrame petrolero procedente de la Deep Water Horizont.....                       | 1         |
| <b>2. ANTECEDENTES</b> .....  | <b>2</b>  |
| 2.1 Características del petróleo .....  | 6         |
| 2.2. Composición química del petróleo .....   | 6         |
| 2.3 Clasificación del petróleo.....   | 8         |
| 2.4 Contaminantes petrogénicos .....  | 9         |
| 2.5 Contaminación de las costas con petróleo.....                                     | 9         |
| <b>3. EXPLOTACIÓN PETROLERA Y DESCARGAS DE PETRÓLEO EN Y AL MAR</b><br>.....          | <b>11</b> |
| 3.1 Explotación petrolera .....   | 11        |
| 3.2 Descargas petroleras .....  | 12        |
| <b>4. SIGNIFICADO SANITARIO DE LOS PARÁMETROS INDICADORES<br/>SELECCIONADOS</b> ..... | <b>14</b> |
| 4.1 Grasas y aceites.....   | 14        |
| 4.2 Hidrocarburos totales de petróleo .....   | 14        |
| 4.4 Cadmio .....  | 15        |
| 4.5 Cromo.....  | 15        |
| 4.6 Cobre.....  | 15        |
| 4.7 Fierro.....   | 16        |
| 4.8 Níquel .....  | 16        |
| 4.9 Plomo .....   | 16        |
| 4.10 Vanadio .....  | 16        |
| 4.11 Zinc.....  | 17        |
| 4.12 Mercurio .....   | 17        |
| 4.13 Cobalto .....  | 18        |
| <b>5. AREA DE ESTUDIO</b> .....   | <b>19</b> |
| 5.1 Criterios de selección de sitios .....  | 19        |
| <b>6. OBJETIVO GENERAL</b> .....  | <b>25</b> |
| 6.1 Objetivos Específicos .....   | 25        |
| <b>7. METODOLOGÍA</b> .....   | <b>26</b> |
| 7.1 Muestreo en agua .....  | 26        |



**COMISION NACIONAL DEL AGUA**

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| <b>8. RESULTADOS .....</b>       | <b>28</b> |
| 8.1 Estado de Tamaulipas.....    | 28        |
| 8.2 Estado de Veracruz.....      | 35        |
| 8.3 Estado de Tabasco.....       | 39        |
| 8.4 Estado de Campeche .....     | 43        |
| 8.5 Estado de Yucatán .....      | 47        |
| 8.6 Estado de Quintana Roo ..... | 52        |
| <b>9. DISCUSIÓN .....</b>        | <b>56</b> |
| <b>10. CONCLUSIONES .....</b>    | <b>61</b> |
| 10.1 Mapas de riesgo .....       | 61        |
| 10.2 Línea Base de Trabajo.....  | 74        |
| 10.3 Año 2010.....               | 74        |
| 10.4 Año 2011.....               | 76        |
| <b>11. RECOMENDACIONES .....</b> | <b>80</b> |
| <b>12. BIBLIOGRAFIA .....</b>    | <b>82</b> |



TABLAS

|   |    |
|---|----|
| TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DE LOS SITIOS DE MUESTREO EN TAMAULIPAS.   | 20 |
| TABLA 2. CARACTERÍSTICAS DE LOS SITIOS DE MUESTREO EN VERACRUZ.   | 20 |
| TABLA 3. CARACTERÍSTICAS DE LOS SITIOS DE MUESTREO EN TABASCO.  | 21 |
| TABLA 4. CARACTERÍSTICAS DE LOS SITIOS DE MUESTREO EN CAMPECHE.   | 21 |
| TABLA 5. CARACTERÍSTICAS DE LOS SITIOS DE MUESTREO EN YUCATÁN.  | 22 |
| TABLA 6. CARACTERÍSTICAS DE LOS SITIOS DE MUESTREO EN QUINTANA ROO.   | 22 |
| TABLA 7. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS SITIOS DE MONITOREO EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO.   | 23 |
| TABLA 8. NORMAS MEXICANAS APLICADAS EN LOS DIVERSOS LABORATORIOS PARTICIPANTES.   | 27 |
| TABLA 9. CRITERIOS ECOLÓGICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA PROTECCIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA EN ZONAS COSTERAS.                               | 27 |
| TABLA 10. CANTIDADES DE HIDROCARBURO SOLIDIFICADO LOCALIZADO EN EL ESTADO DE TAMAULIPAS.  | 29 |
| TABLA 11. RESULTADOS DE CUADRO AMBIENTAL EN LOS SITIOS DE MONITOREO EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO EN EL ESTADO DE TAMAULIPAS.         | 33 |
| TABLA 12. RESULTADOS DE PARÁMETROS INDICADORES EN LOS SITIOS DE MONITOREO EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO EN EL ESTADO DE TAMAULIPAS.   | 34 |
| TABLA 13. RESULTADOS DE CUADRO AMBIENTAL EN LOS SITIOS DE MONITOREO EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO EN EL ESTADO DE VERACRUZ.           | 37 |
| TABLA 14. RESULTADOS DE PARÁMETROS INDICADORES EN LOS SITIOS DE MONITOREO EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO EN EL ESTADO DE VERACRUZ.     | 38 |
| TABLA 15. RESULTADOS DE CUADRO AMBIENTAL EN LOS SITIOS DE MONITOREO EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO EN EL ESTADO DE TABASCO.            | 41 |
| TABLA 16. RESULTADOS DE PARÁMETROS INDICADORES EN LOS SITIOS DE MONITOREO EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO EN EL ESTADO DE TABASCO.      | 42 |
| TABLA 17. RESULTADOS DE CUADRO AMBIENTAL EN LOS SITIOS DE MONITOREO EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO EN EL ESTADO DE CAMPECHE.           | 45 |
| TABLA 18. RESULTADOS DE PARÁMETROS INDICADORES EN LOS SITIOS DE MONITOREO EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO EN EL ESTADO DE CAMPECHE.     | 46 |
| TABLA 19. RESULTADOS DE CUADRO AMBIENTAL EN LOS SITIOS DE MONITOREO EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO EN EL ESTADO DE YUCATÁN.            | 50 |
| TABLA 20. RESULTADOS DE PARÁMETROS INDICADORES EN LOS SITIOS DE MONITOREO EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO EN EL ESTADO DE YUCATÁN.      | 51 |
| TABLA 21. RESULTADOS DE CUADRO AMBIENTAL EN LOS SITIOS DE MONITOREO EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO EN EL ESTADO DE QUINTANA ROO.       | 54 |
| TABLA 22. RESULTADOS DE PARÁMETROS INDICADORES EN LOS SITIOS DE MONITOREO EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO EN EL ESTADO DE QUINTANA ROO. | 55 |
| TABLA 23. INTERVALOS DE TEMPERATURA DEL AGUA DETECTADOS EN LOS DIFERENTES ESTADOS DE LA COSTA DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE.           | 56 |
| TABLA 24. PORCENTAJE DE SITIOS AFECTADOS POR LA PRESENCIA DE FIERRO EN 2010.  | 63 |
| TABLA 25. PORCENTAJE DE SITIOS AFECTADOS POR LA PRESENCIA DE NÍQUEL EN 2010.  | 65 |
| TABLA 26. PORCENTAJE DE SITIOS AFECTADOS POR LA PRESENCIA DE NÍQUEL EN 2011.  | 65 |
| TABLA 27. PORCENTAJE DE SITIOS AFECTADOS POR LA PRESENCIA DE COBRE EN 2010.   | 67 |
| TABLA 28. PORCENTAJE DE SITIOS AFECTADOS POR LA PRESENCIA DE CROMO EN 2010.   | 68 |
| TABLA 29. PORCENTAJE DE SITIOS AFECTADOS POR LA PRESENCIA DE GRASAS Y ACEITES EN 2010.  | 71 |
| TABLA 30. PORCENTAJE DE SITIOS AFECTADOS POR LA PRESENCIA DE GRASAS Y ACEITES EN 2011.  | 72 |



**COMISION NACIONAL DEL AGUA**

**TABLA 31 PORCENTAJE DE SITIOS AFECTADOS POR LA PRESENCIA DE CARBONO ORGÁNICO TOTAL EN 2010.**

**74**

**TABLA 32. PORCENTAJE DE IMPACTO DE LOS PARÁMETROS QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE PARA 2010.**

**79**

**TABLA 33. PORCENTAJE DE IMPACTO DE LOS PARÁMETROS QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE PARA 2011.**

**79**



## COMISION NACIONAL DEL AGUA

### FIGURAS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>FIGURA 1. DISPERSIÓN DEL DERRAME DE LA DEEP WATER HORIZONT EN 2010</b>  | <b>1</b>  |
| <b>FIGURA 2. SISTEMAS LAGUNARES DEL GOLFO DE MÉXICO</b>  | <b>5</b>  |
| <b>FIGURA 3. SOLUBILIDAD DE LOS HIDROCARBUROS EN AGUA</b>  | <b>8</b>  |
| <b>FIGURA 4. DISPERSIÓN DE LOS HIDROCARBUROS EN AGUA</b>   | <b>10</b> |
| <b>FIGURA 5. UBICACIÓN DE LOS 53 SITIOS DE MONITOREO SELECCIONADOS PARA EL MUESTREO Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO.</b> | <b>24</b> |
| <b>FIGURA 6. UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO EN TAMAULIPAS.</b>  | <b>28</b> |
| <b>FIGURA 7. UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE MONITOREO EN EL ESTADO DE VERACRUZ.</b>  | <b>35</b> |
| <b>FIGURA 8. UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE MONITOREO EN EL ESTADO DE TABASCO.</b>   | <b>39</b> |
| <b>FIGURA 9. UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE MONITOREO EN EL ESTADO DE CAMPECHE.</b>  | <b>43</b> |
| <b>FIGURA 10. UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE MONITOREO EN EL ESTADO DE YUCATÁN</b>   | <b>47</b> |
| <b>FIGURA 11. UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE MONITOREO EN EL ESTADO DE QUINTANA ROO</b>  | <b>52</b> |
| <b>FIGURA 12. MAPA DE RIESGO POR CONTAMINACIÓN POR HIDROCARBUROS EN 12 SITIOS DEL GOLFO DE MÉXICO.</b>   | <b>61</b> |
| <b>FIGURA 13. MAPA DE RIESGO POR PRESENCIA DE FIERRO EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE.</b>   | <b>62</b> |
| <b>FIGURA 14. MAPA DE RIESGO POR PRESENCIA DE NÍQUEL EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE.</b>   | <b>64</b> |
| <b>FIGURA 15. MAPA DE RIESGO POR ABATIMIENTO DE OXÍGENO DISUELTO EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE.</b>   | <b>66</b> |
| <b>FIGURA 16. MAPA DE RIESGO POR PRESENCIA DE COBRE EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE.</b>  | <b>68</b> |
| <b>FIGURA 17. MAPA DE RIESGO POR PRESENCIA DE CROMO EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE.</b>  | <b>69</b> |
| <b>FIGURA 18. MAPA DE RIESGO POR PRESENCIA DE GRASAS Y ACEITES EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE.</b>   | <b>70</b> |
| <b>FIGURA 19. MAPA DE RIESGO POR CONCENTRACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO TOTAL EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE.</b>                                 | <b>73</b> |
| <b>FIGURA 20. LÍNEA BASE DE TRABAJO PARA EL MONITOREO DE VIGILANCIA EN LAS COSTAS DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE.</b>                                      | <b>78</b> |





## 1. INTRODUCCIÓN

Como una medida para detectar la posible contaminación de las costas del Golfo de México por el derrame de petróleo crudo procedente de la plataforma Deepwater Horizont en mar territorial de los Estados Unidos de América, la Subdirección General Técnica, a través de la Gerencia de Calidad del Agua, ha determinado iniciar un monitoreo de vigilancia para establecer las condiciones de las costas del Golfo de México y Mar Caribe relacionadas con parámetros de calidad del agua indicativos de la presencia de hidrocarburos, ya que según los pronósticos en los cambios de las trayectorias superficiales de las Corrientes del Lazo y del Golfo de México hasta el año 2010, no representan un riesgo potencial para considerar la presencia de hidrocarburos en el mar territorial Mexicano; sin embargo, para los meses de octubre y noviembre, periodo en el cual la dirección de la corriente superficial del Golfo de México cambia su trayectoria de norte a sur, se podría esperar un inminente riesgo de contaminación en el mar territorial, situación que aunada a la condición de intemperización del petróleo derramado y presencia de huracanes, podría impactar las costas mexicanas.

### 1.1 Derrame petrolero procedente de la Deep Water Horizont

El accidente de la plataforma de extracción petrolera Deep Water Horizont, a 1,500 m de profundidad aproximadamente, ocurrida en abril de 2010, derramó cerca de 800,000 litros al día.

Según datos recabados por expertos, el área de la mancha, en junio de 2010 sobrepasaba los 23,740 km<sup>2</sup>. Además de llegar a las costas del sur de EUA, un filamento largo de la mancha principal se adentró en la corriente del Lazo, permitiendo su expansión al SE, con probabilidades de alcanzar la Corriente del Golfo. Este filamento se localizó aproximadamente a 555 km de Quintana Roo.



Figura 1. Dispersión del derrame de la Deep Water Horizont en 2010



## 2. ANTECEDENTES

El Golfo de México es un sistema ambiental diverso y rico. Por sus dimensiones y características de cuenca semicerrada, resulta en un mar interior del Atlántico Tropical (Carson, 1980, tomado de V. Botello *et al.*, 2005). Presenta una diversidad de ambientes costeros templados, subtropicales y tropicales.

Geológicamente, el Golfo de México incluye 159,980 km de ríos entre los que sobresalen los dos mayores sistemas fluviales de Norteamérica: Mississippi en los Estados Unidos y Grijalva Usumacinta en México.

Según Botello *et al.*, (1997) (tomado de V. Botello *et al.*, 2005), la zona marino-costera mexicana del Golfo de México es una de las mayores cuencas de hidrocarburos con una producción superior a las 400,000 toneladas métricas por día, sujeta a un intenso tráfico de buques petroleros que movilizan más de 5 millones de barriles diarios y donde se vierten al mar cerca de 7 millones de barriles al año por el lavado de sus tanques, que ejercen una presión ambiental en los principales ríos, lagunas costeras y estuarios de la zona. 505 de los sistemas costeros mexicanos del Golfo de México rebasan el límite permisible de hidrocarburos disueltos para aguas superficiales no contaminadas según criterios de UNESCO (1976), en particular la laguna de Términos en Campeche que registró el nivel más alto de contaminación, seguida por el río Tuxpan y la laguna del Ostión en Veracruz. Las lagunas de Tabasco presentan niveles menores a la norma establecida por la UNESCO y pueden considerarse zonas no contaminadas por hidrocarburos (Botello *et al.*, 1996; Botello, 2000). El sistema estuarino del río Tonalá, ocupa el primer lugar con presencia de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs). Los sedimentos, en aproximadamente la mitad de los sitios analizados, rebasan la norma establecida por la UNESCO (1976) para zonas no contaminadas. Los estudios más detallados de organismos marinos (peces, moluscos y crustáceos) se desarrollaron en la década de 80-90 en la región del río Coatzacoalcos, donde se detectaron altas concentraciones de HAPs de elevada toxicidad y potencial carcinogénico, resultando uno de los sitios más contaminados por hidrocarburos del petróleo en el Caribe (Botello *et al.*, 1996). Esto indica que las aguas y los sedimentos del Golfo de México están más contaminados en relación con otras áreas en la Región del Gran Caribe (RGC), porque la mayoría de las concentraciones reportadas exceden el límite permisible propuesto por la UNESCO (1976) con la presencia de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs). Estos resultados muestran la intensa actividad petrolera y los aportes persistentes de hidrocarburos del petróleo a los ecosistemas costeros mexicanos (Botello, *et al.* 1997) (tomado de V. Botello *et al.*, 2005).

Otra vía importante de contaminación por petróleo en la RGC son los derrames de petróleo causados por accidentes marítimos, la explotación de gas y las plataformas de petróleo *offshore* en el Golfo de México, como consecuencia de



## COMISION NACIONAL DEL AGUA

rotura de ductos, explosiones e incendios en los pozos, desbordamientos y el mal funcionamiento de los equipos.

El derrame de hidrocarburos más conocido en el Mar Caribe fue el ocurrido en el pozo de petróleo IXTOC I (1979) en el Banco de Campeche, al sureste del Golfo de México durante las operaciones de perforación de gas y petróleo. La explosión del pozo ocasionó la fuga de 30 mil barriles diarios de petróleo crudo ligero durante diez meses para un total de 475,000 toneladas métricas (PNUMA, 1994; IOCARIBE, 1997). El petróleo derramado contaminó gran parte del litoral del Golfo mexicano y dañó severamente su franja costera, constituida principalmente de playas arenosas e islas de barreras que protegían las lagunas costeras, estuarios y humedales, ecosistemas que aún no se han estabilizado (PNUMA, 1994; Botello *et al.*, 1996) (tomado de V. Botello *et al.*, 2005).

Otro de los problemas comunes en la región son los agregados de alquitrán que son el resultado final de la emulsificación e intemperismo de los hidrocarburos del petróleo al estar expuestos al ambiente marino y están reconocidos como un fenómeno global y son indicadores alarmantes de la contaminación de océanos y aguas costeras. Estos desechos presentan una degradación muy lenta pues poseen un área superficial degradable muy pequeña comparada con su volumen. Según Clark (1986), los lavados de tanques de buques petroleros y las operaciones navales de rutina constituyen el origen principal de los agregados de alquitrán. Sin embargo, el propio autor atribuye una fracción importante en la contaminación del mar por hidrocarburos, a las descargas domésticas e industriales procedentes de las fuentes terrestres.

Las costas del Golfo de México han sido clasificadas por Carranza *et al.* (1975) en cuatro grandes unidades morfotectónicas continentales. La primera comprende una extensión de 700 km, desde la desembocadura del río Bravo hasta Punta Delgada, Veracruz. Se trata de una costa de mar marginal.

La segunda cubre 300 km y se extiende desde Punta Delgada hasta la desembocadura del río Coatzacoalcos, Veracruz. También se trata de una costa de mar marginal con depositaciones subaéreas que forman dunas y cuyas porciones secundarias están constituidas por algunas formaciones arrecifales.

La tercera se localiza entre el delta del río Coatzacoalcos y la porción oriental de la laguna de Términos, Campeche. Tiene una extensión de 179 km y se caracteriza por la presencia de deltas como los del río Tonalá, el Grijalva-Mezcalapa, el San Pedro y el San Pablo.

La cuarta y última unidad comprende 1,100 km, desde Isla Aguada, Campeche, hasta Chetumal, Quintana Roo. Al igual que las anteriores, es una costa de mar marginal que presenta numerosos cañones y sumideros, con depositaciones marinas que originan playas e islas de barrera que dan lugar a las principales formaciones arrecifales de México.



La plataforma continental es una de las mayores morfoestructuras del piso oceánico del Golfo de México. Se trata de una terraza casi continua que bordea sus márgenes y que se encuentra geológica y fisiográficamente vinculada con la masa continental. Se constituye por numerosas depresiones, lomeríos, montañas, bancos coralinos, escarpes y por algunos cañones submarinos. Alcanza 80 km frente a la desembocadura del río Bravo; 45 km frente a Tampico y a la altura de la zona volcánica de los Tuxtlas, Veracruz, experimenta su máximo estrechamiento, de 6 a 16 km. A partir de allí, nuevamente empieza a ampliarse hasta alcanzar 130 km frente a la Isla del Carmen; 170 km frente a Campeche y unos 260 km en el extremo norte de la península de Yucatán (Linch, 1954; Lugo, 1985) (tomado de V. Botello *et al.*, 2005).

México posee 24 grandes *sistemas lagunares-estuarinos* entre su frontera con los Estados Unidos y Yucatán. Tamaulipas cuenta con el 41% de esta superficie estuarino-lagunar (231,000 ha); Veracruz, con el 19% (116,600 ha), Tabasco, con el 3% (24,800 ha) y Campeche, con el 37% (196,000 ha) (Contreras y Zabalegui, 1988) (tomado de V. Botello *et al.*, 2005).

*Lagunas costeras:* Laguna Madre en Tamaulipas, Pueblo Viejo, Tamiahua, Tampamachoco, Tuxpan, Tecolutla, Nautla, Tres Bocas, Misantla, Palmas y Boca del Río en Veracruz; Machona, Pueblo Ceiba y Mecoacán en Tabasco; Isla Chica y Boca de los Pargos en Campeche (Figura 2).

*Formaciones arrecifales:* Blanquita, en Islas de Lobos y de En Medio, en el área de Tampico-Tuxpan; la Gallega, la Galleguita, Anegada de Adentro, Isla Verde, Pájaros y Sacrificio, en el área de Veracruz; las Choapas, En medio, Anegada de Afuera, Cabezo y Rizo, en las cercanías de Antón Lizardo, y los de Arcas, Obispo, Triángulos, Banco Nuevo, Inglés, Arenas y Alacrán, en la plataforma de Campeche (Logan, 1969; Rezak y Serpell, 1972; Wells, 1978) (tomado de V. Botello *et al.*, 2005).



Figura 2. Sistemas lagunares del Golfo de México



## 2.1 Características del petróleo

El petróleo en los mares está sujeto a la acción de una serie de factores físicos, químicos y biológicos, que varían en importancia y ejercen su efecto de manera distinta sobre los diferentes componentes del petróleo y que además de su interacción, resulta complejo definir las fuentes de los hidrocarburos que están presentes en los sistemas costeros.

En aguas tropicales, la oxidación fotoquímica y la transformación microbiana son los factores más importantes para la degradación y el intemperismo del petróleo (Harvey, 1987) (tomado de V. Botello *et al.*, 2005).

Los aportes de petróleo en los océanos también pueden provenir de otras fuentes como son el transporte atmosférico, la quema de hulla y madera, así como la combustión de automotores, la cual produce hidrocarburos aromáticos policíclicos semejantes a los contenidos en el petróleo crudo. También en el Golfo de México se localizan sitios importantes de filtraciones naturales de petróleo como en las costas de Tamaulipas.

## 2.2. Composición química del petróleo

Los principales componentes del petróleo son los hidrocarburos, que representan el 50-98% en relación a la composición total (Clarke y Brown, 1977). El carbono (80-87%) y el hidrógeno (10-15%) son los elementos principales y más abundantes en el petróleo, aunque otros como el azufre (0-10%), nitrógeno (0-1%) y el oxígeno (0-5%) están presentes en cantidades menores, ya sea en forma elemental o como constituyentes heterocíclicos y grupos funcionales. También existen metales traza como Vanadio, Níquel, Hierro, Aluminio y Cobre, cuya concentración depende del tipo de petróleo crudo y la región donde se formó.

De esta manera, los hidrocarburos del petróleo consisten en compuestos saturados de cadena lineal (alcanos), compuestos acíclicos (cicloalcanos) y compuestos aromáticos conteniendo cuando menos un anillo bencénico en su estructura molecular.

Los alcanos cíclicos consisten de compuestos en los cuales todos o algunos de los átomos de carbono están arreglados molecularmente formando anillos. La gran mayoría de estos compuestos cíclicos contienen una serie de constituyentes de importancia menor y que a semejanza de los isoprenoides también están formados por precursores específicos ya sea de plantas o animales (Posthuma, 1977) y además son empleados como "marcadores moleculares" de gran uso en estudios geoquímicos y del comportamiento de derrames (Albaigés y Albrecht, 1979) (tomado de V. Botello *et al.*, 2005).



Los alcanos son: Metano, etano, propano, n-butano, n-pentano, n-hexano, n-heptano, n-octano, n-nonano, n-decano, n-undecano, n-dodecano, n-tridecano, n-tetradecano, n-pentadecano, n-hexadecano, n-heptadecano, n-octadecano, n-nonadecano, n-eicosano.

Cicloalcanos: Isobutano, isopentano, neopentano, isohexano, 3-metilpentano, 2,2 dimetilbutano, 2,3 dimetilbutano.

Los hidrocarburos aromáticos son menos abundantes que los saturados y contienen uno o más anillos bencénicos íntimamente ligados o conectados en su estructura molecular y pueden presentarse como no sustituidos o bien presentar una sustitución en un átomo de hidrógeno por grupos metilo, denominándose a este proceso *alquilación* y la cual se da con mayor grado en los hidrocarburos aromáticos de dos (naftalenos) o tres (antraceno y fenantreno) anillos bencénicos. El mejor conocido es el benceno.

Los constituyentes polares del petróleo se pueden agrupar, de acuerdo a Posthuma (1977), en seis clases: a) compuestos con azufre; b) compuestos con nitrógeno; c) porfirinas; d) compuestos con oxígeno; e) asfaltenos, y f) metales pesados.

Los compuestos azufrados comprenden al grupo más importante de los constituyentes polares y aunque el azufre se encuentra unido a grupos orgánicos, también pueden estar presentes concentraciones tan altas como el 1% de la composición total.

Los organosulfurados consisten de tioles, disulfuros, sulfuros cíclicos y tiofenos. Se debe resaltar que los benzotiofenos y dibenzotiofenos son constituyentes importantes en las fracciones de alto peso molecular en muestras ambientales (Jewell, 1980).

El nitrógeno está presente en todos los petróleos crudos en forma básica y no básica. Los compuestos básicos comprenden a las piridinas, quinoleínas, benzoquinoleínas y acridinas en tanto que los no básicos son los pirroles, índoles, carbazoles y benzocarbazoles (Clark y Brown, 1977; Posthuma, 1977) (tomado de V. Botello *et al.*, 2005).

A su vez la composición de los hidrocarburos que integran el petróleo varía según su lugar de origen:

- Petróleos americanos: hidrocarburos de cadena abierta o alifáticos.
- Petróleos de Pensilvania: hidrocarburos saturados (alcanos de n° de C = 1 a 40)
- Petróleos de Canadá: hidrocarburos no saturados.



## COMISION NACIONAL DEL AGUA

- Petróleos rusos: hidrocarburos cíclicos, con 3, 4, 5, ó 6 átomos de carbono en cadena abierta o cerrada.

### 2.3 Clasificación del petróleo

La clasificación se basa en la clase de hidrocarburos que predominan en el petróleo crudo (Figura 3):

#### Petróleo de base parafínicas

- Predominan los hidrocarburos saturados o parafínicos.
- Son muy fluidos de colores claros y bajo peso específico (aproximadamente 0,85 kg./L).
- Por destilación producen abundante parafina y poco asfalto.
- Son los que proporcionan mayores porcentajes de nafta y aceite lubricante.

#### Petróleo de base asfáltica o nafténica

- Predominan los hidrocarburos etilénicos y dietilínicos, cíclicos ciclánicos (llamados nafténicos), y bencénicos o aromáticos.
- Son muy viscosos, de coloración oscura y mayor peso específico (aproximadamente 0,950 kg/L)
- Por destilación producen un abundante residuo de asfalto. Las asfaltitas o rafealitas argentinos fueron originadas por yacimientos de este tipo, que al aflorar perdieron sus hidrocarburos volátiles y sufrieron la oxidación y polimerización de los etilénicos.

#### Petróleo de base mixta

- De composición de bases intermedias, formados por toda clase de hidrocarburos: Saturados, no saturados (etilénicos y acetilénicos) y cíclicos (ciclánicos o nafténicos y bencénicos o aromáticos).
- La mayoría de los yacimientos mundiales son de este tipo.

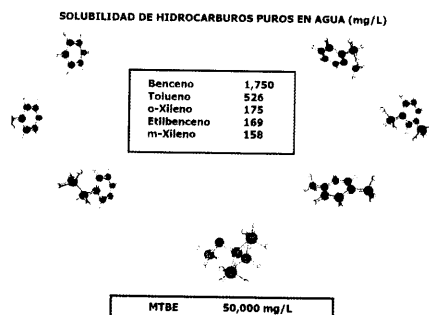


Figura 3. Solubilidad de los hidrocarburos en agua





El oxígeno en los petróleos crudos (0-2% se encuentran principalmente en las fracciones de destilación por encima de 400°C y constituye parte de los fenoles, ácidos carboxílicos, cetonas, ésteres, lactonas y éteres.

El petróleo también tiene una fracción significativa (0-20%) de materiales de alto peso molecular (1,000 a 10,000) constituido por moléculas mixtas de hidrocarburos con algunos compuestos polares, a los cuales se les denominan asfaltenos.

Finalmente, el Vanadio y Níquel son los elementos metálicos más abundantes en el petróleo y en ocasiones alcanzan concentraciones a las mil partes por millón. Pueden estar presentes ya sea como metales libres o bien formando complejos en los núcleos de las porfirinas (Clark y Brown, 1977) (tomado de V. Botello *et al.*, 2005).

#### **2.4 Contaminantes petrogénicos**

Los hidrocarburos del petróleo y sus derivados pueden penetrar en el mar en forma de crudos (no refinados) con una gran cantidad de compuestos insolubles. Los petróleos refinados, gasolinas y otros combustibles fósiles, tienen un alto contenido de compuestos solubles que pueden dispersarse a grandes distancias por las corrientes oceánicas (OMI, 1991). La contaminación petrogénica que incluye todos los subproductos del petróleo se manifiesta en dos formas:

- Contaminación crónica (descargas petrogénicas sistemáticas al mar por fuentes terrestres o marinas)
- Contaminación aguda –a menudo catastrófica- (derrames de hidrocarburos al mar).

La Región del Gran Caribe (RGC) sufre un daño considerable debido a vertimientos sistemáticos de hidrocarburos, pequeños derrames y especialmente la descarga de aguas de lavado de tanques en los supertanqueros que son transportadas por las corrientes oceánicas, para terminar como agregados de alquitrán en playas y arrecifes coralinos (OMI, 1991) (tomado de V. Botello *et al.*, 2005).

#### **2.5 Contaminación de las costas con petróleo**

La contaminación con petróleo de las costas puede dividirse en tres tipos:

- a) Depósitos de alquitrán sólido o semisólido (contaminación más común)
- b) Petróleo viscoso (probablemente petróleo pesado o crudo alterado por agentes atmosféricos)



## COMISION NACIONAL DEL AGUA

### c) Petróleo líquido o fluido (petróleo o carburante como diesel)

Debe considerarse que el petróleo se evapora lentamente y con la acción de la luz y del aire se oxida o polimeriza espesándose. En consecuencia, el petróleo relativamente grueso que se encuentra en suelo puede resultar de un derrame de crudo o petróleo más ligero ocurrido hace mucho tiempo y a gran distancia de la costa.

Cuando se ha realizado muestreo de hidrocarburos en aguas subterráneas, la dispersión de estos se representa a continuación (Figura 4).

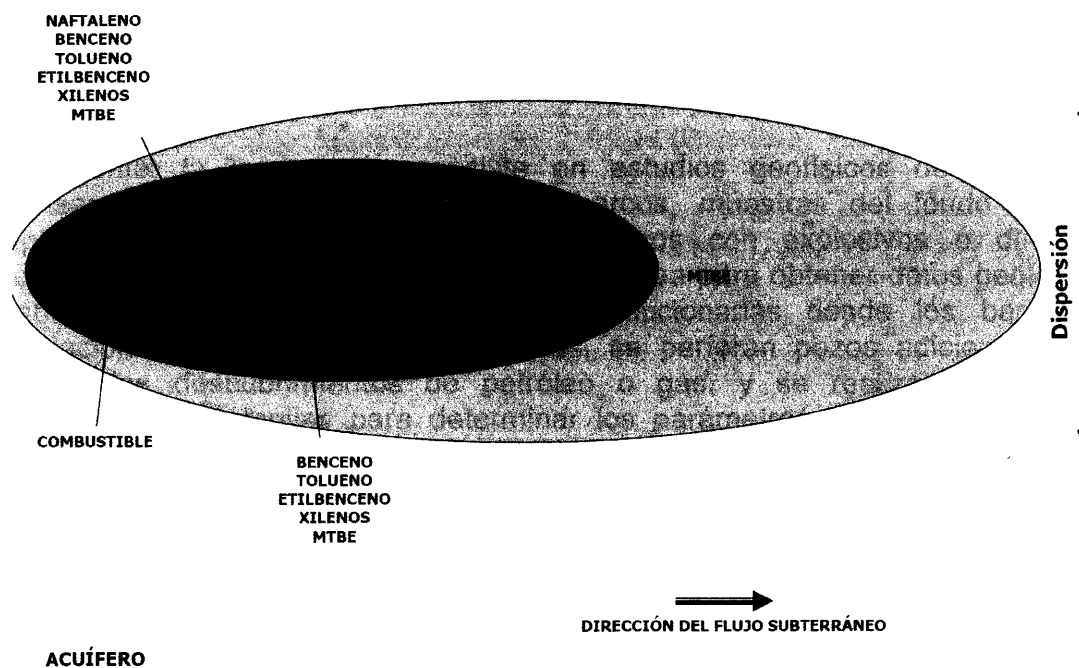


Figura 4. Dispersión de los hidrocarburos en agua



### 3. EXPLOTACIÓN PETROLERA Y DESCARGAS DE PETRÓLEO EN Y AL MAR

#### 3.1 Explotación petrolera

Las fases principales del desarrollo incluyen los estudios geofísicos iniciales de amplias regiones para identificar los sitios de exploración, la perforación de pozos desde barcos o plataformas temporales, la perforación de pozos desde plataformas de producción fijas y la construcción de la infraestructura de transporte y procesamiento. Las unidades de producción pueden ser varios tipos de plataformas con pozos múltiples de producción y reinyección, tanques de almacenamiento, separadores y equipos de apoyo. Usualmente, se realiza el transporte a través del oleoducto y ocasionalmente, por barcaza o buque tanque, hasta las refinerías o instalaciones de procesamiento de gas que se encuentran en tierra.

Típicamente, la exploración consiste en estudios geofísicos de áreas muy extensas, realizados desde aviones o barcos, muestras del fondo tomadas empleando varios métodos, estudios sísmicos con explosivos o diferentes aparatos de concusión, y perforaciones de prueba para obtener datos geológicos. Después se perforan las formaciones seleccionadas desde los barcos de perforación o las plataformas temporales, se perforan pozos adicionales para delinear los descubrimientos de petróleo o gas, y se realizan pruebas de producción muy amplias para determinar los parámetros de los recursos. Los pozos iniciales se tapan hasta que entren en producción. El complejo de producción puede incluir una o más plataformas de producción, con pozos de producción e inyección, procesamiento primario y tanques de almacenamiento, plataformas de perforación, unidades sumergibles y oleoductos para recolectar el petróleo y transportarlo hasta la costa.

Las plataformas de producción y perforación son instalaciones independientes con helipuertos, vivienda para los trabajadores, fuentes de energía, tanques de almacenamiento, etc. El proceso de producción requiere un sistema amplio de apoyo, basado en tierra, incluyendo la vivienda de los trabajadores, suministros, eliminación de desechos y refinación. Las plataformas y barcos de perforación reciben sus suministros por transporte marítimo y aéreo. A menudo, la producción inicial se transporta a la costa en tanqueros o barcasas. Para los yacimientos pequeños este sistema puede continuar, si no es económico utilizar un oleoducto.

Los efluentes incluyen los desechos sanitarios y domésticos tratados, lodos y ripio de perforación tratados, aguas producidas, y fuentes puntuales y no puntuales en tierra. Costa afuera, las emisiones atmosféricas son producidas por los generadores y bombas a diesel, los reventones con fuego o liberación de gas sulfuroso y las emisiones que ocurren durante la transferencia. En tierra, las emisiones atmosféricas son producidas por la operación de las refinerías de



## COMISION NACIONAL DEL AGUA

petróleo, las plantas de procesamiento de gas y la descarga de los buques. El ruido, algo normal en la operación de un complejo industrial grande, es continuo en las instalaciones, tanto en la costa como en tierra.

Pueden ocurrir eventos catastróficos que incluyen: los reventones con fuego o liberación de gas sulfuroso (sulfuro de hidrógeno), el colapso de la plataforma, la rotura del oleoducto y el choque del tanquero.

El trastorno del fondo como resultado del sacado de las muestras, ubicación de las plataformas y excavación para los oleoductos, aumenta la dispersión de las partículas en la columna de agua. En las áreas costaneras, los sedimentos levantados pueden contener metales pesados y otros contaminantes. Usualmente, son más saladas las aguas producidas que el agua del mar, y tienen poco o nada de oxígeno disuelto, además pueden contener metales pesados, azufre elemental, sulfuros y compuestos orgánicos, incluyendo hidrocarburos. Los lodos de perforación y los aditivos que se descargan están contaminados con las aguas de la formación e introducen hidrocarburos, metales pesados y otros contaminantes a la columna de agua. Las descargas de desechos sanitarios serán muy variadas, pero, usualmente, son menos diluidos que los desechos municipales. Las actividades rutinarias de producción causan la contaminación crónica y de bajo nivel por hidrocarburos de las aguas alrededor de las plataformas. Eventos como derrames durante la transferencia o en los puntos de carga, fallas del oleoducto, derrames de los tanqueros, o reventazones de los pozos, pueden causar severa contaminación de la columna de agua. ([http://es.wikipedia.org/wiki/Impacto ambiental potencial del desarrollo de petr%C3%B3leo y gas costa afuera](http://es.wikipedia.org/wiki/Impacto_ambiental_potencial_del_desarrollo_de_petr%C3%B3leo_y_gas_costa_afuera)).

### 3.2 Descargas petroleras

Los principales parámetros contaminantes localizados en las descargas son infiltraciones de petróleo crudo o productos elaborados, sólidos suspendidos, amoniaco, fenoles, sulfuros, alto pH, trazas de tetraetilo de plomo, mercaptanos, altas DBO y DQO.

En términos generales, las aguas de desecho de una refinería se manejan mediante cinco sistemas de drenaje: (1) Drenaje aceitoso, destinado a coleccionar todos los desechos de agua de proceso no corrosivos, los cuales generalmente se distribuyen a un sistema de separadores API, donde principalmente se recupera aceite; (2) Drenaje químico, que recolecta los desechos corrosivos del proceso químico, altamente contaminados; (3) Drenaje sanitario, que descarga por lo general sus desechos a una fosa séptica cuyo efluente se conduce al sistema de aguas aceitosas; (4) Drenaje para manejo de aguas de enfriamiento y (5) Drenaje pluvial, el cual maneja agua de lluvia.

De acuerdo al PNUMA (1994), entre las principales cargas contaminantes de origen industrial se identifican aquellas procedentes de refinerías de petróleo,



### **COMISION NACIONAL DEL AGUA**

fábricas de azúcar de caña y alimentos, destilerías de alcohol, cervecerías, papeleras y las industrias químicas (orgánica e inorgánica). Las refinerías de petróleo contribuyen con el 70% del total de las cargas industriales de DBO<sub>5</sub> y con el 80% de las cargas contaminantes de petróleo.



#### **4. SIGNIFICADO SANITARIO DE LOS PARÁMETROS INDICADORES SELECCIONADOS**

##### **4.1 Grasas y aceites**

En esta categoría se incluyen las grasas, aceites, ácidos grasos libres, ceras, parafinas, aceites minerales y otros compuestos solubles en solventes, como son el éter y el cloroformo. Las grasas y aceites son compuestos muy estables y difíciles de degradar biológicamente. En las descargas domésticas, tienen su origen en la mantequilla, manteca, margarina, aceites vegetales, ciertas carnes, etc. Por otra parte, en las descargas municipales e industriales se encuentran grasas y aceites minerales provenientes de talleres, gasolineras, industrias, etc. En general, estos compuestos originan problemas de mantenimiento en los sistemas de recolección y tratamiento, interfiriendo además con la actividad biológica y afectando la transferencia de oxígeno atmosférico.

##### **4.2 Hidrocarburos totales de petróleo**

El término hidrocarburos totales de petróleo (TPH's) se usa para describir a un grupo de varios cientos de sustancias químicas derivadas originalmente del petróleo crudo. Los TPH's son una mezcla de sustancias químicas. Se les llama hidrocarburos porque casi todos los componentes están formados enteramente de hidrógeno y carbono. Los crudos de petróleo pueden tener diferentes cantidades de sustancias químicas; asimismo, los productos de petróleo también varían dependiendo del crudo de petróleo del que se produjeron. La mayoría de los productos que contienen TPH's se incendian. Algunos TPH's son líquidos incoloros o de color claro que se evaporan fácilmente, mientras que otros son líquidos espesos de color oscuro o semisólidos que no se evaporan. Muchos de estos productos tienen un olor característico a gasolina, kerosén o aceite. Debido a que en la sociedad moderna se usan tantos productos derivados del petróleo (por ejemplo, gasolina, kerosén, aceite combustible, aceite mineral y asfalto), la posibilidad de contaminación ambiental es alta. La contaminación con productos de petróleo estará constituida por una variedad de estos hidrocarburos. Debido al gran número de hidrocarburos involucrados, generalmente no es práctico medir cada uno de ellos. Sin embargo, es útil medir la cantidad total del conjunto de hidrocarburos que se encuentran en una muestra de suelo, agua o aire.

La cantidad de TPH's que se encuentra en una muestra sirve como indicador general del tipo de contaminación que existe en el sitio. Se ha dividido a los TPH's en grupos de hidrocarburos basado en el comportamiento similar en el suelo o el agua. Estos grupos se conocen como fracciones de hidrocarburos del petróleo. Cada fracción contiene muchos componentes individuales.

La materia orgánica desempeña un papel importante en los sistemas acuáticos. Afecta los procesos biogeoquímicos, ciclo de nutrientes, la disponibilidad biológica,



## COMISION NACIONAL DEL AGUA

transporte de sustancias químicas y sus interacciones. También tiene implicaciones directas en la planificación del tratamiento de aguas residuales y agua potable. El contenido de materia orgánica se mide como el Carbono Orgánico Total (COT) y Carbono Orgánico Disuelto (COD), que son componentes esenciales del ciclo del carbono. La materia orgánica en el agua presenta miles de componentes, incluyendo las partículas macroscópicas, coloides, macromoléculas disueltas y compuestos específicos.

### 4.4 Cadmio

El cadmio se encuentra en forma natural en pequeñas cantidades en el aire, agua y suelo. Dado que es un metal que no se descompone, se acumula con el tiempo. Puede ser liberado en el aire cuando el carbón o petróleo se queman. También puede ser liberado del escape de los automóviles, las industrias que procesan metales, baterías y fabricación de pinturas. Una vez que el cadmio se encuentra en el aire, se propaga con el viento y se deposita en el suelo o en aguas superficiales. El cadmio está también presente como impureza en varios productos, incluyendo los fertilizantes del fosfato, los detergentes y los productos de petróleo refinados.

(<http://www.idph.state.il.us/envhealth/factsheets/cadmium.htm>)

### 4.5 Cromo

El contenido de cromo en el agua salina varía fuertemente y se encuentra por lo general en el intervalo de 0.2 a 0.6 ppb. El fitoplancton contiene aproximadamente 4 ppm de cromo y los peces marinos entre 0.03-2 ppb. El tejido de moluscos contiene aproximadamente 0.7 ppm en peso seco. El fitoplancton marino tiene un factor de concentración de aproximadamente  $10^4$ .

El cromo no se produce libremente en la naturaleza. El mineral de cromo fundamental es la cromita. Los compuestos de cromo se encuentran en cantidades traza en el agua y se presentan en el agua superficial por actividades industriales como el la refinación de metales y sus aleaciones. Las aguas residuales generalmente contienen alrededor de 5 ppm de cromo. El cromo hexavalente es muy tóxico para la flora y la fauna. (<http://www.lenntech.com/periodic/water/chromium/chromium-and-water.htm>)

### 4.6 Cobre

En el mar, el cobre se encuentra alrededor de  $2.5 \times 10^{-4}$  mg/L. Su presencia disminuye en los océanos mar adentro. Las fuentes naturales de cobre en el mar se encuentran en los peces y otros organismos muertos que, al depositarse en el fondo, forman sedimentos ricos en cobre y material orgánico.



#### 4.7 Fierro

El agua de mar contiene aproximadamente de 1-3 ppb de fierro. La adición de fierro soluble puede aumentar la productividad en las capas superficiales del océano. Su solubilidad en agua salina es muy baja. (<http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.lenntech.com/periodic/water/iron/iron-and-water.htm>)

#### 4.8 Níquel

El agua de mar contiene aproximadamente 0.5 a 2 ppb de níquel. Se presenta en el agua como  $Ni^{2+}$  y algunas veces como  $NiCO_3$ , ya sea disuelto o acompañado con ligandos inorgánicos. O puede estar unido a partículas.

El níquel puede ser transportado al agua por fuentes puntuales y no puntuales. Las descargas difusas de níquel pueden provenir de plantas de energía, incineradoras de residuos y las industrias metálicas. También en agricultura se aplican compuestos de níquel (como los fertilizantes fosfatados).

(<http://www.lenntech.com/periodic/water/nickel/nickel-and-water.htm>).

#### 4.9 Plomo

El plomo está entre los metales no ferrosos reciclados y su producción secundaria ha aumentado de forma constante. Sus características físicas y químicas se aplican en las industrias de la fabricación, de la construcción y de productos químicos. Su forma es fácilmente maleable y dúctil. Hay ocho categorías de uso: baterías, complementos de la gasolina, productos rodados y sacados, aleaciones, pigmentos y compuestos, cable para forros y municiones.

#### 4.10 Vanadio

El Vanadio puede ser encontrado en el ambiente, en algas, plantas, invertebrados, peces y muchas otras especies. En mejillones y cangrejos se acumula fuertemente, el cual puede ser acumulado en concentraciones de  $10^5$  a  $10^6$  veces mayores que las concentraciones que son encontradas en el agua salada.

El Vanadio causa la inhibición de ciertas enzimas de animales, lo cual tiene varios efectos neurológicos. Próximo a los efectos neurológicos el Vanadio puede causar desordenes respiratorios, parálisis y efectos negativos en el hígado y los riñones.

Las pruebas de laboratorio en pruebas con animales han mostrado, que el Vanadio puede causar daño en el sistema reproductivo de animales machos, y el





## COMISION NACIONAL DEL AGUA

Vanadio puede causar alteraciones del ADN en algunos casos, pero no puede causar cáncer en animales. (<http://www.lenntech.es/periodica/elementos/v.htm>)

### 4.11 Zinc

El zinc se presenta de forma natural en el agua. La media de concentración de cinc presente en el agua de mar es de 0.6-5 ppb. Las algas, entre 20 y 700 ppm, los peces de mar y las conchas 3-25 ppm, las ostras 100- 900 ppm y las langostas 7-50 ppm. El zinc elemental no reacciona con las moléculas de agua. Las sales de zinc causan turbiedad cuando están presentes en grandes cantidades en el agua.

Los minerales del zinc más significativos son la esfalerita (ZnS) y smithsonita (ZnCO<sub>3</sub>). Estos compuestos van a parar al agua cuándo se encuentran cercanos minerales de este tipo. Alrededor de 3/4 partes del suministro total de zinc se usa en forma metálica. El resto se aplica en la industria en forma de derivados. Las aguas residuales industriales que contienen zinc, proceden de procesos de la industria galvánica, producción de pilas, etc. El cloruro de cinc se aplica para la producción de pergamino, el óxido de zinc es un constituyente de pinturas y catalizadores.

La mayor parte del zinc presente en las aguas residuales no procede de fuentes puntuales, sino que procede principalmente de aguas superficiales ricas en zinc. Las llantas de coches que contienen zinc y los aceites de motores que provienen de tanques de zinc liberan compuestos de este elemento a las carreteras. Los compuestos del zinc están presentes en fungicidas e insecticidas, y por lo tanto van a parar al agua. Cuando se toman medidas de seguridad inadecuadas, el zinc puede liberarse como consecuencia de derrames en vertederos de desechos.

El lodo que proviene de las plantas de tratamiento de aguas residuales se aplica en agricultura, horticultura y silvicultura, y por lo tanto las concentraciones de zinc no deben sobrepasar los límites de 3 g/kg. (<http://www.lenntech.es/cinc-y-agua.htm>)

### 4.12 Mercurio

El mayor efecto negativo de la contaminación ambiental por mercurio se produce a nivel acuático, debido a que el metilmercurio se acumula en la vida acuática con el tiempo en concentraciones y niveles más elevados. El grupo de pescados, moluscos y crustáceos es el principal suministrador de mercurio a la dieta.

Algunas formas de actividades humanas liberan Mercurio directamente al suelo o al agua, por ejemplo la aplicación de fertilizantes en la agricultura y los vertidos de aguas residuales industriales. Todo el Mercurio que es liberado al ambiente eventualmente terminará en suelos o aguas superficiales. (<http://www.lenntech.es/periodica/elementos/hg.htm>)



#### 4.13 Cobalto

El Cobalto es un elemento que ocurre de forma natural en el medio ambiente en el aire, agua, suelo, rocas, plantas y animales. Este puede también entrar en el aire y el agua y depositarse sobre la tierra a través del viento y el polvo y entrar en la superficie del agua a través de la escorrentía cuando el agua de lluvia corre a través del suelo y rocas que contienen Cobalto.

Los humanos añaden Cobalto por liberación de pequeñas cantidades en la atmósfera por la combustión de carbón y la minería, el procesado de minerales que contienen Cobalto y la producción y uso de compuesto químicos con Cobalto.

Los isótopos radiactivos del Cobalto no están presentes de forma natural en el medioambiente, pero estos son liberados a través de las operaciones de plantas de energía nuclear y accidentes nucleares. Porque esto tiene relativamente una vida de desintegración media corta estos no son particularmente peligrosos.

El Cobalto no puede ser destruido una vez que este ha entrado en el medioambiente. Puede reaccionar con otras partículas o ser absorbido por las partículas del suelo o el agua. El Cobalto se mueve sólo bajo condiciones ácidas, pero al final la mayoría del Cobalto terminará en el suelo y sedimentos. (<http://www.lenntech.es/periodica/elementos/co.htm>).



## 5. AREA DE ESTUDIO

La Red Nacional de Medición de la Calidad del Agua (RENAMECA) de la Comisión Nacional del Agua, tiene como atribución realizar el monitoreo sistemático y permanente en los principales cuerpos de agua de México, determinando parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que permitan entender la tendencia en la calidad de las aguas de México.

Para este propósito, en la red existen los siguientes sitios de monitoreo de vigilancia: a 2 y 4 kilómetros mar adentro de la boca del Puerto de Altamira, Laguna Costera de Tamiahua (Boca de Corazones), Laguna Costera en Pánuco (El Moralillo) en Tamaulipas, Laguna Costera Pueblo Viejo (Cuauhtémoc), Barra de Boca del Río, el estuario y la barra de Coatzacoalcos, la barra de Tuxpan, barra de Nautla, barra de Tecolutla, Playas Villa del Mar, Mocambo y el estero de Martínez de la Torre en Veracruz, y la laguna Bacalar y la laguna Xul-Ha en Quintana Roo.

Se analizaron los resultados de calidad del agua obtenidos en el periodo del 2005 al 2009, concluyendo que solo algunos de los sitios establecidos podrían ser utilizados para detectar impactos de hidrocarburos sobre la calidad del agua.

### 5.1 Criterios de selección de sitios

Con base en el Manual del Calibrador vigente en la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 1997), se realizó una evaluación ambiental en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, para seleccionar los sitios que pudieran ser utilizados como monitoreos de posibles impactos por la presencia de hidrocarburos y para caracterizar las condiciones de la costa. Los criterios establecidos fueron:

- En asentamientos humanos
- Destinos turísticos
- Playas prioritarias
- Áreas naturales protegidas
- Desarrollos industriales
- Zonas de cultivo (peces, camarón, moluscos bivalvos)

Los resultados de la evaluación ambiental indicaron las siguientes características:



Tabla 1. Características de los sitios de muestreo en Tamaulipas.

| Sitio de monitoreo             | Existen zonas de cultivo de molusco | Existe Área Natural Protegida       | Existe actividad de pesca en el sitio | Existe actividad turística en el sitio |
|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--|
| Playa Bagdad                   | No                                  | No                                  | No                                    | Turismo Internacional                  |
| Laguna Madre                   | Si                                  | Área de protección a flora y fauna  | Si                                    | Turismo Internacional                  |
| La Pesca                       | No                                  | No                                  | No                                    | Turismo Nacional                       |
| Barra del Tordo                | No                                  | No                                  | Si                                    | Turismo Nacional                       |
| Laguna de San Andrés           | Si                                  | No                                  | Si                                    | Turismo local                          |
| Laguna de Tamiahua             | No                                  | No                                  | Si                                    | Turismo Nacional                       |
| Rancho Nuevo                   | No                                  | Santuario Tortuga Lora              | Si                                    | Turismo Nacional                       |
| Puerto Altamira                | No                                  | Campo Tortuguero                    | No                                    | Turismo Nacional                       |
| Miramar, Campamento Tortuguero | No                                  | Preservación de especies silvestres | No                                    | Turismo Nacional                       |
| Miramar, Plaza Gobernadores    | No                                  | No                                  | No                                    | Turismo Internacional                  |

Tabla 2. Características de los sitios de muestreo en Veracruz.

| Sitio de monitoreo  | Existen zonas de cultivo de molusco | Existe Área Natural Protegida  | Existe actividad de pesca en el sitio | Existe actividad turística en el sitio |
|---------------------|-------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--|
| Playa Coatzacoalcos | No                                  | No                             | No                                    | Turismo Nacional                       |
| Playa Tecolutla     | No                                  | No                             | No                                    | Turismo Nacional                       |
| Villa del Mar       | No                                  | No                             | No                                    | Turismo Nacional                       |
| Playa Tuxpan        | No                                  | Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan | No                                    | Turismo Nacional                       |



**Tabla 3. Características de los sitios de muestreo en Tabasco.**

| Sitio de monitoreo         | Existen zonas de cultivo de molusco | Existe Área Natural Protegida | Existe actividad de pesca en el sitio | Existe actividad turística en el sitio |
|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|--|
| Playa Sánchez Magallanes   | No                                  | No                            | Pesca ribereña                        | Turismo local                          |
| Laguna Pajonal             | Si                                  | No                            | Pesca ribereña                        | Turismo local                          |
| Laguna La Machona          | Si                                  | No                            | Pesca ribereña                        | Turismo local                          |
| El Bari                    | No                                  | No                            | Pesca ribereña                        | Turismo local                          |
| Barra de Tupilco           | No                                  | No                            | Pesca ribereña                        | Turismo local                          |
| Puerto Dos Bocas           | No                                  | No                            | Pesca ribereña                        | Turismo local                          |
| Laguna Mecoacán            | Si                                  | No                            | Pesca ribereña                        | Turismo local                          |
| Puerto Chiltepec           | No                                  | No                            | Pesca ribereña                        | Turismo local                          |
| Playa Pico de Oro          | No                                  | No                            | Pesca ribereña                        | Turismo local                          |
| Desembocadura Río Grijalva | No                                  | No                            | Pesca ribereña                        | Turismo local                          |
| Barra de San Pedro         | No                                  | No                            | Pesca ribereña                        | Turismo local                          |
| Fraccionamiento Miramar    | No                                  | No                            | Pesca ribereña                        | Turismo local                          |

**Tabla 4. Características de los sitios de muestreo en Campeche.**

| Sitio de monitoreo                    | Existen zonas de cultivo de molusco | Existe Área Natural Protegida                              | Existe actividad de pesca en el sitio | Existe actividad turística en el sitio |
|---------------------------------------|-------------------------------------|--|---------------------------------------|--|
| Península de Atasta (Emiliano Zapata) | No                                  | Área Natural Protegida de Flora y Fauna Laguna de Términos | Pesca ribereña                        | Turismo local                          |
| Carmen Zacatal                        | No                                  | Área Natural Protegida de Flora y Fauna Laguna de Términos | Pesca ribereña                        | Turismo local                          |
| Puerto Real-Isla Aguada               | No                                  | Área Natural Protegida de Flora y Fauna Laguna de Términos | Pesca ribereña                        | Turismo local                          |
| Sabancuy                              | No                                  | Área Natural Protegida de Flora y Fauna Laguna de Términos | Pesca ribereña                        | Turismo local                          |
| Punta Xen (campamento tortuguero)     | No                                  | No   | No                                    | No                                     |
| Champotón                             | No                                  | No   | Pesca ribereña                        | Turismo local                          |
| Seyba Playa (Payucan)                 | No                                  | No   | Pesca ribereña                        | Turismo local                          |
| Campeche (Playa Bonita)               | No                                  | No   | Pesca ribereña                        | Turismo local                          |
| Isla Arena                            | No                                  | Área Natural Protegida Los Petenes                         | Pesca ribereña                        | Turismo local                          |

Punta Xen.- Campamento Tortuguero que se dedica a proteger los huevos de tortuga y posterior liberación de las crías.

Turismo local.- Las playas son usadas por bañistas locales o de las comunidades aledañas.



**Tabla 5. Características de los sitios de muestreo en Yucatán.**

| Sitio de monitoreo | Existen zonas de cultivo de molusco | Existe Área Natural Protegida | Existe actividad de pesca en el sitio | Existe actividad turística en el sitio |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|--|
| Celestum           | No                                  | Ría Celestum                  | Pesca ribereña                        | Turismo Internacional                  |
| Chabihau           | No                                  | No                            | Pesca ribereña                        | Turismo Internacional                  |
| Dzilam de Bravo    | No                                  | No                            | Pesca ribereña                        | Turismo Internacional                  |
| El Cuyo            | No                                  | No                            | Pesca ribereña                        | Turismo Internacional                  |
| Coloradas          | No                                  | No                            | No                                    | Turismo Internacional                  |
| Progreso           | No                                  | Arrecife Alacranes            | Pesca ribereña                        | Turismo Internacional                  |
| San Felipe         | No                                  | No                            | Pesca ribereña                        | Turismo Internacional                  |
| Sisal              | No                                  | No                            | Pesca ribereña                        | Turismo Internacional                  |
| Telchac            | No                                  | No                            | Pesca ribereña                        | Turismo Internacional<br>Turismo local |

**Tabla 6. Características de los sitios de muestreo en Quintana Roo.**

| Sitio de monitoreo   | Existen zonas de cultivo de molusco | Existe Área Natural Protegida  | Existe actividad de pesca en el sitio | Existe actividad turística en el sitio |
|----------------------|-------------------------------------|--|---------------------------------------|--|
| Bocana de Chacmochuc | No                                  | Corredor Cancún-Tulum, Región Costa Maya, Municipio de Isla Mujeres, Municipio de Cozumel y Municipio Solidaridad. | Si                                    | Turismo Internacional                  |
| Cozumel              | No                                  |  | Si                                    | Turismo Internacional                  |
| El Rey               | No                                  |  | Si                                    | Turismo Internacional                  |
| Isla Blanca          | No                                  |  | Si                                    | Turismo Internacional                  |
| Playa del Carmen     | No                                  |  | Si                                    | Turismo Internacional                  |
| Playa Linda          | No                                  |  | Si                                    | Turismo Internacional                  |
| Playa Maya           | No                                  |  | Si                                    | Turismo Internacional                  |
| Playa Niño           | No                                  |  | Si                                    | Turismo Internacional                  |
| Playa Norte          | No                                  | ANP Costa occidental de isla mujeres, punta Cancún y punta Nizuc.  | Si                                    | Turismo Internacional                  |

Los sitios propuestos y sus coordenadas geográficas se presentan en la Tabla 7 y su ubicación en la Figura 5.



**COMISION NACIONAL DEL AGUA**

**Tabla 7. Ubicación geográfica de los sitios de monitoreo en las costas del Golfo de México.**

| No.                 | Nombre del sitio               | Latitud        | Longitud      |
|---------------------|--------------------------------|----------------|---------------|
| <b>TAMAULIPAS</b>   |                                |                |               |
| 1                   | Playa Bagdad                   | 25° 49' 38"    | 97° 09' 04"   |
| 2                   | Laguna Madre                   | 24° 28' 30"    | 97° 40' 50"   |
| 3                   | La Pesca                       | 23° 47' 25"    | 97° 44' 10"   |
| 4                   | Barra del Tordo                | 23° 01' 29"    | 97° 45' 40.2" |
| 5                   | Laguna de San Andrés           | 22° 40' 26.3"  | 97° 50' 11.6" |
| 6                   | Laguna de Tamiahua             | 21° 15' 40.34" | 97° 25' 9.78" |
| 7                   | Rancho Nuevo                   | 23° 10' 55.5"  | 97° 46' 00.7" |
| 8                   | Puerto Altamira                | 22° 29' 52"    | 97° 51' 14"   |
| 9                   | Miramar, Campamento Tortuguero | 22° 18' 00"    | 97° 48' 31"   |
| 10                  | Miramar, Plaza Gobernadores    | 22° 17' 12"    | 97° 48' 03"   |
| <b>VERACRUZ</b>     |                                |                |               |
| 11                  | Playa Coatzacoalcos            | 18° 09' 22.2"  | 94°25'35.8"   |
| 12                  | Playa Tecolutla                | 20°28'49.5"    | 97°00'22.5"   |
| 13                  | Villa del Mar                  | 19°10'54.4"    | 96°07'24.9"   |
| 14                  | Playa Tuxpan                   | 20°58'43.1"    | 97°18'35.1"   |
| <b>TABASCO</b>      |                                |                |               |
| 15                  | Playa Sánchez Magallanes       | 18°17'56"      | 93°51'09"     |
| 16                  | Laguna Pajonal                 | 18°20'30"      | 93°43'35"     |
| 17                  | Laguna La Machona              | 18°23'13"      | 93°35'26"     |
| 18                  | El Bari                        | 18°12'49"      | 94°07'37"     |
| 19                  | Barra de Tupilco               | 18°25'39"      | 93°25'52"     |
| 20                  | Puerto Dos Bocas               | 18°26'23"      | 93°13'24"     |
| 21                  | Laguna Mecoacán                | 18°25'29.1"    | 93°08'47"     |
| 22                  | Puerto Chiltepec               | 18°26'33.2"    | 93°06'10"     |
| 23                  | Playa Pico de Oro              | 18°27'02.1"    | 92°52'14.8"   |
| 24                  | Desembocadura Río Grijalva     | 18°37'02.4"    | 92°41'17.6"   |
| 25                  | Barra de San Pedro             | 18°38'54.8"    | 92°28'38.8"   |
| 26                  | Fraccionamiento Miramar        | 18°29'41.3"    | 92°47'04.1"   |
| <b>CAMPECHE</b>     |                                |                |               |
| 27                  | Champotón                      | 19°21'29"      | 90°43'28"     |
| 28                  | Emiliano Zapata                | 18°40'22"      | 92°18'38"     |
| 29                  | Isla Aguada                    | 18°46'40"      | 91°31'49"     |
| 30                  | Isla Arena                     | 20°41'59"      | 90°27'17"     |
| 31                  | Playa Bonita                   | 19°47'38"      | 90°37'18"     |
| 32                  | Punta Xen                      | 19°12'40"      | 90°52'10"     |
| 33                  | Payucan                        | 19°39'37"      | 90°42'15"     |
| 34                  | Sabancuy                       | 18°19'42"      | 91°11'07"     |
| 35                  | Zacatal                        | 18°36'48"      | 91°51'33"     |
| <b>YUCATÁN</b>      |                                |                |               |
| 36                  | Celestum                       | 20°51'49"      | 90°23'59"     |
| 37                  | Chabihau                       | 21°21'24.9"    | 89°07'16.0"   |
| 38                  | Dzilam de Bravo                | 21°23'27.1"    | 88°53'25.88"  |
| 39                  | El Cuyo                        | 21°31'02.6"    | 87°40'41.2"   |
| 40                  | Coloradas                      | 21°36'33.2"    | 88°00'23.2"   |
| 41                  | Progreso                       | 21°17'19.00"   | 89°39'40.88"  |
| 42                  | San Felipe                     | 21°34'05.8"    | 88°14'13.1"   |
| 43                  | Sisal                          | 21°09'59"      | 90°02'01"     |
| 44                  | Telchac                        | 21°20'38.0"    | 89°15'43.0"   |
| <b>QUINTANA ROO</b> |                                |                |               |
| 45                  | Bocana de Chacmochuc           | 21°24'59"      | 86°49'40"     |
| 46                  | Cozumel                        | 20°31'02"      | 86°56'44"     |
| 47                  | El Rey                         | 21°03'37"      | 86°46'44"     |
| 48                  | Isla Blanca                    | 21°19'46"      | 86°47'52"     |
| 49                  | Playa del Carmen               | 20°37'46"      | 87°03'58"     |
| 50                  | Playa Linda                    | 21°08'45"      | 86°47'17"     |
| 51                  | Playa Maya                     | 20°12'13"      | 87°25'52"     |
| 52                  | Playa Niño                     | 21°11'37"      | 86°48'21"     |
| 53                  | Playa Norte                    | 21°15'34"      | 86°45'06"     |

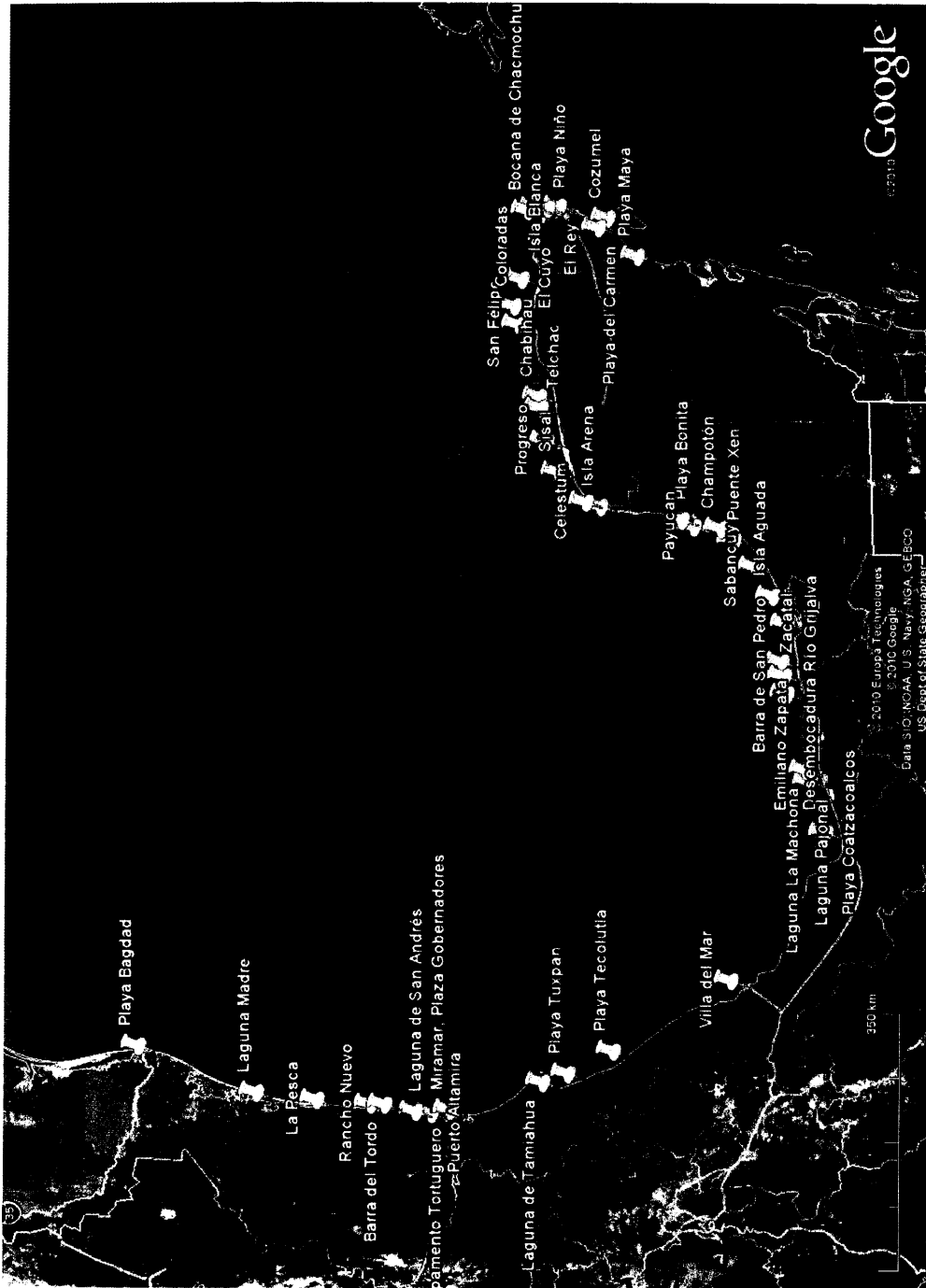


Figura 5. Ubicación de los 53 sitios de monitoreo seleccionados para el muestreo y análisis de la calidad del agua en las costas del Golfo de México.





## 6. OBJETIVO GENERAL

Establecer una Red de Monitoreo de Vigilancia, dirigida a detectar los posibles impactos en la zona costera de México, debido al derrame de la plataforma Deep Water Horizont en mar territorial de los Estados Unidos de América o por derrames e impactos por petróleo u otros contaminantes.

### 6.1 Objetivos Específicos

#### Primera Etapa (2010)

Establecer las condiciones actuales de sitios estratégicamente ubicados a través de la costa del Golfo de México, respecto a la presencia de hidrocarburos.

Seleccionar los sitios representativos que sirvan de monitores para detectar los impactos por derrame de crudo.

#### Segunda Etapa (2011-2014)

Con base en los resultados obtenidos en la primera etapa, definir la red de monitoreo de vigilancia cuyos resultados periódicos servirán para la toma de decisiones de las autoridades, y se establezcan las medidas preventivas y/o correctivas adecuadas para minimizar el impacto al ecosistema costero, estableciendo la línea base a través de mapas de riesgo.



## 7. METODOLOGÍA

Se monitorearon 53 sitios en total con la siguiente distribución: 10 en Tamaulipas, 4 en Veracruz, 12 en Tabasco, 9 en Campeche, 9 en Yucatán y 9 en Quintana Roo.

### 7.1 Muestreo en agua

Es de fundamental importancia considerar el análisis en la matriz agua, ya que representa el medio donde se llevan a cabo interacciones entre los componentes bióticos y abióticos, incluidos los contaminantes.

La primera actividad realizada para la selección de sitios fue la evaluación ambiental, con la guía del llenado de formatos que se presenta en el Anexo 1.

Una vez analizados los resultados de la evaluación ambiental, se establecieron los sitios de monitoreo con base en esta información.

Cabe aclarar que los laboratorios participantes Centro de Referencia Especializado en Aguas Salinas (Altamira, Tamaulipas), Laboratorio de Calidad del Agua del Organismo de Cuenca Golfo Centro (Xalapa, Veracruz), Laboratorio de Calidad del Agua del Organismo de Cuenca Frontera Sur (Tuxtla Gutiérrez, Chiapas), Laboratorio de Calidad del Agua del Organismo de Cuenca Península de Yucatán (Mérida, Yucatán y Laboratorio Nacional de Referencia (D. F.), con el apoyo de muestreadores acreditados de los laboratorios de Calidad del Agua de las Direcciones Locales en Campeche y Quintana Roo, todos de la CONAGUA, se encuentran acreditados bajo la NMX-EC-17025-IMNC-2005 "*Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración*".

En campo se determinó el Cuadro Ambiental, que incluye la determinación de Temperatura (ambiente y agua), salinidad, oxígeno disuelto, pH (5 parámetros).

En Laboratorio se determinaron los siguientes parámetros: Grasas y Aceites, Hidrocarburos Totales del Petróleo, Carbono Orgánico Total, Cadmio, Cromo, Cobre, Hierro, Níquel, Plomo, Vanadio, Zinc, Mercurio, Cobalto (13 parámetros). Las metodologías aplicadas se presentan en la Tabla 8.

En total se determinaron 18 parámetros.



**COMISION NACIONAL DEL AGUA**

**Tabla 8. Normas Mexicanas aplicadas en los diversos laboratorios participantes.**

| PARAMETRO                                 | METODOLOGÍA  |
|---|--|
| Temperatura agua (°C)                     | NMX-AA-007-SCFI-2000   |
| pH (unidades)                             | NMX-AA-008-SCFI-2000   |
| Oxígeno Disuelto (mg/L)                   | NMX-AA-012-SCFI-2001   |
| Salinidad (ppt)                           | Indirecta de electrodo de conductividad  |
| Grasas y Aceites (mg/L)                   | NMX-AA-005-SCFI-2000   |
| Hidrocarburos totales del petróleo (mg/L) | NMX-AA-117-SCFI-2001 EPA 481.1-1996  |
| Mercurio (µg/L)                           | ISO-11885-2007   |
| Cadmio (µg/L)                             | ISO-11885-2007   |
| Cobre (µg/L)                              | ISO-11885-2007   |
| Níquel (µg/L)                             | ISO-11885-2007   |
| Plomo (µg/L)                              | ISO-11885-2007   |
| Zinc (µg/L)                               | ISO-11885-2007   |
| Cromo hexavalente (µg/L)                  | ISO-11885-2007   |
| Cobalto (µg/L)                            | ISO-11885-2007   |
| Carbono Orgánico Total (mg/L)             | 5310 B High-Temperature combustión Method<br>5310 C Persulfate-Ultraviolet or Heated-Persulfate Oxidation Method |

Los resultados obtenidos se compararon con los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89, para protección de la vida acuática en Agua Marina (zonas costeras) (Diario Oficial de la Federación, diciembre de 1989).

**Tabla 9. Criterios Ecológicos de la Calidad del Agua para Protección de la Vida Acuática en Zonas Costeras.**

| PARAMETRO                                 | CRITERIO PARA PROTECCION DE LA VIDA ACUÁTICA   |
|---|--|
| Temperatura agua (°C)                     | Condiciones Naturales $\pm$ 1.5  |
| pH (unidades)                             | No podrá haber variaciones mayores a 0.2 unidades de pH, tomando como base el valor natural estacional                 |
| Oxígeno Disuelto (mg/L)                   | 5.0  |
| Salinidad (ppt)                           | No Determinado   |
| Grasas y Aceites (mg/L)                   | No Determinado   |
| Hidrocarburos totales del petróleo (mg/L) | 0.1  |
| Mercurio (mg/L)                           | 0.00002 (La concentración promedio de 4 días de esta sustancia no debe exceder este nivel más de una vez cada 3 años). |
| Cadmio (mg/L)                             | 0.0009   |
| Cobre (mg/L)                              | 0.003 (La concentración promedio de una hora de esta sustancia no debe exceder este nivel más de una vez cada 3 años). |
| Níquel (mg/L)                             | 0.008 (La concentración promedio de 4 días de esta sustancia no debe exceder este nivel más de una vez cada 3 años).   |
| Plomo (mg/L)                              | 0.006 (La concentración promedio de 4 días de esta sustancia no debe exceder este nivel más de una vez cada 3 años).   |
| Zinc (mg/L)                               | 0.09 (La concentración promedio de 4 días de esta sustancia no debe exceder este nivel más de una vez cada 3 años).    |
| Cromo hexavalente (mg/L)                  | 0.05 (La concentración promedio de 4 días de esta sustancia no debe exceder este nivel más de una vez cada 3 años).    |
| Cobalto (mg/L)                            | No Determinado   |
| Carbono Orgánico Total (mg/L)             | No Determinado   |



## 8. RESULTADOS

### 8.1 Estado de Tamaulipas

En la Tabla 11 se presentan los resultados de cuadro ambiental para los 10 sitios de monitoreo en el estado de Tamaulipas. En la Figura 6 se presenta la ubicación de los sitios de monitoreo para este estado.



Figura 6. Ubicación de los sitios de muestreo en Tamaulipas.



## COMISION NACIONAL DEL AGUA

Para el año 2010, ningún parámetro de campo excede los criterios establecidos, lo que indica que las condiciones ambientales son adecuadas para el desarrollo de la vida acuática en cuanto a estos parámetros. Para el 2011, se determinan condiciones favorables para el desarrollo de la vida acuática (Tabla 11).

Sin embargo, la evaluación ambiental de los sitios de monitoreo indica presencia de residuos de alquitrán como se muestra en la Tabla 10.

**Tabla 10. Cantidades de hidrocarburo solidificado localizado en el estado de Tamaulipas.**

| Sitio  | Hidrocarburo solidificado (alquitrán) (g) (2010) | Hidrocarburo solidificado (alquitrán) (g) (2011) |
|--|--|--|
| Golfo de México Laguna Madre                   | 700  | 3930   |
| Golfo de México La Pesca                       | 2415   | 165  |
| Golfo de México Barra del Tordo                | 320  | 510  |
| Golfo de México Laguna de San Andrés           | ND   | ND   |
| Golfo de México Laguna de Tamiahua.            | 900  | 65   |
| Golfo de México Rancho Nuevo.                  | 511  | 6000   |
| Golfo de México Puerto Altamira                | 790  | 1210   |
| Golfo de México Miramar, Campamento Tortuguero | 387  | 90   |
| Golfo de México Miramar, Plaza Gobernadores    | 136  | 130  |

ND = No determinado, pero hay presencia.

Los agregados de alquitrán, que resultan de la emulsificación e interperismo de los hidrocarburos al ser expuestos al ambiente marino, son indicadores de contaminación en las aguas costeras, por lo que con base en los resultados obtenidos, tanto de evaluación ambiental como de laboratorio, el estado de Tamaulipas es un foco rojo que está siendo impactado por la presencia de hidrocarburos. Los depósitos de alquitrán sólido o semisólidos, es la contaminación más común por petróleo.



## COMISION NACIONAL DEL AGUA

Respecto a los resultados de laboratorio, en la Tabla No. 12 se presentan en color rojo las concentraciones que rebasan los Criterios Ecológicos para Protección de la Vida Acuática.

Para las grasas y aceites, aunque no tienen determinado un criterio ecológico en zonas costeras y tomando en cuenta los efectos que puede tener la presencia de residuos de grasas y aceites en la columna de agua, se observa que para 2010 es positiva su presencia en los sitios de Laguna Madre, La Pesca, Barra del Tordo, Laguna de San Andrés, Laguna de Tamiahua, Rancho Nuevo, Puerto de Altamira y Campamento Tortuguero de Miramar. Esto indica que solo 2 sitios (Playa Bagdad y Plaza Gobernadores en Miramar), las grasas y aceites estuvieron ausentes. Para 2011 se detecta la presencia en todos los sitios, pero por debajo del nivel de detección de la técnica analítica ( $< 4.93$  mg/L), lo que no garantiza su ausencia. Esto indica la contaminación reciente y constante con hidrocarburos.

En cuanto a los hidrocarburos totales, para los años 2010 y 2011 se encontraron por debajo del límite de detección del equipo analizador, lo que no garantiza su ausencia en la columna de agua.

En relación al contenido de Carbono Orgánico Total, indicador de materia orgánica, para el año 2010 se tiene que en 8 de los 10 sitios se detectan cantidades considerables de este parámetro, indicando tendencia a la eutroficación. Estos son: Playa Bagdad, La Pesca, Barra del Tordo, Laguna de San Andrés, Laguna de Tamiahua, Puerto Altamira, Miramar (Campamento Tortuguero y Plaza Gobernadores). Para 2011 no se cuenta con datos.

La materia orgánica no se distribuye uniformemente en el mar. Sus concentraciones son mayores cerca de las costas y en aguas someras. La concentración y distribución de la misma varía según la profundidad, con mayores niveles cerca de la superficie y que va disminuyendo en la profundidad.

El Cadmio en ambos años (2010 y 2011) se encontró por debajo del límite de detección del equipo analizador, lo que indica que puede haber presencia del mismo, ya que puede ser liberado en el aire cuando se quema petróleo y depositarse superficialmente en el mar. El cadmio también se presenta como impureza en productos refinados del petróleo.

Para el Cromo, en ambos años (2010 y 2011) se detectó por debajo del límite de detección del equipo analizador, y como no se produce libremente en la naturaleza, y puede estar presente en cantidades traza de acuerdo a los resultados, indica la presencia de aguas residuales, que generalmente contienen 5 ppm de cromo.



## COMISION NACIONAL DEL AGUA

El Cobre mostró la misma situación que para el Cadmio y el Cromo. Las cantidades traza detectadas por la técnica analítica para los años 2010 y 2011, indican la probabilidad que este elemento se encuentre presente por la descomposición de peces y otros organismos muertos.

Se observa que el Hierro en el año 2010, rebasa el criterio ecológico para protección de la vida acuática en Playa Bagdad, La Pesca, Barra del Tordo, Laguna de San Andrés, Laguna de Tamiahua, Puerto Altamira, Campo Tortuguero y Plaza Gobernadores en Miramar, o sea en ocho de diez sitios de monitoreo, indicando una contaminación que puede afectar la biota acuática, dado que su solubilidad en agua salina es muy baja. No se tienen datos para 2011.

El níquel es otro de los parámetros que rebasan el criterio ecológico para protección de la vida acuática, presentando problemas en Barra del Tordo, Laguna de Tamiahua y Puerto Altamira (3 de 10 sitios muestreados), presentando un riesgo para la biota presente, aunque para 2011, se presenta por debajo del límite de detección del equipo analizador, pero esto no garantiza su ausencia en la columna de agua.

El plomo se detecta en cantidades traza (por debajo del límite de detección del equipo analizador), indicando que puede haber residuos de gasolinas en el ambiente.

El Vanadio, durante la campaña de 2010 se detectó por debajo del límite de detección del equipo analizador. Se debe prestar atención, ya que si se encuentra en cantidades traza, y por su característica de ser bioacumulado fuertemente por moluscos bivalvos y cangrejos, representa un riesgo para estas especies. No hay datos para 2011.

El Zinc, para 2010 se detectó por debajo del límite de detección del equipo analizador. Sin embargo, para 2011 se detectó en concentraciones que no rebasan el criterio ecológico para protección de la vida acuática en los sitios ubicados en Playa Bagdad, Laguna Madre, La Pesca y Laguna de San Andrés. Esto indica que aunque en 2010 no se determinaron las concentraciones, si estaba presente en el agua, según datos de 2011.

Para el mercurio, en 2010 se detectó por debajo del límite de detección del equipo analizador. Para 2011 se detectó en concentraciones que no rebasan el criterio ecológico para protección de la vida acuática en los sitios ubicados en Playa Bagdad, Laguna de San Andrés, Puerto Altamira y Miramar (Plaza Gobernadores). Esto indica un alto riesgo para la biota acuática, ya que los peces, moluscos y crustáceos están expuestos a la contaminación con este elemento bioacumulable, a través de la metilación del mismo.



**COMISION NACIONAL DEL AGUA**

Por último, el cobalto en ambos años (2010 y 2011) se detectó en concentraciones por debajo del límite de detección del equipo analizador, que no garantiza su ausencia en la columna de agua.





Tabla 11. Resultados de cuadro ambiental en los sitios de monitoreo en las costas del Golfo de México en el estado de Tamaulipas.

| Sitio/<br>Parámetro | CECA Prot.<br>Vida acuática             | Año de muestreo | Playa Bagdad | Laguna Madre | La Pesca | Barra del Tordo | Laguna de San Andrés | Laguna de Tamiahua | Rancho Nuevo | Puerto Altamira | Miramar. Campamento Tortuguero | Miramar. Plaza Gobernadores |
|---------------------|---|-----------------|--------------|--------------|----------|-----------------|----------------------|--------------------|--------------|-----------------|--------------------------------|-----------------------------|
| T amb. (°C)         | Cond. Nat. ± 1.5°C                      | 2010            | 26           | 26           | 25.5     | 27.1            | 26.5                 | 24.5               | 28.5         | 25.5            | 25.6                           | 25.7                        |
| T agua (°C)         | Cond. Nat. ± 1.5°C                      | 2011            | 30.5         | 24.9         | 28.9     | 24.0            | 27.5                 | 27.6               | 24.8         | 25.0            | 25.3                           | 25.0                        |
|                     |   | 2010            | 22.1         | 22.1         | 24.7     | 27.6            | 25.9                 | 26.8               | 27.1         | 24.4            | 25.4                           | 25.7                        |
|                     |   | 2011            | 28.1         | 23.8         | 22.8     | 23.3            | 23.4                 | 28.0               | 22.2         | 24.9            | 24.4                           | 24.5                        |
| pH (unidades)       | Sin variaciones mayores de 0.2 unidades | 2010            | 8.35         | 8.26         | 8.31     | 8.27            | 8.24                 | 8.28               | 8.22         | 8.18            | 8.18                           | 8.31                        |
| O. D. (mg/L)        | 5.0                                     | 2011            | 8.12         | 7.98         | 7.96     | 7.75            | 8.13                 | 7.60               | 7.55         | 7.81            | 8.00                           | 7.94                        |
|                     |   | 2010            | 7.7          | 8.1          | 6.5      | 6.7             | 6.5                  | 6.5                | 6.5          | 6.5             | 7.7                            | 6.7                         |
|                     |   | 2011            | 6.5          | 6.9          | 8.3      | 7.2             | 7.2                  | 7.2                | 6.4          | 6.7             | 6.9                            | 6.7                         |
| Salinidad (ppt)     | ND                                      | 2010            | 35.8         | 34.7         | 35.2     | 35.3            | 35                   | 32.4               | 35.4         | 35.6            | 35.5                           | 35.5                        |
|                     |   | 2011            | 37.3         | 37.5         | 36.7     | 36.6            | 36.7                 | 36.8               | 36.5         | 36.7            | 36.6                           | 36.6                        |

NA = No determinado



COMISION NACIONAL DEL AGUA

Tabla 12. Resultados de parámetros indicadores en los sitios de monitoreo en las costas del Golfo de México en el estado de Tamaulipas.

| Sitio/<br>Parámetro                                | CECA<br>Prot. Vida<br>acuática | Año de<br>muestreo | Playa<br>Bagdad | Laguna<br>Madre | La<br>Pesca | Barra<br>del<br>Tordo | Laguna<br>de San<br>Andrés | Laguna de<br>Tamiagua | Rancho<br>Nuevo | Puerto<br>Altamira | Miramar.<br>Campamento<br>Tortuguero | Miramar.<br>Plaza<br>Gobernadores |
|--|--------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------|-------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------|--------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Grasas y<br>Aceites (mg/L)                         | ND                             | 2010               | 0               | 0.48            | 0.11        | 0.85                  | 0.12                       | 0.11                  | 0.77            | 1.16               | 0.42                                 | 0                                 |
|  |                                | 2011               | < 4.93          | < 4.93          | < 4.93      | < 4.93                | < 4.93                     | < 4.93                | < 4.93          | < 4.93             | < 4.93                               | < 4.93                            |
| Hidrocarburos<br>totales del<br>petróleo<br>(mg/L) | 0.1 [i]                        | 2010               | < 3.3           | < 3.3           | < 3.3       | < 3.3                 | < 3.3                      | < 3.3                 | < 3.3           | < 3.3              | < 3.3                                | < 3.3                             |
|  |                                | 2011               | < 5.2145        | < 5.2145        | < 5.2145    | < 5.2145              | < 5.2145                   | < 5.2145              | < 5.2145        | < 5.2145           | < 5.2145                             | < 5.2145                          |
| Carbón<br>Orgánico<br>Total (mg/L)                 | ND                             | 2010               | 822             | < 100           | 1080        | 1270                  | 1050                       | 1480                  | < 100           | 1098               | 1268                                 | 1440                              |
|  |                                | 2011               | NA              | NA              | NA          | NA                    | NA                         | NA                    | NA              | NA                 | NA                                   | NA                                |
| Cadmio (µg/L)                                      | 0.9 [ii]                       | 2010               | < 10.0          | < 10.0          | < 10.0      | < 10.0                | < 10.0                     | < 10.0                | < 10.0          | < 10.0             | < 10.0                               | < 10.0                            |
|  |                                | 2011               | < 10.00         | < 10.00         | < 10.00     | < 10.00               | < 10.00                    | < 10.00               | < 10.00         | < 10.00            | < 10.00                              | < 10.00                           |
| Cromo (µg/L)                                       | ND                             | 2010               | < 10.0          | < 10.0          | < 10.0      | < 10.0                | < 10.0                     | < 10.0                | < 10.0          | < 10.0             | < 10.0                               | < 10.0                            |
|  |                                | 2011               | NA              | NA              | NA          | NA                    | NA                         | NA                    | NA              | NA                 | NA                                   | NA                                |
| Cobre (µg/L)                                       | 3.0 [iii]                      | 2010               | < 20.0          | < 20.0          | < 20.0      | < 20.0                | < 20.0                     | < 20.0                | < 20.0          | < 20.0             | < 20.0                               | < 20.0                            |
|  |                                | 2011               | < 20.00         | < 20.00         | < 20.00     | < 20.00               | < 20.00                    | < 20.00               | < 20.00         | < 20.00            | < 20.00                              | < 20.00                           |
| Hierro (µg/L)                                      | 50                             | 2010               | 1010.5          | < 50.0          | 202.7       | 367.8                 | 94.4                       | 591.5                 | < 50.0          | 479.75             | 100.4                                | 68.9                              |
|  |                                | 2011               | NA              | NA              | NA          | NA                    | NA                         | NA                    | NA              | NA                 | NA                                   | NA                                |
| Níquel (µg/L)                                      | 8.0 [iv]                       | 2010               | < 10.0          | < 10.0          | < 10.0      | 12.03                 | < 10.0                     | 16.55                 | < 10.0          | 11.21              | < 10.0                               | < 10.0                            |
|  |                                | 2011               | < 10.00         | < 10.00         | < 10.00     | NA                    | < 10.00                    | NA                    | NA              | < 10.00            | 26.72                                | < 10.00                           |
| Plomo (µg/L)                                       | 6.0 [iv]                       | 2010               | < 50.0          | < 50.0          | < 50.0      | < 50.0                | < 50.0                     | < 50.0                | < 50.0          | < 50.0             | < 50.0                               | < 50.0                            |
|  |                                | 2011               | < 50.00         | < 50.00         | < 50.00     | NA                    | < 50.00                    | NA                    | NA              | < 50.00            | < 50.00                              | < 50.00                           |
| Vanadio<br>(µg/L)                                  | ND                             | 2010               | < 10.0          | < 10.0          | < 10.0      | < 10.0                | < 10.0                     | < 10.0                | < 10.0          | < 10.0             | < 10.0                               | < 10.0                            |
|  |                                | 2011               | NA              | NA              | NA          | NA                    | NA                         | NA                    | NA              | NA                 | NA                                   | NA                                |
| Zinc (µg/L)  | 90.0 [iv]                      | 2010               | < 50.0          | < 50.0          | < 50.0      | < 50.0                | < 50.0                     | < 50.0                | < 50.0          | < 50.0             | < 50.0                               | < 50.0                            |
|  |                                | 2011               | 87.91           | 64.01           | 54.35       | NA                    | 50.45                      | NA                    | NA              | < 50.0             | < 50.0                               | < 50.00                           |
| Mercurio<br>(µg/L)                                 | 0.02 [iv]                      | 2010               | < 0.0010        | < 0.0010        | < 0.0010    | < 0.0010              | ND                         | < 0.0010              | < 0.0010        | < 0.0010           | < 0.0010                             | < 0.0010                          |
|  |                                | 2011               | 0.00142         | < 0.0010        | < 0.0010    | NA                    | 0.00291                    | NA                    | NA              | 0.00129            | < 0.0010                             | 0.01770                           |
| Cobalto (µg/L)                                     | ND                             | 2010               | < 10.0          | < 10.0          | < 10.0      | < 10.0                | < 10.0                     | < 10.0                | < 10.0          | < 10.0             | < 10.0                               | < 10.0                            |
|  |                                | 2011               | < 10.00         | < 10.00         | < 10.00     | NA                    | < 10.00                    | NA                    | NA              | < 10.00            | < 10.00                              | < 10.00                           |

ND = No determinado

NA = No Analizado

[i] Como Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (Sólo son una parte de los que se cuantifican con los Totales)

[ii] Como Cd (I)

[iii] La concentración promedio de una hora de esta sustancia, no debe exceder este nivel, más de una vez cada 3 años

[iv] La concentración promedio de 4 días de esta sustancia, no debe exceder este nivel, más de una vez cada 3 años



## 8.2 Estado de Veracruz

En la Tabla 13 se presentan los resultados de cuadro ambiental para los cuatro sitios de monitoreo en el estado de Veracruz. En la Figura 7 se presenta la ubicación de los sitios de monitoreo para este estado.

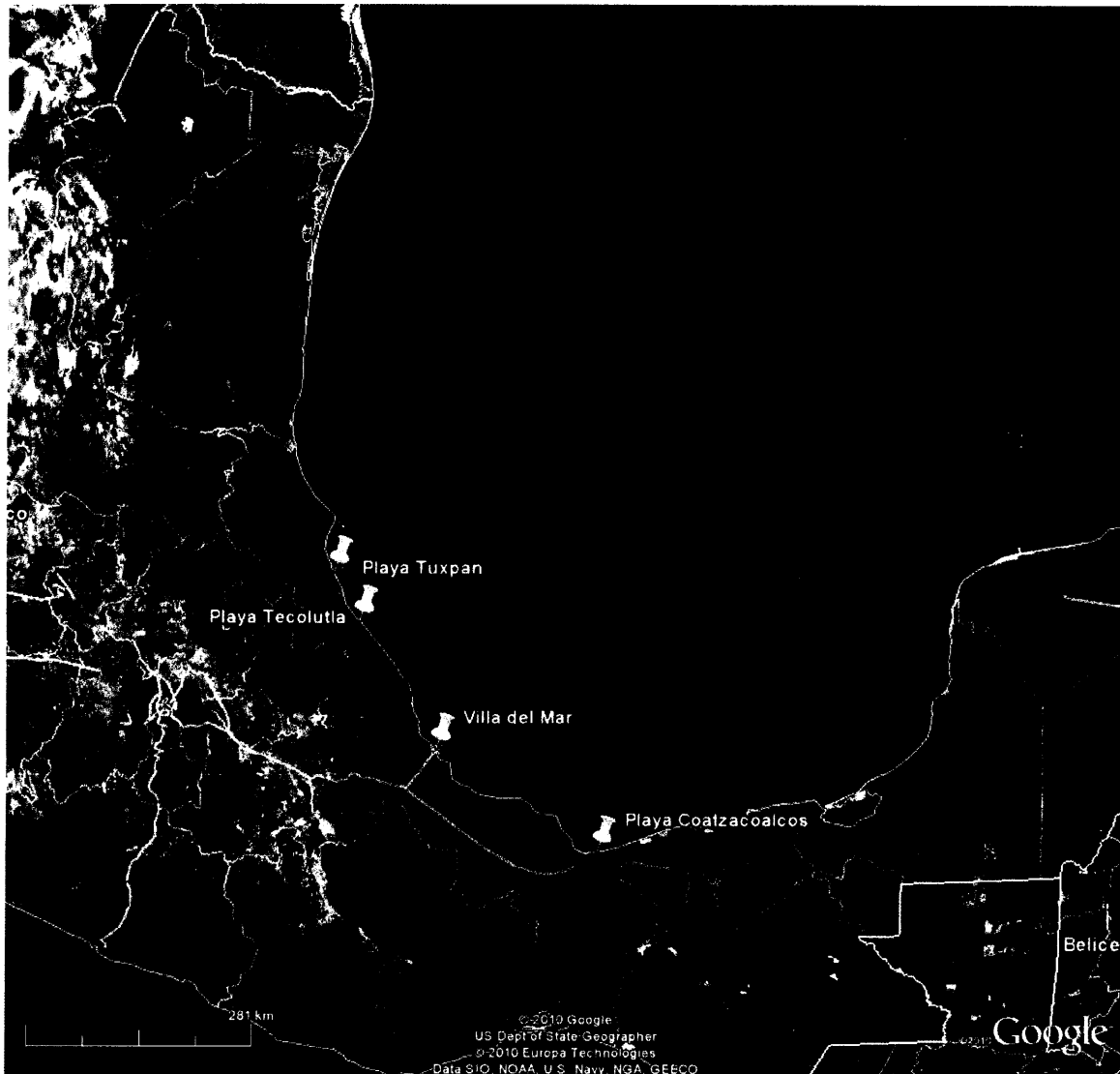


Figura 7. Ubicación de los sitios de monitoreo en el estado de Veracruz.

Para el año 2010, los parámetros de cuadro ambiental no rebasan los Criterios Ecológicos para Protección de la Vida Acuática, a excepción que en las Playas de Tecolutla y Tuxpan, el oxígeno disuelto se presenta por debajo del Criterio para este parámetro, poniendo en riesgo a la biota circundante al área. Para el año



## COMISION NACIONAL DEL AGUA

2011, se recupera la concentración del oxígeno en los 4 sitios monitoreados, indicando una recuperación del mismo.

Respecto a los resultados de laboratorio, en la Tabla No. 14 se presentan en color rojo las concentraciones que rebasan los Criterios Ecológicos para protección de la Vida Acuática.

El parámetro indicador grasas y aceites se presenta en las cuatro playas muestreadas (Coatzacoalcos, Tecolutla, Villa del Mar y Tuxpan) durante 2010 y 2011, denotando una contaminación por desechos municipales (mezcla de industriales y domésticos), aunque no se detectaron películas visibles de éstas. Estos resultados indican contaminación reciente y constante con hidrocarburos.

Los hidrocarburos se encontraron por debajo del límite de detección del equipo analizador, lo que no garantiza que no estén presentes en el agua.

Para el contenido de Carbono Orgánico Total, se tiene que los 4 sitios presentan tendencias a la eutroficación: Playas de Coatzacoalcos, Tecolutla, Villa del Mar y Tuxpan. Para 2011 no se cuenta con datos.

Se observa que el Hierro para 2010 rebasa el criterio en las playas de Coatzacoalcos, Tecolutla y Tuxpan, tres de los cuatro sitios de monitoreo, indicando una contaminación que puede afectar la biota acuática. No hay datos para 2011.

El cobre en 2010 es otro de los parámetros que rebasan el Criterio Ecológico para Protección de la Vida Acuática, presentando problemas en Tecolutla y Tuxpan (2 de 4 sitios muestreados). En 2011, los 4 sitios presentaron valores por debajo del límite de detección del equipo analizador, lo que no garantiza su ausencia en la columna de agua.

Los parámetros restantes en ambos años, se detectaron por debajo del límite de detección del equipo analizador. Sin embargo, no garantiza que estén ausentes de la columna de agua.



Tabla 13. Resultados de cuadro ambiental en los sitios de monitoreo en las costas del Golfo de México en el estado de Veracruz.

| Sitio/Parámetro | CECA Prot. Vida acuática                | Año de muestreo | Playa Coatzacoalcos | Playa Tecolutia | Villa del Mar | Playa Tuxpan |
|-----------------|---|-----------------|---------------------|-----------------|---------------|--------------|
| T amb. (°C)     | Cond. Nat. ± 1.5°C                      | 2010<br>2011    | 23.8<br>39.7        | 24.6<br>26.1    | 27.8<br>25.2  | 26.2<br>25.1 |
| T agua (°C)     | Cond. Nat. ± 1.5°C                      | 2010<br>2011    | 23.4<br>38.10       | 25.9<br>24.30   | 27.1<br>26.8  | 25.9<br>23.2 |
| pH (unidades)   | Sin variaciones mayores de 0.2 unidades | 2010<br>2011    | 8.19<br>8.11        | 8.08<br>8.88    | 8.21<br>8.14  | 8.1<br>7.75  |
| O. D. (mg/L)    | 5.0                                     | 2010<br>2011    | 6.45<br>6.21        | 3.83<br>6.67    | 6.67<br>6.38  | 3.86<br>6.81 |
| Salinidad (ppt) | ND                                      | 2010<br>2011    | 31.7<br>34.70       | 34.4<br>34.8    | 33.9<br>34.5  | 33.9<br>34.8 |

ND = No determinado



COMISION NACIONAL DEL AGUA

Tabla 14. Resultados de parámetros indicadores en los sitios de monitoreo en las costas del Golfo de México en el estado de Veracruz.

| Sitio/Parámetro                           | CECA Prot. Vida acuática | Año de muestreo | Playa Coatzacoalcos | Playa Tecolutta | Villa del Mar | Playa Tuxpan |
|---|--------------------------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------|--------------|
| Grasas y Aceites (mg/L)                   | ND                       | 2010            | 18.34               | 17.36           | 14.26         | 20.23        |
|   |                          | 2011            | 3.44                | 1.72            | 1.79          | 2.10         |
| Hidrocarburos totales del petróleo (mg/L) | 0.1 [i]                  | 2010            | < 3.3               | < 3.3           | < 3.3         | < 3.3        |
|   |                          | 2011            | < 5.2145            | < 5.2145        | < 5.2145      | < 5.2145     |
| Carbón Orgánico Total (mg/L)              | ND                       | 2010            | 835                 | 1326            | 784           | 1138         |
|   |                          | 2011            | NA                  | NA              | NA            | NA           |
| Cadmio (µg/L)                             | 0.9 [ii]                 | 2010            | < 10.0              | < 10.0          | < 10.0        | < 10.0       |
|   |                          | 2011            | < 10.00000          | < 10.00000      | < 10.00000    | < 10.00000   |
| Cromo (µg/L)                              | ND                       | 2010            | < 10.0              | < 10.0          | < 10.0        | < 10.0       |
|   |                          | 2011            | NA                  | NA              | NA            | NA           |
| Cobre (µg/L)                              | 3.0 [iii]                | 2010            | < 20.0              | 124.85          | < 20.0        | 59.15        |
|   |                          | 2011            | < 20.00             | < 20.00         | < 20.00       | < 20.00      |
| Hierro (µg/L)                             | 50                       | 2010            | 51.8                | 197.5           | < 50.0        | 88.9         |
|   |                          | 2011            | NA                  | NA              | NA            | NA           |
| Níquel (µg/L)                             | 8.0 [iv]                 | 2010            | < 10.0              | < 10.0          | < 10.0        | < 10.0       |
|   |                          | 2011            | < 10.00             | < 10.00         | < 10.00       | < 10.00      |
| Plomo (µg/L)                              | 6.0 [iv]                 | 2010            | < 50.0              | < 50.0          | < 50.0        | < 50.0       |
|   |                          | 2011            | < 50.00             | < 50.00         | < 50.00       | < 50.00      |
| Vanadio (µg/L)                            | ND                       | 2010            | < 10.0              | < 10.0          | < 10.0        | < 10.0       |
|   |                          | 2011            | NA                  | NA              | NA            | NA           |
| Zinc (µg/L)                               | 90.0 [iv]                | 2010            | < 50.0              | < 50.0          | < 50.0        | < 50.0       |
|   |                          | 2011            | < 50.00             | < 50.00         | < 50.00       | < 50.00      |
| Mercurio (µg/L)                           | 0.02 [iv]                | 2010            | < 0.0010            | < 0.0010        | < 0.0010      | < 0.0010     |
|   |                          | 2011            | < 0.0010            | < 0.0010        | < 0.0010      | < 0.0010     |
| Cobalto (µg/L)                            | ND                       | 2010            | < 10.0              | < 10.0          | < 10.0        | < 10.0       |
|   |                          | 2011            | < 10.00             | < 10.00         | < 10.00       | < 10.00      |

ND = No determinado

NA = No Analizado

[i] Como Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (Sólo son una parte de los que se cuantifican con los Totales)

[ii] Como Cd (I)

[iii] La concentración promedio de una hora de esta sustancia, no debe exceder este nivel, más de una vez cada 3 años

[iv] La concentración promedio de 4 días de esta sustancia, no debe exceder este nivel, más de una vez cada 3 años



### 8.3 Estado de Tabasco

En la Tabla 15 se presentan los resultados de cuadro ambiental para los 11 sitios de monitoreo en el estado de Tabasco. En la Figura 8 se presenta la ubicación de los sitios de monitoreo en este estado.

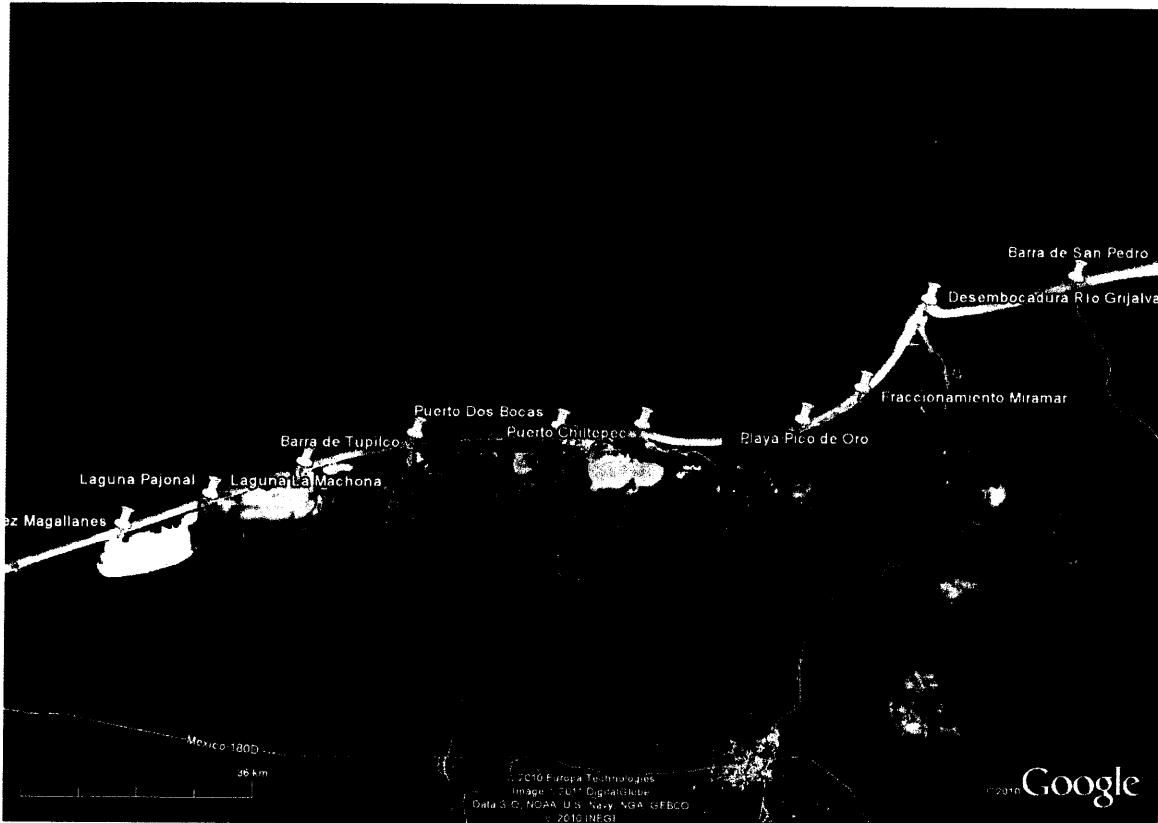


Figura 8. Ubicación de los sitios de monitoreo en el estado de Tabasco.

Con relación a los parámetros de cuadro ambiental, para 2010 ninguno rebasa los Criterios Ecológicos para Protección de la Vida Acuática. Sin embargo, para 2011, el oxígeno disuelto presenta concentraciones inferiores al criterio ecológico para este parámetro en los sitios denominados Sánchez Magallanes, Laguna Pajonal, Laguna La Machona, Barra de Tupilco y Puerto Dos Bocas, (5 de 11 sitios totales en el estado).

Respecto a los resultados de laboratorio, en la Tabla No. 16 se presentan en color rojo las concentraciones que rebasan los Criterios Ecológicos para protección de la Vida Acuática.

Como se puede observar, el parámetro indicador grasas y aceites se presenta para 2010 en Laguna La Machona, Laguna de Mecoacán y El Bari. Para 2011, se



## **COMISION NACIONAL DEL AGUA**

detecta nuevamente en El Bari, pero se suman Barra de San Pedro, Playa Pico de Oro y en la desembocadura del Río Grijalva, denotando una contaminación por desechos municipales (mezcla de industriales y domésticos), aunque no se detectaron películas visibles de éstas.

En el sitio denominado El Bari, en 2010 se presenta una concentración de hidrocarburos de 6.18 mg/L, que indica la presencia de residuos de petróleo, por lo que se convierte en un sitio prioritario a seguir siendo muestreado. Para 2011, se encuentran por debajo del límite de detección del equipo analizador, pero esto no garantiza su ausencia de la columna de agua.

El Carbono Orgánico Total en 2010, los sitios que presentan tendencias a la eutroficación son Sánchez Magallanes, Laguna La Machona, Barra de Tupilco, Puerto Dos Bocas, Playa Pico de Oro y Fraccionamiento Miramar. No se tienen datos para 2011.

En la Barra de San Pedro, para 2010 se presenta cobre en la columna de agua con una concentración de 20.83 µg/L, rebasando el criterio ecológico para protección de la vida acuática, poniendo en riesgo a la biota acuática. Para 2011, se presenta por debajo del límite de detección del equipo analizador, lo que no garantiza su ausencia en la columna de agua.

Se observa que el Hierro en 2010 rebasa el criterio en 11 de los 12 sitios de monitoreo (se exceptúa la playa Pico de Oro), indicando una contaminación que puede afectar la biota acuática. Para 2011 no se cuenta con datos.

El níquel es otro de los parámetros que en 2010 rebasan el criterio ecológico para protección de la vida acuática, presentando problemas en 11 de los 12 sitios muestreados (a excepción de la Laguna de Mecocacán), presentando un riesgo para la biota presente. Para 2011, se detecta nuevamente en Laguna Pajonal, Puerto Chiltepec y Playa Pico de Oro.

Respecto al Zinc, en 2010 se encontraron por debajo del límite de detección del equipo analizador, pero para 2011, se presenta una concentración que rebasa el Criterio Ecológico en Playa Pico de Oro y una concentración considerable, pero que no rebasa el Criterio en Laguna Pajonal.

Los parámetros restantes en ambos años, se detectaron por debajo del límite de detección del equipo analizador. Sin embargo, no garantiza que estén ausentes de la columna de agua.





Tabla 15. Resultados de cuadro ambiental en los sitios de monitoreo en las costas del Golfo de México en el estado de Tabasco.

| Sitio/<br>Parámetro | CECA Prot.<br>Vida<br>acuática                         | Año de<br>muestreo | Sánchez<br>Magallanes | Laguna<br>Pajonal | Laguna<br>La<br>Machona | El Bari | Barra de<br>Tupico | Puerto<br>Dos<br>Bocas | Laguna<br>Mecoacán | Barra<br>San<br>Pedro | Puerto<br>Chiltepec | Playa<br>Pico de<br>Oro | Desemb.<br>Río<br>Grijalva | Fracc.<br>Miramar |
|---------------------|--|--------------------|-----------------------|-------------------|-------------------------|---------|--------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|
| T<br>amb.<br>(°C)   | Cond. Nat.<br>± 1.5°C                                  | 2010               | 27.1                  | 27.2              | 30.3                    | 26.6    | 26.5               | 29.1                   | 23.8               | NA                    | 26.7                | 29.0                    | 29.2                       | 29.0              |
| T<br>agua<br>(°C)   | Cond. Nat.<br>± 1.5°C                                  | 2011               | 31.18                 | 32.68             | 29.98                   | 29.98   | 33.08              | 30.88                  | 38.42              | 30.38                 | 31.78               | 34.42                   | 34.42                      | 35.2              |
|                     |  | 2010               | 26.1                  | 26.8              | 25.6                    | 25.0    | 27.9               | 27.93                  | 26.2               | NA                    | 25.9                | 27.7                    | 26.8                       | 28.3              |
|                     |  | 2011               | 25.87                 | 32.01             | 26.90                   | 32.01   | 25.30              | 25.87                  | 7.81               | 28.41                 | 28.6                | 27.10                   | 31.08                      | 26.99             |
| pH<br>(unidades)    | Sin<br>variaciones<br>mayores<br>de<br>0.2<br>unidades | 2010               | 8.0                   | 7.0               | 8.0                     | 8.0     | 8.0                | 8.0                    | 7.0                | NA                    | 7.0                 | 7.0                     | 7.0                        | 7.0               |
| O.<br>D.<br>(mg/L)  | 5.0  | 2011               | 8.62                  | 8.37              | 8.39                    | 7.58    | 8.61               | 8.21                   | 7.81               | 7.54                  | 7.23                | 7.42                    | 7.44                       | 7.35              |
| Salinidad<br>(ppt)  | ND   | 2010               | NA                    | NA                | NA                      | NA      | NA                 | NA                     | NA                 | NA                    | NA                  | NA                      | NA                         | NA                |
|                     |  | 2011               | 3.82                  | 4.36              | 4.43                    | NA      | 4.45               | 3.92                   | 7.83               | 7.33                  | 7.80                | 8.92                    | 7.33                       | 10.23             |
|                     |  | 2010               | NA                    | NA                | NA                      | NA      | NA                 | NA                     | NA                 | NA                    | NA                  | NA                      | NA                         | NA                |
|                     |  | 2011               | NA                    | NA                | NA                      | NA      | NA                 | NA                     | 24.67              | 35.53                 | 28.67               | 35.3                    | 35.47                      | 35.13             |

ND = No determinado  
NA = No Analizado



COMISION NACIONAL DEL AGUA

Tabla 16. Resultados de parámetros indicadores en los sitios de monitoreo en las costas del Golfo de México en el estado de Tabasco.

| Sitio/<br>Parámetro                                   | CEGA<br>Prot.<br>Vida<br>acuática<br>(mg/L) | Año de<br>muestreo | Sánchez<br>Magallanes | Laguna<br>Pajonal | Laguna<br>La<br>Machona | El<br>Bari | Barra<br>de<br>Tupilco | Puerto<br>Dos<br>Bocas | Laguna<br>Mecoacán | Barra<br>San<br>Pedro | Puerto<br>Chiltepec | Playa<br>Pico<br>de<br>Oro | Desemb.<br>Río<br>Grijalva | Fracc.<br>Miramar |
|---|---|--------------------|-----------------------|-------------------|-------------------------|------------|------------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|
| Grasas<br>y<br>Aceites (mg/L)                         | ND  | 2010               | < 5.8                 | < 5.8             | 11.45                   | 7.04       | < 5.8                  | < 5.8                  | 6.85               | NA                    | < 5.8               | < 5.8                      | < 5.8                      | < 5.8             |
|   |   | 2011               | < 5.8                 | < 5.8             | < 5.8                   | 9.41       | < 5.8                  | < 5.8                  | < 5.8              | 7.79                  | < 5.8               | 27.05                      | 8.75                       | < 5.8             |
| Hidrocarburos<br>totales<br>del<br>petróleo<br>(mg/L) | 0.1 [i]                                     | 2010               | < 3.3                 | < 3.3             | < 3.3                   | 6.18       | < 3.3                  | < 3.3                  | < 3.3              | < 3.3                 | < 3.3               | < 3.3                      | < 3.3                      | < 3.3             |
|   |   | 2011               | < 5.2145              | < 5.2145          | < 5.2145                | < 5.2145   | < 5.2145               | < 5.2145               | < 5.2145           | < 5.2145              | < 5.2145            | < 5.2145                   | < 5.2145                   | < 5.2145          |
| Carbón<br>Orgánico<br>Total (mg/L)                    | ND  | 2010               | 840                   | < 100             | 188                     | < 100      | 870                    | 902                    | < 100              | < 100                 | < 100               | 916                        | < 100                      | 596               |
|   |   | 2011               | NA                    | NA                | NA                      | NA         | NA                     | NA                     | NA                 | NA                    | NA                  | NA                         | NA                         | NA                |
| Cadmio (µg/L)   | 0.9 [ii]                                    | 2010               | < 10.0                | < 10.0            | < 10.0                  | < 10.0     | < 10.0                 | < 10.0                 | < 10.0             | < 10.0                | < 10.0              | < 10.0                     | < 10.0                     | < 10.0            |
|   |   | 2011               | < 10.0                | < 10.0            | < 10.0                  | < 10.0     | < 10.0                 | < 10.0                 | < 10.0             | < 10.0                | < 10.0              | < 10.0                     | < 10.0                     | < 10.0            |
| Cromo (µg/L)  | ND  | 2010               | < 10.0                | < 10.0            | < 10.0                  | < 10.0     | < 10.0                 | < 10.0                 | < 10.0             | < 10.0                | < 10.0              | < 10.0                     | < 10.0                     | < 10.0            |
|   |   | 2011               | NA                    | NA                | NA                      | NA         | NA                     | NA                     | NA                 | NA                    | NA                  | NA                         | NA                         | NA                |
| Cobre (µg/L)  | 3.0 [iii]                                   | 2010               | < 20.0                | < 20.0            | < 20.0                  | < 20.0     | < 20.0                 | < 20.0                 | < 20.0             | < 20.0                | < 20.0              | < 20.0                     | < 20.0                     | < 20.0            |
|   |   | 2011               | < 20.0                | < 20.0            | < 20.0                  | < 20.0     | < 20.0                 | < 20.0                 | < 20.0             | < 20.0                | < 20.0              | < 20.0                     | < 20.0                     | < 20.0            |
| Hierro (µg/L)   | 50  | 2010               | 614                   | 1420.5            | 1645.5                  | 951.5      | 412                    | 412                    | 729                | 20704                 | 1920.5              | < 50.0                     | 702.5                      | 2461              |
|   |   | 2011               | NA                    | NA                | NA                      | NA         | NA                     | NA                     | NA                 | NA                    | NA                  | NA                         | NA                         | NA                |
| Níquel (µg/L)   | 8.0 [iv]                                    | 2010               | 27.02                 | 15.91             | 12.4                    | 11.15      | 13.26                  | 13.26                  | < 10.0             | 25.14                 | 14.95               | 18.96                      | 21.24                      | 20.82             |
|   |   | 2011               | < 10.0                | 46.48             | < 10.0                  | < 10.0     | < 10.0                 | < 10.0                 | < 10.0             | < 10.0                | < 10.0              | 18.31                      | 12.30                      | < 10.0            |
| Plomo (µg/L)  | 6.0 [iv]                                    | 2010               | < 50.0                | < 50.0            | < 50.0                  | < 50.0     | < 50.0                 | < 50.0                 | < 50.0             | < 50.0                | < 50.0              | < 50.0                     | < 50.0                     | < 50.0            |
|   |   | 2011               | < 50.0                | < 50.0            | < 50.0                  | < 50.0     | < 50.0                 | < 50.0                 | < 50.0             | < 50.0                | < 50.0              | < 50.0                     | < 50.0                     | < 50.0            |
| Vanadio (µg/L)  | ND  | 2010               | < 10.0                | < 10.0            | < 10.0                  | < 10.0     | < 10.0                 | < 10.0                 | < 10.0             | < 10.0                | < 10.0              | < 10.0                     | < 10.0                     | < 10.0            |
|   |   | 2011               | NA                    | NA                | NA                      | NA         | NA                     | NA                     | NA                 | NA                    | NA                  | NA                         | NA                         | NA                |
| Zinc (µg/L)   | 90.0 [iv]                                   | 2010               | < 50.0                | < 50.0            | < 50.0                  | < 50.0     | < 50.0                 | < 50.0                 | < 50.0             | < 50.0                | < 50.0              | < 50.0                     | < 50.0                     | < 50.0            |
|   |   | 2011               | < 50.0                | 87.26             | < 50.0                  | < 50.0     | < 50.0                 | < 50.0                 | < 50.0             | < 50.0                | < 50.0              | < 50.0                     | 200.60                     | < 50.0            |
| Mercurio<br>(µg/L)                                    | 0.02 [iv]                                   | 2010               | < 0.0010              | < 0.0010          | < 0.0010                | < 0.0010   | < 0.0010               | < 0.0010               | < 0.0010           | < 0.0010              | < 0.0010            | < 0.0010                   | ND                         | < 0.0010          |
|   |   | 2011               | < 0.0010              | < 0.0010          | < 0.0010                | < 0.0010   | < 0.0010               | < 0.0010               | < 0.0010           | < 0.0010              | < 0.0010            | < 0.0010                   | < 0.0010                   | < 0.0010          |
| Cobalto (µg/L)  | ND  | 2010               | < 10.0                | < 10.0            | < 10.0                  | < 10.0     | < 10.0                 | < 10.0                 | < 10.0             | < 10.0                | < 10.0              | < 10.0                     | < 10.0                     | < 10.0            |
|   |   | 2011               | < 10.0                | < 10.0            | < 10.0                  | < 10.0     | < 10.0                 | < 10.0                 | < 10.0             | < 10.0                | < 10.0              | < 10.0                     | < 10.0                     | < 10.0            |

ND = No Determinado. NA = No Analizado

[i] Como Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (Sólo son una parte de los que se cuantifican con los Totales)

[ii] Como Cd (I)

[iii] La concentración promedio de una hora de esta sustancia, no debe exceder este nivel, más de una vez cada 3 años

[iv] La concentración promedio de 4 días de esta sustancia, no debe exceder este nivel, más de una vez cada 3 años



#### 8.4 Estado de Campeche

En la Tabla 17 se presentan los resultados de cuadro ambiental para los 9 sitios de monitoreo en el estado de Campeche. En la Figura 9 se presenta la ubicación de los sitios de monitoreo en este estado.

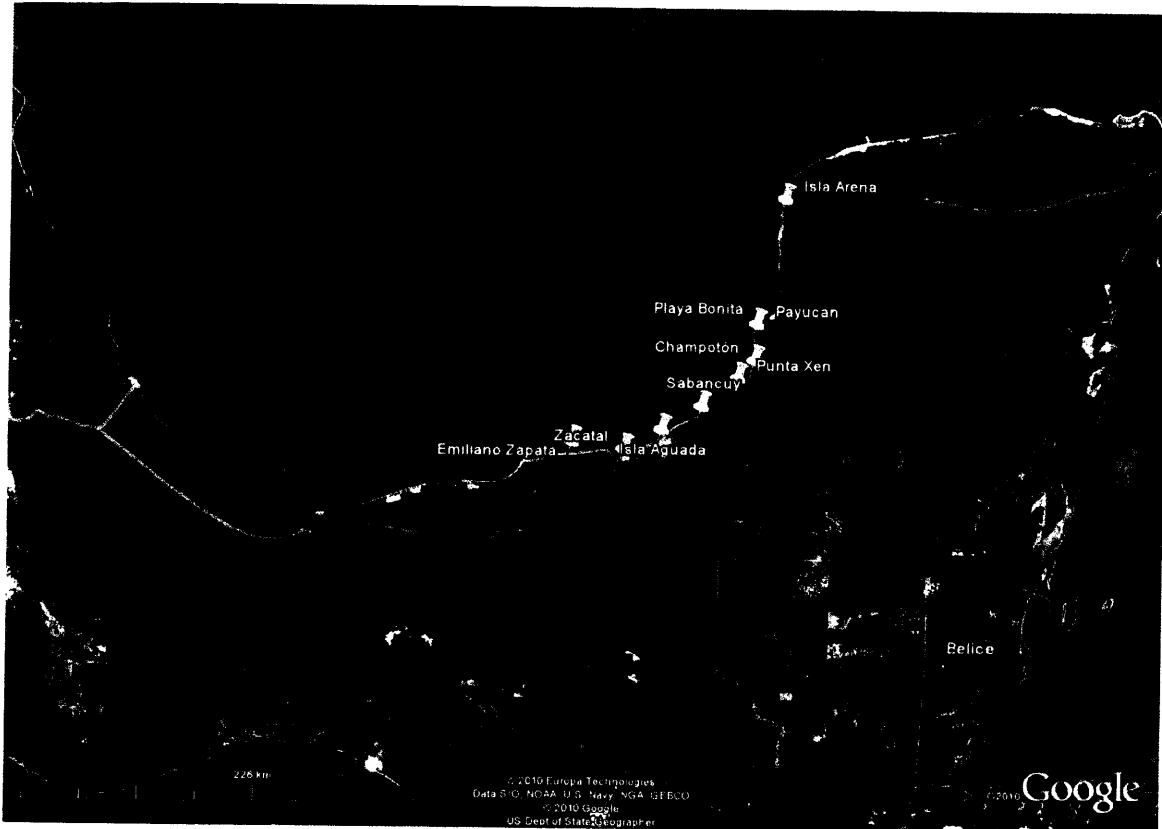


Figura 9. Ubicación de los sitios de monitoreo en el estado de Campeche.

Con relación a los parámetros de cuadro ambiental, para 2010 ninguno rebasa los Criterios Ecológicos para Protección de la Vida Acuática. Sin embargo, para 2011, el pH alcanza condiciones de alta alcalinidad en el sitio denominado El Zacatal, lo que implica un riesgo para la biota acuática. Asimismo, el oxígeno disuelto presenta una concentración inferior al criterio ecológico para este parámetro en el sitio denominado Isla Arena, afectando directamente a la biota acuática presente en el mismo.

Respecto a los resultados de laboratorio, en la Tabla No. 18 se presentan en color rojo las concentraciones que rebasan los Criterios Ecológicos para protección de la Vida Acuática.



## COMISION NACIONAL DEL AGUA

Para 2010, el parámetro indicador grasas y aceites se presenta en la columna de agua de Isla Aguada, uno de los 9 sitios muestreados, denotando una contaminación por desechos municipales (mezcla de industriales y domésticos), aunque no se detectaron películas visibles de éstas. Para 2011, la situación detectada es más grave, ya que se presentan en Champotón, Emiliano Zapata, nuevamente en Isla Aguada, Isla Arena, Punta Xen, Payucan, Sabancuy y Zacatal (8 de los 9 sitios monitoreados).

En el sitio denominado Playa Bonita, para 2010 se presenta una concentración de hidrocarburos de 3.74 mg/L, que indica la presencia de residuos de petróleo, por lo que se convierte en un sitio prioritario a seguir siendo muestreado. Para 2011, todos los sitios presentaron concentraciones por debajo del límite de detección del equipo analizador, aunque esto no garantiza su ausencia en la columna de agua.

El Carbono Orgánico Total indica que los sitios que presentan tendencias a la eutroficación son Champotón, Isla Aguada, Isla Arena, Playa Bonita, Punta Xen, Payucan y Sambacuy. No hay datos para 2011.

Se observa que para 2010, el Fierro rebasa el criterio en 4 de los 9 sitios de monitoreo (Champotón, Emiliano Zapata, Isla Aguada y Zacatal), indicando una contaminación que puede afectar la biota acuática. Para 2011 no se tienen datos.

El níquel es otro de los parámetros que en 2010 rebasan el Criterio Ecológico para Protección de la Vida Acuática, presentando problemas en 6 de los 9 sitios muestreados (Emiliano Zapata, Isla Aguada, Isla Arena, Punta Xen, Sambacuy y Zacatal), presentando un riesgo para la biota presente. Para 2011, presenta una concentración alta en el sitio denominado Zacatal.

Los parámetros restantes en ambos años, se encontraron por debajo del límite de detección del equipo analizador. Sin embargo, esto no garantiza que estén ausentes de la columna de agua.



Tabla 17. Resultados de cuadro ambiental en los sitios de monitoreo en las costas del Golfo de México en el estado de Campeche.

| Sitio/<br>Parámetro | CECA Prot.<br>Vida<br>acuática                      | Año de<br>muestreo | Champotón | Emiliano<br>Zapata | Isla<br>Aguada | Isla Arena | Playa<br>Bonita | Punta Xen | Payucan | Sabancuy | Zacatal |
|---------------------|---|--------------------|-----------|--------------------|----------------|------------|-----------------|-----------|---------|----------|---------|
| T amb. (°C)         | Cond. Nat. ±<br>1.5°C                               | 2010               | 25.5      | 24.5               | 30.0           | 28.5       | 28.0            | 30.0      | 27.5    | 30.5     | 28.0    |
|                     |   | 2011               | 32.5      | 34.0               | 35.7           | 33.3       | 42.0            | 34.0      | 33.5    | 33.1     | 35.5    |
|                     |   | 2010               | 25.5      | 23.9               | 25.6           | 26.6       | 26.2            | 25.5      | 25.5    | 25.5     | 25.9    |
| T agua (°C)         | Cond. Nat. ±<br>1.5°C                               | 2011               | 31.2      | 29.3               | 30.6           | 29.8       | 30.0            | 30.2      | 31.0    | 30.7     | 29.8    |
|                     |   | 2010               | 6.0       | 6.0                | 6.0            | 6.0        | 6.0             | 6.0       | 6.0     | 6.0      | 6.0     |
| pH<br>(unidades)    | Sin<br>variaciones<br>mayores de<br>0.2<br>unidades | 2011               | 8.05      | 8.11               | 8.25           | 9.93       | 8.02            | 8.10      | 8.16    | 8.21     | 14.00   |
|                     |   | 2010               | 7.78      | 7.51               | 8.57           | 8.38       | 7.57            | 8.22      | 5.79    | 7.9      | 8.4     |
| O. D. (mg/L)        | 5.0   | 2011               | 6.66      | 5.40               | 6.95           | 1.94       | 6.87            | 5.80      | 7.06    | 5.80     | 5.61    |
|                     |   | 2010               | 17.4      | 27.5               | 21.3           | 32.5       | 31.4            | 32.3      | 32.8    | 25.9     | 34.0    |
| Salinidad<br>(ppt)  | ND  | 2011               | 22.7      | 34.8               | 35.9           | 35.6       | 35.8            | 36.2      | 36.2    | 36.2     | 31.5    |
|                     |   | 2010               | 22.7      | 34.8               | 35.9           | 35.6       | 35.8            | 36.2      | 36.2    | 36.2     | 31.5    |

ND = No determinado



COMISION NACIONAL DEL AGUA

Tabla 18. Resultados de parámetros indicadores en los sitios de monitoreo en las costas del Golfo de México en el estado de Campeche.

| Sitio/<br>Parámetro                                   | CECA Prot.<br>Vida<br>acuática | Año de<br>muestreo | Champotón  | Emiliano<br>Zapata | Isla<br>Aguada | Isla Arena | Playa<br>Bonita | Punta Xen  | Payucan    | Sabancuy   | Zacatal    |
|---|--------------------------------|--------------------|------------|--------------------|----------------|------------|-----------------|------------|------------|------------|------------|
| Grasas y<br>Aceites (mg/L)                            | ND                             | 2010               | < 1.56     | < 1.56             | 3.13           | < 1.56     | < 1.56          | < 1.56     | < 1.56     | < 1.56     | < 1.56     |
|   |                                | 2011               | 2.24       | 2.95               | 9.58           | 17.50      | 12.56           | 18.05      | 20.43      | 2.53       |            |
| Hidrocarburos<br>totales<br>del<br>petróleo<br>(mg/L) | 0.1 [i]                        | 2010               | < 3.3      | < 3.3              | < 3.3          | < 3.3      | 3.74            | < 3.3      | < 3.3      | < 3.3      | < 3.3      |
|   |                                | 2011               | < 5.2145   | < 5.2145           | < 5.2145       | < 5.2145   | < 5.2145        | < 5.2145   | < 5.2145   | < 5.2145   | < 5.2145   |
| Carbón<br>Orgánico<br>Total (mg/L)                    | ND                             | 2010               | 860        | < 100              | 288            | 1220       | 816             | 1156       | 962        | 177.5      | < 100      |
|   |                                | 2011               | NA         | NA                 | NA             | NA         | NA              | NA         | NA         | NA         | NA         |
| Cadmio (µg/L)   | 0.9 [ii]                       | 2010               | < 10.0     | < 10.0             | < 10.0         | < 10.0     | < 10.0          | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0     |
|   |                                | 2011               | < 10.00000 | < 10.00000         | < 10.00000     | < 10.00000 | < 10.00000      | < 10.00000 | < 10.00000 | < 10.00000 | < 10.00000 |
| Cromo (µg/L)  | ND                             | 2010               | < 10.0     | < 10.0             | < 10.0         | < 10.0     | < 10.0          | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0     |
|   |                                | 2011               | NA         | NA                 | NA             | NA         | NA              | NA         | NA         | NA         | NA         |
| Cobre (µg/L)  | 3.0 [iii]                      | 2010               | < 20.0     | < 20.0             | < 20.0         | < 20.0     | < 20.0          | < 20.0     | < 20.0     | < 20.0     | < 20.0     |
|   |                                | 2011               | < 20.00    | < 20.00            | < 20.00        | < 20.00    | < 20.00         | < 20.00    | < 20.00    | < 20.00    | < 20.00    |
| Hierro (µg/L)   | 50                             | 2010               | 70.9       | 6445               | 88.35          | < 50.0     | < 50.0          | < 50.0     | < 50.0     | < 50.0     | 2042       |
|   |                                | 2011               | NA         | NA                 | NA             | NA         | NA              | NA         | NA         | NA         | NA         |
| Níquel (µg/L)   | 8.0 [iv]                       | 2010               | < 10.0     | 56.7               | 22.73          | 13.71      | < 10.0          | 12.79      | < 10.0     | 14.62      | 27.08      |
|   |                                | 2011               | < 10.00    | < 10.00            | < 10.00        | < 10.00    | < 10.00         | < 10.00    | < 10.00    | < 10.00    | < 10.00    |
| Plomo (µg/L)  | 6.0 [iv]                       | 2010               | < 50.0     | < 50.0             | < 50.0         | < 50.0     | < 50.0          | < 50.0     | < 50.0     | < 50.0     | 18.31      |
|   |                                | 2011               | < 50.00    | < 50.00            | < 50.00        | < 50.00    | < 50.00         | < 50.00    | < 50.00    | < 50.00    | < 50.00    |
| Vanadio<br>(µg/L)                                     | ND                             | 2010               | < 10.0     | < 10.0             | < 10.0         | < 10.0     | < 10.0          | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0     |
|   |                                | 2011               | NA         | NA                 | NA             | NA         | NA              | NA         | NA         | NA         | NA         |
| Zinc (µg/L)   | 90.0 [iv]                      | 2010               | < 50.0     | 58.25              | < 50.0         | < 50.0     | < 50.0          | < 50.0     | < 50.0     | < 50.0     | < 50.0     |
|   |                                | 2011               | < 50.00    | < 50.00            | 101.70         | < 50.00    | < 50.00         | < 50.00    | < 50.00    | < 50.00    | < 50.00    |
| Mercurio<br>(µg/L)                                    | 0.02 [iv]                      | 2010               | < 0.0010   | < 0.0010           | < 0.0010       | < 0.0010   | < 0.0010        | 0.00175    | < 0.0010   | < 0.0010   | 53.21      |
|   |                                | 2011               | 0.01720    | < 0.0010           | < 0.0010       | < 0.0010   | < 0.0010        | 0.01554    | 0.00377    | < 0.0010   | 0.00336    |
| Cobalto (µg/L)  | ND                             | 2010               | < 10.0     | < 10.0             | < 10.0         | < 10.0     | < 10.0          | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0     |
|   |                                | 2011               | < 10.00    | < 10.00            | < 10.00        | < 10.00    | < 10.00         | < 10.00    | < 10.00    | < 10.00    | < 10.00    |

ND = No determinado

NA = No Analizado

[i] Como Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (Sólo son una parte de los que se cuantifican con los Totales)

[ii] Como Cd (II)

[iii] La concentración promedio de una hora de esta sustancia, no debe exceder este nivel, más de una vez cada 3 años

[iv] La concentración promedio de 4 días de esta sustancia, no debe exceder este nivel, más de una vez cada 3 años



### 8.5 Estado de Yucatán

En la Tabla 19 se presentan los resultados de cuadro ambiental para los 9 sitios de monitoreo en el estado de Yucatán. En la Figura 10 se presenta la ubicación de los sitios de monitoreo para este estado.

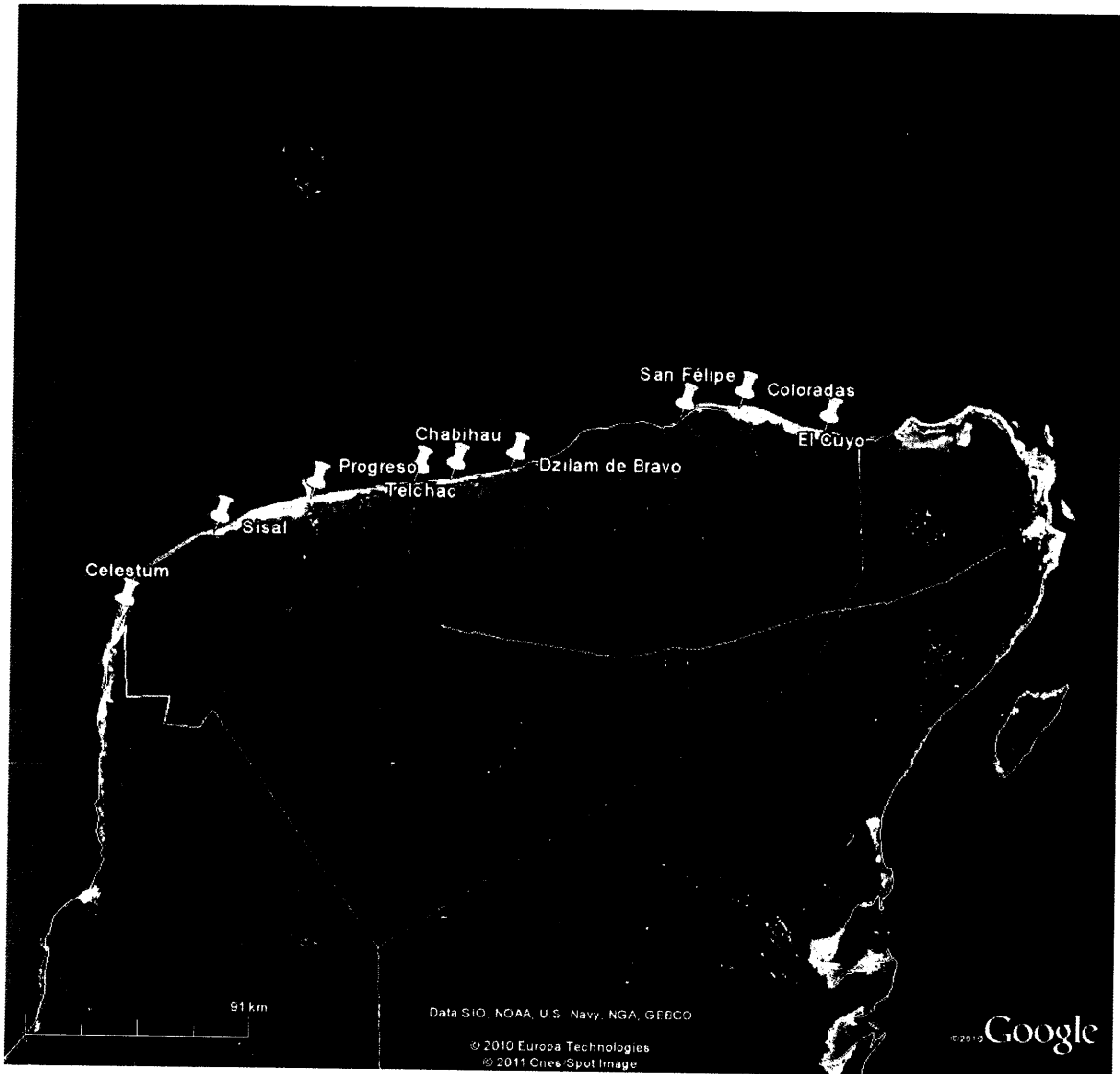


Figura 10. Ubicación de los sitios de monitoreo en el estado de Yucatán

Con relación a los parámetros de cuadro ambiental, para 2010 y 2011 ninguno rebasa los Criterios Ecológicos para Protección de la Vida Acuática, detectando condiciones favorables para el desarrollo de la biota de acuerdo a estos parámetros.



## COMISION NACIONAL DEL AGUA

Respecto a los resultados de laboratorio, en la Tabla No. 20 se presentan en color rojo las concentraciones que rebasan los Criterios Ecológicos para protección de la Vida Acuática.

Para 2010, el parámetro indicador grasas y aceites se presenta en la columna de agua de 6 de los 9 sitios muestreados (Celestum, Chabihau, Dzilam de Bravo, Coloradas, San Felipe y Sisal) denotando una contaminación por desechos municipales (mezcla de industriales y domésticos), aunque no se detectaron películas visibles de éstas. En 2011, se presenta en Chabihau, Dzilam de Bravo, Coloradas, San Felipe y Telchac, sumándose Progreso.

En el sitio denominado El Cuyo, se presenta una concentración de hidrocarburos de 7.01 mg/L, que indica la presencia de residuos de petróleo, por lo que se convierte en un sitio prioritario a seguir siendo muestreado. Para 2011, en ningún sitio se rebasa el límite de detección del equipo analizador, aunque esto no garantiza su ausencia.

Respecto al Carbono Orgánico Total, se tiene que los sitios que presentan tendencias a la eutroficación son: Celestum, Chabihau, Dzilam de Bravo, El Cuyo, Coloradas, Progreso, San Felipe, Sisal y Telchac. Para 2011 no se tienen datos.

Por otro lado, y aunque no existe un criterio ecológico para protección de la vida acuática para Cromo total, las concentraciones detectadas (12.72 µg/L en El Cuyo, 29.37 µg/L en Coloradas y 12.48 µg/L en San Felipe) indican un riesgo para la biota acuática, ya que este metal es bioacumulable por los organismos vivos. Para 2011 no se tienen datos.

Se observa que el Hierro rebasa el criterio en 6 de los 9 sitios de monitoreo (Dzilam de Bravo, El Cuyo, Coloradas, San Felipe, Sisal y Telchac), indicando una contaminación que puede afectar la biota acuática. Para 2011 no se rebasa el límite de detección del equipo analizador en todos los sitios, pero no garantiza que esté ausente de la columna de agua.

El níquel es otro de los parámetros que rebasan el criterio ecológico para protección de la vida acuática, presentando problemas en 3 de los 9 sitios muestreados (El Cuyo, Coloradas y San Felipe), presentando un riesgo para la biota presente. Para 2011 no se rebasa el límite de detección del equipo analizador en todos los sitios.

Para el mercurio, en 2010 no se rebasa el límite de detección del equipo analizador en todos los sitios. Sin embargo, en 2011 se presenta una concentración que rebasa el Criterio Ecológico en el sitio Chabinau y se determinan concentraciones que no rebasan el Criterio en Dzilam de Bravo, Coloradas, Progreso y Telchac, lo que indica que aunque en 2010 no se detectó, en 2011 en algunos sitios se presenta.





**COMISION NACIONAL DEL AGUA**

Los parámetros restantes en ambos años, se detectaron por debajo del límite de detección del equipo analizador. Sin embargo, no garantiza que estén ausentes de la columna de agua.



Tabla 19. Resultados de cuadro ambiental en los sitios de monitoreo en las costas del Golfo de México en el estado de Yucatán.

| Sitio/<br>Parámetro | CECA Prot.<br>Vida<br>acuática                      | Año de<br>muestreo | Celestum | Chabihau | Dzilam de<br>Bravo | El Cuyo | Coloradas | Progreso | San Felipe | Sisal | Telchac |
|---------------------|---|--------------------|----------|----------|--------------------|---------|-----------|----------|------------|-------|---------|
| T amb. (°C)         | Cond. Nat. ±<br>1.5°C                               | 2010               | 25.0     | 24.1     | 24.1               | 25.7    | 23.1      | 29.0     | 28.1       | 24.7  | 24.1    |
|                     |   | 2011               | 32.7     | 36.1     | 34.1               | 39.1    | 36.1      | 33.1     | 34.1       | 29.7  | 39.1    |
| T agua (°C)         | Cond. Nat. ±<br>1.5°C                               | 2010               | 24.5     | 24.6     | 24.6               | 25.1    | 25.1      | 26.5     | 24.9       | 24.7  | 25.3    |
|                     |   | 2011               | 29.8     | 28.1     | 28.1               | 29.1    | 29.1      | 28.1     | 32.1       | 29.1  | 29.1    |
| pH<br>(unidades)    | Sin<br>variaciones<br>mayores de<br>0.2<br>unidades | 2010               | 7.0      | 8.0      | 8.0                | 8.0     | 8.0       | 7.0      | 8.0        | 7.0   | 7.0     |
|                     |   | 2011               | 8.48     | 6.89     | 7.00               | 7.71    | 7.81      | 7.49     | 7.76       | 8.36  | 7.34    |
| O. D. (mg/L)        | 5.0   | 2010               | 7.67     | 7.81     | 7.81               | 7.35    | 7.1       | 7.51     | 8.36       | 6.24  | 6.59    |
|                     |   | 2011               | 7.48     | 6.91     | 6.65               | 6.31    | 7.21      | 6.70     | 7.39       | 7.33  | 7.02    |
| Salinidad<br>(ppt)  | ND  | 2010               | 35.8     | 37.0     | 35.4               | 35.5    | 37.1      | 36.1     | 38.3       | 30.9  | 35.3    |
|                     |   | 2011               | 33.2     | 36.9     | 35.2               | 37.5    | 37.4      | 37.3     | 38.2       | 33.1  | 37.4    |

ND = No determinado



COMISION NACIONAL DEL AGUA

Tabla 20. Resultados de parámetros indicadores en los sitios de monitoreo en las costas del Golfo de México en el estado de Yucatán.

| Sitio/<br>Parámetro                                   | CECA Prot.<br>Vida<br>acuática | Año de<br>muestreo | Celestum   | Chabihau   | Dzilam de<br>Bravo | El Cuyo    | Coloradas  | Progreso   | San Felipe | Sisal      | Telchac    |
|---|--------------------------------|--------------------|------------|------------|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Grasas y<br>Aceites (mg/L)                            | ND                             | 2010               | 3.5        | 11.72      | 2.23               | < 1.56     | 3.8        | < 1.56     | 14.17      | 3.78       | < 1.56     |
|   |                                | 2011               | <1.56      | 4.18       | 6.00               | <1.56      | 14.77      | 1.60       | 3.49       | <1.56      | 3.56       |
| Hidrocarburos<br>totales<br>del<br>petróleo<br>(mg/L) | 0.1 [i]                        | 2010               | < 3.3      | < 3.3      | ND                 | 7.01       | < 3.3      | < 3.3      | < 3.3      | < 3.3      | < 3.3      |
|   |                                | 2011               | < 5.2145   | 43.06400   | < 5.2145           | < 5.2145   | < 5.2145   | < 5.2145   | < 5.2145   | < 5.2145   | < 5.2145   |
| Carbón<br>Orgánico<br>Total (mg/L)                    | ND                             | 2010               | 1350       | 1528       | 1230               | 1616       | 1750       | 844        | 1806       | 312        | 1330       |
|   |                                | 2011               | NA         | NA         | NA                 | NA         | NA         | NA         | NA         | NA         | NA         |
| Cadmio (µg/L)   | 0.9 [ii]                       | 2010               | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0             | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0     |
|   |                                | 2011               | < 10.00000 | < 10.00000 | < 10.00000         | < 10.00000 | < 10.00000 | < 10.00000 | < 10.00000 | < 10.00000 | < 10.00000 |
| Cromo (µg/L)  | ND                             | 2010               | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0             | 12.72      | 29.37      | < 10.0     | 12.48      | < 10.0     | < 10.0     |
|   |                                | 2011               | NA         | NA         | NA                 | NA         | NA         | NA         | NA         | NA         | NA         |
| Cobre (µg/L)  | 3.0 [iii]                      | 2010               | < 20.0     | < 20.0     | < 20.0             | < 20.0     | < 20.0     | < 20.0     | < 20.0     | < 20.0     | < 20.0     |
|   |                                | 2011               | < 20.00    | < 20.00    | < 20.00            | < 20.00    | < 20.00    | < 20.00    | < 20.00    | < 20.00    | < 20.00    |
| Hierro (µg/L)   | 50                             | 2010               | < 50.0     | < 50.0     | 70.2               | 124.8      | 172.1      | < 50.0     | 111.7      | 117.7      | 50.8       |
|   |                                | 2011               | NA         | NA         | NA                 | NA         | NA         | NA         | NA         | NA         | NA         |
| Níquel (µg/L)   | 8.0 [iv]                       | 2010               | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0             | 14.3       | 16.66      | < 10.0     | 13.29      | < 10.0     | < 10.0     |
|   |                                | 2011               | < 10.00    | < 10.00    | < 10.00            | < 10.00    | < 10.00    | < 10.00    | < 10.00    | < 10.00    | < 10.00    |
| Plomo (µg/L)  | 6.0 [iv]                       | 2010               | < 50.0     | < 50.0     | < 50.0             | < 50.0     | < 50.0     | < 50.0     | < 50.0     | < 50.0     | < 50.0     |
|   |                                | 2011               | < 50.00    | < 50.00    | < 50.00            | < 50.00    | < 50.00    | < 50.00    | < 50.00    | < 50.00    | < 50.00    |
| Vanadio<br>(µg/L)                                     | ND                             | 2010               | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0             | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0     |
|   |                                | 2011               | NA         | NA         | NA                 | NA         | NA         | NA         | NA         | NA         | NA         |
| Zinc (µg/L)   | 90.0 [iv]                      | 2010               | < 50.0     | < 50.0     | < 50.0             | < 50.0     | < 50.0     | < 50.0     | < 50.0     | < 50.0     | < 50.0     |
|   |                                | 2011               | < 50.00    | < 50.00    | < 50.00            | < 50.00    | < 50.00    | < 50.00    | < 50.00    | < 50.00    | < 50.00    |
| Mercurio<br>(µg/L)                                    | 0.02 [iv]                      | 2010               | < 0.0010   | < 0.0010   | < 0.0010           | < 0.0010   | 0.00122    | < 0.0010   | < 0.0010   | 105.90     | < 50.00    |
|   |                                | 2011               | < 0.0010   | 0.02530    | 0.00751            | < 0.0010   | 0.00433    | 0.00160    | < 0.0010   | < 0.0010   | 0.00599    |
| Cobalto (µg/L)  | ND                             | 2010               | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0             | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0     |
|   |                                | 2011               | < 10.00    | < 10.00    | < 10.00            | < 10.00    | < 10.00    | < 10.00    | < 10.00    | < 10.00    | < 10.00    |

ND = No determinado

NA = No Analizado

[i] Como Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (Solo son una parte de los que se cuantifican con los Totales)

[ii] Como Cd (II)

[iii] La concentración promedio de una hora de esta sustancia, no debe exceder este nivel, más de una vez cada 3 años

[iv] La concentración promedio de 4 días de esta sustancia, no debe exceder este nivel, más de una vez cada 3 años



## 8.6 Estado de Quintana Roo

En la Tabla 21 se presentan los resultados de cuadro ambiental para los 9 sitios de monitoreo en el estado de Quintana Roo. En la Figura 11 se presenta la ubicación de los sitios de monitoreo para este estado.

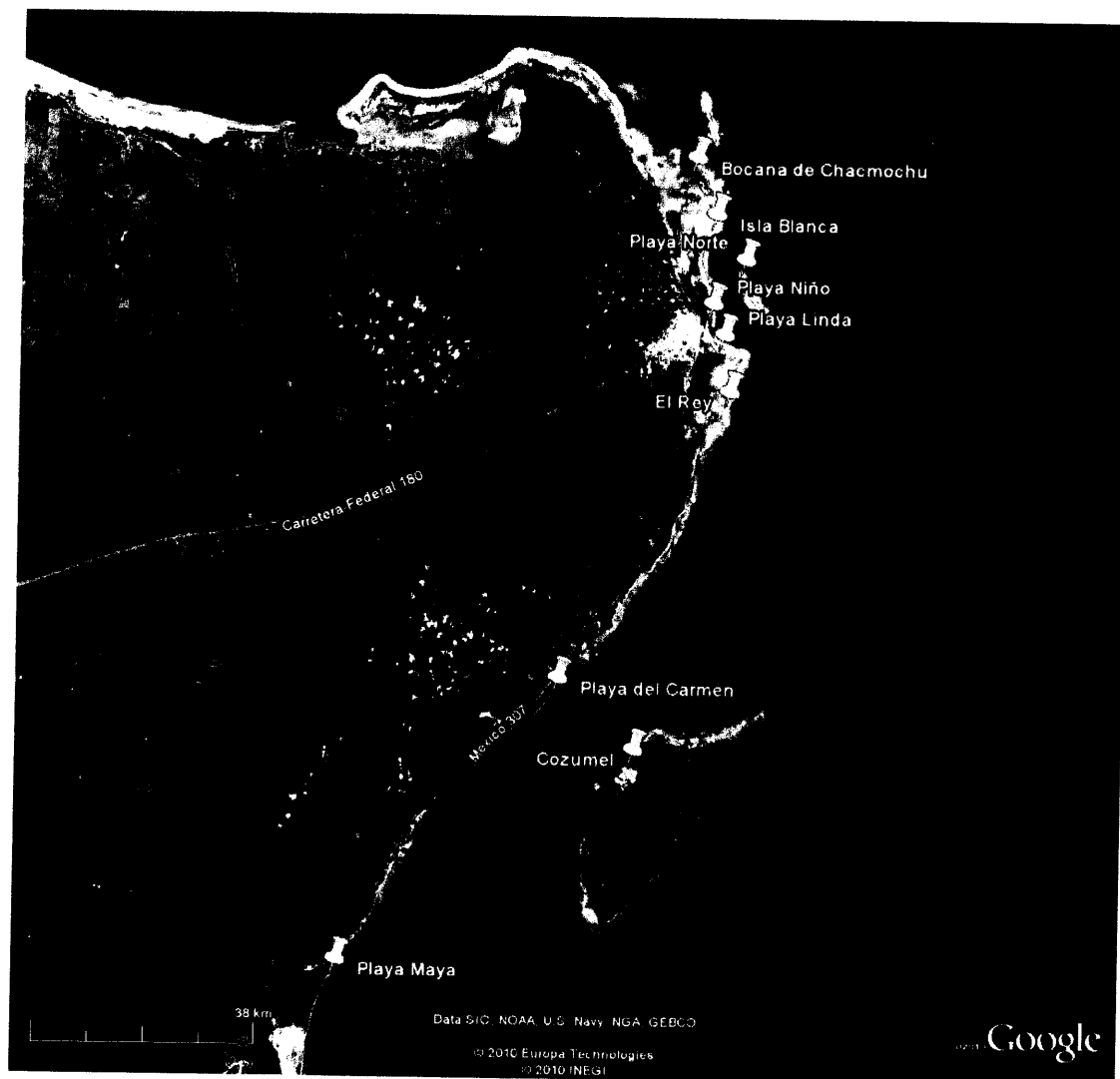


Figura 11. Ubicación de los sitios de monitoreo en el estado de Quintana Roo

Con relación a los parámetros de cuadro ambiental, para 2010 el oxígeno disuelto se detecta por debajo del Criterio Ecológico para Protección de la Vida Acuática en el sitio Playa Niño (2.4 mg/L). Para 2011, es el sitio Bocana de Chacmochu, que presenta problemas con la concentración de oxígeno disuelto (2.06 mg/L). Esto pone en riesgo a la biota acuática en estos sitios.



Respecto a los resultados de laboratorio, en la Tabla No. 22 se presentan en color rojo las concentraciones que rebasan los Criterios Ecológicos para protección de la Vida Acuática.

Para 2010, el parámetro indicador grasas y aceites se presenta en la columna de agua de 4 de los 9 sitios muestreados (Bocana de Chacmochuc, Playa Linda, Playa Maya y Playa Niño) denotando una contaminación por desechos municipales (mezcla de industriales y domésticos), aunque no se detectaron películas visibles de éstas. Para 2011, aumentan los sitios con presencia de grasas y aceites (Bocana de Chacmochuc, El Rey, Playa del Carmen, Playa Maya, Playa Niño y Playa Norte), 6 de los 9 sitios muestreados.

En el sitio denominado Playa Maya, se presenta una concentración de hidrocarburos de 3.34 mg/L, que indica la presencia de residuos de petróleo, por lo que se convierte en un sitio prioritario a seguir siendo muestreado. Para 2011, en ninguno de los sitios se detectan valores por arriba del límite de detección del equipo analizador, lo que no garantiza su ausencia de la columna de agua.

Para 2010, el Carbono Orgánico Total, se presenta en Bocana de Chacmochuc, Cozumel, El Rey, Isla Blanca, Playa del Carmen, Playa Linda, Playa Maya, Playa Niño y Playa Norte. No hay datos para 2011.

Durante 2010, se observa que el Hierro rebasa el criterio en 4 de los 9 sitios de monitoreo (Cozumel, Playa del Carmen, Playa Linda y Playa Norte), indicando una contaminación que puede afectar la biota acuática. No hay datos para 2011.

El níquel en 2010, es otro de los parámetros que rebasan el criterio ecológico para protección de la vida acuática, presentando problemas en los 9 sitios muestreados en el estado, presentando un riesgo para la biota presente. Para 2011 en ninguno de los sitios se rebasa el límite de detección del equipo analizador, aunque esto no garantiza su ausencia de la columna de agua.

Con respecto al mercurio, en 2010 ninguno de los sitios rebasó el límite de detección del equipo analizador. Sin embargo, para 2011, aunque no rebasó el Criterio Ecológico para Protección de la Vida Acuática, se detectó una concentración de 0.00917 µg/L en el sitio denominado Playa Maya, lo que representa un riesgo para la biota de la zona.



Tabla 21. Resultados de cuadro ambiental en los sitios de monitoreo en las costas del Golfo de México en el estado de Quintana Roo.

| Sitio/<br>Parámetro | CECA Prot.<br>Vida<br>acuática                   | Año de<br>muestreo | Bocana de<br>Chacmochuc | Cozumel | El Rey | Playa del<br>Carmen | Playa Linda | Playa Maya | Playa Niño | Playa Norte |
|---------------------|--|--------------------|-------------------------|---------|--------|---------------------|-------------|------------|------------|-------------|
| T amb. (°C)         | Cond. Nat. ±<br>1.5°C                            | 2010               | 26.7                    | 27.0    | 27.0   | 28.5                | 26.7        | 29.0       | 27.4       | 27.0        |
|                     |  | 2011               | 29.2                    | 31.5    | 30.1   | 31.9                | 32.2        | 31.1       | 30.1       | 30.1        |
| T agua (°C)         | Cond. Nat. ±<br>1.5°C                            | 2010               | 23.4                    | 27.4    | 17.8   | 25.1                | 26.5        | 27.5       | 24.9       | 26.0        |
|                     |  | 2011               | 28.5                    | 28.5    | 28.8   | 29.3                | 30.2        | 28.7       | 29.5       | 28.8        |
| pH<br>(unidades)    | Sin<br>variaciones<br>mayores de<br>0.2 unidades | 2010               | 7.0                     | 7.0     | 7.0    | 7.0                 | 7.0         | 7.0        | 7.0        | 7.0         |
|                     |  | 2011               | 8.02                    | 8.17    | 8.13   | 8.17                | 8.18        | 8.13       | 8.20       | 8.19        |
| O. D. (mg/L)        | 5.0  | 2010               | 5.27                    | 6.79    | 6.59   | 6.54                | 7.19        | 6.69       | 2.4        | 6.69        |
|                     |  | 2011               | 2.06                    | 6.38    | 6.64   | 7.00                | 7.53        | 6.79       | 7.11       | 6.35        |
| Salinidad<br>(ppt)  | ND   | 2010               | 34.5                    | 34.0    | 33.8   | 32.5                | 30.8        | 31.7       | NA         | 34.0        |
|                     |  | 2011               | 36.2                    | 38.6    | 38.6   | 36.9                | 36.8        | 37.4       | 37.5       | 38.7        |

ND = No Determinado  
NA = No Analizado



COMISION NACIONAL DEL AGUA

Tabla 22. Resultados de parámetros indicadores en los sitios de monitoreo en las costas del Golfo de México en el estado de Quintana Roo.

| Sitio/<br>Parámetro                                | CECA Prot.<br>Vida<br>acuática | Año de<br>muestreo | Bocana de<br>Chamchuch | Cozumel    | El Rey     | Playa del<br>Carmen | Playa Linda | Playa Maya | Playa Niño | Playa Norte |
|--|--------------------------------|--------------------|------------------------|------------|------------|---------------------|-------------|------------|------------|-------------|
| Grasas y<br>Aceites (mg/L)                         | ND                             | 2010               | 1.7                    | < 1.56     | < 1.56     | < 1.56              | 3.5         | 6.11       | 2.07       | < 1.56      |
|  |                                | 2011               | 4.89                   | < 1.56     | 10.00      | 20.27               | < 1.56      | 12.86      | 6.32       | 13.89       |
| Hidrocarburos<br>totales del<br>petróleo<br>(mg/L) | 0.1 [i]                        | 2010               | < 3.3                  | < 3.3      | < 3.3      | < 3.3               | < 3.3       | 3.34       | < 3.3      | < 3.3       |
|  |                                | 2011               | < 5.2145               | < 5.2145   | < 5.2145   | < 5.2145            | < 5.2145    | < 5.2145   | < 5.2145   | < 5.2145    |
| Carbón<br>Orgánico<br>Total (mg/L)                 | ND                             | 2010               | 272                    | 1408       | 1004       | 838                 | 764         | 804        | 842        | 984         |
|  |                                | 2011               | NA                     | NA         | NA         | NA                  | NA          | NA         | NA         | NA          |
| Cadmio (µg/L)                                      | 0.9 [ii]                       | 2010               | < 10.0                 | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0              | < 10.0      | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0      |
|  |                                | 2011               | < 10.00000             | < 10.00000 | < 10.00000 | < 10.00000          | < 10.00000  | < 10.00000 | < 10.00000 | < 10.00000  |
| Cromo (µg/L)                                       | ND                             | 2010               | < 10.0                 | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0              | < 10.0      | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0      |
|  |                                | 2011               | NA                     | NA         | NA         | NA                  | NA          | NA         | NA         | NA          |
| Cobre (µg/L)                                       | 3.0 [iii]                      | 2010               | < 20.0                 | < 20.0     | < 20.0     | < 20.0              | < 20.0      | < 20.0     | < 20.0     | < 20.0      |
|  |                                | 2011               | < 20.00                | < 20.00    | < 20.00    | < 20.00             | < 20.00     | < 20.00    | < 20.00    | < 20.00     |
| Hierro (µg/L)                                      | 50                             | 2010               | < 50.0                 | 60         | < 50.0     | 69.95               | 55.4        | < 50.0     | < 50.0     | 74.55       |
|  |                                | 2011               | NA                     | NA         | NA         | NA                  | NA          | NA         | NA         | NA          |
| Niquel (µg/L)                                      | 8.0 [iv]                       | 2010               | 12.08                  | 10.41      | 10.25      | 13.21               | 12.26       | 20.55      | 12.77      | 17.07       |
|  |                                | 2011               | < 10.00                | < 10.00    | < 10.00    | < 10.00             | < 10.00     | < 10.00    | < 10.00    | < 10.00     |
| Plomo (µg/L)                                       | 6.0 [iv]                       | 2010               | < 50.0                 | < 50.0     | < 50.0     | < 50.0              | < 50.0      | < 50.0     | < 50.0     | < 50.0      |
|  |                                | 2011               | < 50.00                | < 50.00    | < 50.00    | < 50.00             | < 50.00     | < 50.00    | < 50.00    | < 50.00     |
| Vanadio<br>(µg/L)                                  | ND                             | 2010               | < 10.0                 | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0              | < 10.0      | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0      |
|  |                                | 2011               | NA                     | NA         | NA         | NA                  | NA          | NA         | NA         | NA          |
| Zinc (µg/L)  | 90.0 [iv]                      | 2010               | < 50.0                 | < 50.0     | < 50.0     | < 50.0              | < 50.0      | < 50.0     | < 50.0     | < 50.0      |
|  |                                | 2011               | < 50.00                | < 50.00    | < 50.00    | < 50.00             | < 50.00     | < 50.00    | < 50.00    | < 50.00     |
| Mercurio<br>(µg/L)                                 | 0.02 [iv]                      | 2010               | < 0.0010               | < 0.0010   | < 0.0010   | < 0.0010            | < 0.0010    | < 0.0010   | < 0.0010   | < 0.0010    |
|  |                                | 2011               | < 0.0010               | 0.01109    | < 0.0010   | 0.01109             | < 0.0010    | < 0.0010   | 0.00917    | < 0.0010    |
| Cobalto (µg/L)                                     | ND                             | 2010               | < 10.0                 | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0              | < 10.0      | < 10.0     | < 10.0     | < 10.0      |
|  |                                | 2011               | < 10.00                | < 10.00    | < 10.00    | < 10.00             | < 10.00     | < 10.00    | < 10.00    | < 10.00     |

ND = No determinado

NA = No Analizado

[i] Como Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (Sólo son una parte de los que se cuantifican con los Totales)

[ii] Como Cd (II)

[iii] La concentración promedio de una hora de esta sustancia, no debe exceder este nivel, más de una vez cada 3 años

[iv] La concentración promedio de 4 días de esta sustancia, no debe exceder este nivel, más de una vez cada 3 años



## 9. DISCUSIÓN

La temperatura del agua es un factor fundamental en la velocidad de biodegradación (oxidación) del petróleo y las aguas tropicales, como el caso del Golfo de México, que se detectan en el intervalo mostrado en la Tabla 23, son propicias para una rápida degradación.

**Tabla 23. Intervalos de temperatura del agua detectados en los diferentes estados de la costa del Golfo de México y Mar Caribe.**

| Estado       | 2010   |        | 2011   |        |
|--------------|--------|--------|--------|--------|
|              | Mínima | Máxima | Mínima | Máxima |
| Tamaulipas   | 22.1   | 27.6   | 22.2   | 28.1   |
| Veracruz     | 23.4   | 27.1   | 23.2   | 38.10  |
| Tabasco      | 25.6   | 28.3   | 25.30  | 32.01  |
| Campeche     | 23.9   | 26.6   | 29.3   | 31.2   |
| Yucatán      | 24.5   | 26.5   | 28.1   | 32.1   |
| Quintana Roo | 17.8   | 27.5   | 28.5   | 30.2   |

Esto incluye los productos y derivados del petróleo, por lo cual es que los resultados obtenidos muestran presencia y/o ausencia de los hidrocarburos totales del agua y las grasas y aceites.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se determinó que existen básicamente dos tipos de contaminación: la generada por la presencia de hidrocarburos y contaminación por metales pesados. Ambos tipos de contaminación presenta riesgos de bioacumulación y bioconcentración en cadena trófica, incluyendo al ser humano, por lo que hay que continuar con el monitoreo de vigilancia al menos en dos campañas anuales (sequía y lluvia).

Se tiene que para el estado de Tamaulipas se presenta un estado de estrés continuo y constante debido a las actividades petroleras de la zona (Puerto de Altamira), aunado al probable impacto por el derrame petrolero, que aunque tiene ya casi 3 años de haber ocurrido, sus efectos son permanentes. Es recomendable comparar la huella del petróleo americano con el de México, para establecer el origen de los hidrocarburos que se presentan en las costas del Golfo de México.

Los sitios ubicados en Tamaulipas presentan turismo nacional e internacional durante el año, por lo que se puede esperar que sean afectadas las actividades turísticas de la zona, afectando la economía de los lugareños. A esto se suma que en 5 sitios se practica la pesca ribereña y mar adentro (Laguna Madre, Barra del Tordo, Laguna de San Andrés, Laguna de Tamiahua y Rancho Nuevo), poniendo en riesgo esta actividad.





## COMISION NACIONAL DEL AGUA

Por otro lado, la Laguna Madre es un área de protección a la flora y fauna, así como Rancho Nuevo donde se ubica el santuario de la tortuga Lora, en el Puerto de Altamira se ubica un campo tortuguero, que también es un área de preservación de especies silvestres.

Veracruz presenta problemas de presencia de grasas y aceites, que indican la presencia de derivados del petróleo en los 4 sitios establecidos para el monitoreo de vigilancia. Las cuatro playas monitoreadas presentan turismo nacional e internacional e menor proporción, lo que pone en riesgo esta actividad. En Playa Tuxpan se tiene el Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, que puede ser impactado por la contaminación.

Tabasco, junto con Tamaulipas, es un estado que sufre estrés constante y continuo por la presencia de hidrocarburos y metales pesados, pudiendo afectar las actividades de turismo local que se presenta en los 12 sitios monitoreados. Aunado a lo anterior, se tienen zonas de cultivo de moluscos bivalvos en las Lagunas La Machona y Mecoacán, lo que obliga a realizar determinaciones de hidrocarburos y metales pesados en el músculo de los moluscos, los cuales por su hábito alimenticio a través de la filtración del agua, pueden bioacumular éstos contaminantes.

Para Campeche la situación es crítica, ya que presenta el Área Natural Protegida de Flora y Fauna en la Laguna de Términos, además de que existe pesca ribereña en todos los sitios monitoreados, así como turismo local. De acuerdo a los resultados obtenidos, Campeche no presenta un estrés marcado por la contaminación con hidrocarburos, pero si con metales pesados.

En Yucatán también existe riesgo de contaminación, lo que pone en riesgo las actividades turísticas, además de poner bajo estrés ambiental el área de la Ría Celestum y el Arrecife Alacranes.

Para Quintana Roo, con turismo internacional la situación puede convertirse en un problema, ya que se presentan grasas y aceites así como metales pesados. Aunado a esto, se ubica el corredor Cancún-Tulum y la región de la costa Maya.

Como puede observarse, el impacto probable de la presencia de contaminantes puede restringir los usos del agua en los sitios monitoreados. Esto es con los resultados de calidad del agua. Es fundamental complementar estos diagnósticos con determinaciones de hidrocarburos y metales pesados en los sedimentos de los sitios monitoreados.

Se conocen tres vías por los que los hidrocarburos pueden llegar a los sedimentos:



## COMISION NACIONAL DEL AGUA

**Hundimiento:** al aumentar la densidad del petróleo después de los procesos de intemperización.

A través de la *columna de agua*.

A través de la *lluvia de organismos*, producto del hundimiento de los microorganismos planctónicos muertos y que estuvieron en contacto con el petróleo.

A través de los eslabones de la cadena alimenticia en la columna de agua, se concentra el contenido de hidrocarburos hasta llegar a los sedimentos y predadores del fondo marino.

Los daños causados por la contaminación por petróleo son variados. Reducción o destrucción de la vida marina, destrucción de los hábitats de toda forma de vida silvestre, reducción total o parcial de las playas costeras y su flora y fauna.

De acuerdo a los resultados obtenidos, los sitios se ubicaron en localidades con áreas naturales protegidas, turismo (nacional e internacional), pesca ribereña, zonas de cultivo de ostiones y camarones, etc. por lo cual se establece un riesgo potencial de afectación y/o destrucción de hábitats, flora y fauna, impactando directamente los usos del agua marina.

Las principales propiedades del petróleo que influyen sobre el ambiente son (Galán, P. 2006):

**Toxicidad:** Los hidrocarburos aromáticos de bajo punto de ebullición son letales para casi todos los organismos terrestres y marinos. Algunos de los hidrocarburos parafínicos son menos tóxicos y hasta no tóxicos para los seres vivos.

**Solubilidad:** Los hidrocarburos de alto peso molecular son insolubles en agua. Los derivados del benceno y los naftalenos pueden solubilizarse en agua. Dicha solubilidad influirá en la toxicidad del componente de petróleo en el ámbito marino.

**Biodegradabilidad:** La biodegradación del petróleo está en función de sus características y peso molecular de sus componentes, por lo cual la tasa de degradación debe estudiarse y referirse al tipo de petróleo producido.

**Volatilidad, densidad y actividad superficial:** Indican las tendencias del petróleo y de sus componentes a la evaporación, a hundirse o a dispersarse fácilmente o no.

**Carcinogenicidad:** Varios componentes del petróleo tienen sustancias potencialmente carcinógenas.

El petróleo o cualquier tipo de hidrocarburos, crudo o refinado dañan la ecología marina a través de diferentes efectos:



## COMISION NACIONAL DEL AGUA

Muerte de los organismos por asfixia.

Muerte de los organismos por envenenamiento, sea por absorción, o por contacto.

Muerte por exposición a los componentes tóxicos del petróleo, solubles en agua.

Destrucción de los organismos jóvenes o recién nacidos.

Destrucción de las fuentes alimenticias de las especies superiores.

Disminución de la resistencia, infecciones, etc. de las especies y en particular de las aves por absorción de cantidades sub-letales de petróleo.

Incorporación de carcinógenos en la cadena alimentaria.

Efectos negativos sobre la reproducción y propagación a la fauna y flora marina.

No solamente el petróleo crudo es tóxico, lo es todavía más todo subproducto refinado como, por ejemplo, el kerosene o el fuel - oil, utilizados en los motores de barcos, lanchas y plataformas de perforación o producción. Estos combustibles contienen elementos tóxicos solubles en agua y son de difícil y lenta degradación, que pueden matar directamente toda la vida costera o cercana a un derrame.

Los hidrocarburos saturados de bajo punto de ebullición, fácilmente solubles en agua de mar producen anestesia y narcosis en los animales "contaminados", y muertes a altas concentraciones. Es conocido que el ciclo propano y el eteno son anestésicos potentes.

Los hidrocarburos saturados de alto punto de ebullición están presentes naturalmente en muchos organismos marinos y no son altamente tóxicos, sin embargo pueden interferir con la recepción de los estímulos químicos que utilizan ciertos animales marinos para comunicarse entre sí.

Los hidrocarburos aromáticos son altamente tóxicos. Los aromáticos de bajo punto de ebullición son solubles en agua y pueden matar por contacto (benceno, tolueno, xileno). Los aromáticos de alto punto de ebullición y en particular los aromáticos polinucleares, pueden ser venenosos largo plazo. El naftaleno y el fenantreno, por ejemplo, son más tóxicos para los peces que el xileno o benceno.

Los hidrocarburos olefinicos, intermedios en estructura, propiedades y en toxicidad entre los saturados y los aromáticos están ausentes en el petróleo crudo, pero existen los productos refinados como la gasolina y como los combustibles que son altamente peligrosos para las poblaciones macrobentónicas, por alterar el equilibrio de las mismas por largo tiempo.



## COMISION NACIONAL DEL AGUA

Todos estos tipos de hidrocarburos se encuentran presentes en la determinación de hidrocarburos totales del petróleo.

Por otro lado, de acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que existe una tendencia a la eutroficación, medida a través del Carbono Orgánico Total y este factor permite la vida en las cuencas marinas. Esta materia no se distribuye uniformemente, ya que generalmente presenta mayor concentración en las costas y tiende a disminuir mar adentro, según la profundidad, con mayores niveles cerca de la superficie y disminución hacia las profundidades.

Esta materia se presenta en soluciones, coloides, suspensiones de organismos vivos y detritos orgánicos. Son de diferente composición química, como complejos de carbohidratos y proteínas de alta estabilidad química o como productos inestables de degradación, organismos vivos y muertos.

Se requiere identificar organismos indicadores de contaminación por petróleo y metales pesados y hacer un balance de afectación a la diversidad y abundancia de los sitios costeros del Golfo de México.



## 10. CONCLUSIONES

Para establecer la **línea base** de trabajo en la zona costera del Golfo de México, se elaboraron los mapas de riesgo correspondientes, que sirvieron de base para obtener dicha línea.

### 10.1 Mapas de riesgo

En la Figura 12 se presenta el mapa de riesgo por contaminación con hidrocarburos en la zona costera del Golfo de México y Mar Caribe, obtenido en el monitoreo del 2010.



Figura 12. Mapa de riesgo por contaminación por hidrocarburos en 12 sitios del Golfo de México.

Como se discutió anteriormente, para los años 2010 y 2011 en los diez sitios del estado de Tamaulipas no se detectó presencia de hidrocarburos en la columna de agua. Sin embargo, la presencia de alquitrán en las playas y el contenido de grasas y aceites indica que estos sitios deben continuar en el programa de monitoreo, determinando parámetros como Hidrocarburos totales del petróleo y grasas y aceites.



En 2010, El Bari en Tabasco, Playa Bonita en Campeche, El Cuyo en Yucatán y Playa Maya en Quintana Roo, son sitios que presentaron hidrocarburos en la columna de agua, lo que los convierte en sitios prioritarios de atención por contaminación por petróleo. Los cuatro sitios que presentaron hidrocarburos en la columna de agua representan un 7.5% de los 53 sitios en total. Si se consideran los 10 sitios del estado de Tamaulipas, representaría el 18.8%.

Para 2011 en Tabasco, Campeche y Quintana Roo se determinaron por debajo del límite de detección del equipo analizador, lo que no garantiza que no estén presentes. Sin embargo, se detecta la presencia de hidrocarburos en Chabihau en Yucatán, lo que no sucedió en 2010.

En la Figura 13, se presenta el mapa de riesgo por presencia de fierro en los sitios monitoreados en el Golfo de México y Mar Caribe, obtenido en 2010. Para 2011 no se cuenta con datos.

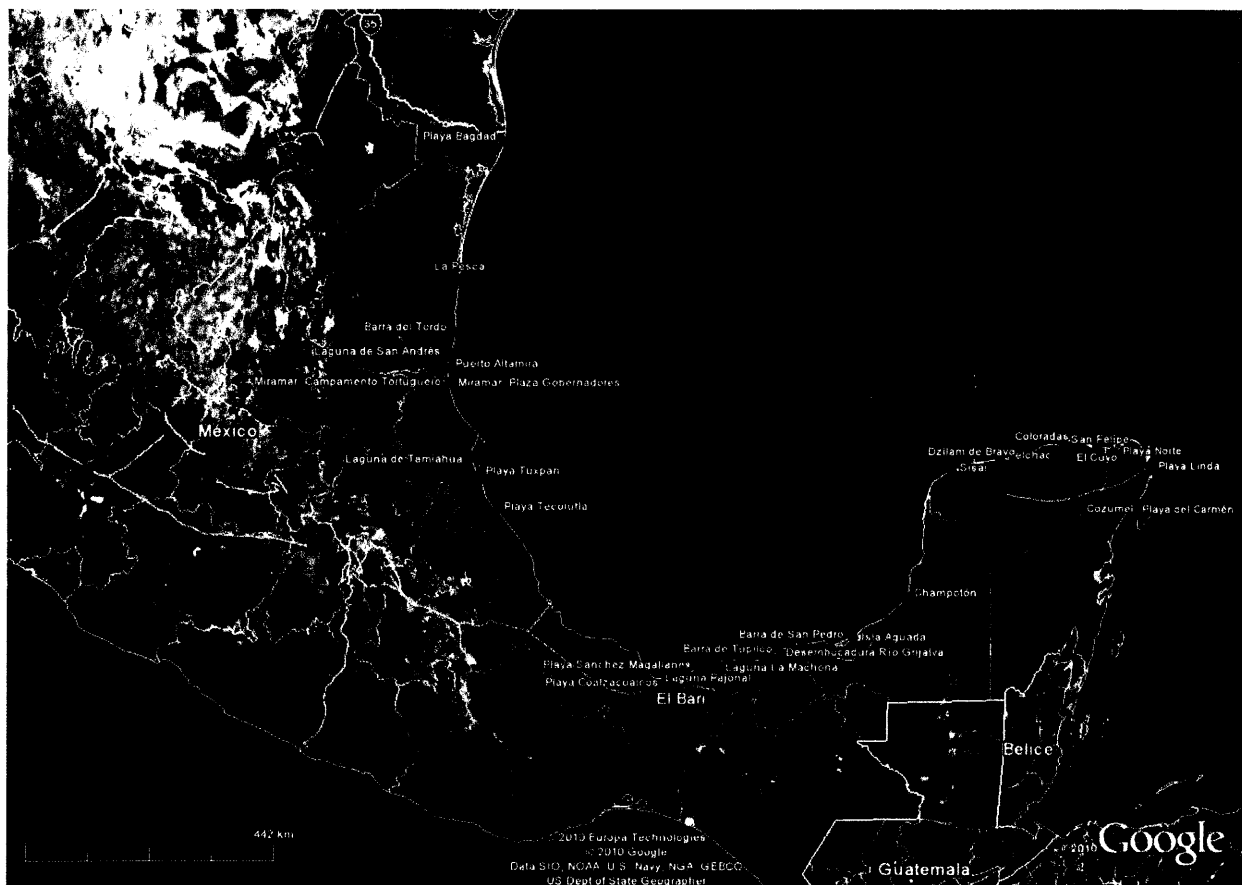


Figura 13. Mapa de riesgo por presencia de fierro en las costas del Golfo de México y Mar Caribe.



Los sitios afectados son:

*Tamaulipas*: 8 sitios: Playa Bagdad, La Pesca, Barra del Tordo, Laguna de San Andrés, Laguna de Tamiahua, Puerto de Altamira, Campo Tortuguero y Plaza Gobernadores en Miramar.

*Veracruz*: 3 sitios. Playas de Coatzacoalcos, Tecolutla y Tuxpan.

*Tabasco*: 11 sitios: Sánchez Magallanes, Laguna Pajonal, Laguna La Machona, El Bari, Barra de Tupilco, Puerto Dos Bocas, Laguna Mecoacán, Puerto Chiltepec, Desembocadura Río Grijalva, Barra de San Pedro y Fraccionamiento Miramar.

*Campeche*: 4 sitios: Champotón, Emiliano Zapata, Isla Aguada y Zacatal.

*Yucatán*: 6 sitios: Dzilam de Bravo, El Cuyo, Coloradas, San Felipe, Sisal y Telchac.

*Quintana Roo*: 4 sitios: Cozumel, Playa del Carmen, Playa Linda y Playa Norte.

Si se calcula el porcentaje del total de sitios afectados en 2010, se tienen los resultados mostrados en la Tabla 24.

**Tabla 24. Porcentaje de sitios afectados por la presencia de Hierro en 2010.**

| Estado                | No. de sitios afectados | % de sitios afectados |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| Tamaulipas            | 8                       | 15.09                 |
| Veracruz              | 3                       | 5.66                  |
| Tabasco               | 11                      | 20.75                 |
| Campeche              | 4                       | 7.55                  |
| Yucatán               | 6                       | 11.32                 |
| Quintana Roo          | 4                       | 7.55                  |
| % de sitios afectados | <b>36</b>               | <b>67.92</b>          |

Por lo tanto, el 67.92% de sitios del total se encuentran afectados por la presencia de hierro en la columna de agua.



En la Figura 14, se presenta el mapa de riesgo por presencia de níquel en los sitios monitoreados en el Golfo de México y Mar Caribe durante 2010.

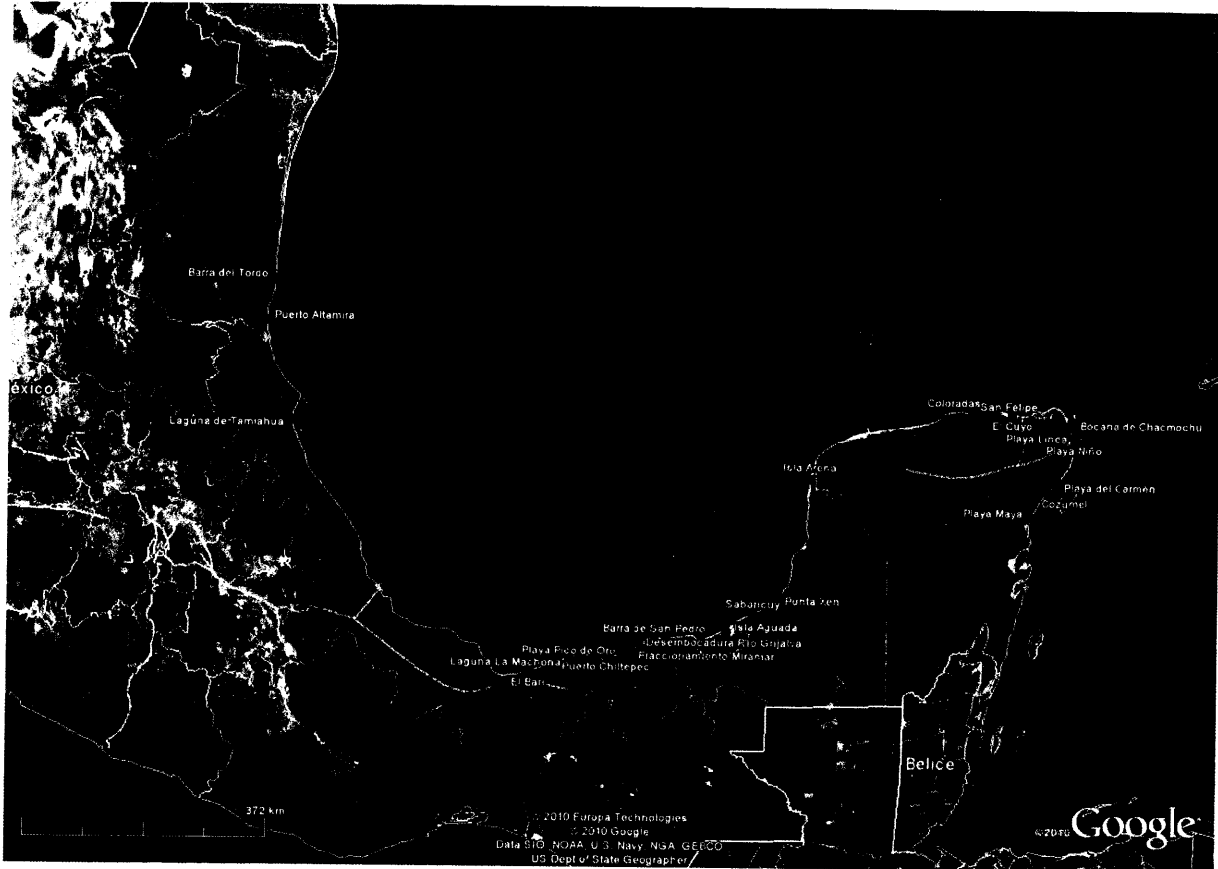


Figura 14. Mapa de riesgo por presencia de níquel en las costas del Golfo de México y Mar Caribe.

Los sitios afectados son:

*Tamaulipas*: 3 sitios: Barra del Tordo, Laguna de Tamiahua y Puerto de Altamira.

*Tabasco*: 11 sitios: Sánchez Magallanes, Laguna Pajonal, Laguna La Machona, El Bari, Barra de Tupilco, Puerto Dos Bocas, Laguna de Mecoacán, Puerto Chiltepec, Desembocadura del río Grijalva, Barra de San Pedro y Fraccionamiento Miramar.

*Campeche*: 6 sitios: Emiliano Zapata, Isla Aguada, Isla Arena, Punta Xen, Sambacuy y Zacatal.

*Yucatán*: 3 sitios: El Cuyo, Coloradas y San Felipe.





Quintana Roo: 9 sitios: Bocana de Chacmochuc, Cozumel, El Rey, Isla Blanca, Playa del Carmen, Playa Linda, Playa Maya, Playa Niño y Playa Norte.

Si se calcula el porcentaje del total de sitios muestreados en 2010, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 25.

**Tabla 25. Porcentaje de sitios afectados por la presencia de Níquel en 2010.**

| Estado                | No. de sitios afectados | % de sitios afectados |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| Tamaulipas            | 3                       | 5.66                  |
| Tabasco               | 11                      | 20.75                 |
| Campeche              | 6                       | 11.32                 |
| Yucatán               | 3                       | 5.66                  |
| Quintana Roo          | 8                       | 15.09                 |
| % de sitios afectados | <b>31</b>               | <b>58.48</b>          |

Por lo tanto, para 2010 el 58.48% de sitios del total se encuentran afectados por la presencia de níquel en la columna de agua.

Para 2011, se detecta la presencia de níquel en Miramar, Campamento Tortuguero del estado de Tamaulipas, con una concentración de 11.21  $\mu\text{g/L}$ , rebasando el Criterio Ecológico para Protección de la Vida Acuática de 8.0  $\mu\text{g/L}$ . Para el estado de Tabasco la situación es más crítica, ya que se detectó níquel en Laguna Pajonal (46.48  $\mu\text{g/L}$ ), Puerto Chiltepec (18.31  $\mu\text{g/L}$ ), Playa Pico de Oro (12.30  $\mu\text{g/L}$ ) y Fraccionamiento Miramar (10.65  $\mu\text{g/L}$ ). Se detecta nuevamente en el sitio denominado Zacatal en Campeche con una concentración de 18.31  $\mu\text{g/L}$  (Tabla 26).

**Tabla 26. Porcentaje de sitios afectados por la presencia de Níquel en 2011.**

| Estado                | No. de sitios afectados | % de sitios afectados |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| Tamaulipas            | 1                       | 1.88                  |
| Tabasco               | 4                       | 7.54                  |
| Campeche              | 1                       | 1.88                  |
| Yucatán               | 0                       | 0                     |
| Quintana Roo          | 0                       | 0                     |
| % de sitios afectados | <b>6</b>                | <b>11.3</b>           |

Aunque el porcentaje de sitios afectados disminuyó respecto del 2010, aun así se debe tener cuidado, ya que el níquel sigue presente en la columna de agua en al menos 3 de los 6 estados monitoreados.



En la Figura 15, se presenta el mapa de riesgo por abatimiento de oxígeno disuelto en los sitios monitoreados en el Golfo de México y Mar Caribe.

En este caso, para 2010 solamente dos sitios del estado de Veracruz presentaron abatimiento en la columna de agua. Estos sitios son las playas de Tecolutla y Tuxpan, que representan el 3.77% del total de sitios monitoreados.

En 2011, Tabasco resulta afectado en 5 de los 12 sitios ubicados en el mismo. Estos son: Sánchez Magallanes (3.82 mg/L), Laguna Pajonal (4.36 mg/L), Laguna La Machona (4.43 mg/L), Barra de Tupilco (4.45 mg/L), Puerto Dos Bocas (3.92 mg/L), siendo 5 mg/L el Criterio Ecológico para Protección de la Vida Acuática. Esto representa el 9.43% de sitios afectados del total de 53.

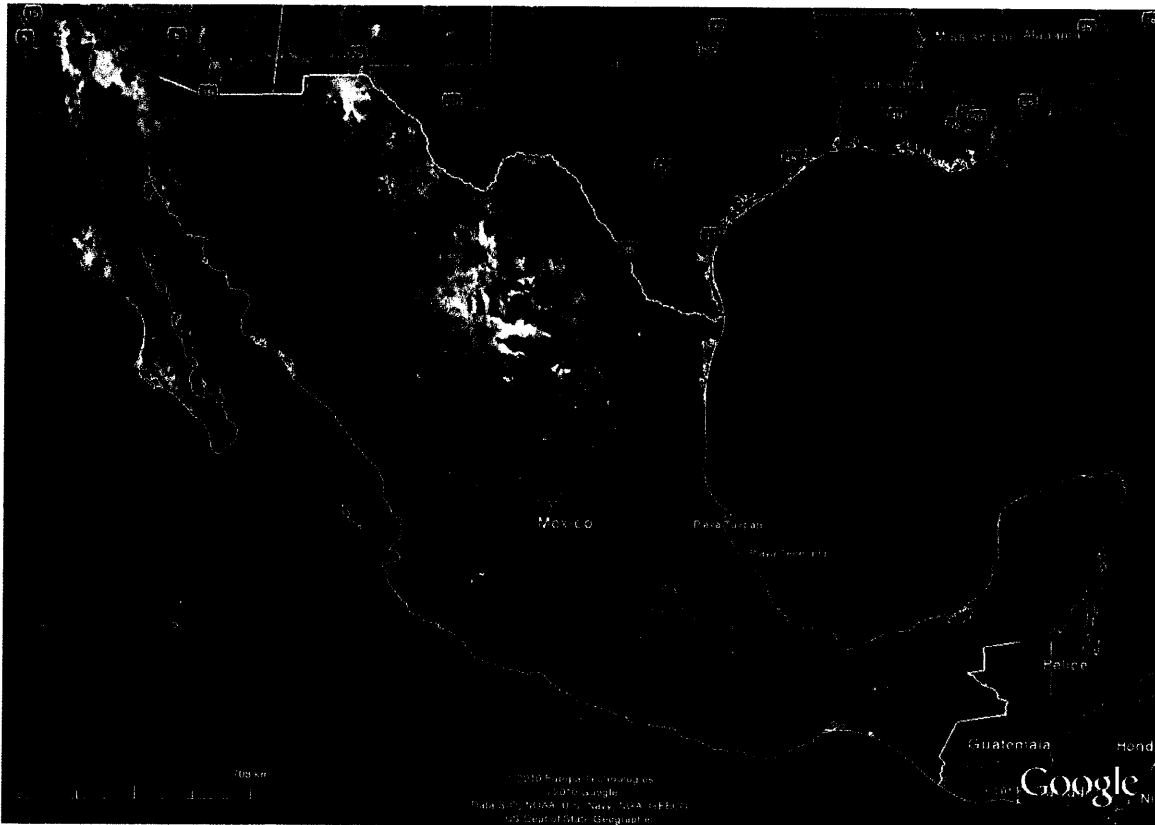


Figura 15. Mapa de riesgo por abatimiento de oxígeno disuelto en las costas del Golfo de México y Mar Caribe.



**COMISION NACIONAL DEL AGUA**

En la Figura 16 se presenta el mapa de riesgo por presencia de cobre en los sitios monitoreados en el Golfo de México y Mar Caribe para 2010.

Los sitios afectados son:

*Veracruz*: 2 sitios: Playas de Tecolutla y Tuxpan

*Tabasco*: 1 sitio: Barra de San Pedro.

Si se calcula el porcentaje del total de sitios muestreados, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 27.

**Tabla 27. Porcentaje de sitios afectados por la presencia de Cobre en 2010.**

| Estado                | No. de sitios afectados | % de sitios afectados |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| Veracruz              | 2                       | 3.77                  |
| Tabasco               | 1                       | 1.88                  |
| % de sitios afectados | <b>3</b>                | <b>5.65</b>           |

Por lo tanto, el 5.65% de sitios del total se encuentran afectados por la presencia de cobre en la columna de agua.

Para 2011, todos los sitios se presentaron por debajo del límite de detección del equipo analizador, lo que no garantiza que estén ausentes de la columna de agua.

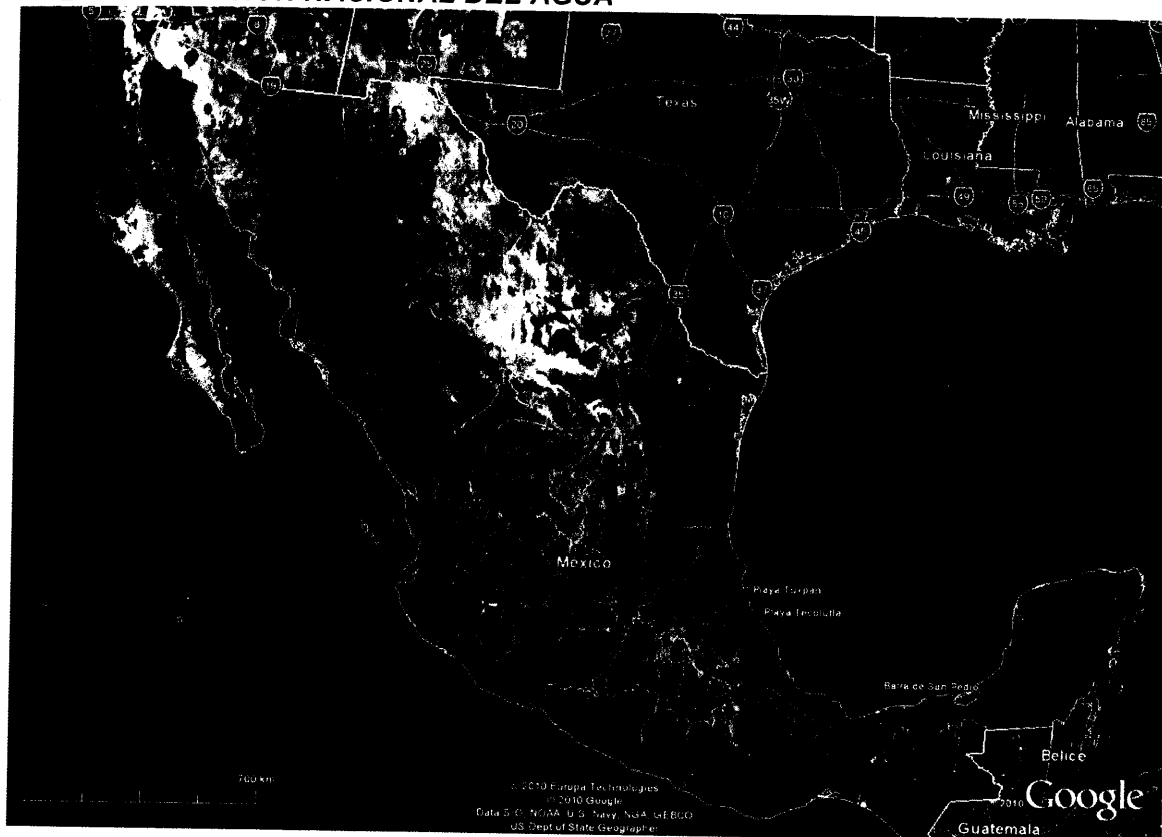


Figura 16. Mapa de riesgo por presencia de cobre en las costas del Golfo de México y Mar Caribe.

En la Figura 17 se presenta el mapa de riesgo por presencia de cromo en los sitios monitoreados en el Golfo de México y Mar Caribe para 2010.

Los sitios afectados son:

Yucatán: 3 sitios: El Cuyo, Coloradas y San Felipe, lo que representa el 5.66% de sitios afectados por este elemento (Tabla 28).

Tabla 28. Porcentaje de sitios afectados por la presencia de Cromo en 2010.

| Estado                | No. de sitios afectados | % de sitios afectados |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| Yucatán               | 3                       | 5.66                  |
| % de sitios afectados | 3                       | 5.66                  |

Para 2011, no se cuenta con datos.

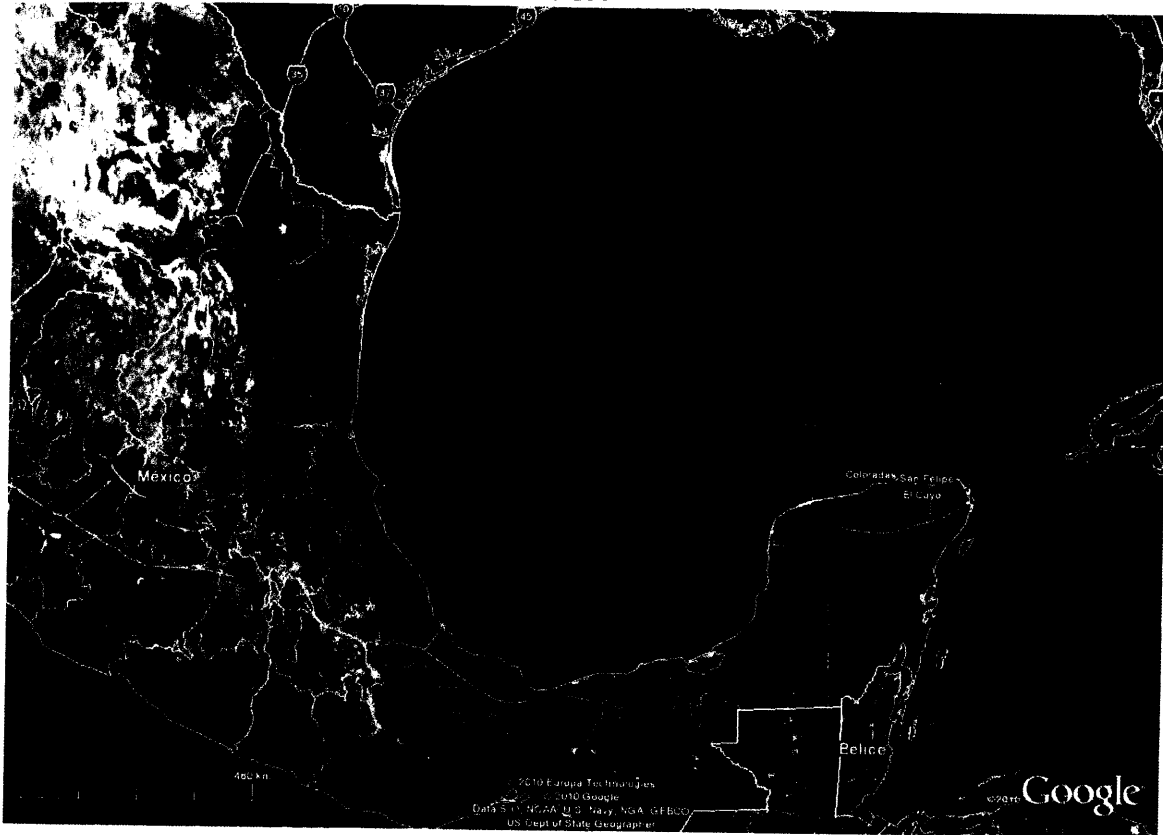


Figura 17. Mapa de riesgo por presencia de cromo en las costas del Golfo de México y Mar Caribe.



En la Figura 18 se presenta el mapa de riesgo por presencia de grasas y aceites en los sitios monitoreados en el Golfo de México y Mar Caribe.

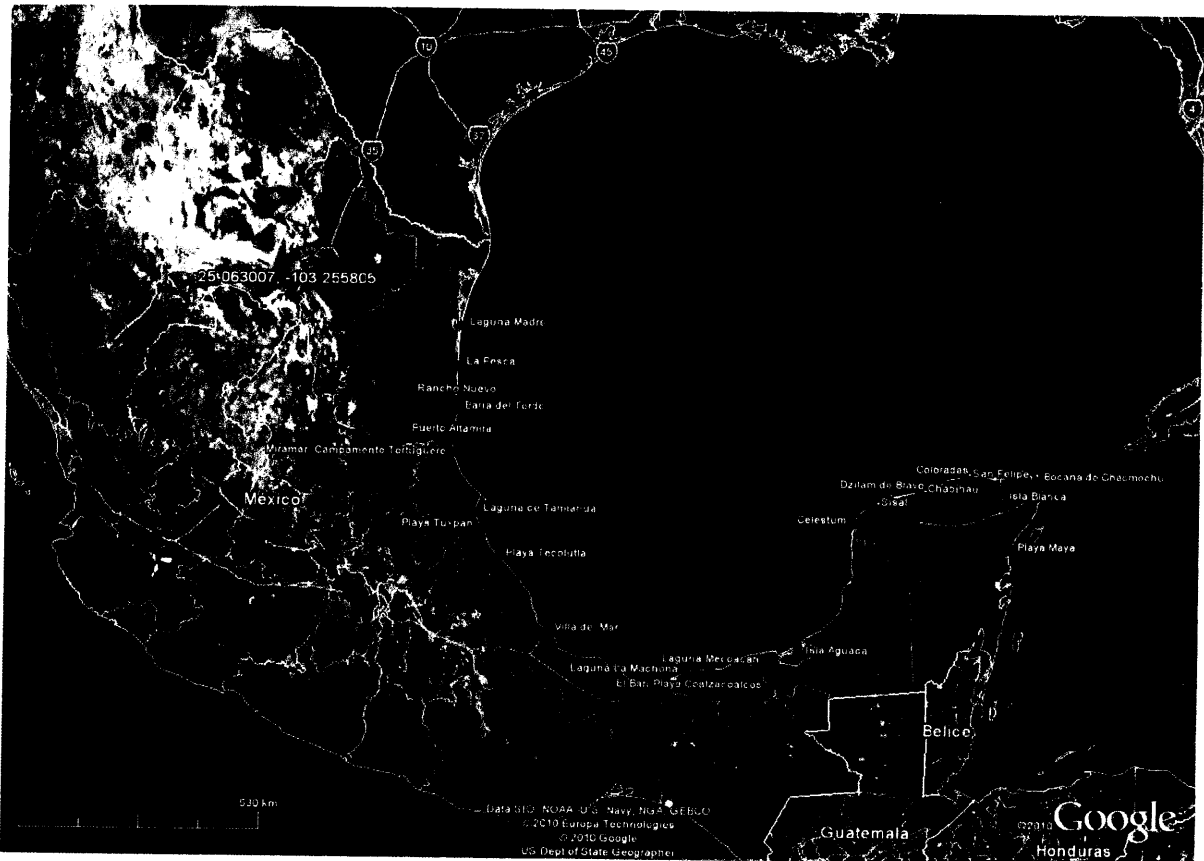


Figura 18. Mapa de riesgo por presencia de grasas y aceites en las costas del Golfo de México y Mar Caribe.

Para 2010, los sitios afectados son:

**Tamaulipas.** 8 sitios: Laguna Madre, La Pesca, Barra del Tordo, Laguna de San Andrés, Laguna de Tamiahua, Rancho Nuevo, Miramar Campo Tortuguero y Miramar Plaza Gobernadores.

**Veracruz:** 4 sitios: Playas de Coatzacoalcos, Tecolutla, Villa del Mar y Tuxpan.

**Tabasco:** 3 sitios: Laguna La Machona, Laguna de Mecoacán y El Bari.

**Campeche:** 1 sitio: Isla Aguada.



**COMISION NACIONAL DEL AGUA**

*Yucatán:* 6 sitios: Celestum, Chabihau, Dzilam de Bravo, Coloradas, San Felipe y Sisal.

*Quintana Roo:* 4 sitios: Bocana de Chacmochuc, Playa Linda, Playa Maya y Playa Niño. Si se calcula el porcentaje del total de sitios muestreados, obtienen los datos mostrados en la Tabla 29.

**Tabla 29. Porcentaje de sitios afectados por la presencia de Grasas y Aceites en 2010.**

| Estado                | No. de sitios afectados | % de sitios afectados |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| Tamaulipas            | 0                       | 0                     |
| Veracruz              | 4                       | 7.55                  |
| Tabasco               | 4                       | 7.55                  |
| Campeche              | 1                       | 1.88                  |
| Yucatán               | 6                       | 11.32                 |
| Quintana Roo          | 4                       | 7.55                  |
| % de sitios afectados | <b>19</b>               | <b>35.85</b>          |

Por lo tanto, el 30.85% de sitios del total se encuentran afectados por la presencia de grasas y aceites en la columna de agua.

Para 2011, nuevamente se detecta la presencia de grasas y aceites en Playa Coatzacoalcos, Playa Tecolutla, Villa del Mar y Playa Tuxpan, poniendo en riesgo la biota acuática. En Tabasco, nuevamente se detectan en El Bari y se suma Barra de San Pedro, Playa Pico de Oro y la Desembocadura del Río Grijalva.

En Campeche, se detectan grasas y aceites en Champotón, Emiliano Zapata, Isla Aguada, Isla Arena, Punta Xen, Payucan, Sabancuy y Zacatal, 8 de los nueve sitios monitoreados.

En Yucatán se detectan en Chabihau, Dzilam de Bravo, Coloradas, Progreso, San Felipe y Telchac, 6 de los 9 sitios monitoreados. En Quintana Roo se presentan en Bocana de Chacmochuc, El Rey, Playa del Carmen, Playa Maya Playa Niño y Playa Norte, 6 de los 8 sitios monitoreados. Las grasas y aceites en ambos años representan un riesgo para el desarrollo de la biota acuática. Si se calcula el porcentaje de sitios afectados, se obtienen los datos de la Tabla 30.



**Tabla 30. Porcentaje de sitios afectados por la presencia de Grasas y Aceites en 2011**

| Estado                       | No. de sitios afectados | % de sitios afectados |
|------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Tamaulipas                   | 0                       | 0                     |
| Veracruz                     | 4                       | 7.55                  |
| Tabasco                      | 4                       | 7.55                  |
| Campeche                     | 8                       | 15.09                 |
| Yucatán                      | 6                       | 11.32                 |
| Quintana Roo                 | 0                       | 0                     |
| <b>% de sitios afectados</b> | <b>22</b>               | <b>41.51</b>          |







## COMISION NACIONAL DEL AGUA

*Yucatán:* 9 sitios. Celestum, Chabihau, Dzilam de Bravo, El Cuyo, Coloradas, Progreso, San Felipe, Sisal, Telchac.

*Quintana Roo:* 9 sitios: Bocana de Chacmochuc, Cozumel, El Rey, Isla Blanca, Playa del Carmen, Playa Linda, Playa Maya, Playa Niño, Playa Norte.

Si se calcula el porcentaje del total de sitios muestreados, se tienen los datos de la Tabla 31

**Tabla 31 Porcentaje de sitios afectados por la presencia de Carbono Orgánico Total en 2010.**

| Estado                | No. de sitios afectados | % de sitios afectados |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| Tamaulipas            | 8                       | 15.09                 |
| Tabasco               | 4                       | 7.55                  |
| Campeche              | 6                       | 11.32                 |
| Yucatán               | 9                       | 16.98                 |
| Quintana Roo          | 9                       | 16.98                 |
| % de sitios afectados | <b>36</b>               | <b>67.92</b>          |

Por lo tanto, el 67.92% de sitios del total se encuentran afectados por la tendencia a la eutroficación. Para 2011 no se tienen datos.

### 10.2 Línea Base de Trabajo

Resumiendo los parámetros que impactan en la calidad del agua de las costas del Golfo de México por prioridad son, de acuerdo a las Tablas 32 y 33.

### 10.3 Año 2010

El Carbono Orgánico Total presenta un 67.92% de impacto sobre 36 sitios en los estados de Tamaulipas, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, por lo que se vuelve prioritario para el monitoreo y control, evitando así florecimientos de organismos debido a la eutroficación en los sitios donde se detectó.

Le sigue el hierro, con un 67.92% de impacto sobre 36 sitios en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, por lo que se deben aplicar medidas de control, iniciando con la actualización del inventario de descargas que pudieran contener este elemento.



## COMISION NACIONAL DEL AGUA

El níquel presenta un 58.48% de impacto sobre 31 sitios monitoreados en los estados de Tamaulipas, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, lo que requiere también que se actualice el inventario de las posibles descargas que contengan este elemento.

Grasas y aceites ocupa el cuarto lugar de impacto con un 35.85% de impacto sobre 19 sitios de los estados de Tamaulipas, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo.

La presencia de hidrocarburos se encuentra en el 5º lugar sobre 4 sitios con un 7.52% de impacto afectando los estados de Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo.

El cobre presenta un 5.66% de impacto sobre 3 sitios en los estados de Veracruz y Tabasco. Asimismo, el cromo presenta el mismo porcentaje sobre 3 sitios en el estado de Yucatán.

Por último, el oxígeno disuelto presenta un 3.77% de impacto sobre dos sitios en el estado de Veracruz.

Por otro lado, de acuerdo a los parámetros determinados y que resultaron positivos en los análisis de laboratorio y campo (Hidrocarburos, Fe, Ni, OD, Cu, Cr, Grasas y Aceites y Carbono Orgánico Total, los estados más afectados son, en orden de prioridad:

*Yucatán:* Afectado por hidrocarburos en columna de agua, Fierro, Níquel, Cromo, Grasas y Aceites y Carbono Orgánico Total. 6 parámetros en total

*Tabasco:* Afectado por hidrocarburos en columna de agua, Fierro, Níquel, Cobre, Grasas y Aceites y Carbono Orgánico Total. 6 parámetros en total.

*Campeche:* Afectado por hidrocarburos en columna de agua, Fierro, Níquel, Grasas y Aceites y Carbono Orgánico Total. 5 parámetros en total.

*Quintana Roo:* Afectado por hidrocarburos en columna de agua, Fierro, Níquel, Grasas y Aceites y Carbono Orgánico Total. 5 parámetros en total.

*Tamaulipas:* Afectado por Fierro, Níquel y Carbono Orgánico Total. 3 parámetros en total.

*Veracruz:* Afectado por Fierro, Oxígeno Disuelto, Cobre. 3 parámetros en total.

Por lo tanto, la prioridad es la atención de los sitios en los estados de Yucatán y Tabasco, seguidos por Campeche, Quintana Roo, Tamaulipas y Veracruz.



## COMISION NACIONAL DEL AGUA

Se debe recordar que en el estado de Tamaulipas se detectaron restos de alquitrán, indicador de la presencia de petróleo y que durante el año 2010 se presentaron lluvias atípicas e inundaciones en Veracruz, lo que permitió una "limpieza" ambiental y es posible que por este motivo no se hayan detectado los hidrocarburos ni las grasas y aceites.

Asimismo, considerar que el níquel se detectó en 32 de los 53 sitios totales, lo que indica que es seguro la presencia de crudo, dado que el níquel es un elemento metálico de los más abundantes en el petróleo y en ocasiones alcanza concentraciones a las mil partes por millón. Puede estar presentes ya sea como metal libre o bien formando complejos en los núcleos de las porfirinas.

Por otro lado, el fierro y cobre también forman parte de los compuestos del petróleo, aunque en menor proporción. El Fe se detectó en 36 sitios (67.92% del total de sitios) y el cobre se detectó de manera puntual en 3 sitios, representando el 5.66%.

### 10.4 Año 2011

Para el año 2011, las Grasas y Aceites, indicadoras de la presencia de productos del petróleo ocupa el primer lugar en prioridad, con un porcentaje de 41.51%, afectando 22 sitios en total con la siguiente distribución: los 4 sitios de Veracruz, 4 en Tabasco, 8 en Campeche y 6 en Yucatán.

Después sigue en prioridad el Níquel, afectando un total de 6 sitios con un porcentaje de 11.3%. Los estados afectados son: Tamaulipas (1 sitio), Tabasco (4 sitios) y Campeche (1 sitio).

El decaimiento del Oxígeno Disuelto afecta 5 sitios en Tabasco que representa el 9.43% del total.

Por último, los hidrocarburos con 1 sitio impactado en Yucatán y que representa el 1.88% del total de sitios monitoreados.

Aunque aparentemente disminuyó la presión sobre los sitios monitoreados, se deben seguir considerando los 53 sitios de monitoreo para establecer la afectación o no por la presencia de hidrocarburos.

Con objeto de poder establecer el origen de la contaminación con hidrocarburos, el Laboratorio Nacional de Referencia de la CONAGUA realizó los cromatogramas (huella molecular) de los petróleos mexicanos Olmeca, Istmo y Maya que deberán ser comparados con la huella molecular del petróleo derramado por la Deep Water Horizont (Anexo 2).



**COMISION NACIONAL DEL AGUA**

La Figura 20 muestra el mapa general de afectación por contaminación por la presencia de hidrocarburos y metales pesados, estableciendo así la línea base de trabajo para continuar con el monitoreo de vigilancia.





COMISION NACIONAL DEL AGUA

Tabla 32. Porcentaje de impacto de los parámetros que afectan la calidad del agua en las costas del Golfo de México y Mar Caribe para 2010.

| ESTADO       | Hidrocarburos |             | Fierro     |              | Níquel     |              | OD         |             | Cobre      |             | Cromo      |             | GyA        |              | COT        |              |
|--------------|---------------|-------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|--------------|------------|--------------|
|              | No. sitios    | % imp       | No. sitios | % imp        | No. sitios | % imp        | No. sitios | % imp       | No. sitios | % imp       | No. sitios | % imp       | No. sitios | % imp        | No. sitios | % imp        |
| Tamaulipas   | 0             | 0           | 8          | 15.09        | 3          | 5.66         | 0          | 0           | 0          | 0           | 0          | 0           | 0          | 0            | 8          | 15.09        |
| Veracruz     | 0             | 0           | 3          | 5.66         | 0          | 0            | 2          | 3.77        | 2          | 3.77        | 0          | 0           | 4          | 7.55         | 0          | 0            |
| Tabasco      | 1             | 1.88        | 11         | 20.75        | 11         | 20.75        | 0          | 0           | 1          | 1.88        | 0          | 0           | 4          | 7.55         | 4          | 7.55         |
| Campeche     | 1             | 1.88        | 4          | 7.55         | 6          | 11.32        | 0          | 0           | 0          | 0           | 0          | 0           | 1          | 1.88         | 6          | 11.32        |
| Yucatán      | 1             | 1.88        | 6          | 11.32        | 3          | 5.66         | 0          | 0           | 0          | 0           | 3          | 5.66        | 6          | 11.32        | 9          | 16.98        |
| Quintana Roo | 1             | 1.88        | 4          | 7.55         | 8          | 15.09        | 0          | 0           | 0          | 0           | 0          | 0           | 4          | 7.55         | 9          | 16.98        |
| <b>Total</b> | <b>4</b>      | <b>7.52</b> | <b>36</b>  | <b>67.92</b> | <b>31</b>  | <b>58.48</b> | <b>2</b>   | <b>3.77</b> | <b>3</b>   | <b>5.66</b> | <b>3</b>   | <b>5.66</b> | <b>19</b>  | <b>35.85</b> | <b>36</b>  | <b>67.92</b> |

Tabla 33. Porcentaje de impacto de los parámetros que afectan la calidad del agua en las costas del Golfo de México y Mar Caribe para 2011.

| ESTADO       | Hidrocarburos |             | Fierro     |          | Níquel     |             | OD         |             | Cobre      |          | Cromo      |          | GyA        |              | COT        |          |
|--------------|---------------|-------------|------------|----------|------------|-------------|------------|-------------|------------|----------|------------|----------|------------|--------------|------------|----------|
|              | No. sitios    | % imp       | No. sitios | % imp    | No. sitios | % imp       | No. sitios | % imp       | No. sitios | % imp    | No. sitios | % imp    | No. sitios | % imp        | No. sitios | % imp    |
| Tamaulipas   | 0             | 0           | 0          | 0        | 1          | 1.88        | 0          | 0           | 0          | 0        | 0          | 0        | 0          | 0            | 0          | 0        |
| Veracruz     | 0             | 0           | 0          | 0        | 0          | 0           | 0          | 0           | 0          | 0        | 0          | 0        | 4          | 7.55         | 0          | 0        |
| Tabasco      | 0             | 0           | 0          | 0        | 4          | 7.54        | 5          | 9.43        | 0          | 0        | 0          | 0        | 4          | 7.55         | 0          | 0        |
| Campeche     | 0             | 0           | 0          | 0        | 1          | 1.88        | 0          | 0           | 0          | 0        | 0          | 0        | 8          | 15.09        | 0          | 0        |
| Yucatán      | 1             | 1.88        | 0          | 0        | 0          | 0           | 0          | 0           | 0          | 0        | 0          | 0        | 6          | 11.32        | 0          | 0        |
| Quintana Roo | 0             | 0           | 0          | 0        | 0          | 0           | 0          | 0           | 0          | 0        | 0          | 0        | 0          | 0            | 0          | 0        |
| <b>Total</b> | <b>1</b>      | <b>1.88</b> | <b>0</b>   | <b>0</b> | <b>6</b>   | <b>11.3</b> | <b>5</b>   | <b>9.43</b> | <b>0</b>   | <b>0</b> | <b>0</b>   | <b>0</b> | <b>22</b>  | <b>41.51</b> | <b>0</b>   | <b>0</b> |



## 11. RECOMENDACIONES

I. Continuar con la operación la Red de Monitoreo de Vigilancia en los sitios ya monitoreados, ya que se detectó la presencia de hidrocarburos, níquel, cobre y hierro, que forman parte de los compuestos del petróleo, lo que indica claramente la presencia de petróleo en las costas del Golfo de México.

II. Para estar en posibilidades de establecer las tendencias de la contaminación, se requiere realizar al menos un monitoreo en época de sequía y otro en lluvias (dos campañas al año).

III. Contar con presupuesto suficiente para cubrir los gastos de muestreo y análisis.

IV. Asegurar que los datos de zona costeras sigan siendo generados por laboratorios que cuenten con sistemas de gestión de la calidad conforme a la ISO 17025.

V. Se solicita al Grupo de Coordinación Interna de SEMARNAT para la atención de daños a la Biodiversidad por el derrame petrolero de la plataforma Deep Water Horizont se insista en conseguir la huella molecular del aceite, con objeto de determinar si los restos detectados corresponden al derrame proveniente de los Estados Unidos de Norteamérica.

VI. Derivado de que el intervalo de trabajo para la medición de Hidrocarburos Totales del Petróleo por Infrarrojo es alto para las concentraciones detectas, se requiere que en próximas campañas de monitoreo se emplee para la medición de estos la cromatografía de gases, cuyos intervalos de trabajo y cuantificación son más bajos y será posible cuantificar las cantidades hasta hoy detectadas solamente.

VII. Con base en los resultados obtenidos, se recomienda realizar determinaciones de hidrocarburos totales del petróleo en muestras de sedimentos de los sitios monitoreados.

VIII. Para determinar los efectos del petróleo sobre la flora y fauna marina, es conveniente determinar contenido de hidrocarburos en pastos marinos como *Phyllospadiux*, el cual muere al acumular petróleo.

IX. Determinar las especies de fitoplancton en muestras de aguas marinas, sobre todo detectar la presencia de las diatomeas del tipo *Licmophora ehrenbergii*, *Coscinodiscus granii*, *Melosira monolimorfosis*, *Prorocentrum trochoideum*, *Peridinium trochoideum*, los cuales pueden desaparecer con una concentración de petróleo de 1 mL/L





**COMISION NACIONAL DEL AGUA**

- X. Determinar plantas muy susceptibles a la contaminación. Las de raíces de poca profundidad con reservas alimenticias muy bajas, las cuales no se recuperan y mueren como *Suaeda marítima*.
- XI. Determinar plantas susceptibles que son perennes arbustivas, con los extremos de las ramas expuestos al petróleo, como *Halimione portulacoides* (alga verde filamentosa).
- XII. Determinar plantas intermedias, que son perennes que aceptan una o dos contaminaciones y luego declinan en otra como *Spartina anglica* y *Puccinellia marítima*.
- XIII. Determinar plantas resistentes, que son perennes con grandes reservas alimenticias y en particular las que mueren superficialmente en invierno como *Armenia marítima*.
- XIV. Determinar plantas muy resistentes como la familia de las Umbíferas.
- XV. Determinar efectos sobre los corales como *Favia speciosa*, *Porites compressa*, *Motipara verrucosa* y *Fungia scuitaria*.
- XVI. Determinar indicadores de ambientes marinos contaminados como son los anélidos *Capitella capitata*, que viven en sedimentos ricos en productos de desecho de las refinerías de petróleo.
- XVII. Determinar hidrocarburos en moluscos como mejillones, cholgas, choros, los cuales acumulan hidrocarburos.
- XVIII. Determinar hidrocarburos y metales pesados en peces.



## 12. BIBLIOGRAFIA

Botello, A. V., J. Rendón von Osten, G. Gold-Bouchot y C. Agraz-Hernández, 2005. *Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*. 2ª edición. Univ. Autónoma de Campeche, Univ. Nal. Autón. De México, Instituto Nacional de Ecología. 696 p.

Comisión Nacional del Agua. 1997. *Manual del Calibrador*. Contrato GSCA-013/97. Montgomery Watson, México, S. A. de C. V. México, D.F.

Comisión Nacional del Agua. 2003. *Programa Hidráulico Regional 2002-2006. Golfo Norte. Región IX*. México, D. F. 127 p.

Comisión Nacional del Agua. 2003. *Programa Hidráulico Regional 2002-2006. Golfo Centro. Región X*. México, D. F. 161 p.

Comisión Nacional del Agua. 2003. *Programa Hidráulico Regional 2002-2006. Frontera Sur. Región XI*. México, D. F. 132 p.

Comisión Nacional del Agua. 2003. *Programa Hidráulico Regional 2002-2006. Península de Yucatán. Región XII*. México, D. F. 173 p.

Diario Oficial de la Federación. *Acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE- CCA-001/89*. 1 de Diciembre de 1989. 11 p.

Galán, C. P. 2006. *Contaminación petrolera*.  
<http://www.ambiente-ecologico.com/revist30/contpe30.htm>

### Citas en Internet:

([http://es.wikipedia.org/wiki/Impacto\\_ambiental\\_potencial\\_del\\_desarrollo\\_de\\_petr%C3%B3leo\\_y\\_gas\\_costa\\_afuera](http://es.wikipedia.org/wiki/Impacto_ambiental_potencial_del_desarrollo_de_petr%C3%B3leo_y_gas_costa_afuera))

(<http://www.idph.state.il.us/envhealth/factsheets/cadmium.htm>).

(<http://www.lenntech.com/periodic/water/chromium/chromium-and-water.htm>)

<http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.lenntech.com/periodic/water/iron/iron-and-water.htm>

<http://www.lenntech.com/periodic/water/nickel/nickel-and-water.htm>

<http://www.lenntech.es/periodica/elementos/v.htm>



**COMISION NACIONAL DEL AGUA**

<http://www.lenntech.es/cinc-y-agua.htm>

<http://www.lenntech.es/periodica/elementos/hg.htm>

<http://www.lenntech.es/periodica/elementos/co.htm>



COMISION NACIONAL DEL AGUA

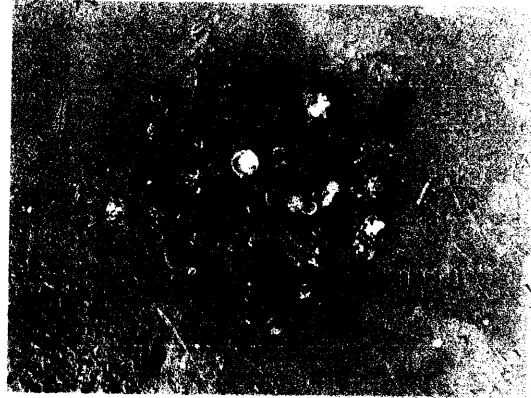
# ANEXO FOTOGRAFICO



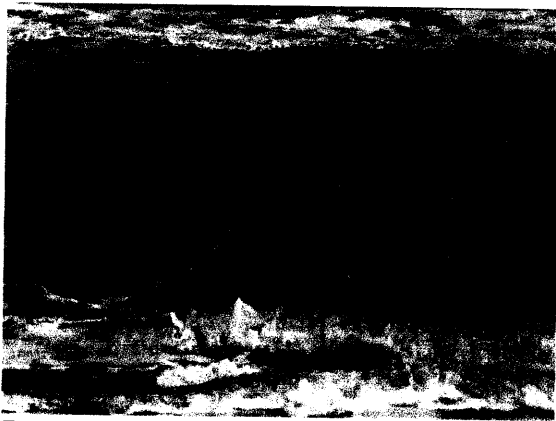
**COMISION NACIONAL DEL AGUA  
TAMAULIPAS**



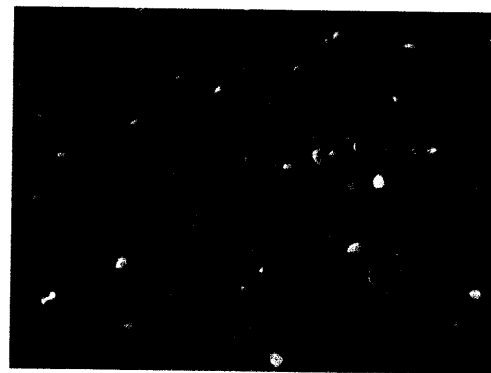
*Playa de Altamira, Tams., donde se observa gran cantidad de sólidos en suspensión durante el trabajo de muestreo. De acuerdo a resultados, existen problemas con las concentraciones de Fierro, Níquel.*



*Se detectaron restos de alquitrán adherido a las rocas y la arena de la playa*



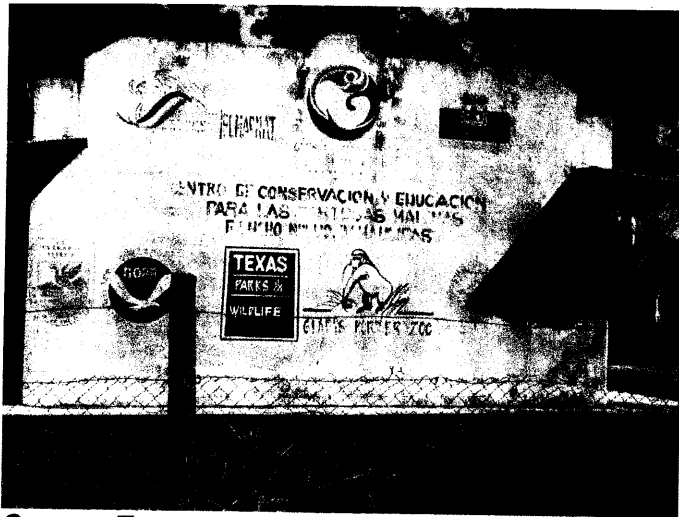
*Panorámica de la Playa Barra del Tordo. Se presentan problemas por las concentraciones de fierro, níquel y grasas y aceites.*



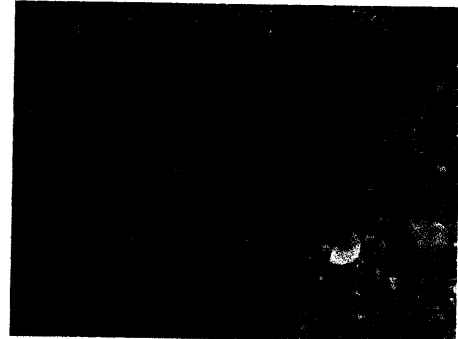
*Se detectaron restos de alquitrán adherido a las rocas y la arena de la playa*



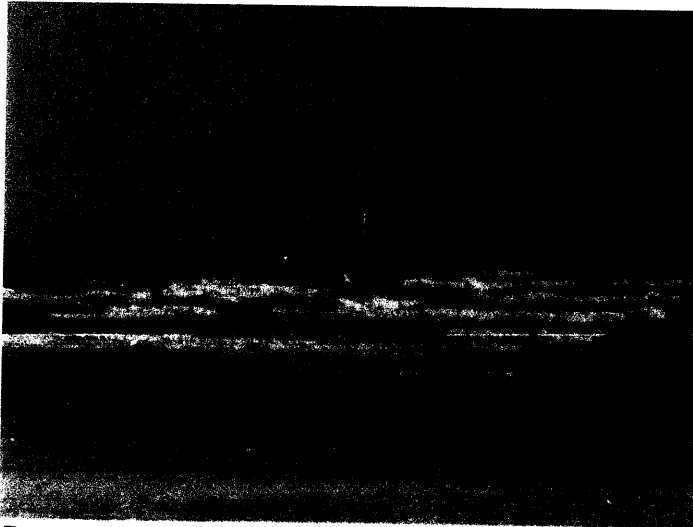
**COMISION NACIONAL DEL AGUA**



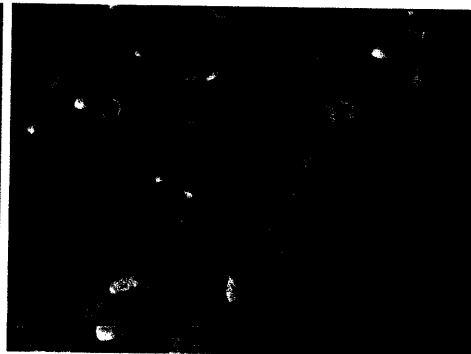
**Campo Tortuguero en La Pesca. Se presentan problemas de fierro y grasas y aceites.**



**Se detectan restos de alquitran sobre la playa**



**Panorámica de la escollera en la Laguna Madre. Se detecta presencia de grasas y aceites.**



**Se detectaron restos de alquitran sobre la playa**



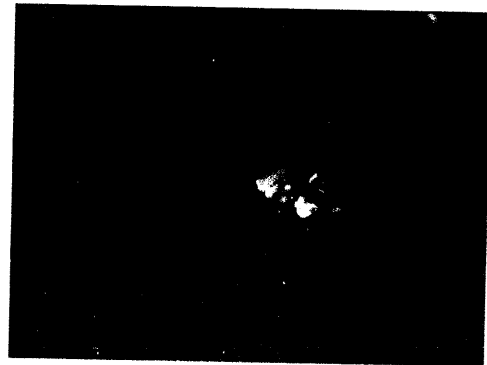
**COMISION NACIONAL DEL AGUA**



*Laguna de San Andrés que presenta problemas de fierro y grasas y aceites.*



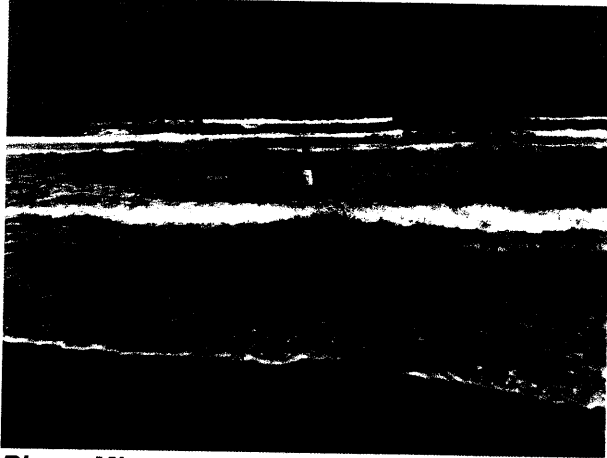
*Playa Bagdad que presenta una concentración de fierro que rebasa el criterio ecológico para protección de la vida acuática.*



*Se detecta presencia de alquitrán sobre la playa*



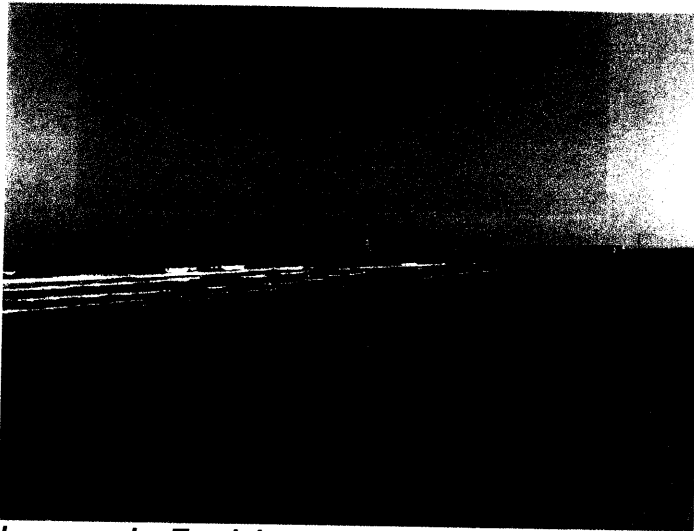
**COMISION NACIONAL DEL AGUA**



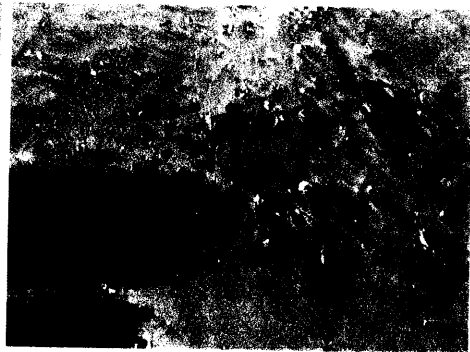
***Playa Miramar. Con presencia de fierro y níquel.***



***Se detectó la presencia de alquitrán sobre la playa***



***Laguna de Tamiahua con presencia de fierro, níquel y grasas y aceites.***

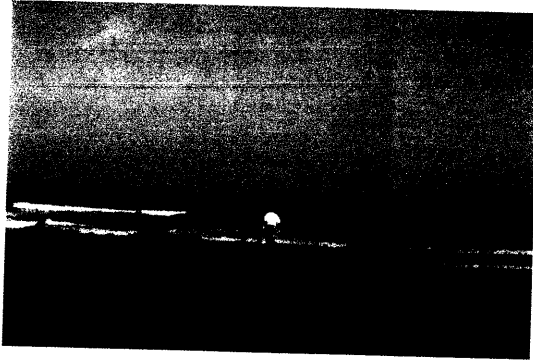


***Se detectó alquitrán sobre la playa***





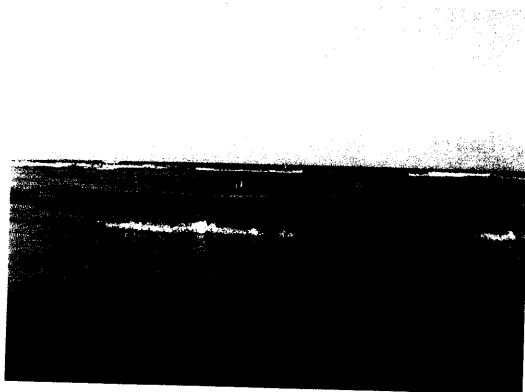
**COMISION NACIONAL DEL AGUA  
VERACRUZ**



*Playa de Coatzacoalcos, Veracruz, con problemas de fierro y grasas y aceites de acuerdo a resultados de laboratorio.*



*Playa de Villa del Mar, Veracruz, con problemas de presencia de grasas y aceites.*



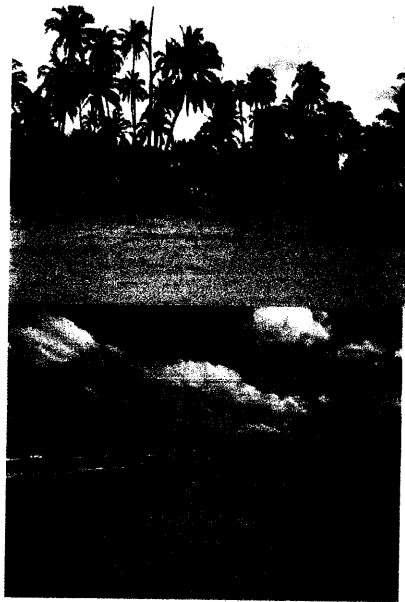
*Playa de Tecolutla, Veracruz, presentando fierro, cobre y grasas y aceites.*



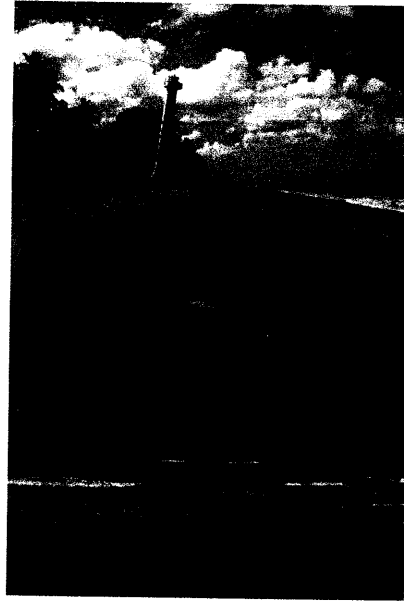
*Playa de Tuxpan, Veracruz, con presencia de fierro, cobre y grasas y aceites.*



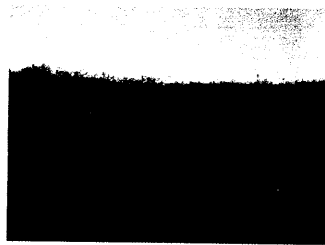
**COMISION NACIONAL DEL AGUA  
TABASCO**



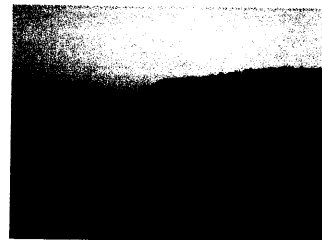
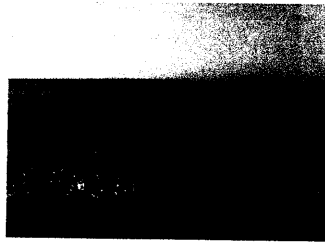
Barra de Tupilco



*Playa en Barra de Tupilco, que presenta concentraciones de fierro y níquel*



El Bari



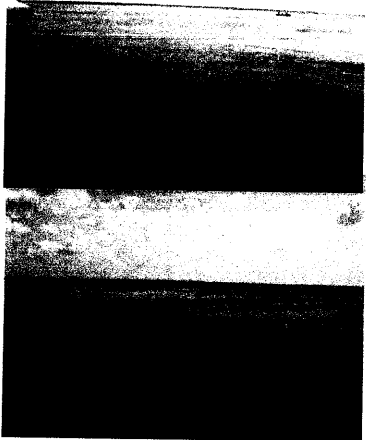
*Playa El Bari, que presenta problemas de grasas y aceites, fierro, níquel e hidrocarburos en columna de agua.*



**COMISION NACIONAL DEL AGUA**



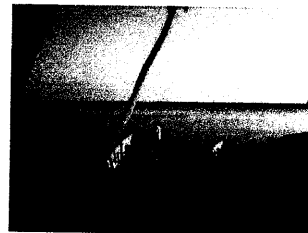
**Laguna La Machona**



**Laguna La Machona, con problemas de grasas y aceites, fierro, níquel.**



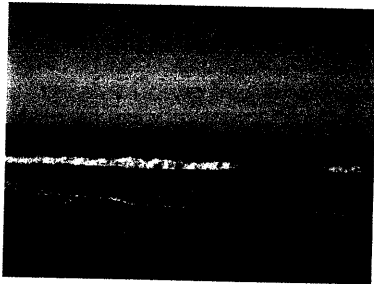
**Laguna Pajonal**



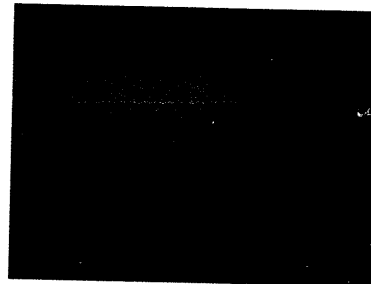
**Laguna Pajonal, con presencia de fierro y níquel.**



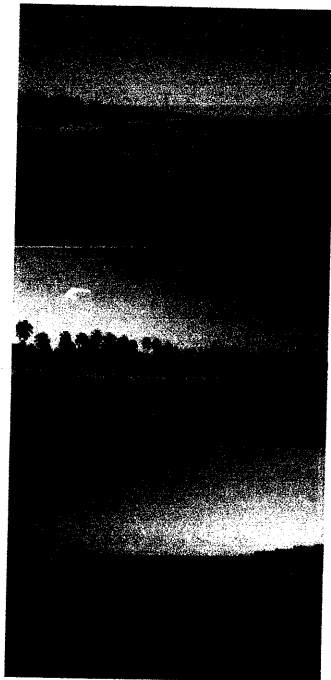
**COMISION NACIONAL DEL AGUA**



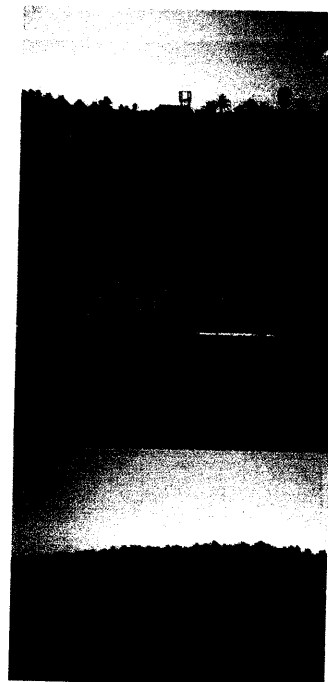
**Playa Sánchez  
Magallanes**



***Playa Sánchez Magallanes con presencia de fierro y níquel.***



**Puerto Dos Bocas**

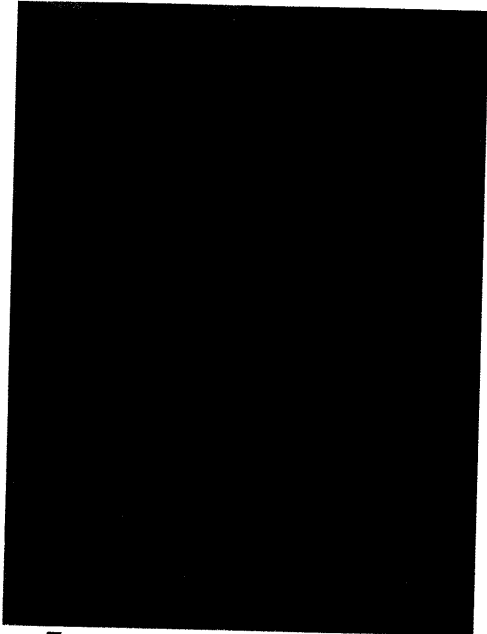


***Playa en Puerto Dos Bocas, con problemas de fierro y níquel.***

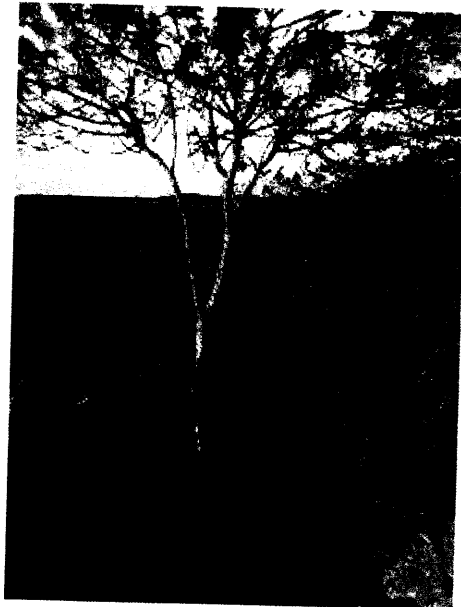


COMISION NACIONAL DEL AGUA

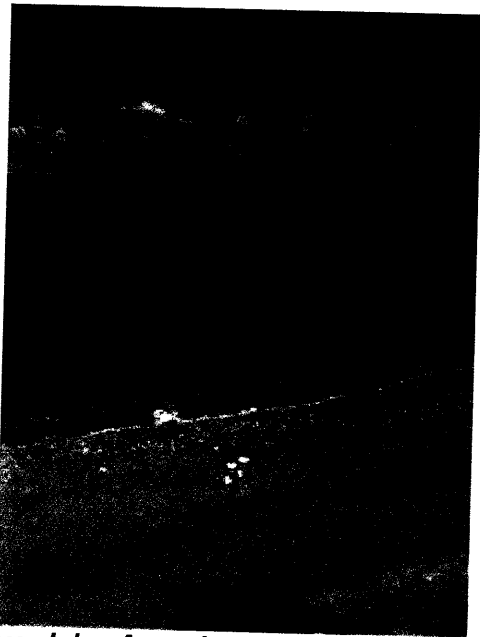
CAMPECHE



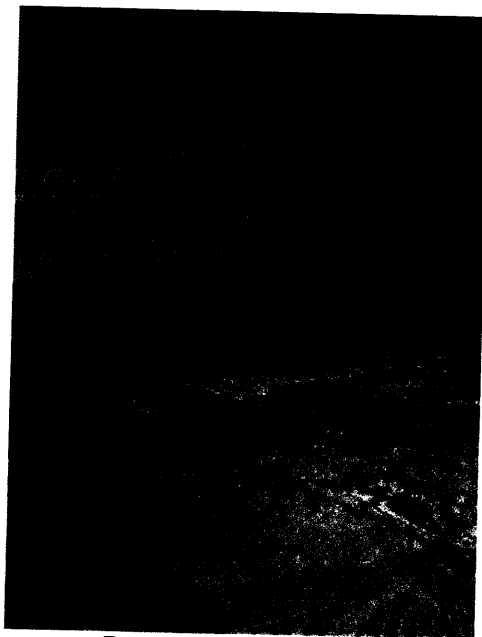
*Playa Zacatal, con problemas de fierro y níquel.*



*Playa Champotón, con presencia de fierro.*



*Playa Isla Aguada, con presencia de grasas y aceites, fierro y níquel*

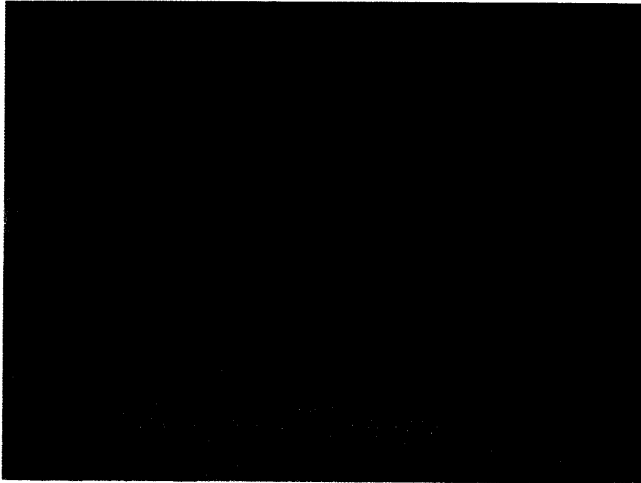


*Playa en Punta Xen, con presencia de níquel.*

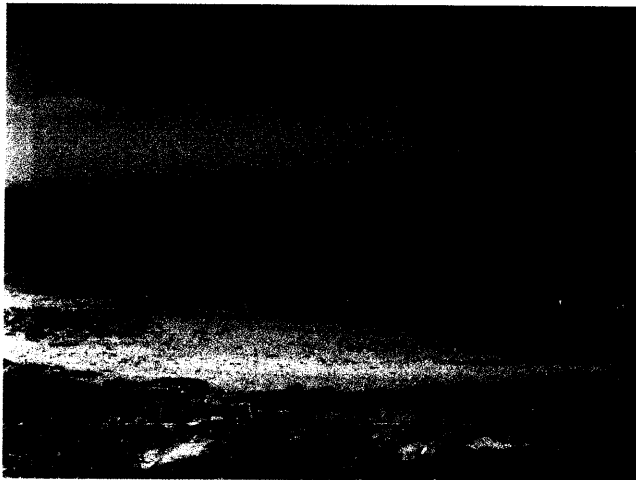


COMISION NACIONAL DEL AGUA

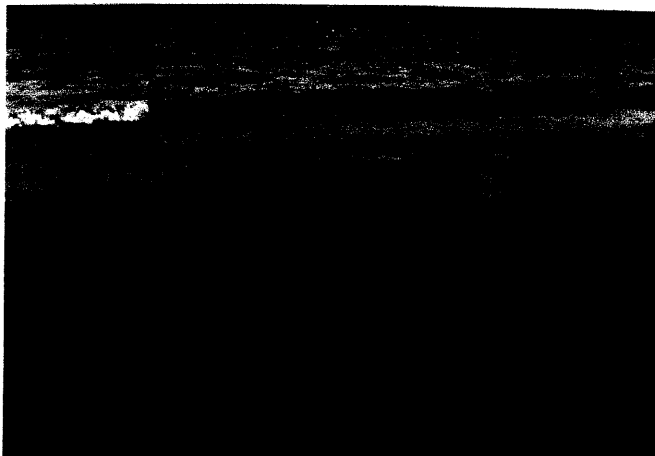
YUCATÁN



*Playa en Celestum, con problemas de grasas y aceites.*



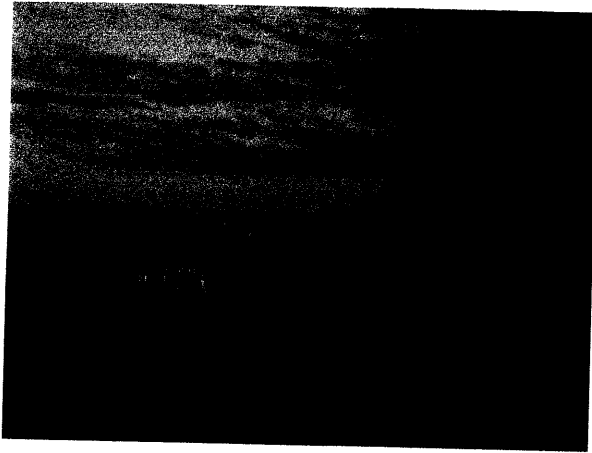
*Playa en Chabihau, con presencia de grasas y aceites*



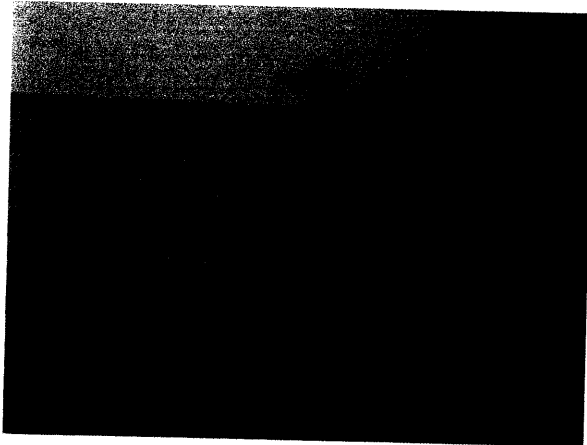
*Playa en Dzilam de Bravo, con presencia de grasas y aceites, fierro.*



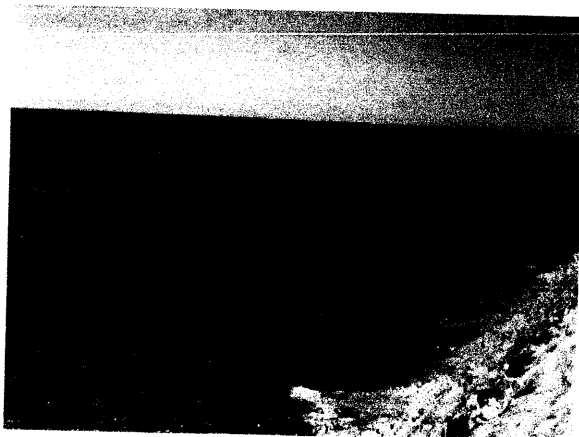
**COMISION NACIONAL DEL AGUA**



*Playa El Cuyo, con problemas de fierro, níquel, cromo e hidrocarburos en columna de agua.*



*Playa Las Coloradas, con presencia de grasas y aceites, fierro, níquel y cromo.*



*Playa Puerto Progreso sin problemas aparentes de contaminación.*



**COMISION NACIONAL DEL AGUA  
QUINTANA ROO**



*Playa Chacmochuc con presencia de grasas y aceites y níquel.*



*Playa Isla Blanca con presencia de níquel.*

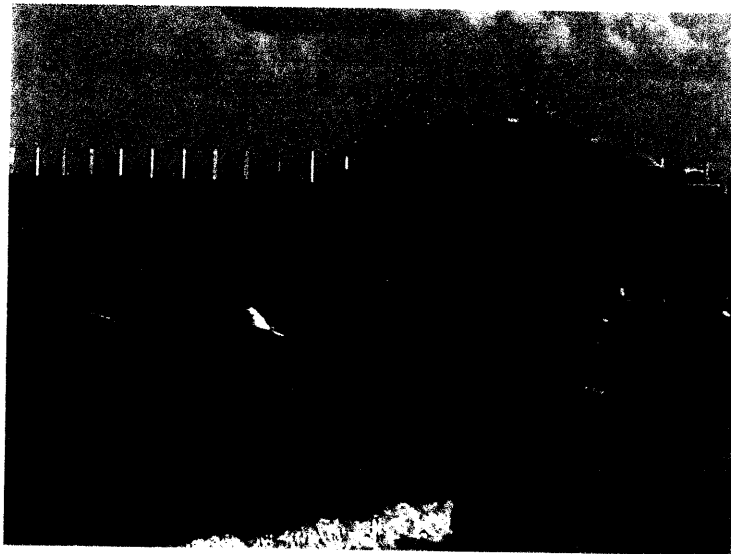




**COMISION NACIONAL DEL AGUA**



*Playa norte de Isla Mujeres, con presencia de níquel*



*Playa del Carmen, con problemas de níquel.*



*COMISION NACIONAL DEL AGUA*

## **ANEXO 1**

# **CARACTERIZACION DEL AMBIENTE (EVALUACION AMBIENTAL)**



**COMISION NACIONAL DEL AGUA**  
**FORMATO C6. CARACTERIZACIÓN DE LA ESTACIÓN**

|                 |                                  |               |
|-----------------|----------------------------------|---------------|
| Fecha: _____    | Hora: _____                      | Estado: _____ |
| Estación: _____ | Nombre del cuerpo de agua: _____ |               |
| Elaboró: _____  | Gerencia: _____                  |               |

**IMPORTANTE:** antes de comenzar el llenado de este formato leer cada una de las preguntas y definiciones con cuidado.

Este formato consta de 14 páginas.

**A. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS**

1. Marcar con una X el tipo de cuerpo de agua

|       |        |
|-------|--------|
| Bahía | Laguna |
| _____ | _____  |

2. Especificar las coordenadas con precisión de décimos de minuto (se utilizará el procedimiento GPS).

Latitud: \_\_\_\_\_ Longitud: \_\_\_\_\_

3. Indicar brevemente los caminos de acceso a la estación y si se requiere bote:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. Indicar el nombre completo de la localidad más cercana al sitio, en caso de que exista más de una, mencionarlas también:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



**COMISION NACIONAL DEL AGUA**

5. Indicar que medio se utilizará para realizar los muestreos:

|               |                |             |
|---------------|----------------|-------------|
| Puente: _____ | Directo: _____ | Bote: _____ |
|---------------|----------------|-------------|

6. Indicar el (los) nombre(s) de la(s) persona(s) clave de la zona que se haya contactado durante la calibración de la estación. Incluir su dirección y teléfono:

---

---

---

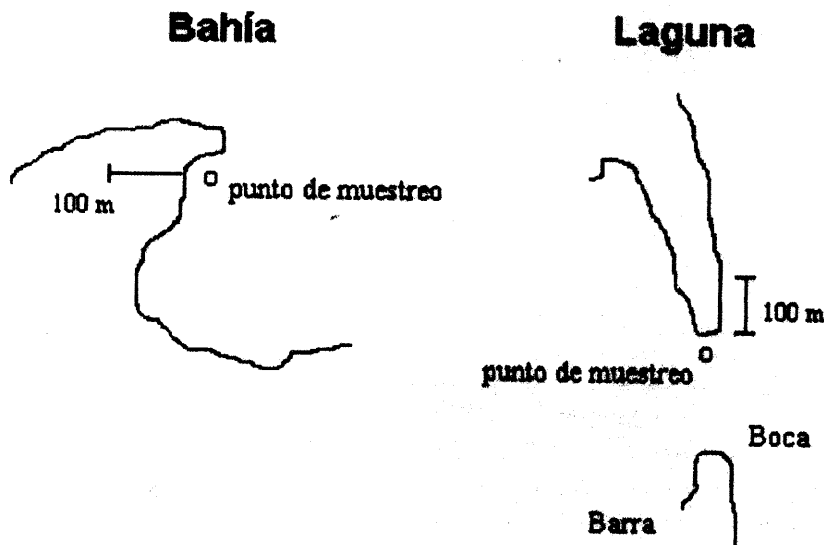
---

---

**B. CARACTERÍSTICAS DEL HÁBITAT**

Para realizar la descripción del hábitat es necesario delimitar el área que se va a caracterizar. Esta abarcará 100 metros tierra adentro de la orilla más cercana al punto de muestreo y en lo subsecuente se nombrará como "zona a caracterizar" (ver figura 1). En lo posible se hará un recorrido de esta zona para poder responder a la información que se solicita en este formato.

**FIGURA 1**





## COMISION NACIONAL DEL AGUA

7. Indicar los valores de las variables medioambientales del lugar en el momento del muestreo:

|                                     |                                 |  |
|-------------------------------------|---------------------------------|--|
| Temperatura ambiente (°C)*<br>_____ | Humedad relativa (%)**<br>_____ | Presión barométrica (mmHg)***<br>_____ |
|-------------------------------------|---------------------------------|--|

Nota: Con base en estos tres parámetros es posible conocer de manera concisa las condiciones ambientales.

\* La temperatura indica el clima predominante en el momento de la calibración.

\*\* El contenido de vapor de agua en el aire se denomina humedad, y se habla de humedad relativa cuando se expresa el mayor porcentaje posible de humedad a una temperatura y presión determinadas, varía desde 100% en la niebla hasta el 10% o menos en los desiertos durante el día.

\*\*\* Las zonas de bajas presiones están asociadas a la formación de nubes y lluvias mientras que las altas presiones están relacionadas con cielos despejados.

En caso de que no se disponga del equipo de medición necesario, de manera alternativa indicar cualitativamente las condiciones medioambientales que apliquen (pueden ser más de una) en el momento del muestreo:

|               |                   |                  |                             |                 |               |
|---------------|-------------------|------------------|-----------------------------|-----------------|---------------|
| Frío<br>_____ | Caluroso<br>_____ | Soleado<br>_____ | Nublado o lluvioso<br>_____ | Húmedo<br>_____ | Seco<br>_____ |
|---------------|-------------------|------------------|-----------------------------|-----------------|---------------|

8. Indicar el tipo de sustrato más evidente en la orilla más cercana a la estación:

|                |                         |                |                |               |                  |               |
|----------------|-------------------------|----------------|----------------|---------------|------------------|---------------|
| Rocas<br>_____ | Cantos rodados<br>_____ | Grava<br>_____ | Arena<br>_____ | Limo<br>_____ | Arcilla<br>_____ | Lodo<br>_____ |
|----------------|-------------------------|----------------|----------------|---------------|------------------|---------------|

Construcciones: Urbana: \_\_\_\_\_ Industrial: \_\_\_\_\_

Nota: para poder diferenciar entre rocas, arena y sedimentos finos como los limos o arcillas se utilizará el cuadro anexo que indica el tamaño de los sedimentos, estos tamaños se pueden comparar mediante la utilización de una regla aproximadamente de 30 cm, que tenga marcados los milímetros y los centímetros. Como es difícil realizar la medición con los sedimentos más finos, una manera práctica para diferenciarlos es por su textura: la arena, posee una textura granulosa y los limos y arcillas poseen una textura suave y fina.



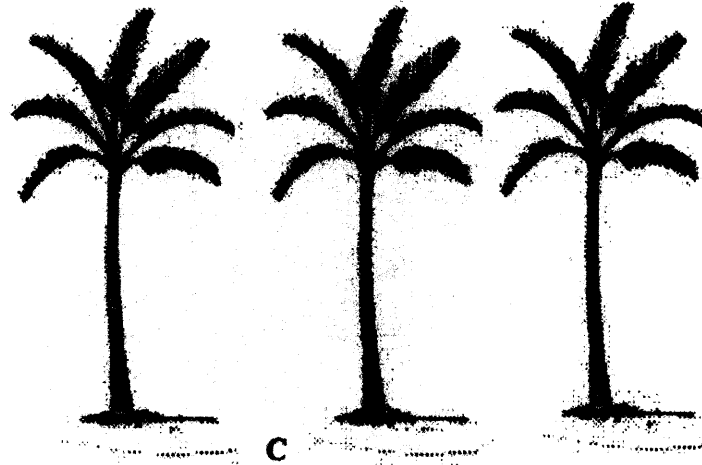
|        |                |       |         |                               |         |
|--------|----------------|-------|---------|-------------------------------|---------|
| rocas  | cantos rodados | grava | arena   | limo                          | arcilla |
| 256 mm | 8 mm           | 2 mm  | 1/16 mm | menores al tamaño de la arena |         |

9. Indicar el tipo de vegetación predominante en la zona a caracterizar:



Tular - carrizal

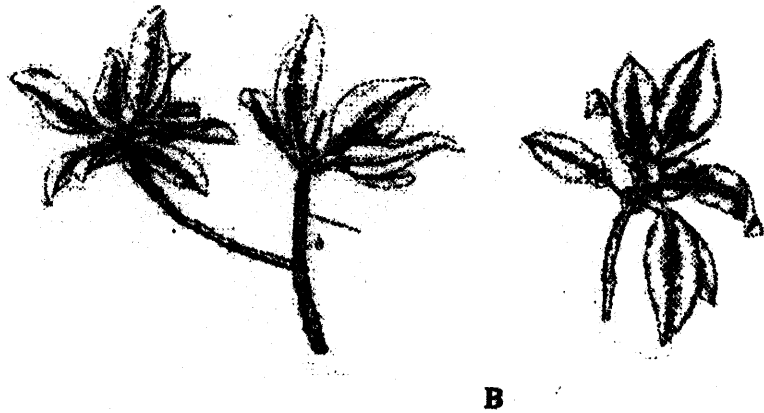
Estas comunidades de plantas están dadas por monocotiledóneas de 1 a 3 m de alto, de hojas angostas. Se encuentran arraigadas en el fondo poco profundo de cuerpos de agua de corriente lenta y estacionarios, tanto dulce como salobre. En México estas asociaciones están dominadas por los géneros (dibujos de izquierda a derecha): *Scirpus* sp., *Pragmites* sp., (ver figuras D) y *Typha* sp.



Palmar: \_\_\_\_\_

Este tipo de comunidad vegetal se encuentra comúnmente en las regiones tropicales, en las cercanías de las regiones litorales. El elemento característico es la predominancia de especies de la familia Palmae, las cuales representan una forma biológica peculiar (ver figura C), fácilmente reconocible.

reconocible.



Manglar

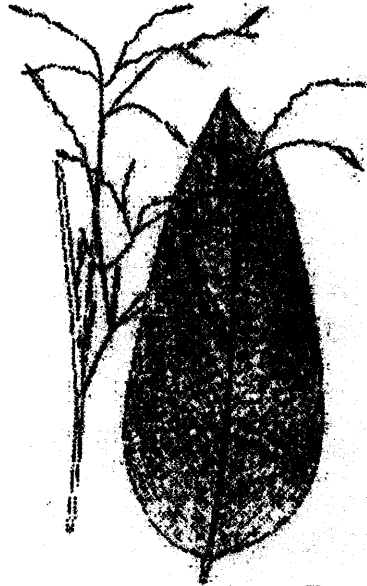
Manglar: \_\_\_\_\_

Esta comunidad vegetal se encuentra en los litorales de las regiones tropicales del planeta, prospera principalmente en las orillas de lagunas costeras, de bahías protegidas y desembocaduras de ríos. Se trata de una formación arborescente de 2 a 25 m de altura



### COMISION NACIONAL DEL AGUA

con unas raíces modificadas a manera de zancos lo cual le da una fisonomía especial (figura A). La especie más característica de esta comunidad es *Rhizophora mangle* (mangle colorado) (Figura B).



E

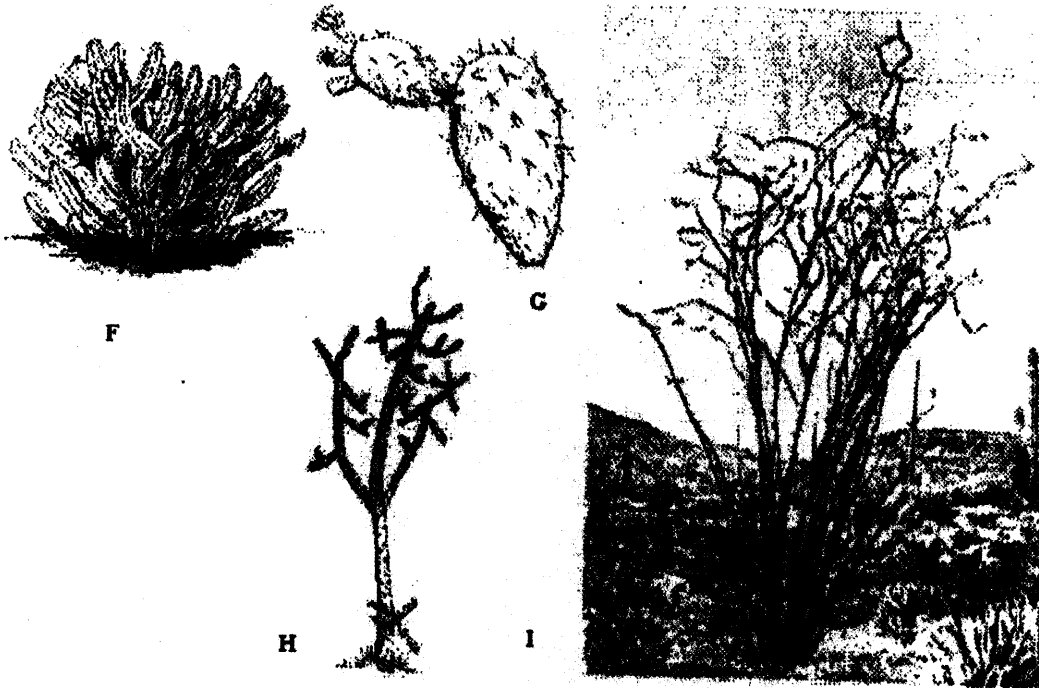
Popal: \_\_\_\_\_

Con el término de popal se describe una comunidad vegetal que habita grandes superficies pantanosas con agua estancada, de 5 m a 1.5 m en las planicies costeras del sureste de México. Está conformado por plantas herbáceas de 1 a 3 m de alto, cuyas hojas grandes y anchas de color verde claro sobresalen del agua constituyendo una masa muy densa. La especie dominante es el "platanillo" (*Thalia geniculata*) (ver figura E).





COMISION NACIONAL DEL AGUA



- F. Myltillocactus geometrizans
- G. Opuntia sp
- H. Opuntia imbricata
- I. Fouquieria sp "ocotillo"

Matorral espinoso: \_\_\_\_\_

El matorral xerófilo es un tipo de comunidad vegetal adaptada a vivir en medios secos. Los elementos característicos son las cactáceas y los matorrales espinosos. Algunos ejemplos típicos son los mostrados en las figuras F, G, H e I.



K

J

Vegetación de dunas: \_\_\_\_\_

En las zonas costeras en donde existen dunas es probable encontrar este tipo de vegetación que en México se encuentra dominada por dos especies: *Ipomea pes-caprae* (ver figura J), e *I. stolonifera*, su nombre común es el de "riñoninas". Estas dos plantas son herbáceas rastreras de tallos largos que se extienden sobre las dunas dando un aspecto muy peculiar a estas, frecuentemente también se pueden encontrar pastos en estas asociaciones vegetales (ver figura K).

10. Indicar la fauna que se observa o se presume se encuentra en los alrededores de la zona a caracterizar por indicios de su presencia (p. ej. huellas). Tomar en consideración si las actividades de estos animales se encuentran relacionadas con el cuerpo de agua (p. ej. ganado dentro del cuerpo de agua):

|  |  |
|--|--|
| Ganado (vacuno, ovino, porcino, etc.)<br>_____ | Animales domésticos (gatos, perros)<br>_____ |
| Animales nocivos (ratas, ratones)<br>_____     | No se observa<br>_____                       |
| Otros<br>_____                                 |  |



### COMISION NACIONAL DEL AGUA

11. Observaciones extra. Este espacio es para hacer cualquier anotación con respecto a aspectos muy particulares del hábitat de la zona a caracterizar que no se haya contemplado en las preguntas anteriores.

---

---

---

---

---

### C. CARACTERÍSTICAS DEL CUERPO DE AGUA

12. En el momento de la calibración señalar las condiciones del cuerpo de agua basándose en la escala de Beaufort, indicar si fue medido o estimado:

0 \_\_\_\_\_ 1 \_\_\_\_\_ 2 \_\_\_\_\_ 3 \_\_\_\_\_  
4 \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_ 6 \_\_\_\_\_ 7 \_\_\_\_\_  
8 \_\_\_\_\_ 9 \_\_\_\_\_ 10 \_\_\_\_\_ 11 \_\_\_\_\_  
12 \_\_\_\_\_

La escala de Beaufort es utilizada habitualmente para caracterizar las condiciones en cuerpos de agua marinos, está basada en la velocidad y/o fuerza del viento, de tal manera que se relaciona con las olas. Comprende 12 valores y la asignación del valor se realiza con la medición de la velocidad del viento con un anemómetro y después convirtiendo a nudos (1 nudo = 1 milla/hora).

#### Escala de Beaufort

|    | Velocidad del viento en nudos | Descripción        |
|----|-------------------------------|--------------------|
| 0  | < 1                           | Calma              |
| 1  | 1 - 3                         | Viento ligero      |
| 2  | 4 - 7                         | Brisa ligera       |
| 3  | 8 - 12                        | Brisa suave        |
| 4  | 13 - 18                       | Brisa moderada     |
| 5  | 19 - 24                       | Brisa fresca       |
| 6  | 25 - 31                       | Brisa fuerte       |
| 7  | 32 - 38                       | Galerma moderada   |
| 8  | 39 - 46                       | Galerma fresca     |
| 9  | 47 - 54                       | Galerma completa   |
| 10 | 55 - 63                       | Galerma completa   |
| 11 | 64 - 75                       | Tormenta, temporal |
| 12 | > 75                          | Huracán            |



**COMISION NACIONAL DEL AGUA**

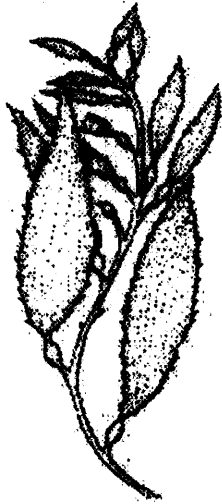
13. Seleccionar las opciones de fauna que se presenten en la corriente (las que apliquen dependiendo si es bahía o laguna):

|                |                      |              |
|----------------|----------------------|--------------|
| Peces _____    | Aves acuáticas _____ | Larvas _____ |
| Insectos _____ | Otras _____          |              |

14. Indicar el tipo de vegetación del cuerpo de agua presente en los alrededores de la estación.



COMISION NACIONAL DEL AGUA



Kelp (Macrocystis sp), hasta 30 m



Lechuga de mar, (Ulva sp), hasta 20 cm.



Pastos marinos, (Enteromorpha sp.), hasta 40 cm.



Sargazos, Sargassum sp, de 20 a 100 cm



**COMISION NACIONAL DEL AGUA**

15. Observaciones extra. Este espacio es para hacer cualquier anotación con respecto a aspectos muy particulares del cuerpo de agua que no se haya contemplado en las preguntas anteriores.

---

---

---

---

---

**D. ALTERACIONES DEL CUERPO DE AGUA (SIGNOS DE CONTAMINACIÓN)**

16. Agua. Seleccionar todos los signos de contaminación que apliquen:

|                                     |                        |
|-------------------------------------|------------------------|
| Espuma _____                        | Agua residual _____    |
| Aceites y Grasas combustibles _____ | Desechos sólidos _____ |
| Ningún contaminante _____           |                        |

17. ¿Se percibe mal olor?

NO \_\_\_\_\_

SI \_\_\_\_\_. Describa dicho olor (ácido sulfhídrico, aguas residuales, etc.)

---

18. Color: Seleccionar todos los signos de contaminación (los que apliquen dependiendo si es bahía o laguna):

|             |   |                 |
|-------------|---|-----------------|
| Negro _____ | Verde oscuro _____                        | Gris _____      |
| Café _____  | Otro (especificar de cuál se trata) _____ | Sin color _____ |



**COMISION NACIONAL DEL AGUA**

18. Formación de burbujas por el sedimento en el cuerpo de agua (si aplica dependiendo si es bahía o laguna):

|          |          |
|----------|----------|
| SI _____ | NO _____ |
|----------|----------|

19. Observaciones extra. Este espacio es para hacer cualquier anotación con respecto a aspectos muy particulares de las alteraciones del cuerpo de agua que no se haya contemplado en las preguntas anteriores.

---

---

---

---

**E. RELACIÓN DE LA ACTIVIDADES HUMANAS CON EL CUERPO DE AGUA**

20. Comentar y describir brevemente las actividades relacionadas con el cuerpo de agua en las cercanías del sitio de monitoreo.

---

---

---

---



**COMISION NACIONAL DEL AGUA**  
**E. REALIZACIÓN DEL CROQUIS**

Levantar a mano un croquis de localización del sitio de monitoreo, tomando en cuenta que el sitio de muestreo deberá localizarse lo más centrado posible en el área representada en el croquis. Indicar referencias para localizar fácilmente el sitio, indicar puntos cardinales, indicar el camino de acceso al lugar o indicar la distancia aproximada al sitio de embarque. No se asignarán medidas específicas para la realización del croquis, debido a que la morfología y dimensiones de las lagunas y bahías son muy variadas a lo largo de todo el litoral mexicano, las dimensiones estarán dadas de acuerdo a la forma de la laguna/bahía y al alcance visual del observador.





## COMISION NACIONAL DEL AGUA

### F. TOMA DE FOTOGRAFÍAS

- Se deberán tomar como mínimo cuatro fotografías en las que deberá estar contemplado el sitio de muestreo y sus alrededores, así como puntos de referencias (torre de luz, árboles evidentes).
- Si existe un puente cercano, verificar la posibilidad de tomar algunas fotografías desde el puente para tener una visión panorámica del sitio, como ejemplo podría ser un puente sobre la boca de salida de una laguna.
- Es recomendable tomar fotografías desde el bote y hacia puntos de referencia sobre la orilla más cercana, en el caso de los sitios en las bahías.
- Se recomienda que el fotógrafo se ubique en un lugar seguro (alejado de la orilla de la corriente, no pararse sobre piedras sueltas o lodo) para evitar cualquier percance.
- Las fotos se deberán tomar con luz y no de frente al sol.

### REFERENCIAS

1. Rzedowski, J. 1986. Vegetación de México. Limusa, México, 432 pp.
2. Ardí, R. P., Wrigth, J. Gribbin & J. Kington. 1982. The Weather Book. Harrow House, Londres, 160 pp.
3. Stanley, S. M. 1987. Earth & life through time. Witt. Freeman & Col., NY. EU., 689 pp.
4. Fassett, N. C. 1980. A manual of aquatic plants. McGraw Hill Book Company, N. Y. 382 pp.
5. Greenbeerg, A. L. Clesceri, Eanton D. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA, WWA, WEF, EUA.



*COMISION NACIONAL DEL AGUA*

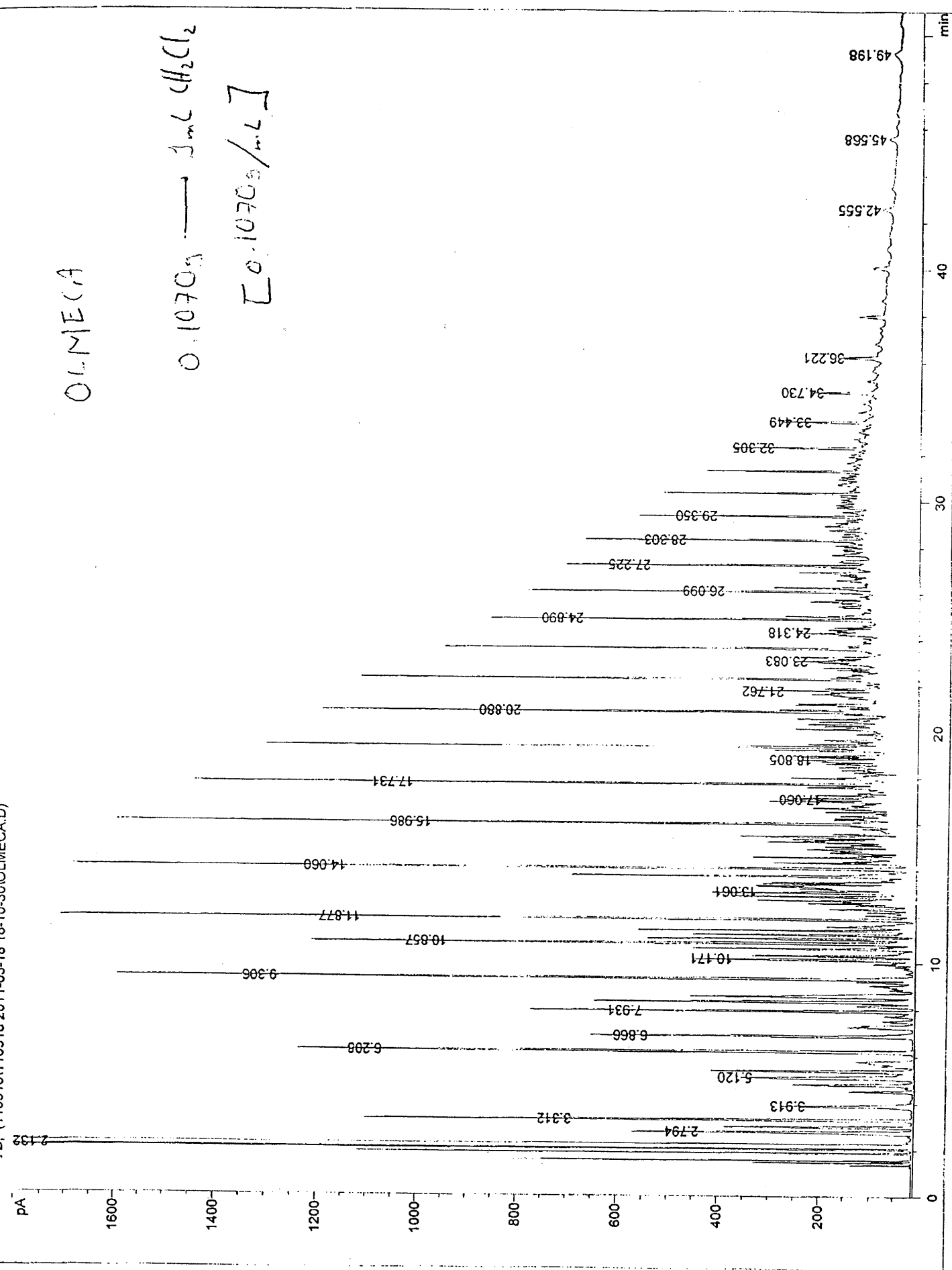
## **ANEXO 2**

# **CROMATOGRAMAS DE LOS PETRÓLEOS MEXICANOS**

OLMECA

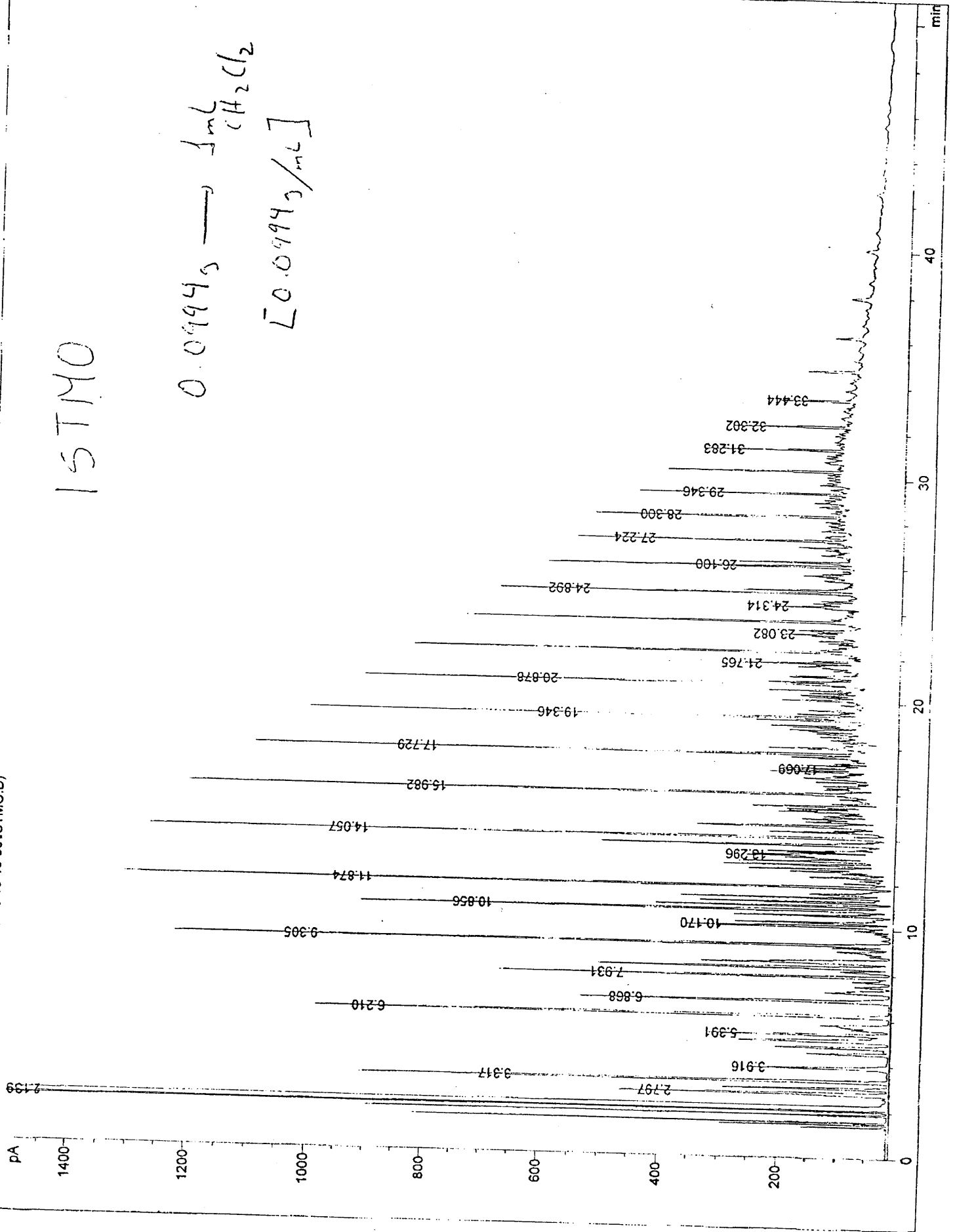
0.1070% → 1 μL (H<sub>2</sub>C)

[0.1070%]

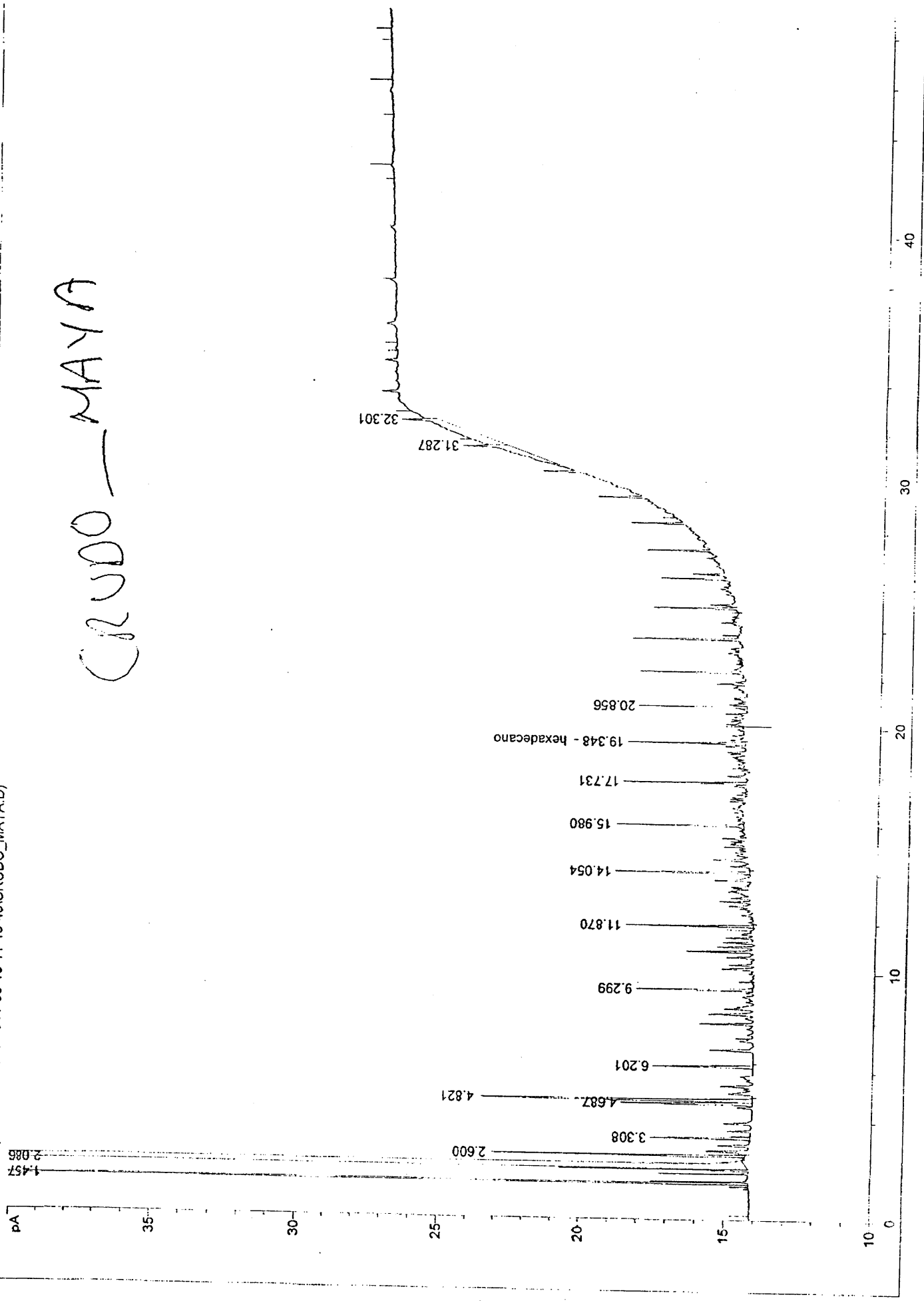


ISTMO

0.0994g → 1ml  
C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>2</sub>  
[0.0994g/ml]



CRUDO — MAYA





COMISION NACIONAL DEL AGUA

## PARTICIPANTES

Dr. Felipe I. Arreguin Cortés

Subdirector General Técnico

**Gerencia de Calidad del Agua (D. F.)**

Ing. Enrique Mejía Maravilla

Gerente de Calidad del Agua

Dr. Jesús García Cabrera

Coordinador de Proyecto

Q. Margarita Lobato Calleros

Jefa de la Red Nacional de Laboratorios

Ing. Valia M. Goytia Leal

Jefa del Laboratorio Nacional de Referencia

IQI Norma Lilia Heiras Rentería

Jefa de Aseguramiento y Control de Calidad

Q. Irene Nayeli Bojórquez Cruz

Jefa de Cromatografía

QFB. Guadalupe Machado Osuna

Jefa de Absorción Atómica

Lic. Javier Viramontes Navarro

Apoyo Administrativo

Psic. Brenda Hernández Juárez

Apoyo Administrativo



**COMISION NACIONAL DEL AGUA**

Biól. Sergio Zamora Aparicio

Apoyo Técnico

Q. José Luis Girón Río

Apoyo Técnico

Ing. Rafael Yáñez Díaz

Apoyo Técnico

**Organismo de Cuenca Golfo Norte (Tamaulipas)**

Ing. Roberto F. Schuldes Dávila

Director General

Ing. Antonio Juárez Trueba

Coordinador del Proyecto en Tamaulipas

Q. Liliana Longoria Bolán

Jefa de Calidad del Agua

Q. Mónica Miguel Gil

Jefa del Centro de Referencia Especializado en Aguas Salinas

Biól. Reyes Jehovany Villafuerte Martínez

Jefe de Muestreo

Biól. Irma Laura Martínez Plata

Analista

TSUQI Cynthia Yadira Razo Cárdenas

Analista



**COMISION NACIONAL DEL AGUA**

TPQ Francisco Sergio Nieto Treviño

Analista

T.S. Alberto Castillo Jaime

Apoyo Técnico

IQ Ángel Enrique Ramírez Martínez

Jefe de Control de Calidad

TS Emelia Rivera Sánchez

Apoyo Técnico

**Organismo de Cuenca Golfo Centro (Veracruz)**

Lic. Víctor Manuel Esparza Pérez

Director General

Ing. Ismael Morales Méndez

Coordinador del Proyecto en Veracruz

Q. María Isela Torres

Jefa de Calidad del Agua

**Organismo de Cuenca Frontera Sur (Tabasco)**

Ing. José Raúl Saavedra Horita

Director General

Fís. César Triana Ramírez

Coordinador de Proyecto en Tabasco

Ing. Angélica Mata García

Subdirectora Técnica





**COMISION NACIONAL DEL AGUA**

Ing. Francisco de los Santos Torres

Jefe de Calidad del Agua

Q. María del Pilar Palacios Jiménez

Jefa de Laboratorio

**Organismo de Cuenca Península de Yucatán**

CP Jorge Martín Gamboa Wong

Director General

Ing. José Luis Acosta Rodríguez

Coordinador de Proyecto en Yucatán

Biól. Martha Valero Gamboa

Jefa de Calidad del Agua

**Dirección Local en Campeche**

CP Juan Carlos Lavalle Pinzón

Director Local

Lic. Rafael Chan Antillón

Coordinador de Proyecto en Campeche

Ing. Daniel Valenzuela Ibarra

Muestreador

**Dirección Local en Quintana Roo**

Ing. Salvador Arizmendi Guadarrama

Coordinador de Proyecto en Quintana Roo

Biól. Carlos Chablé Mendicuti



**COMISION NACIONAL DEL AGUA**

Muestreador

Biól. Fátima Candelaria Perera Balam

Muestreador

C. Luis Hilario Ángeles López

Muestreador