

24/107

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE CIENCIAS



DETERMINACION DE LOS NIVELES DE HIDROCARBUROS
EN SEDIMENTOS RECIENTES DEL RIO CALZADAS, EN
LA REGION DEL BAJO RIO COATZACOALCOS,
VERACRUZ, MEXICO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G O
P R E S E N T A
MARIA ISABEL PADILLA REZA



México, D. F.

1989

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	<u>Pág.</u>
INTRODUCCION	2
ANTECEDENTES	3
OBJETIVOS	13
AREA DE ESTUDIO	14
METODOLOGIA	19
RESULTADOS	23
DISCUSION	40
CONCLUSION	44
BIBLIOGRAFIA	45

INTRODUCCION

El presente trabajo forma parte del proyecto " Evaluación de los impactos ambientales y sociales de la Industria Petrolera en el Sureste y Golfo de México ", en el cual se encuentra comprendido dentro del estudio " Petróleo y Medio Ambiente en la Región de los Ríos Coatzacoalcos y Tonalá ".

Consta de la determinación y cuantificación de los hidrocarburos en sedimentos recientes en ocho estaciones que se localizaron a todo lo largo del Río Calzadas, que se encuentra en la Región del Bajo Río Coatzacoalcos.

Las muestras se obtuvieron durante dos muestreos que se realizaron en Noviembre y Marzo de 1985 y 1986 respectivamente.

Este proyecto se realizó por medio del Centro de Ecodesarrollo y dentro del mismo se ha llevado a cabo una recopilación de los trabajos que se han efectuado entre 1982 y 1986 en la Región del Río Coatzacoalcos y áreas adyacentes, debido a la importancia que tiene como zona altamente industrializada, para que de esta manera pudiera ser evaluada de una manera clara los impactos que ha causado dicha industrialización; la realización del presente estudio se llevó a cabo en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Su importancia radica en que abre la posibilidad de realizar estudios multidisciplinarios que permitan un mejor conocimiento acerca de nuestro medio ambiente, además de los problemas que los aquejan para plantear asimismo posibles soluciones.

ANTECEDENTES

Actualmente los Océanos se han convertido en depósitos universales de desechos y consecuentemente en el destino final de todas las sustancias que el hombre produce.

Ciudades, Puertos e Industrias de todo tipo, vierten en el Océano toneladas de residuos, incluidos los del dragado con vistas al mantenimiento de las cuencas portuarias; los residuos de las refinerías; los ácidos y metales presentes en las emisiones de las industrias químicas; los colectores de desagües municipales y finalmente los residuos radiactivos.

La Industria Petrolera contribuye ampliamente a la contaminación de los Océanos, por derrames de enormes cantidades de petróleo crudo, por los accidentes de los barcos petroleros y el lavado constante de sus tanques, sin contar con los barcos que difunden en altamar sus aguas de vaciado y las emisiones de los motores fuera de borda.

Se calcula que las aguas costeras, hasta el borde de la plataforma continental, constituyen el 10%, de la superficie de los Océanos del mundo, sin embargo, el 99% de la captura mundial de peces, procede de las aguas costeras. Asimismo cerca del 20% de la producción mundial de petróleo proviene de la zona costera y aproximadamente el 70% de las reservas petroleras del mundo yacen bajo el suelo oceánico de dicha zona, además de ser una área apta para la expansión urbana.

La República Mexicana cuenta con 10,000 kms. de litoral, de los cuales del 30 al 35% corresponden a zonas estuarinas y lagunas costeras en el Pacífico, Golfo de México y el Caribe (Yáñez - Arancibia, 1982). Esto es de gran importancia para nuestro País, ya que representa su principal y más perdurable rasgo geográfico y un patrimonio cultural y económico.

La mayoría de los sistemas estuarinos y de aguas costeras de México no se han estudiado detalladamente a fin de poder entender los principales procesos y mecanismos que se alteran con la presencia de sustancias contaminantes en los mismos. Por todo ésto se hace indispensable el realizar estudios que determinen el " estado " en el cual se encuentran actualmente, así como la liberación y el modo de transporte de los contaminantes a través de un sistema, que tengan como fin principal, el reducir el impacto de las actividades industriales sobre el mismo.

Por lo tanto, son varios los aspectos que justifican el realizar estudios sobre los efectos y los niveles de contaminantes en las diferentes áreas como podrían ser: Protección de recursos bióticos; caracterizar los efectos de la creciente industrialización y urbanización de las costas; determinación de los " Niveles Base " de contaminantes de acuerdo a programas internacionales de evaluación global de la salud de los océanos, lo cual permitiría tomar acciones más acertadas en la solución de dichos problemas.

El Río Calzadas pertenece a un sistema fluvial de pequeños ríos que son afluentes del Río Coatzacoalcos, el cual penetra hasta la zona pantanosa del Bajo Río Coatzacoalcos y de esta manera dá desahogo a una carga grande de materia orgánica que procede de la biota, fundamentalmente de naturaleza vegetal que crece en su interior.

Los pantanos suelen estar asociados a sistemas estuarino - lagunares lo cual es de suma importancia debido al flujo constante de elementos nutritivos que representa una reserva energética de gran valor para las lagunas costeras y los estuarios, por lo que el papel que juegan los pantanos es primordial como un regulador de energía; los sistemas de zonas inundables son generalmente, productores netos.

Por lo mencionado anteriormente la importancia del Río Calza -

das es vital por lo que su estudio es de suma importancia, ya que se encuentra drenando a una zona pantanosa y a la vez se encuentra comunicado con la zona estuarina del Río Coatzacoalcos por lo que se han realizado diferentes estudios en los que se ha determinado la concentración y la presencia de algunos contaminantes como son:

Metales pesados, plaguicidas, coliformes totales e hidrocarburos entre otros, todos llevados a cabo dentro del citado proyecto.

En la actualidad muchas especies se han visto afectadas por los diversos procesos de industrialización, principalmente por las actividades petroleras que contribuyen en gran medida a la contaminación, es notable el rápido crecimiento industrial de la región donde se encuentra la Ciudad de Coatzacoalcos, el cual se debe al auge petrolero en la zona, que comprende la explotación, la refinación y el embarque y el transporte de productos de petróleo, además de la instalación y la operación de los complejos petroquímicos.

En esta zona se localizan más de 20 grandes procesos industriales que se agrupan en torno a la refinería y a los complejos. Estas industrias se caracterizan por ser fuentes de emisiones que dependen principalmente de los procesos particulares de cada industria.

La zona se considera como una de las regiones industriales más importantes del país, pero esto mismo es causa de la contaminación tanto del aire como de los sistemas acuáticos, con el siguiente impacto sobre los ecosistemas.

HIDROCARBUROS

El petróleo y sus productos de refinación son mezclas muy complejas de compuestos orgánicos, de los cuales los hidrocar-

buros son los más abundantes, ya que llegan a comprender más - del 85% del total de sus componentes, siendo entre otros constituyentes el nitrógeno, azufre, oxígeno y algunos compuestos organometálicos como los del níquel y vanadio.

Existen tres fuentes principales del petróleo (NAS, 1975)

- Las sustancias producidas por el hombre
- Los hidrocarburos producidos por los organismos marinos
- Los hidrocarburos infiltrados de un modo natural por el fondo marino.

Estos hidrocarburos se agrupan en cuatro categorías, según su punto de ebullición y su complejidad estructural:

a) Parafinas

Que comprenden desde el metano (CH_4) hasta compuestos de 60 o más átomos de carbono, pudiendo ser de cadena recta o ramificada.

b) Naftenos o Cicloparafinas

Formados por anillos de cinco o seis átomos de carbono, de tipo monocíclico y algunos compuestos policíclicos.

c) Aromáticos

Los cuales se encuentran en pequeñas cantidades e incluyen el benceno y los alquilbencenos como el tolueno y el xileno, también hay aromáticos polinucleares como los alquilnaftalenos, bifenilos y nafteno aromáticos.

d) Olefinas

En donde se incluyen hidrocarburos no saturados que presentan dobles ligaduras como los alquenos, por lo general, se encuentran ausentes en los petróleos crudos.

Concretando lo anterior, es importante señalar que las dos principales fuentes antropogénicas que aportan cantidades considerables de estos hidrocarburos son:

- 1) Derivados del petróleo
- 2) Fuentes pirolíticas

Ahora bien, los hidrocarburos pueden encontrarse tanto disueltos como dispersos: los dispersos van desde pequeñas agrupaciones coloidales hasta partículas de mayor tamaño, como breas y alquitranes y los hidrocarburos disueltos que están constituidos por compuestos más solubles como gases (C_1 a C_4), las parafinas ligeras (C_5 a C_{11}) que son líquidos muy volátiles y algunos hidrocarburos aromáticos de bajo peso molecular como los bencenos, naftalenos y poliaromáticos (Castro, 1981).

HIDROCARBUROS EN SEDIMENTOS RECIENTES

Los sedimentos son el receptáculo final de materiales y sustancias dispersas en la columna de agua, por lo que su análisis es de gran importancia para detectar, evaluar y cuantificar la presencia de algunos contaminantes en ambientes acuáticos, por esto su análisis es un valioso dispositivo de vigilancia frente a problemas de contaminación, puesto que constituyen el más grande y estable depósito para la existencia de una amplia variedad de elementos orgánicos e inorgánicos; por lo que los constituyentes de los sedimentos representan material que en sus fases disueltas y particuladas, provienen de los recursos terrestres, atmosféricos y oceánicos.

Los hidrocarburos en sedimentos recientes, pueden tener varios orígenes como son: formarse a partir de disoluciones intersticiales entre la columna de agua y sedimentos, a partir de microorganismos por descomposición de plantas marinas y terrestres y por erosión de rocas sedimentarias en las cuales fueron generados previamente.

En los sedimentos recientes no contaminados, se refleja la composición de los organismos que han contribuido con su material orgánico y en los hidrocarburos se exhibe una marcada predominancia de parafinas con átomos de carbono de número impar (Clark y Blumer, 1967).

Se ha reportado que para zonas costeras, las concentraciones de hidrocarburos biogénicos son menores a 70 ppm (Blumer y Sass , 1972) (NAS, 1975). En sedimentos de zonas contaminadas, las concentraciones de hidrocarburos fósiles pueden variar en un amplio rango dependiendo del origen de la contaminación y de las características del medio ambiente, llegando a ser mayores que las concentraciones de hidrocarburos de origen biogénico.

Algunas características que convierten a los sedimentos en importantes puntos para la vigilancia de la contaminación son:

- Estos se encuentran en sitios apropiados para la colección o deposición de contaminantes.
- Mediante la medición de algunos constituyentes asociados a los sedimentos, se pueden conocer niveles de contaminación antes de que éstos lleguen a ser peligrosos.
- Proveen de información precisa sobre la distribución local o regional de contaminantes y su fuente de aporte (Toledo, 1987)

En los sedimentos es muy importante la presencia de microorganismos, debido a la degradación selectiva de hidrocarburos saturados y en menor proporción de hidrocarburos aromáticos que es llevada a cabo por éstos. Al ocurrir un derrame, después de una rápida evaporación y de una pérdida de las fracciones ligeras, en su mayor parte el petróleo permanece en la columna de agua o en los sedimentos, ya que casi todo el petróleo tiene como destino final los sedimentos debido a los procesos sedimentarios. Este fenómeno es más agudo en los estuarios y otras áreas costeras someras, en donde es baja la acción de las olas y la tasa de sedimentación es alta (Toledo, 1987).

HIDROCARBUROS BIOGENICOS

Son los que se encuentran presentes en organismos marinos y terrestres y pueden ser biosintetizados por los mismos o bien pueden ser ingeridos con el alimento y alterados después de su ingestión. (NAS, 1975)

El fitano y el pristano son compuestos que se encuentran comúnmente en el petróleo, sin embargo, en los organismos sólo se conoce el pristano que al parecer entra con el alimento.

HIDROCARBUROS DEL PETROLEO

Los hidrocarburos fósiles son aquellos que son introducidos al mar como resultado de actividades antropogénicas y derivados del petróleo crudo; pueden encontrarse altas concentraciones de hidrocarburos en las zonas costeras, relacionándose esto a efectos de contaminación por petróleo como resultado de derrames que ocurren natural o accidentalmente, desechos de refinarias y plantas petroquímicas, operaciones normales de embarque y por el transporte atmosférico, debido a la alta industrialización que se presenta en dichas zonas.

En cuanto al destino que tiene el petróleo derramado en el medio ambiente marino, una vez que penetra en éste, se dispersa sobre las aguas superficiales y la amplitud de esta dispersión va a depender de su naturaleza y de los vientos y corrientes.

Estos hidrocarburos pueden sufrir varios procesos como:

- Evaporación hay una pérdida rápida de hidrocarburos de bajo peso molecular.
- Disolución en donde dependiendo del peso molecular, habrá una mayor o menor solubilidad en el agua.
- Sedimentación la cual se produce al formarse emulsiones o residuos alquitranosos de mayor densidad que la del agua de mar.

- Oxidación provocada por la exposición de los componentes del petróleo al oxígeno y a la luz solar en aguas superficiales.
- Degradación microbiana algunos componentes del petróleo son susceptibles a ser degradados por microorganismos, en donde la disponibilidad de nutrientes, nitrógeno y fósforo pueden determinar una mayor o menor actividad microbiana.
- Emulsificación que se refiere a la mezcla del petróleo y agua la cual no es homogénea.

HIDROCARBUROS AROMATICOS

Los hidrocarburos aromáticos polinucleares (PAH's) están formados por dos o más anillos bencénicos fusionados, cuya disposición espacial origina un número muy grande de estos hidrocarburos, los cuales difieren en el número y posiciones de los anillos aromáticos; sus características físicas y químicas varían de acuerdo a su peso molecular y en consecuencia en su distribución y conducta en el medio ambiente, lo mismo que en sus efectos sobre sistemas biológicos, por lo que la resistencia a la oxidación y reducción tiende a decrecer con el incremento del peso molecular.

Puede decirse que hay dos clases de hidrocarburos aromáticos, los de bajo peso molecular que tienen de 2 a 3 anillos aromáticos como los naftalenos, fluorenos, fenantrenos y antracenos y los de alto peso molecular que tienen de 4 a 7 anillos aromáticos como el criseno.

Los de bajo peso molecular tienen una toxicidad significativamente mayor en organismos acuáticos.

Los PAH's se encuentran ampliamente distribuidos en el mar, sistemas fluviales y en los sedimentos, su presencia se ha atribuido principalmente a los derrames de petróleo y descargas de plantas petroquímicas, aún cuando también se pueden deber al transporte atmosférico y los aportes terrígenos, pero en menor grado (Zobell, 1971).

Los tiempos de residencia de los hidrocarburos fósiles en los sedimentos pueden ser de 3 a 10 años, dependiendo de su velocidad de degradación (Moore, 1974). En zonas costeras la velocidad de degradación es mucho mayor por la presencia de nutrientes, luz, temperatura, oxígeno y sustrato, lo cual permite altas tasas de biodegradación por microorganismos y oxidación fotoquímica.

La degradación del petróleo es menor en sedimentos que en la columna de agua, ya que en los sedimentos se acumula como una película delgada con una área superficial mucho menos efectiva, por lo que se ve reducida la velocidad de degradación, en consecuencia los sedimentos actúan como reservorios de los desechos petroleros y de otros contaminantes.

EFFECTOS

Se conoce muy poco sobre los efectos tanto biológicos como fisiológicos que resultan por la contaminación por hidrocarburos provenientes del petróleo en aguas costeras o en sistemas estuarinos.

Se han mencionado que algunos procesos biológicos importantes - como la fotosíntesis y la respiración, son afectados por concentraciones relativamente pequeñas del petróleo, ya que no se permite el paso de la luz ni el intercambio de gases (Odum, 1972).

Las parafinas producen anestesia y narcosis en concentraciones bajas, causando daño celular y muerte en concentraciones altas.

Los naftenos aún cuando se presentan como productos naturales de la biota marina, pueden interferir y bloquear procesos biológicos como son: búsqueda del alimento, escape de los depredadores, selección del hábitat y atracción sexual.

Los hidrocarburos aromáticos se consideran como los componentes más dañinos del petróleo, ya que algunos actúan como venenos -

agudos y otros presentan actividad carcinogénica como es el caso del 3 - 4 benzopireno.

La mayor parte de los estudios que se han realizado con respecto a la concentración de hidrocarburos; han sido en organismos bentónicos, principalmente los bivalvos (ostras y mejillones) los cuales son de hábitos filtradores, puesto que el petróleo o sus componentes llegan a través de pequeñas partículas suspendidas , éstas al fijarse en los tejidos obturan el sistema respiratorio, produciendo así la muerte por asfixia en gran cantidad de éstos organismos (Blumer et al, 1970).

Los daños a los sistemas biológicos dependerán de:

El tipo de petróleo derramado, su composición y características, en especial su contenido de compuestos aromáticos.

La concentración a la que se encuentran expuestos los organismos y el tiempo de exposición.

El estado en el que se encuentre el petróleo; ya sea en solución en emulsión, en suspensión, o bien, ya sea disperso o absorbido a materia orgánica.

Presiones ambientales naturales impuestas por condiciones climáticas o fluctuaciones en la temperatura del agua, salinidad y otros parámetros oceanográficos, principalmente corrientes y acción mecánica de las olas.

Ahora bien, las respuestas biológicas que acompañan a la presencia del petróleo son:

a) Efectos tóxico letales

En donde se interfieren procesos celulares y esto provoca la muerte.

b) Efectos subletales

Que alteran actividades fisiológicas o de conducta, pero no causan una muerte inmediata como puede ser la interferencia en la búsqueda del alimento, o el escape a los depredadores.

OBJETIVOS

En cuanto a los objetivos que se fijaron en el presente estudio tomando en cuenta que se trata de una zona altamente industrializada por lo que es conveniente y además necesario realizar estudios acerca del estado actual de los niveles de contaminantes, ya que hasta el momento no existe ningún estudio acerca del Río Calzadas cuya importancia radica en ser el principal canal de drenaje que comunica a la zona de pantano con las zonas estuáricas y del litoral, podríamos definirlos de la siguiente manera:

- a) Cuantificación de los niveles de hidrocarburos en sedimentos recientes del Río Calzadas.
- b) Caracterizar el estado actual de contaminación en el que se encuentra el Río Calzadas.
- c) Aportar información adicional a estudios de impacto ambiental en la zona del Sureste y Golfo de México por actividades petroleras.

ÁREA DE ESTUDIO

El Río Calzadas pertenece a un sistema fluvial de pequeños ríos y arroyos que son afluentes del Río Coatzacoalcos y desembocan en tierras inundables de la planicie costera, se encuentra adyacente a la zona estuarina del Río Coatzacoalcos.

La planicie costera del Golfo de México posee una hidrología - muy compleja y dinámica, cuya difusión se lleva a cabo sobre - una extensa zona de sedimentos aluviales, con un declive mínimo y una abundante flora. Esto la convierte en una área propicia para el establecimiento de numerosos pantanos, algunos aislados muchos interconectados y otros asociados a sistemas estuarino - lagunares (Toledo, 1987).

El Río Calzadas es la vía de entrada más conspicua hacia el sistema pantanoso y es por lo tanto el canal de desahogo de la -- gran carga de materia orgánica procedente fundamentalmente de la vegetación que crece exuberantemente en su interior, por lo que su importancia ecológica es vital (Fig. 1).

Por ser el Calzadas un afluente del Coatzacoalcos, su descripción comprende la del Río Coatzacoalcos, ya que hasta el momento se carece de una descripción detallada del mismo.

El estuario del Coatzacoalcos es un típico río tropical. Nace en una área cubierta por selva de montaña, con alta precipitación anual y la mayor parte de su curso atravesaba, hasta hace unos años regiones cubiertas por distintos tipos de vegetación tropical, predominando la selva alta perennifolia, la cual actualmente se encuentra muy perturbada. Los últimos kilómetros - de su curso, han sufrido una profunda modificación ambiental - por el desarrollo industrial y el paralelo incremento urbano en sus márgenes. El Municipio de Coatzacoalcos, cabecera municipal muy importante en la región, se localiza a los $94^{\circ}24'41''$ - longitud W y $18^{\circ}8'56''$ latitud N.

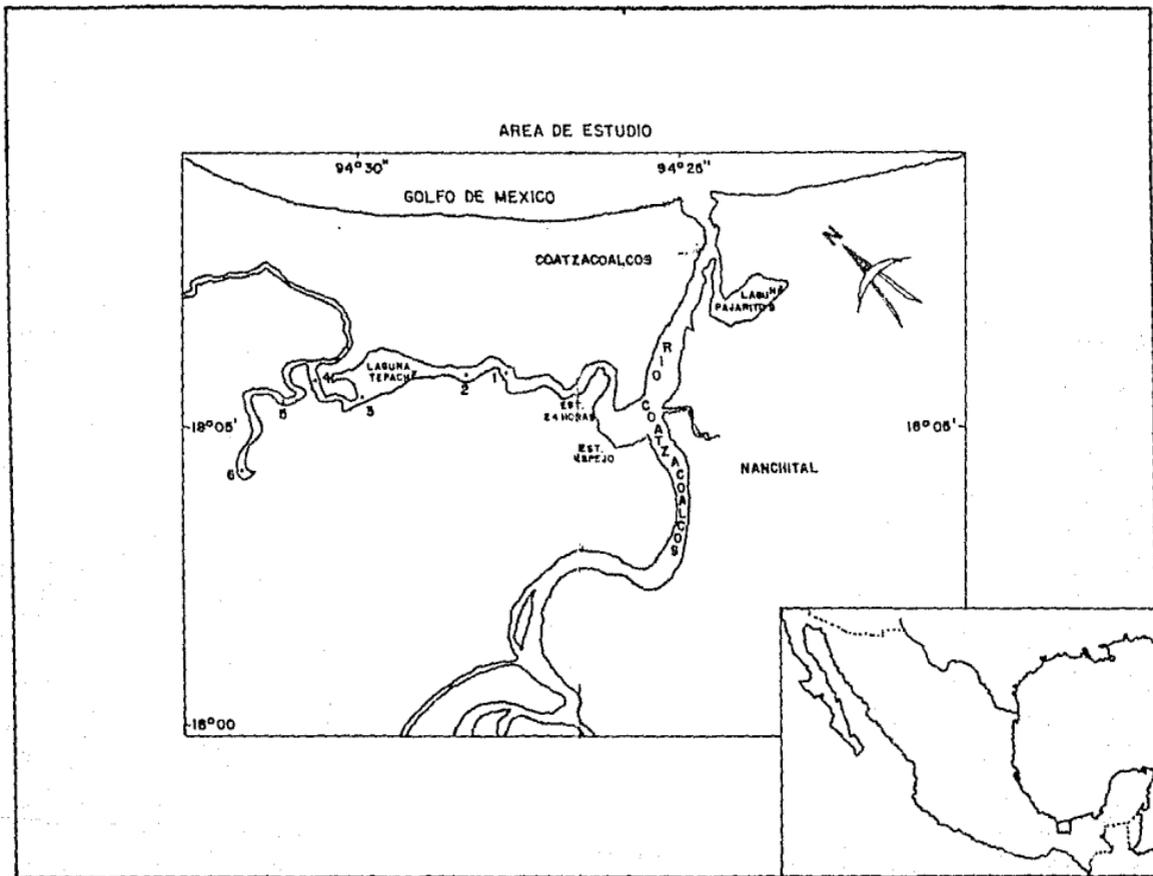


FIG. NO. 1 AREA DE ESTUDIO.

HIDROLOGIA

La hidrología de la región es el elemento más importante de considerar en el análisis del medio natural de esta zona. Una buena parte de ella está constituida por tierras inundables y es cruzada por importantes vías fluviales.

El sistema hidrológico de la zona es la parte de la región hidrológica No. 29 (SRH, 1975) y se encuentra en la vertiente del Golfo de México.

La vía fluvial más importante es el Río Coatzacoalcos y sus afluentes. Dicho río divide la región en dos, cerca de la desembocadura y la fracciona a medida que se remonta por la vía principal y sus afluentes.

En la región se encuentran cinco cuerpos lagunares importantes. El principal es la Laguna del Ostión con una superficie aprox. de 12.7 km^2 y es alimentada por pequeños ríos y arroyos como el Huazuntlán y Xochiapa.

La segunda en extensión es la Laguna de Mezcalpa con una superficie aproximada de 12.2 km^2 .

La tercera Laguna es la de Tortuguero con una superficie de aproximadamente de 1.5 km^2 , la cual está situada cerca de la costa, entre las desembocaduras de los Ríos Coatzacoalcos y Tonalá.

Casi en la desembocadura del Río Coatzacoalcos, en la rivera derecha se encuentra la Laguna de Pajaritos, con una superficie de aproximadamente 1.5 km^2 en la que se presentan serios problemas debido a la contaminación industrial.

Finalmente, el Río Calzadas el cual es objeto del presente estudio, en su ensanchamiento próximo al Puerto de Coatzacoalcos pero de difícil acceso, forma la Laguna de Tepache con una su-

perficie aproximada de 2 km².

RIO COATZACOALCOS

Nace en el Estado de Oaxaca, en la Sierra Atravesada, cruza el Estado de Veracruz hasta desembocar en el Golfo de México, con un recorrido total de 228 km.

A lo largo de todo su recorrido recibe numerosos afluentes como los de los Ríos Chichihua, Almoloya, Malatongo, Jaltepec, Solosúchil, Coachapa y el Uxpanapa, cerca de la desembocadura, el Río Coatzacoalcos recibe, por su margen derecha, al Río Calzadas (objeto del presente estudio) el cual viene desde la Serranía de San Andrés Tuxtla, que se encuentra en las faldas del Volcán San Martín, donde se le conoce como Río Huazuntlán.

Es un afluente de menor importancia que drena una cuenca hidrográfica de unos 180 km², con un gasto medio de aproximadamente 7 m³/s (SARH, Boletín hidrológico No. 37, 1975).

Los datos de gasto de que se disponen del Río Coatzacoalcos son poco relevantes en la estación hidrométrica Las Perlas (410 m³/s) ya que éstos son tomados unos 140 kms antes de la desembocadura por lo cual no toman en cuenta el aporte de los afluentes; el gasto es muy variable y normalmente, en la temporada de lluvias, alcanza valores de 2,000 a 3,000 m³/s.

SUELOS Y VEGETACION

En el nacimiento del Río Coatzacoalcos el tipo de vegetación dominante es la de bosque y aguas abajo el río atraviesa por una zona de cultivos de temporal y pastizales en las vegas de una y otra margen.

Siguiendo su curso descendente, aguas abajo, abunda el manglar y se empiezan a presentar las primeras zonas inundables. Finalmente en la zona cercana a la desembocadura, hay regiones pantanosas que se inundan periódicamente, en este lugar se encuentra situada la zona de estudio.

La flora es de suma riqueza, entre los géneros típicos y mejor distribuidos están; Dialium sp, Pimienta sp, Scheelea sp y -- Vochysia sp (Rzedowsky, 1981).

CLIMA

En general la estación más lluviosa del año es el verano, pues los meses de mayor precipitación son Junio a Septiembre y --- prácticamente ocurren lluvias en todos los meses del año, con valores mínimos en invierno por influencia de los " Nortes ".

Esta región pertenece al tipo de clima Am, (caliente húmedo con lluvias en verano) (E. García, 1976).

METODOLOGIA

HIDROCARBUROS EN SEDIMENTOS RECIENTES.

Las muestras analizadas en el presente estudio se colectaron durante dos muestreos que se realizaron en los meses de Noviembre y Marzo de 1985 y 1986 respectivamente, a todo lo largo del Río Calzadas se fijó una serie de estaciones de donde fueron obtenidas las muestras. (Fig. 2)

Estas se colectaron empleando una draga tipo Van Veen de un litro de capacidad, almacenándose en recipientes de vidrio previamente tratados con metanol bidestilado al 5% (v/v) y cubiertos con papel aluminio para evitar contaminación, congelándose a --20°C. para su procesamiento posterior en el laboratorio.

La metodología seguida para la determinación de hidrocarburos en sedimentos fué la sugerida por Botello (1978) la cual se describe en términos generales en el diagrama (Fig. No. 3) y consiste básicamente en la extracción y purificación de las Fracciones Alifática y Aromática de los Hidrocarburos en los Sedimentos colectados.

El análisis de las fracciones se realizó por el método de cromatografía de gases, empleando un cromatógrafo de gases Hewlett Packard modelo HP 5890A, equipado con un detector de ionización en llama (FID) y con columnas capilares de sílice fundido fenil metil silicón al 5% de 30 m X 0.31 mm de diámetro interno y con 0.52 m de grosor de capa.

Como gas de acarreo se empleó nitrógeno con un promedio de flujo de 1 ml. por minuto; que también se utilizó como gas auxiliar con un promedio de flujo de 30 ml/min y como gases para detectar se emplearon aire con un flujo de 300 ml/min e hidrógeno con un flujo de 30 ml/min; se contó con un programador lineal de temperatura, la cual fué programada con una temperatura

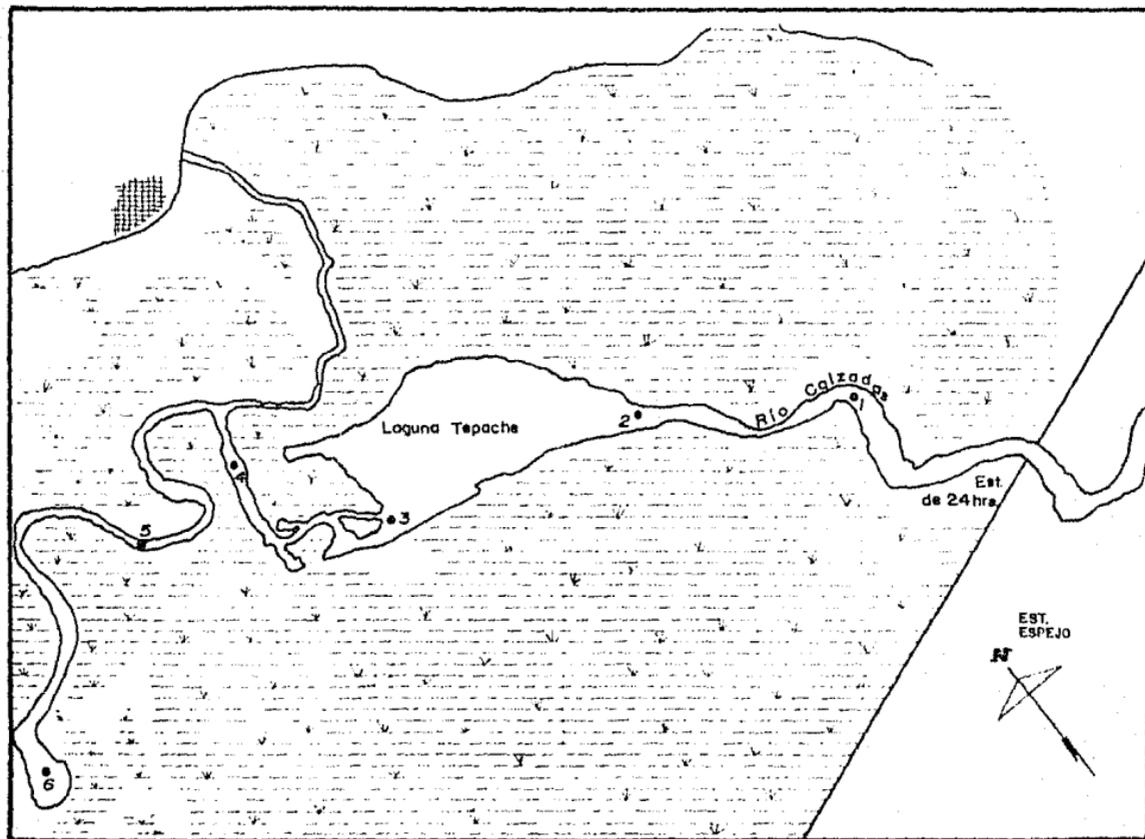
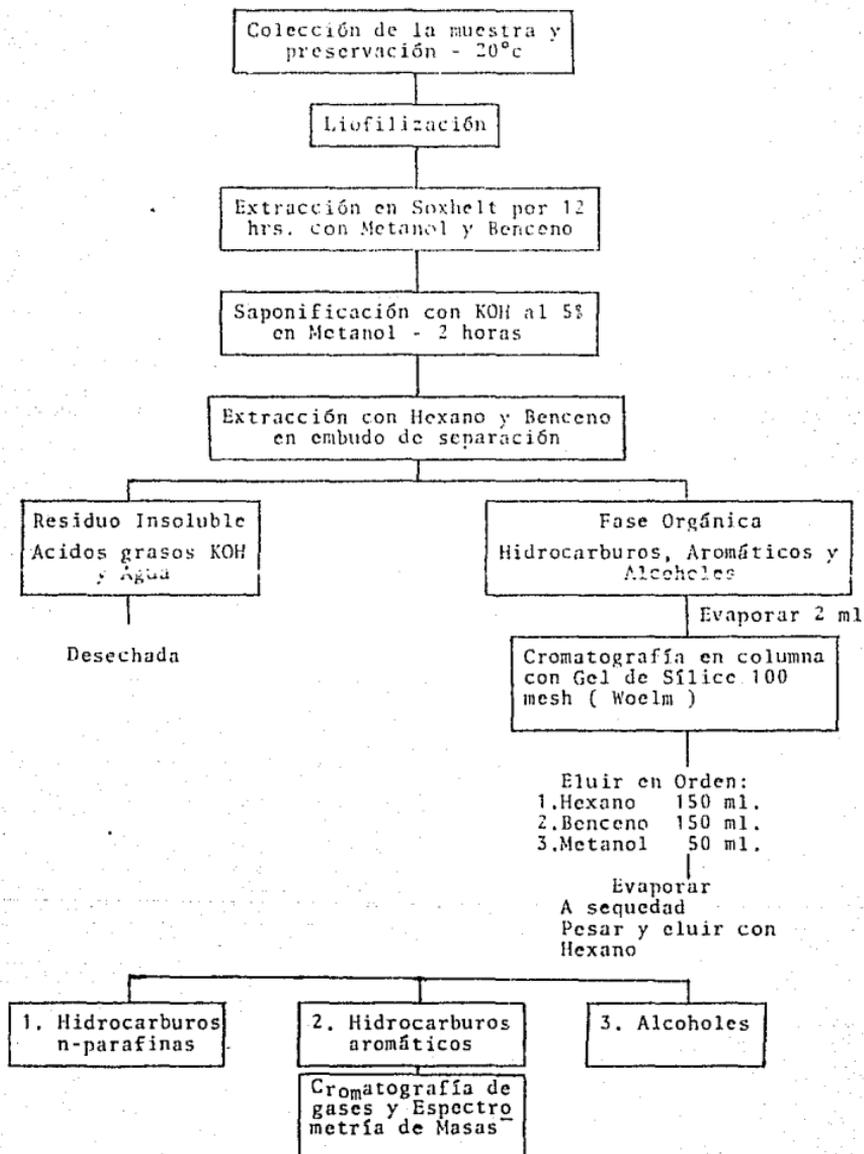


FIG. NO. 2 ESTACIONES DE MUESTREO

Fig. No. 3 METODO PARA LA DETERMINACION DE HIDROCARBUROS
(BOTELLO, 1978)



inicial de 130°C y una temperatura final de 330°C, con incrementos de 10°C / min. con tiempo inicial de 0.5 min y un tiempo final de 20 min.

Las muestras se analizaron después de la adición de un estándar conteniendo n-parafinas con C₁₂ hasta C₃₄ además de los isoprenos pristano y fitano, lo mismo sucedió en el caso de los compuestos aromáticos en donde la identificación de los hidrocarburos se realizó comparando los cromatogramas obtenidos con los cromatogramas correspondientes a estándares conocidos.

La abundancia de cada compuesto fue determinada por su correspondiente área bajo cada cromatograma por medio de un integrador electrónico HP 3392 A, acoplado al sistema .

MATERIA ORGANICA

La determinación de carbono orgánico en sedimentos se efectuó según el método volumétrico de Gaudette et al (1974) y consistió en la oxidación de una porción de la muestra con dicromato de potasio en ácido sulfúrico concentrado, utilizando el calor exotérmico del ácido; posteriormente el exceso de dicromato se tituló con una solución de sulfato ferroso.

RESULTADOS

En las tablas No. 1 y No. 2 se encuentran representadas las Concentraciones de hidrocarburos saturados, aromáticos y totales para las 3 estaciones de muestreo del primero (Nov. 85) y segundo (Marzo 86) muestreo respectivamente.

En las fracciones de hidrocarburos totales, las mayores concentraciones se presentaron en la estación 5 para el primer muestreo y en la estación 1 para el segundo muestreo (Marzo 1986), en ambos casos estos valores sobrepasaron en gran medida al valor de 100 ppm , que se consideran que deben de presentarse en zonas no alteradas (NAS, 1975), en tanto que en las estaciones restantes en la mayoría de los casos rebasa dicho valor o se encuentra muy cercano a éste.

En la tabla No. 3 aparece reportado el porcentaje de carbono orgánico que se obtuvo en cada una de las estaciones para ambos muestreos, en donde los valores estuvieron comprendidos entre 1.52 a 12.36 %, presentándose la mayor concentración en la estación 5 tanto para el primero como para el segundo muestreo.

De las muestras que se analizaron para la determinación de hidrocarburos por el método gravimétrico, algunas fueron seleccionadas para analizarlas por medio de cromatografía de gases, obteniéndose su respectivo cromatograma en donde se procedió a identificar a cada uno de los compuestos presentes, la elección de dichas muestras se basó en los valores gravimétricos mayores y/o menores que presentaron.

Una vez que las muestras fueron analizadas por medio de cromatografía de gases se obtuvieron éstos resultados:

La fig. No. 4 corresponde al análisis cromatográfico de la fracción saturada de la estación espejo que fue en la que se presentó la mayor concentración en el muestreo que se realizó durante el mes de Noviembre en tanto que la fig. No. 5 corresponde al -

TABLA NO.1

CONCENTRACION DE HIDROCARBUROS EN SEDIMENTOS
 RECIENTES DEL RIO CALZADAS. (g/g)
 NOVIEMBRE DE 1985

ESTACION	HIDROCARBUROS SATURADOS	HIDROCARBUROS AROMATICOS	HIDROCARBUROS TOTALES
1	91	68	159
2	33	24	57
3	45	24	69
4	134	78	212
5	337	158	495
6	111	40	151
24 Hrs.	29	32	61
Espejo	106	102	208
Promedio	111	66	176

ppm = Concentración gravimétrica

TABLA NO.2

CONCENTRACION DE HIDROCARBUROS EN SEDIMENTOS
 RECIENTES DEL RIO CALZADAS. (g/g)
 MARZO DE 1986

ESTACION	HIDROCARBUROS SATURADOS	HIDROCARBUROS AROMATICOS	HIDROCARBUROS TOTALES
1	163	60	223
2	131	85	216
3	71	15	86
4	76	17	93
5	125	56	181
6	135	54	189
24 Hrs.	107	24	131
Espejo	61	16	77
Promedio	109	41	149

ppm = Concentración gravimétrica

TABLA N.º 3

CONCENTRACION DE CARBONO ORGANICO

(10)

ESTACION	PRIMER MUESTREO NOVIEMBRE 1985	SEGUNDO MUESTREO MARZO 1986
1	3.16	8.11
2	2.32	1.63
3	2.22	5.75
4	8.15	1.52
5	12.36	8.20
6	4.40	----
24 Hrs.	2.63	1.92
Espejo	-----*	6.55
Promedio	5.03	4.81

* No muestreado.

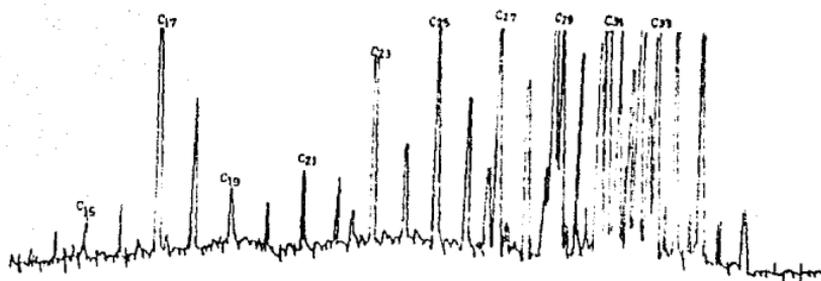


FIG. N°. 4 CROMATOGRAMA DE HIDROCARBUROS SATURADOS
EN LA ESTACION ESPEJO (NOVIEMBRE, 1985)

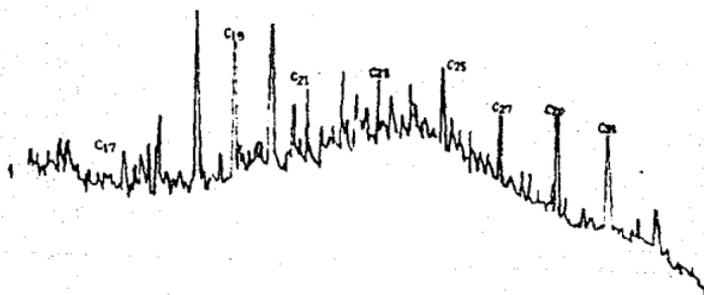


FIG. N°. 5 CROMATOGRAMA DE HIDROCARBUROS SATURADOS
EN LA ESTACION 2 (NOVIEMBRE, 1985)

cromatograma obtenido en la estación 2 que es donde se presentó la menor concentración en dicho muestreo (Tabla No. 4).

En la fig. No. 6 aparece el cromatograma de la estación 5, que fue la que presentó la mayor concentración gravimétrica, sin embargo, la concentración obtenida en su cromatograma por cromatografía de gases fue ligeramente menor a la que se obtuvo en la estación espejo (Tabla No. 4).

El cromatograma para la fracción saturada del segundo muestreo se presenta en la fig. No. 7 el de la estación de 24 Horas que fue la que presentó la mayor concentración en tanto que la menor corresponde a la de la fig. No. 8 que es el que se obtuvo de la estación No. 2 (Tabla No. 5).

Las figuras No. 9 y 10 corresponden a los cromatogramas de la estación 5 y 1 respectivamente, las cuales presentaron una concentración muy similar. Es importante señalar que en general se observó un decremento en las concentraciones de hidrocarburos - en las muestras que fueron analizadas en Marzo, con respecto a las que fueron analizadas en el mes de Noviembre, donde además de que se obtuvieron las mayores concentraciones, igualmente se encontraron presentes un mayor número de compuestos aromáticos.

En las tablas No. 4 y 5 se encuentran reportadas las relaciones de hidrocarburos saturados para el primero y segundo muestreo - como son:

$C_{17} / \text{Pristano}$
 C_{18} / Fitano
 $\text{Pristano} / \text{Fitano}$
 C_{17} / C_{18} y el
CPI (índice preferencial de carbonos)

Tanto en la tabla No. 4 como en la No. 5, existe una gran varia ción en las relaciones de hidrocarburos, puesto que se encuen - tran valores que son típicos de hidrocarburos biogénicos así co

TABLA NO. 4

RELACIONES DE HIDROCARBUROS SATURADOS EN
SEDIMENTOS RECIENTES DEL RIO CALZADAS
NOVIEMBRE 1985

ESTACION	C ₁₇ /PRIS	C ₁₈ /FIT	PRIS/FIT	C ₁₇ /C ₁₈	C.P.I.	CONCENTRACION GRAVIMETRICA ppm p. seco	CONCENTRACION CROMATOGRAF. GASES ppm peso seco
2	4.06	6.98	0.61	0.35	1.82	33	0.23
3	3.53	5.09	0.50	0.34	0.64*	45	4.73
5	11.79	2.34	0.47	2.40	1.49*	337	30.26
ESPEJO	21.24	6.15	0.77	2.65	1.98*	106	38.79

CPI - C₂₀ - C₃₂

*CPI - C₁₂ - C₂₀

CPI - Indice preferencial de carbonos

TABLA NO. 5

RELACIONES DE HIDROCARBUROS SATURADOS EN
SEDIMENTOS RECIENTES DEL RIO CALZADAS
MARZO 1986

ESTACION	C ₁₇ /PRIS	C ₁₈ /FIT	PRIS/FIT	C ₁₇ /C ₁₈	C.P.I.	CONCENTRACION GRAVIMETRICA ppm p. seco	CONCENTRACION CROMATOGRAF. GASES ppm peso seco
1	2.30	4.92	1.24	0.58	1.21	163	7.67
2	2.59	5.04	1.02	0.53	0.80*	131	2.80
5	4.23	2.85	0.75	1.11	0.91*	125	7.47
24 Hrs	2.44	4.52	1.20	0.65	1.09	107	9.62

CPI - C₂₀ - C₃₂

*CPI - C₁₂ - C₂₀

CPI - Indice preferencial de carbonos

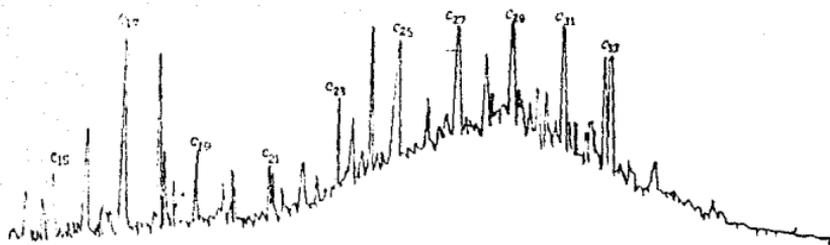


FIG. N°. 6 CROMATOGRAMA DE HIDROCARBUROS SATURADOS EN LA ESTACION 5
(NOVIEMBRE, 1985)

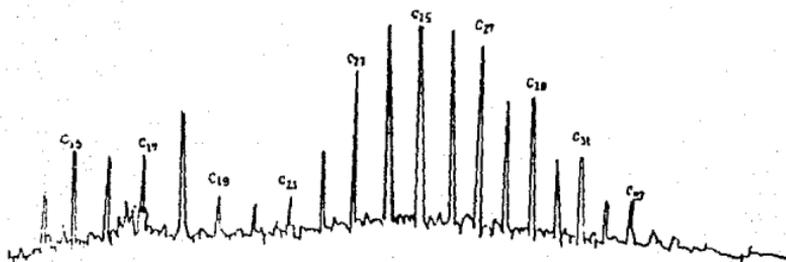


FIG. N°. 7 CROMATOGRAMA DE HIDROCARBUROS SATURADOS EN LA ESTACION DE
24 HORAS (MARZO, 1986)

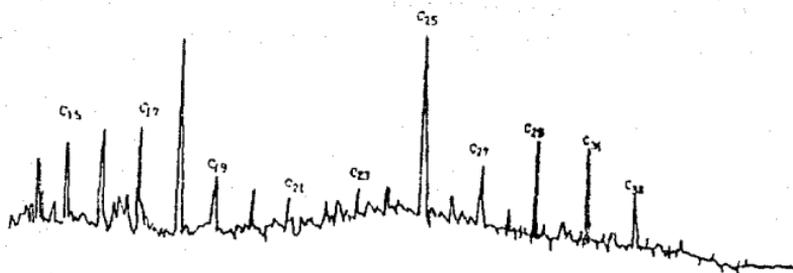


FIG. N°. 8 CROMATOGRAMA DE HIDROCARBUROS SATURADOS EN LA ESTACION 2 (MARZO , 1986)

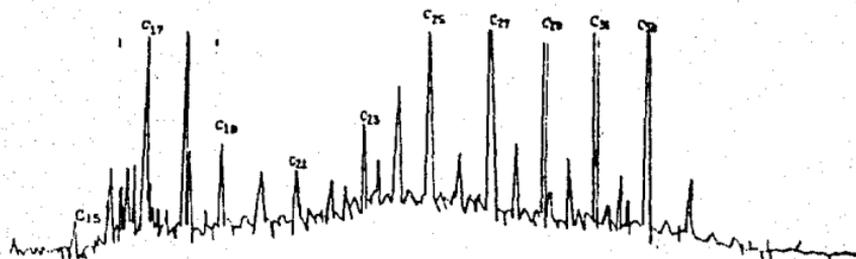


FIG. N°. 9 CROMATOGRAMA DE HIDROCARBUROS SATURADOS EN LA ESTACION 5 (MARZO , 1986)

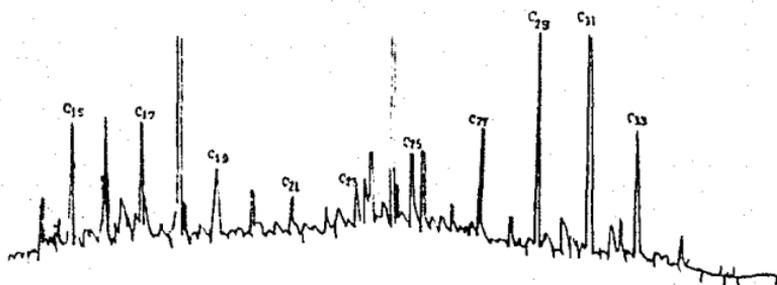


FIG. N°. 10 CROMATOGRAMA DE HIDROCARBUROS SATURADOS EN LA ESTACION 1 (MARZO, 1986)

mo valores que son típicos de petróleos crudos recientes o que en su defecto hayan sufrido un bajo intemperismo (Farrington, 1973) (Botello y Macko, 1980) (Clark y Blumer, 1967).

Esto es debido a que en algunos cromatogramas analizados, existe una dominancia de hidrocarburos de carbono impar, lo cual indica que se trata de hidrocarburos biogénicos y esto se confirma por la presencia de n-parafinas como son: C₂₃, C₂₅, C₂₇ y C₂₉ los cuales son considerados como típicos de organismos marinos y de vegetación terrestre (Botello, 1978) sin embargo, las concentraciones encontradas rebasan los valores considerados como normales o de sedimentos de áreas no contaminadas (NAS, 1975), además de que algunos cromatogramas como es el caso de la estación 5 (fig. 6) que presentan un " hump " de hidrocarburos no resueltos, lo cual demuestra que se trata de una mezcla de hidrocarburos biogénicos con hidrocarburos antropogénicos; ya que esto se confirma con la presencia de n-parafinas como son: C₁₆, C₁₈ y C₂₀ que han sido reportadas como características del petróleo, cuyos orígenes y entradas al sistema son debido a influencias antropogénicas (Nishimura, 1986) (Botello, 1983).

RESULTADOS

Por lo que respecta a la fracción aromática, los resultados obtenidos son los que se presentan en las tablas No. 6 y 7 es importante señalar que dichos compuestos estuvieron presentes en todas las estaciones en las que fueron analizados; se puede observar en la presente tabla, la presencia de aromáticos del grupo de los naftalenos y sus metil derivados (C₁, C₂ y C₃) en las muestras que corresponden al primer muestreo (Nov.1985).

Las figuras 11 y 12 muestran los cromatogramas que corresponden a la estación 5 y estación espejo respectivamente que son en donde se presentaron las mayores concentraciones de estos compuestos, entre los que se encontraron en mayor cantidad fueron el 1, 2 benzo antraceno y el 1, 2 dimetil naftaleno respectivamente para cada uno de los cromatogramas.

TABLA NO. 6

CONCENTRACION DE HIDROCARBUROS AROMATICOS EN SEDIMENTOS RE
CIENTES DEL RIO CALZADAS (g/g) Noviembre 1985.

COMPUESTO	EST. 2	EST. 4	EST. 5	EST. ESPEJO
Naftaleno	-----	-----	0.071	-----
2-Metil naftaleno	-----	0.076	0.779	0.191
1-Metil naftaleno	0.040	0.043	0.796	0.261
2,6-Dimetil naftaleno	0.070	0.279	0.543	0.231
1,3-Dimetil naftaleno	0.200	0.486	0.883	0.399
1,5-1,4-2, 3-Dimetil naftaleno	0.050	0.068	0.106	0.151
1,2-Dimetil naftaleno	0.305	0.449	0.671	0.451
2,3,5, Trimetil naftaleno	-----	0.163	0.151	0.079
Dibenzotiofeno	-----	0.029	-----	-----
Fenantreno	0.039	0.052	0.221	0.101
2 Metil antraceno	0.027	-----	-----	0.031
9 Metil antraceno	-----	-----	-----	0.299
Fluorantreno	-----	0.047	0.101	0.177
Pireno	0.020	0.052	-----	0.081
9,10 Dimetil antraceno	0.081	-----	-----	-----
1,2 Benzo antraceno	0.875	-----	1.286	0.377
Benzo (e) pireno	-----	0.099	-----	-----
Benzo (a) pireno	-----	-----	-----	-----
Perileno	-----	0.102	0.138	-----
Dibenzoantraceno	-----	0.268	-----	-----
Benzo (g,h,i) perileno	-----	-----	-----	0.342
TOTAL	1.707	2.213	5.746	3.171

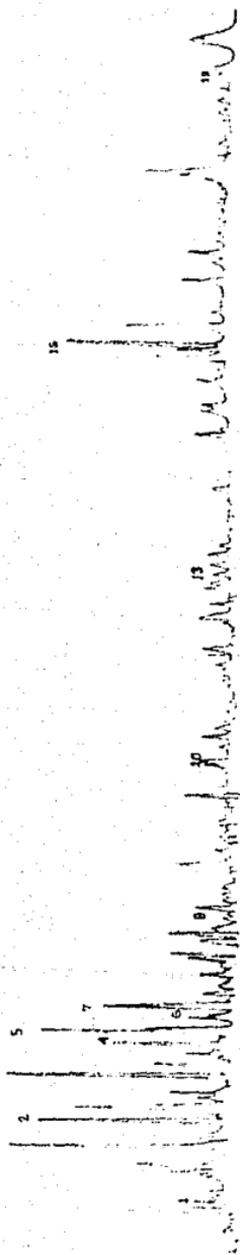
ppm = Peso seco

TABLA N° 77

CONCENTRACION DE HIDROCARBUROS AROMATICOS EN SEDIMENTOS RECIENTES DEL RIO CALZADAS (g/g) Marzo 1986

COMPUESTO	EST. 2	EST. 5	EST. 24 HRS.
Naftaleno	-----	-----	-----
2-Metil naftaleno	-----	-----	-----
1-Metil naftaleno	-----	-----	-----
2,6-Dimetil naftaleno	-----	-----	-----
1,3-Dimetil naftaleno	-----	-----	-----
1,5-1,4-2,3 Dimetil naftaleno	-----	-----	-----
1,2 Dimetil naftaleno	-----	-----	-----
2,3,5 Trimetil naftaleno	-----	-----	-----
Dibenzotiofeno	0.020	0.032	-----
Fenantreno	0.024	0.045	0.016
2 Metil antraceno	-----	-----	-----
9 Metil antraceno	-----	-----	-----
Fluorantreno	-----	0.029	-----
Pireno	0.016	-----	-----
9,10 Dimetil antraceno	0.029	-----	-----
1,2 Benzo antraceno	1,577	5.860	0.408
benzo (e) pireno	-----	-----	0.049
Benzo (a) pireno	-----	0.162	-----
Perileno	-----	0,059	-----
Dibenzoantraceno	-----	-----	-----
Benzo (g,h,i) perileno	-----	-----	-----
TOTAL	1.666	6.187	0.473

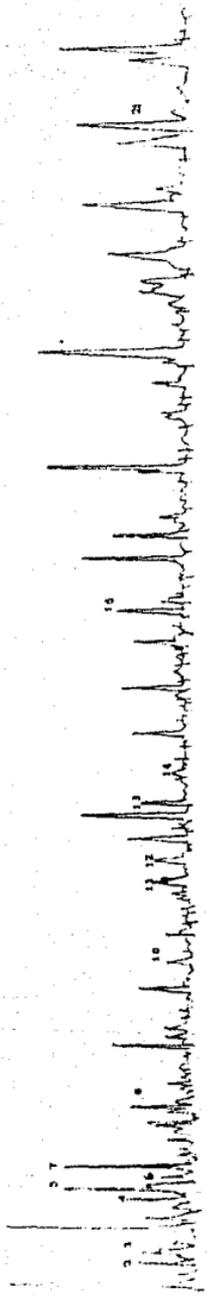
ppm = peso seco



COMPUESTOS :

- 1 .- Nftaleno
- 2 .- 2-Metil nftaleno
- 4 .- 2,6-dimetil nftaleno
- 5 .- 1,3-dimetil nftaleno
- 6 .- 1,5-1,4-2,3-dimetil nftaleno
- 7 .- 1,2-dimetil nftaleno
- 8 .- 2,3,5-trimetil nftaleno
- 10 .- fenantreno
- 13 .- fluorantreno
- 16 .- benzoflouraceno
- 19 .- perileno

FIG. N° 11. CROMATOGRAFIA DE HIDROCARBUROS
AROMATICOS EN LA ESTACION 5 (noviembre, 1965)



COMPUESTOS

- 2.- 2-metil naftaleno
- 3.- 1-metil naftaleno
- 4.- 2,6-dimetil naftaleno
- 5.- 1,3-dimetil naftaleno
- 6.- 1,5-1,4-2,3-dimetil diftaleno
- 7.- 1,2-dimetil diftaleno
- 8.- 2,3,5-trimetil diftaleno
- 10.- fenantreno
- 11.- 2-metil antraceno
- 12.- 9-metil antraceno
- 13.- fluorantreno
- 14.- pireno
- 16.- 1,2-benzonitraceno
- 21.- benzo (g,h,i) perileno

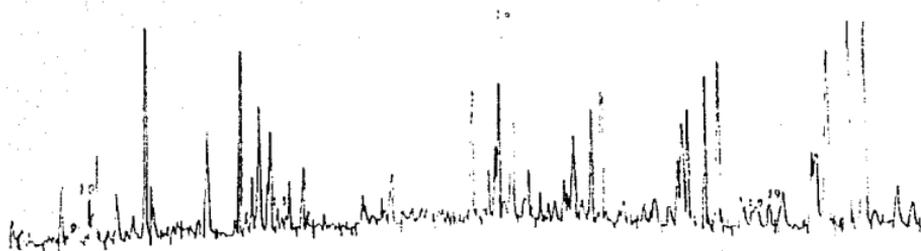
FIG. Nº 12. CROMATOGRAFIA DE HIDROCARBUROS AROMATICOS EN ESTACION ESPED (noviembre 1965)

Las figuras 13 y 14 corresponden a los cromatogramas que se obtuvieron en el segundo muestreo (Marzo 1986); la estación 5 y la estación 24 horas son las que corresponden a las que presentaron la mayor y menor concentración de este muestreo; en las cuales el compuesto que se encontró en mayor cantidad fue el 1, 2 benzoantraceno.

Es importante señalar que en este segundo muestreo no se observaron los compuestos metilados del naftaleno, que estuvieron presentes en gran cantidad en el muestreo de Noviembre.

El cuadro comparativo de las concentraciones obtenidas para hidrocarburos aromáticos por medio de cromatografía de gases son los que aparecen en la tabla No. 8 para ambos muestreos.

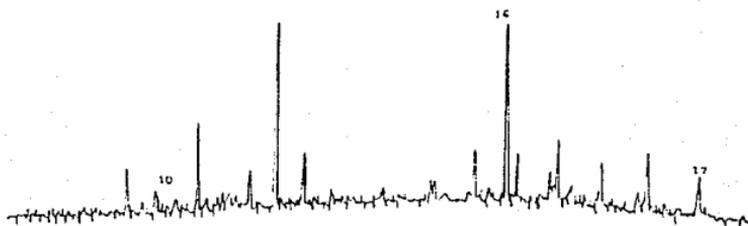
En el segundo muestreo que se realizó a diferencia del primero, no se encontró la presencia de naftalenos, sino que en su mayoría los compuestos aromáticos que se identificaron son de alto peso molecular como por ejemplo el 1, 2 benzo antraceno; perileno, dibenzoantraceno, benzo (a) pireno.



COMPUESTOS :

- 9 .- dibenzotiofeno
- 10 .- fenantreno
- 13 .- fluoreneno
- 16 .- 1,2-benzocarbazeno
- 18 .- bazo (a) pireno
- 19 .- perileno

FIG. Nº 13. CROMATOGRAMA DE HIDROCARBUROS AROMÁTICOS
EN ESTACION 5 (marzo, 1986)



COMPUESTOS :

- 10 .- fenantreno
- 16 .- 1,2-benzocarbazeno
- 17 .- bazo (c) pireno

FIG. Nº 14. CROMATOGRAMA DE HIDROCARBUROS AROMÁTICOS
EN ESTACION DE 24 HORAS (marzo, 1986)

TABLA NOME

CONCENTRACION DE HIDROCARBUROS AROMATICOS
EN SEDIMENTOS RECIENTES DEL RIO CALZADAS
NOVIEMBRE 1985

ESTACION	CONCENTRACION GRAVIMETRICA ppm p. seco	CONCENTRACION CROMATOGRAF. GASES. ppm p. seco
2	24	1.71
4	78	2.21
5	158	5.75
ESPEJO	102	3.17

MARZO 1986

ESTACION	CONCENTRACION GRAVIMETRICA ppm p. seco	CONCENTRACION CROMATOGRAF. GASES. ppm p. seco
2	85	1.66
5	56	6.19
24 Hrs.	24	0.47

DISCUSION

Al analizar los resultados de hidrocarburos totales para los dos muestreos que se realizaron en el Río Calzadas, se observa que se presentaron valores altos en todas las estaciones, ya que en casi todas ellas hubo una concentración mayor a las 100 ppm que según NAS (1975) corresponden a zonas inalteradas como sucede en el caso concreto de la estación 5 que presenta un valor que por mucho rebasa dicho parámetro; los valores obtenidos se encuentran comprendidos entre el rango de 57 ppm hasta 495 ppm que al compararse con los que se han obtenido en el Río Coatzacoalcos y en el Tonalá, éstos últimos resultan 4 y 7 veces mayores respectivamente con los obtenidos en el presente estudio, ya que se han llegado a reportar valores hasta de 2623 ppm (Botello y Paéz-Osuna, 1986).

En la tabla número 9 se encuentra un cuadro comparativo de los promedios obtenidos en estudios de diferentes áreas del Golfo de México. Si nos referimos a las relaciones de hidrocarburos saturados que se presentan en las tablas 4 y 5, se observa que existe una mezcla de hidrocarburos biogénicos con hidrocarburos antropogénicos, lo cual se demuestra mediante los valores que se presentan en las relaciones que guardan el pristano/fitano; C_{17}/C_{18} y el C.P.I. (Índice preferencial de carbonos); de los saturados que estuvieron presentes como C_{25} , C_{27} y C_{29} son típicos de organismos marinos y de vegetación terrestre (Botello, 1978), en tanto que el C_{16} , C_{18} y C_{20} han sido reportados como características del petróleo cuyos orígenes se deben a influencias antropogénicas (Nishimura, 1986) (Botello, 1983); es por esto que los cromatogramas no presentan una distribución uniforme de las n-parafinas y por lo tanto tampoco se presenta una dominancia de carbonos impares sobre los pares, aún cuando esto no sucede en todas las estaciones.

TABLA N° 9

CUADRO COMPARATIVO DE LA CONCENTRACION PROMEDIO DE HIDROCARBUROS FOSILES (ppm) EN SEDIMENTOS DEL RIO CALZADAS CON DIFERENTES AREAS DEL GOLFO DE MEXICO .

(DETERMINADOS POR GRAVIMETRIA)

LOCALIDAD	HIDROCARBUROS SATURADOS	HIDROCARBUROS AROMATICOS	HIDROCARBUROS TOTALES	CONCENTRAC. TOTAL (PROMEDIO)	REFERENCIAS
RIO CALZADAS					El presente estudio.
Noviembre 1985	29 - 337	24 - 158	57 - 495	176	
Marzo 1986	61 - 163	15 - 85	77 - 223	149	
RIO COATZACOALCOS					Botello y Páez Osuna (1986)
Marzo 1982	11 - 597	47 - 1025	184 - 1053	457	
Junio 1982	73 - 1048	107 - 635	443 - 1544	780	
Febrero 1983	113 - 1562	41 - 1061	179 - 2623	802	
LAGUNA DEL OSTION					Botello y Páez Osuna (1986)
Octubre 1982	27 - 513	23 - 87	81 - 576	154	
Marzo 1983	11 - 76	5 - 223	16 - 287	85	
RIO TONALA					Botello y Páez Osuna (1986)
Agosto 1983	3 - 1356	17 - 1466	17 - 1829	1148	

Por lo que respecta al análisis de hidrocarburos saturados, las concentraciones más altas son las que se presentaron en las estaciones No. 5 y Espejo, que coinciden con los sitios de descarga, ya que en la estación 5 específicamente se encuentra una planta de Fertimex, la cual vierte todos sus desechos a la misma, ésto aunado a la escasa circulación que tiene el agua lo que favorece su acumulación; la estación 2 fue la que presentó la menor concentración, sin embargo se observaron valores altos para el C_{18} y C_{20} , ésto puede deberse a que en ésta se encuentra en los márgenes del río un asentamiento humano no urbanizado (Toledo, 1980) que vierte sus desechos a la misma (fig. No. 5).

Ahora bien, por lo que respecta a la fracción aromática, estos compuestos se encontraron presentes en todas las estaciones que se analizaron; se identificó la presencia de aromáticos del grupo de los naftalenos y sus metil/derivados (C_1 , C_2 y C_3) principalmente en las muestras que fueron analizadas en el mes de noviembre (tabla No. 6) en donde es importante señalar que en todas ellas aparecen dichos compuestos metilados.

Los valores más altos son los que se presentaron en las estaciones 5 y Espejo, ésto coincidiendo con los resultados obtenidos con los hidrocarburos saturados puesto que son los sitios que se encuentran cercanos a las descargas; algunos de los compuestos identificados son el 2-metil/naftaleno; 2,6 dimetil/naftaleno; 1,3 dimetil/naftaleno; y 1,2 dimetil/naftaleno los cuales seguramente fueron introducidos por descargas de petróleo.

En cuanto al segundo muestreo hubo ausencia de estos compuestos metilados, ya que en su mayoría los compuestos aromáticos que se identificaron son de alto peso molecular, en donde el que se presente en mayor concentración fue el 1,2 benzo(a)antraceno el cual puede tener un origen pirolítico, probablemente debido a la combustión de fósiles (Youngblood, 1975).

Asimismo se ha señalado que el benzo(a)pireno y el benzo(ghy)perileno son considerados como los PAH's más peligrosos, debido a su potencial carcinógeno y los consecuentes riesgos para la salud humana, ya que se presentan en sitios con una alta industrialización o densamente poblados (Goldberg, 1979) y fueron detectados precisamente en las estaciones de Espejo y la estación No. 5.

Sintetizando, se puede observar que durante el mes de noviembre - además de que se presentaron las mayores concentraciones, asimismo se encontró un mayor número de compuestos, comparativamente - con el que se realizó en el mes de marzo. Esto nos habla de la estacionalidad que se puede estar presentando en dicho lugar, en donde factores ambientales como luz, temperatura, vientos favorecen que en cierta época del año se vea incrementada la degradación bacteriana, que junto con una mayor disolución de compuestos ayuda a que éstos puedan ser degradados más rápidamente a diferencia de otras, en donde estos compuestos tienden a acumularse tanto en la columna de agua como en sedimentos.

Por lo que respecta a los valores que se obtuvieron para la materia orgánica, éstos estuvieron comprendidos dentro del rango de - 1.52 hasta un 12.35%, lo cual nos habla acerca del aporte de materia orgánica que está recibiendo de la zona pantanosa que se encuentra adyacente a este cuerpo de agua, aunado a la escasa circulación que presenta el agua, lo cual ayuda a su acumulación.

CONCLUSION

El área del Río Calzadas y la del pantano que se encuentra adyacente, muestran en sus sedimentos hidrocarburos tanto biogénicos como el C_{25} , C_{27} y C_{29} que pueden provenir de vegetación terrestre o de organismos marinos, como antropogénicos como podrían ser el C_{18} y C_{20} que son típicos del petróleo crudo, los cuales al depositarse sobre los sedimentos pueden llegar a permanecer largos períodos de tiempo.

La escasa circulación del agua que existe en esta área favorece a su acumulación, por lo que también se ve favorecida la acumulación de materia orgánica que en esta área tiene valores altos y esto a su vez la convierte en una zona importantísima la cual es necesario resguardar y preservar de su desaparición, puesto que se debe de tomar conciencia de su relevancia en cuanto a zonas pantanosas se refiere, ya que su desaparición implicaría una pérdida irreparable, puesto que las condiciones que existen en sitios de esta naturaleza son únicas; por todo esto es necesario que se realicen estudios para que se logren encontrar las posibles soluciones a muchos de estos problemas y que su difusión sirva para que la comunidad tome real conciencia de los problemas que nos aquejan, ya que de no hacerlo, tal vez después sea demasiado tarde.

BIBLIOGRAFIA

- Albaigés J, J. Grimalt, J.M.Bayona, R.Risebrough, B.De Lappe y W.Walker. 1984. Dissolved, particulate and sedimentary hydrocarbons in a deltain environment. *Org. Geochem*, 6:237-248
- Alexander R, R.I.Kagi, S.J.Rowland, P.N.Sheppard y T.V.Chirila. 1984. The effects of thermal maturity on distributions of dimethylnaphthalenes and trimethylnaphthalenes in some ancient sediments and petroleum. *Geochim. Cosmochim*, 49:385-395
- Anderson J.W. 1977. Responses to sublethal levels of petroleum hydrocarbons: Are they sensitive indicators and do they correlate with tissue contamination? Wolfe (ed) *Fate and effects of petroleum hydrocarbons in marine ecosystems and organisms*. Pergamon Press, New York, 95-114
- Anderson J.W, R.C.Clark y J.Stegeman. 1974. Petroleum Hydrocarbons. *Marine Bivassays Workshop Proceedings*. Washington, D.C. 36-75
- Becerra T.N. 1984. Determinación de los niveles de hidrocarburos en el ostión Crassostrea Virginica de la Laguna de Términos Campeche, México. Tesis. Univ. Nal. Autón. México, 81 pp
- Blumer M, G.Souza y J.Sass. 1970. Hydrocarbons pollution of edible shellfish by on oil spill. *Mar. Biol.*, 5: 195-202
- Blumer M. 1976. Polycyclic aromatic compounds in nature. *Sci. Amer*, 243 (3): 34-45
- Blumer M y J. Sass. 1972. Oil Pollution: Persistence and degradation of spilled fuel oil. *Science*, 176: 1120-1122
- Blumer M y W. Youngblood. 1975. Polycyclic aromatic hydrocarbons in soils and recent sediments. *Science*, 188: 53-55

- Botello A.V. 1978. Presencia de hidrocarburos fósiles en sistemas costeros y estuarinos del Golfo de México. Tesis. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 155 pp
- Botello A.V. 1978. Presencia de hidrocarburos fósiles en ecosistemas estuarinos del Golfo de México. Rev. Biol. Trop, 26 (1): 135-151
- Botello A.V. y E.F.Mandelli. 1978. Distributions of n paraffins in sea-grasses, benthic algae, oysters and recent sediments from Terminos Lagoon, Campeche, México. Bull. Environ. Contam. Toxicol, 19 (2): 162-170
- Botello A.V. 1980. Cuantificación de un derrame petrolero ocurrido en la Laguna de Términos, Campeche, México. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 7(1): 169 - 176
- Botello A.V. y S.Castro. 1980. Chemistry and Natural weathering of various crude oil fractions from the Ixtoc-1 Oil spill. In. Proceedings of the Ixtoc-1. Researcher Pierce Cruise (NOAA) Miami, 387-407
- Botello A.V. y S.Macko. 1980. Presencia de hidrocarburos fósiles (n-parafinas) en sedimentos recientes de Lagunas costeras en el Pacífico de México. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 7(1): 159-168
- Botello A.V. y F.Mandelli. 1980. Organic Carbon Isotope Ratios of recent sediments from coastal lagoon of the Gulf of México. Geochim. Cosmochim, 44:557-559
- Botello A.V. y L.A. Soto. 1981. Cuantificación de hidrocarburos fósiles y metales pesados en sedimentos y organismos marinos en la Sonda de Campeche. Centro Cient. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 66 pp

- Botello A.V, J.A.Gofi y S.Castro. 1983. Levels of organic pollution in Coastal Lagoons of Tabasco, State, Mexico, I: Petroleum hydrocarbons. Bull. Environ. Contam. Toxicol, 31:271-277
- Botello A.V. y F. Páez Osuna. 1984. Evaluación geoquímica del Río Coatzacoalcos y áreas adyacentes 1982-1983. Informe final presentado al Centro de Ecodesarrollo. Univ. Nal. Autón. México. Inst. Cienc. del Mar y Limnol, 134 pp.
- Botello A.V. y F.Páez Osuna. 1986. El Problema Crucial: La Contaminación. Serie Medio Ambiente en Coatzacoalcos, Vol I. México. Centro de Ecodesarrollo, 180 pp.
- Castro G.S. 1981. Determinación de los niveles de hidrocarburos en sedimentos recientes y en el ostión Crassostrea virginica de la Laguna de Mecoaacán, Tabasco, México. Tesis. Univ.Nal Autón. México.
- Cecodes. 1981. Las lagunas costeras de Tabasco. Un ecosistema en peligro. Centro de Ecodesarrollo. 109 pp.
- Clark R.C. y M.Blumer. 1967. Distribution of n-paraffins in marine organisms and sediment. Limnol. Oceanogr, 12:79-87
- Contreras F. 1986. La riqueza del pantano. Serie Medio Ambiente en Coatzacoalcos, Vol.V México. Centro de Ecodesarrollo, 98 pp.
- Cooper J.E. y E. Bray. 1963. A postuled role of fatty acids in petroleum formation. Geochim. Cosmochim, 27:1113-1127
- Cortés J.M. 1985. Determinación de metabolitos del colesterol en el Río Coatzacoalcos, Ver. Por el método de cromatografía en fase de vapor. Tesis. Univ. Nal. Autón. México, 91 pp.
- Cuevas P.A, G.Flores y R.Castellanos. 1980. Cromatografía de gas como técnica para la identificación de fuentes de derrame de crudo. Rev. Inst. Mex. Petróleo, 12(4): 30-41
- Czochanska Z, M.Sheppard, R.J.Weston y D. Woolhouse. 1986. Organic geochemistry of sediments in New Zealand. Part I. A biomarker study of the petroleum seepage at the geothermal region of

- Dastillung M y P. Albrecht. 1976. Molecular test for oil pollution in surface sediments Mar. Poll. Bull, 7(1):13-15
- Day J.W. y Yáñez-Arancibia. 1978. Coastal Lagoons and estuaries ecosystems approach. Ciencia Interamericana. SCI OEA, 22(1) : 11-26
- Farrington J.W. 1985. Oil in the Sea. Inputs, fates and effects National Academy Press. Washington, D.C.
- Farrington J.W. y J.C.Quinn. 1975. Petroleum hydrocarbons in Narragansett Bay: Survey of hydrocarbons in sediments and clams (*Mercenaria mercenaria*). Estuarine Coastal. Mar. Sci, 1:71-79
- Folk R.L. 1974. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill. Pub. Co. U.S.A, 182 pp.
- Gaudette, H.E, W.R.Flight, L.Toner y D.W.Folyer. 1974. An inexpensive titration method for the determination of organic carbon in recent sediments. J.Sediment. Petrol. 44(1):249-253
- Gearing P, J.Newman, T.G.Lyttle y J.Sever. 1976. Hydrocarbons in 60 northeast Gulf of Mexico shelf sediments: a preliminary survey. Geoch. Cosmochim, 40:1005-1017
- Giger N. y M.Blumer. 1974. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the environmental; isolation and characterizations by chromatography, visible, ultraviolet and amass spectrometry. Anal Chem, 46:1633-1671
- Goldber E. 1975. La salud de los océanos. Unesco, 194 pp
- Gordon D.C. y J.Prouse. 1973. The effects of three oils on marine phytoplankton photosynthesis. Mar. Biol, 22:329-333
- Hase A. y R.A. Hites. 1976. On the origin of polycyclic aromatic hydrocarbons in recent sediments: biosynthesis by anaerobic bacteria. Geochim. Cosmochim, 40: 1141-1145
- Jones D.M, A.G.Douglas, et al. 1983. The recognition of biodegraded petroleum derived aromatic hydrocarbons in recent marine

- sediments. Mar. Poll. Bull, 14(3): 103-108
- Jones D.M, J.Rowland y A.S.Douglas. 1986. "Steranes as indicator of petroleum like hydrocarbons in marine surface sediments" Mar. Poll. Bull, 17(1): 24-27
- Keizer P, J.Dale y D.C.Gordon. 1978. Hydrocarbons in surficial sediments from the Scotian shelf. Geochim. Cosmochim, 42:165-172
- Lankford R.R. 1977. "Coastal lagoons of Mexico: Their origin - and classification " Estuarine Process, Vol 2. Academic Press Inc, U.S.A., 182-215 pp
- López M.C. 1975. Estudio sobre la posibilidad de contaminación petrolera en las lagunas ostrícolas de Mecoaacán y del Carmen Machona en el Estado de Tabasco, México. Tesis. Esc. Nal. Cienc Biol, 35 pp
- McCarthy J.F, B.Jiménez y T.Barble. 1985. Effect of dissolved humic material and accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons: structure, activity relationships. Aquatic. Toxicol, 7(1-2): 15-22
- Moore S.F. y R.L.Dwyer. 1974. Effects of oil on marine organisms A critical assesment of published data. Water Research, 8:819-827
- NAS. 1975. Petroleum in the marine environment. National Academy of Science. workshop on inputs, fates and the effects of petroleum in the marine environment. Washington, 107 pp
- Neff J.M. 1979. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment. Sources, Fates and Biological Effects. Applied Sci Publishers LTD. England, 262 pp
- Nishimura M y E.W.Baker. 1986. Possible origin of n-alkanes with a remarkable even-to-odd predominance in recent marine sediments. Geochim. Cosmochim, 50:299-305
- Odum W.E. 1970. Insidious alteration of the estuarine environment. Trans. Am.Fish, Soc, 99: 836-847

- Odum E.P. 1972. Fundamentals of Ecology. W. Saunders Comp, ---
575 pp
- Páez Osuna F, L.Fong-Lee y H.Fernández. 1984. Comparación de -
tres técnicas para analizar materia orgánica en sedimentos. An
Inst.Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nat. Autón. México, 11 (1)
257-264
- Perkins. E.G. 1974. The biology of estuaries and coastal wa --
ters. Academic Press. New York, 678 pp
- Ramírez G.P. 1975. Estudios biológicos dirigidos a la evalua -
ción de la contaminación en el Lago de Chapala. Tesis. Univ. -
Nal. Autón. México. 68 pp
- Risebrough N.W, B.W.Delappe, W.Walker, et al. 1983. Applica --
tion of the mussel watch concept in studies of the distribu --
tion of hydrocarbons in the coastal zone of Ebro Delta. Mar .
Poll. Bull, 14(5): 181-187
- Rzedowsky. J. 1981. Vegetación de México. Ed. Limusa. México
- Saliot A. 1981. Natural hydrocarbons in sea water. In: Duursma
E.K. and R. Dawson (ed). Marine organic chemistry evolution,
composition, interactions and chemistry of organic matter in -
sea water. Elsevier Oceanography series, 31, 521 pp
- Steering Committee for the petroleum in the Marine Environment.
Update. 1985. Oil in the Sea. Inputs, Fates and Effects. Natio
nal Academy Press. U.S.A, 601 pp
- Stevens N.P, E.E.Bray y E.D.Evans. 1965. Hydrocarbons in sedi-
ments of Gulf of Mexico. Assoc. Petrol. Geol. 40:975-983
- Toledo A. 1982. Petróleo y ecodesarrollo en el Sureste de Méxi.
co. Centro de Ecodesarrollo. México, 253 pp
- Toledo A. 1980. Evaluación de impactos ambientales y sociales
de la explotación de los hidrocarburos en el Golfo y Sureste -
de México. " Ecología básica del sistema pantanoso del Bajo -

- Río Coatzacoalcos ". Centro de Ecodesarrollo. 101 pp
- Toledo A, A.V.Botello y M.Herzig. 1987, El pantaño: Una riqueza que se destruye. Serie Medio Ambiente en Coatzacoalcos . Vol. XII. México. Centro de Ecodesarrollo, 140 pp
 - UNESCO. Lagunas Costeras. Investigación, presente y futuro. Technical paper in Marine Sciences 1981, 33:17-24
 - UNESCO. 1982. The determination of petroleum hydrocarbons in sediments. Manual and guides. No. 11. Intergovernmental Oceanographic Commission, 49 pp
 - Van Vleet E.S, R.H.Pierce, C.Brown y S.Reinhardt. 1984. Sedimentary hydrocarbons from a subtropical marine estuary. Org . Geochem, 5(4): 001-009
 - Van Vleet E.S. y S. Reinhardt. 1985. Inputs and fates of petroleum hydrocarbons in a subtropical marine estuary. Environ. International, 9:19-26
 - Van Vleet E.S, W.M.Sackett, I.Weber y S.Reinhardt. 1985. Input of pelagic tar into the Northwest Atlantic from the Gulf Loop Current: Chemical characterization and its relationships to weathered IXTOC-I Oil. Con. Journal Fish. Aquat. Sci, 40(2) : 14-22
 - Van Vleet E.S, W.M.Sackett, S.Reinhardt y E. Mangini. 1984. Distribution, Sources and Fates of floating oil residues in the eastern Gulf of Mexico. Mar. Poll. Bull, 15 (3): 106-110
 - Walker J.D, R. Colwell, M.C.Hamming y T.Ford. 1975. Extraction of petroleum hydrocarbons from Oil-Contaminated Sediments. Bull Environ. Contam. Toxicol, 13 (2): 245-249
 - Wood E.J, E.Odum y J.Zieman. 1969. Influence of sea grasses on the productivity of coastal lagoons. Lagunas costeras un simposio, 127 pp
 - Yáñez-Arancibia A. 1982. "Usos, recursos y ecología de la zona costera". Rev. Consejo Nal. Cienc. y Tecnol. CONACYT. Marzo - Abril. No. 43. Año VIII, 58-63

-Youngblood W.W. y M.Blumer. 1975. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the environment: Homologous series in soils and recent marine sediments. Geochim. Cosmochim, 39: 1305-1314

-Zobell C.E. 1971. Sources and Biodegradation of cancerogenic hydrocarbons. In: Proc. Joint. Conf. on Prevent. Control oil spills. Washington. American Petroleum Institute . 441-451