

00361
10
rej.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ciencias

**IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES PETROLERAS SOBRE LA VEGETACION
DE LA CUENCA MEDIA Y BAJA DEL RIO TONALA, MEXICO.**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL TITULO
DE MAESTRIA EN CIENCIAS (BIOLOGIA) PRESENTA**

Biol. Margarita E. Gallegos Martínez.

México, D.F. 1991.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

INTRODUCCION

ESTUDIOS SOBRE MANGLARES

- Características Generales
- Distribución
- Especies que constituyen el manglar
- Biogeografía
- Importancia Ecológica
- Tipos fisiográficos de manglar
- Estudios realizados en México
- Tensores
- Efectos del petróleo en el manglar

CONTAMINACION

- Aspectos Generales
- Tipos de contaminación
- Petróleo

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

- Localización
- Fisiografía
- Clima

METODOLOGIA

- Hidrología
- Vegetación
- Hidrocarburos

RESULTADOS

Hidrología

- Salinidad
- Temperatura
- Oxígeno

Tipos de vegetación

Manglar

- Manglar Ribereño
- Manglar de Cuenca

Selva Mediana Riparia

AGRADECIMIENTOS

En la realización de éste trabajo conté con el apoyo de varias personas a las que quiero hacer patente mi agradecimiento.

Al M. en C. Alejandro Novelo Retana y al Dr. Armando Báez P. quienes fungieron como directores de esta tesis, agradezco sus comentarios, sugerencia y apoyo que en todo momento me brindaron.

A los integrantes del jurado, Dra Blanca Pérez García, Dra. Alma Orozco Segovia, M. en C. Nelly Diego, Dra Ana Luisa Carreño y Dra. Martha González G. por sus críticas y valiosos comentarios.

Al Dr. Oscar Comas R., Jefe del Departamento de Hidrobiología por su apoyo en la impresión de este trabajo.

Al Dr. Alejandro Toledo Ocampo, quien me brindó la oportunidad de trabajar a su lado y aprender de su enorme calidad humana.

Al Dr. Vázquez Botello, por las facilidades en la realización del análisis de hidrocarburos.

A José Luis Martínez y Adriana Hernández con mucho cariño por la computadora, la laser y cada minuto de su tiempo invertido en escribir e imprimir este trabajo.

A Martha González y Ana Luisa Carreño, por sus críticas, apoyo y amistad en todo momento.

Al Biol. Francisco Contreras por su amistad, por su confianza y apoyo. A mis compañeros y amigos del Laboratorio de Ecosistemas Costeros.

A Rafael Acuña por su cariño, enorme paciencia y apoyo en la realización de gráficas y tablas.

A mi familia, por su amor y presencia.

A mi hijo a quien más amo.

RESUMEN

El Río Tonalá se localiza en la planicie costera del Golfo de México. En sus inmediaciones se han construido diversas instalaciones petroleras, las cuáles han afectado de manera importante a las diversas comunidades biológicas que ahí se desarrollan. Durante un ciclo anual se caracterizó hidrológicamente el área. Se caracterizó florísticamente el área. Se determinó el nivel de hidrocarburos presentes en los sedimentos y hojas de las distintas especies de mangle. Se identificaron y cualificaron, de acuerdo al esquema propuesto por Lugo (1978), los principales tensores que afectan al manglar.

Hidrológicamente el Río Tonalá tiene un patrón de circulación caracterizado como Estuario Parcialmente Mezclado y el Río Chicozapote y Laguna del Yucateco del tipo Verticalmente Homogéneo, fuertemente determinado por la época de lluvias. Los tipos de vegetación que se desarrollan en la zona son: Manglar Ribereño y de Cuenca, Selva Medina Riparia, Selva Baja Inundable, Palmar Inundable, Hidrófitas Enraizadas Emergentes, de Hojas Flotantes y Libremente Flotadoras. La concentración de hidrocarburos totales encontrados en sedimentos tiene un rango de 214 a 3,635 ppm (partes por millón), los cuales rebasan el valor de 70 ppm señalado para zonas costeras no contaminadas. En las hojas de mangle, la concentración de hidrocarburos totales tiene un rango de 410 a 4,010 ppm. La fracción aromática de hidrocarburos fue tres veces mayor a la fracción saturada, lo cual muestra un aporte de hidrocarburos de origen antropológico. En el análisis cromatográfico se detectaron compuestos derivados del petróleo en los sedimentos y hojas de la estación de muestreo número 3, cercana a la Petroquímica de La Venta. Actividades como la tala y quema del manglar, así como el dragado y construcción de caminos dentro del mismo, son los principales tensores que lo afectan y que corresponden a los tipos 1 a 3 del esquema de Lugo (1978), considerados como los más graves.

INTRODUCCION

La zona costera es uno de los ambientes naturales más productivos de la tierra, en donde interactúan el mar, la tierra las aguas epicontinentales y la atmósfera. Esto le confiere una dinámica ambiental que se traduce en un valor ecológico y económico relevante, al que se le suma la influencia del hombre como agente transformador (Yañez-Arancibia, 1986).

En la zona costera se obtiene más del 90% de la captura pesquera de la plataforma continental, se desarrollan pesquerías de importancia económica como por ejemplo el ostión y el camarón; también se localizan numerosos centros de desarrollo industrial turístico y urbanístico, cerca del 20% de la producción mundial de petróleo se obtiene de ésta zona y el 70% de la reserva del mismo yace en su subsuelo.

Nuestro país tiene 10,000 Km de litoral, 50,000 Km² de plataforma continental, 1,600,000 hectáreas de superficie estuárica y 12,500 Km² de lagunas costeras, en las costas del Pacífico, Golfo de México y el Caribe. A lo largo de ellas, desde Sonora hasta Chiapas y desde Tamaulipas a Quintana Roo, se desarrolla el manglar, una de las comunidades vegetales que generan gran parte de la productividad de la zona costera.

El manglar, biológica y sucesionalmente constituye la interfase entre el medio marino y el terrestre. Su productividad está sustentada en un grupo de árboles y arbustos que presentan adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permiten subsistir en un ambiente que presenta inundaciones periódicas, salinidad variable y suelos anóxicos, características que raramente se encuentran en otros medios.

El principal valor del manglar reside en su elevada productividad y el papel que juega en la protección de la línea de costa (Lugo y Snedaker 1974; Odum y Heald 1972, 1975). El manglar es un sistema abierto que utiliza los nutrientes aportados tanto por las aguas continentales como las marinas para transformarlos en materia orgánica mediante la fotosíntesis. Una parte importante de ésta materia orgánica la constituye la hojarasca, la cual es el punto inicial de transformación de la cadena trófica. Se ha calculado que el manglar puede exportar hacia los cuerpos de agua cercanos de 1 a 3 ton/ha/año de materia orgánica, señalando claramente que ésta exportación constituye solo el 10 o 20% del material foliar producido.

También se ha citado que tiene utilidad en la industria de la construcción, y en la turística (Hamilton y Snedaker, 1984). En

muchas áreas trópicas el manglar es la base de una cultura y economía muy especializada y dependiente que proporciona combustible, materiales de construcción e ingredientes para la industria textil (Morton, 1965; Saenger et al. 1983).

En el sureste de nuestro país, concretamente en la planicie costera del Golfo de México, en el delta del río Coatzacoalcos y Tonalá, desde principios de siglo, se vienen realizando diversas actividades relacionadas con la extracción, refinación y transporte de hidrocarburos, las cuales han culminado con el surgimiento del gigantesco complejo portuario-industrial de Coatzacoalcos-Minatitlán-Cosoleacaque (Toledo, 1986). Esta unidad de producción, sistemáticamente ha transformado y en la mayoría de las veces, ha destruido las unidades ecológicas de su entorno, como son los ríos, llanuras de inundación, estuarios, bahías, lagunas costeras y los recursos naturales que en ellas se desarrollan.

Las razones utilizadas para justificar el deterioro ambiental han sido esencialmente económicas. La producción de petróleo que México obtuvo durante algunos años, fundamentalmente de los estados de Veracruz, Tabasco y Campeche aportaron el 99% de la producción nacional total, lo que le permitió revertir su balanza de pagos de manera positiva en el año de 1973 (Merino, 1987).

En el área del río Tonalá, límite natural entre los estados Veracruz y Tabasco, el manglar presenta severas alteraciones, y en muchos sitios prácticamente ha desaparecido. Esto se debe a que intencionalmente ha sido objeto de diversas acciones, la mayoría de ellas relacionadas con el desarrollo de la industria petrolera. Todas estas actividades se han realizado sin contar con la información necesaria que permita un manejo y planeación adecuada de los recursos.

La carencia de información básica sobre las comunidades de la zona, y su sistemática destrucción y alteración, fué la razón fundamental que llevó al Centro de Ecodesarrollo a efectuar un proyecto general de investigación multidisciplinario llamado "Evaluación de los impactos ambientales y sociales de la industria petrolera en el sureste de México". Una etapa del programa lo constituye el estudio denominado *Petróleo y medio ambiente en los ríos Coatzacoalcos y Tonalá*, cuyo principal objetivo fue contribuir al análisis de los problemas que los procesos de modernización de las estructuras productivas plantean al mantenimiento de uno de los más valiosos recursos naturales de la Tierra, los Ríos. Para lograr dicho objetivo se realizaron investigaciones sobre contaminación por hidrocarburos y metales pesados en aguas, organismos y sedimentos, calidad del aire, hidrología, flora y fauna acuáticas, así como de los principales aspectos socioeconómicos de la zona. Algunos de los resultados parciales

presentados aquí se publicaron en la serie Medio ambiente en Coatsacoalcos, editada por el Centro de Ecodesarrollo (véase Gallegos, 1976). Sin embargo, la aportación de este trabajo radica fundamentalmente en ampliar el conocimiento de los manglares y el daño que les ocasionan los hidrocarburos y las actividades petroleras.

El presente trabajo, está basado en el estudio que se realizó en la comunidad del manglar que aún existe en las márgenes del río Tonalá, planteándose como objetivos fundamentales caracterizar hidrológicamente el área tomando como base las investigaciones realizadas por el equipo de la Universidad Veracruzana; obtener información para determinar la composición florística del manglar y el tipo de manglar que constituye, así como las principales comunidades acuáticas; determinar el nivel de hidrocarburos presentes en sedimentos y hojas del manglar e identificar y cualificar las alteraciones en el mismo.

ESTUDIOS SOBRE MANGLARES

Características Generales de los manglares

El término manglar se ha usado para describir un tipo de vegetación particular de las costas tropicales y subtropicales del mundo, que se caracteriza por colonizar suelos permanentemente inundados, anaeróbicos y con influencia salina.

Está constituido por especies predominantemente arbóreas aunque puede presentar vegetación herbácea en el estrato bajo, las cuales también están adaptadas a subsistir en éste medio ambiente. Su composición florística varía de acuerdo a las condiciones ambientales y a las comunidades circundantes (Walsh, 1974). Chapman (1975), señala que las adaptaciones morfológicas y fisiológicas más significativas del manglar que le permiten desarrollarse en suelos inundados, salinos y anóxicos son las siguientes:

- Los elementos arbóreos dominantes para llevar a cabo el intercambio gaseoso presentan modificaciones de sus sistemas radiculares, en forma de raíces zanco o bien como tapices de raíces de 10 a 40 cm de alto, que emergen del suelo en formas parecidas a espárragos denominados neumatóforos.

- Presentan una gran capacidad para mantener el balance osmótico de los tejidos por medio de mecanismos especializados para eliminar el exceso de sales.

- El viviparismo es un fenómeno convergente en algunas especies lo que significa mayor probabilidad de sobrevivencia de las plántulas.

- El sistema foliar es semejante entre los principales componentes del manglar en cuanto a forma, textura, color, succulencia, persistencia, estómas y sistema de venación.

- Las especies del manglar presentan un gradiente florístico estructural o zonación de acuerdo a su ubicación respecto al cuerpo de agua.

Distribución

El manglar se encuentra mundialmente distribuido dentro de la zona de los trópicos de Cáncer y Capricornio (23°30'N y 23°30'S),

ocupando del 60 o 70% de dichas costas (Saenger et al. 1983).

Ocasionalmente se pueden extender a latitudes superiores hasta los 30° lat N y 30° lat S pero con un desarrollo reducido, ya que no toleran lo riguroso del clima; presentan su máximo desarrollo estructural cerca del Ecuador (Chapman, 1977).

Especies que constituyen el manglar

En el continente americano el manglar esta constituido principalmente por cinco generos: *Rhizophora*, *Avicennia*, *Laguncularia*, *Conocarpus* y *Pelliceria*, y diez especies que se distribuyen a lo largo de ambas costas. En el Mar Caribe se desarrollan cuatro géneros y cuatro especies; *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*. En la costa Atlántica sudamericana el manglar lo forman cuatro géneros con siete especies; *Rhizophora mangle*, *Rhizophora harrisonii*, *Rhizophora racemosa*, *Avicennia germinans*, *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*. En la costa del Pacífico se desarrollan cinco géneros y ocho especies; *Rhizophora mangle*, *Rhizophora harrisonii*, *Avicennia germinans*, *Avicennia bicolor*, *Avicennia tonduzzi*, *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus* y *Pelliceria rhizophorae* (Cintron y Schaeffer - Novelli, 1983).

En el Océano Indico y costa Asiática del Pacífico se encuentra el mayor número de especies del manglar ya que de un total mundial de cincuenta y seis especies, en ésta región se presentan cuarenta y cuatro.

Biogeografía

Este contraste en el número de especies entre las regiones Indo-Pacífica y del Continente Americano, ha llevado a varios investigadores ha proponer su centro de origen en la región Indo-Malaya. De acuerdo con Ding Hou (1960) y van Steenis (1962) los géneros *Rhizophora* y *Avicennia* migraron desde éste centro de origen. Alcanzaron la región del Caribe durante el Cretácico Superior cuando no existía aún el Istmo de Panamá y desde ahí se dispersaron hacia la costa oriental de América del Sur y la costa occidental de Africa.

Sin embargo no existen manglares en las islas del Pacífico las cuales se localizan en ésta ruta de migración propuesta por Ding Hou (1960) y van Steenis (1962).

Al respecto, Chapman (1975) señala que el patrón de distribución de las especies es el resultado de los movimientos de las masas terrestres según explica la deriva continental. El señala que a finales del Cretácico y principios del Eoceno, la evolución de las angiospermas fue muy activa y muy probablemente para entonces ya se hubieran desarrollado especies halófitas. Debido a debido a su amplia distribución mundial, los géneros *Rhizophora* y *Avicennia* fueron los primeros en evolucionar, dispersándose por medio de sus semillas las cuales fueron llevadas por las corrientes desde su centro de origen en el suroeste de Asia, hacia el oeste.

Por ésta ruta colonizaron la costa este de Africa llegando hasta el Mediterráneo a través del Mar de Tetis. Desde ahí cruzaron el océano Atlántico que en ese período era aún muy joven y estrecho lo que facilitó su dispersión hacia el Nuevo Mundo, la inexistencia del Istmo de Panamá permitió que algunas especies colonizaran la costa oeste de América. Los cambios climáticos que con posterioridad se presentaron, eliminaron el manglar de la región mediterránea y el cierre del Mar de Tetis impidió la dispersión de las especies que evolucionaron más tarde en la región Indo-Malaya. Para Chapman (1975) ésta ruta de migración es poco probable ya que la gran distancia existente entre la costa este de Asia y la occidental de América seguramente debe haber dificultado la dispersión. La prevalescencia de bajas temperaturas en la parte sur de Africa, han impedido la llegada de las demás especies de mangle a América a través de ésta ruta.

Importancia ecológica

Para que el manglar presente un desarrollo óptimo, existen cinco condiciones necesarias y que de acuerdo con Walsh (1974) son las siguientes:

Temperaturas cálidas. Areas costeras donde la temperatura media del mes más frío sea superior a los 20°C, y la oscilación anual no exceda de 5°C.

Sustratos aluviales. Los manglares mejor desarrollados se localizan en costas deltáicas, donde predominan lodos finos ricos en materia orgánica.

Protección del oleaje y mareas fuertes. Niveles altos de energía causan erosión e impiden el asentamiento de las semillas.

Salinidad. Por ser halófitos facultativos se desarrollan en terrenos con influencia de agua salobre cuya oscilación tanto diurna como estacional óptima es entre 5 y 30 ‰.

Mareas. Las fluctuaciones y variaciones de la marea contribuyen a distribuir nutrientes, materia orgánica y sales en general, promoviendo un mejor desarrollo del manglar no sólo en su borde sino en toda su extensión.

Pannier y Pannier (1980) caracterizan al manglar como una unidad integrada autosuficiente, con componentes vegetales altamente adaptados a las condiciones especiales del medio en el que se desarrollan. El manglar es un sistema ecológico abierto, en lo referente al flujo e intercambio de energía y materia en sus fronteras con los ecosistemas que lo circundan, como son los ambientes terrestres, marino, atmósfera y sedimentos. El constante proceso de transformación de los suelos, su capacidad de síntesis de energía y materia orgánica y la acción de los factores ambientales particulares de su medio, dan como resultado que el manglar tenga un comportamiento dinámico que se refleje en su estructura florística y faunística.

Los manglares tienen un importante papel ecológico que ha sido reiteradamente señalado por numerosos autores. En lo referente al papel que desempeñan como productores primarios se sabe que el 30% de su producción neta en forma de hojas se exporta a las bahías adyacentes, contribuyendo a la producción pesquera costera. Esta disponibilidad de alimento permite que el manglar sea aprovechado por gran cantidad de organismos. Algunos son residentes permanentes del manglar, otros son de origen marino y solo usan el manglar como refugio o criadero durante sus etapas juveniles. Para la laguna de Términos, Campeche, Day *et al.* (1981), calcularon que el 43% de la productividad total de la laguna es aportada por el manglar. Odum y de la Cruz (1967) señalan que dos terceras partes de las poblaciones de peces en el mundo dependen del manglar, y calculó que en el Golfo de México del 80 al 90% de las pesquerías dependen del manglar durante uno o más estadios de sus ciclos de vida.

Son valiosos en la protección de la línea de costa ya que tienen una gran capacidad para estabilizar sedimentos y prevenir la erosión (Davis, 1938). Sostienen un gran número de especies de invertebrados y vertebrados a los que les proporcionan refugio, alimento y anidación (Cintrón, 1982).

Para el hombre son fuente inagotable de recursos que utiliza directa o indirectamente en diversas áreas productivas. Entre los principales usos que se reporta para los productos del manglar en diversas partes del mundo están los siguientes: madera para la construcción, taninos en tenerías y curtidurías, química farmacéutica y en la industria petrolera, carbón activado en la siderúrgica, refinación de azúcar, tratamiento de aguas, industria del caucho y embotelladoras, celulosa en la industria del papel, cartón y textil (Saenger *et al.* 1983). En algunas partes del mundo

también se le atribuyen cualidades medicinales y alimenticias (Morton, 1965).

Muchos factores ambientales determinan la posición de los individuos de cada especie en un manglar. En una franja se pueden observar variaciones en términos de exposición a la marea, gradientes de salinidad y diferentes tipos de suelos y texturas, así como distancia de tierra firme. Cada especie tiene adaptaciones que le permiten desarrollarse mejor en las condiciones de cada sitio y a un costo metabólico bajo. Esto quiere decir que se distribuye mayor cantidad de energía para crecimiento y reproducción lo cual permite a las especies ser más competitivas y dominantes lo cual conduce a una zonación de especies dentro del bosque del manglar (Cintron, 1982).

El mangle "rojo" *Rhizophora*, generalmente se encuentra en las orillas externas de las comunidades o bordeando los ríos y canales, lo cual se lo permiten su sistema de anclaje, el tipo de plantulas que produce, y los niveles de salinidad a los que se desarrolla (10-20 ‰), ya que en zonas hipersalinas lo hace pobremente. Los mangles "negro" y "blanco" (*Avicennia* y *Laguncularia*) toleran mayores niveles de salinidad y se desarrollan con mayor eficiencia en sustratos salinos (Carter *et al.*, 1973), por lo que son más abundantes en las partes internas de los bosques en donde la inundación puede ser menos frecuente. El mangle "negro" (*Avicennia*) es el más tolerante a la salinidad, se desarrolla perfectamente en salinidades de 60-65 ‰ y tolera hasta 90 ‰. El mangle "blanco" (*Laguncularia*) tolera alta salinidad pero tiene un mejor desarrollo en áreas con abundantes aportes de aguas dulce. El mangle "botoncillo" (*Conocarpus*) es una especie periférica que tiene poca tolerancia a la salinidad, pero que puede crecer en áreas inundadas con aguas salobres cuya salinidad sea menor de 5 ‰ (Cintron y Schaeffer-Novelli, 1983).

Tanto Davis (1938), como Mac Nae (1968), propusieron que la zonación de especies en el manglar representan el esquema sucesional de las mismas, en donde el mangle "rojo" es la especie pionera que prepara el camino a las demás, las que al desarrollarse progresivamente hacia el mar incrementan el terreno firme. Este esquema sugería que los manglares son los agentes de la progresión de las costas. Actualmente se considera que no son la única causa de ésta rápida progresión sino que responden a la dinámica de los patrones costeros.

Tipos fisiográficos de manglar

Los bosques de mangles presentan amplias variaciones en su

desarrollo estructural y en la distribución de las diferentes especies. Estas variaciones son la respuesta de los árboles a la suma total de los factores ambientales particulares de cada sitio, los cuales operan con diferente intensidad y frecuencia. Entre éstos factores destacan las fluctuaciones en la marea, disponibilidad de agua dulce y nutrientes terrígenos, la tasa de reciclamiento de estos, la frecuencia y periodos de inundación de la zona, el clima, las características físicas del sedimento, las características químicas del agua intersticial y sedimento, la salinidad, la frecuencia de huracanes, la presencia o ausencia de parásitos y enfermedades, la energía del oleaje, la edad del bosque y los contaminantes u otras actividades humanas. Odum *et al.* (1977) introdujeron el concepto de "huella energética" para describir las energías que actúan sobre un sistema (Fig. 1). Cada sistema se desarrolla para utilizar al máximo las energías disponibles, considerando sus fluctuaciones y periodicidades.

Lugo y Snedaker (1974) asumiendo que los manglares reflejan dicha huella energética, además de tomar en cuenta el relieve topográfico de las cuencas, la posición relativa al intercambio de agua por la marea y a la escorrentía de agua dulce, identifican varios tipos fisionómicos de comunidades de manglares:

1. **Manglares Ribereños.** Crecen en los cauces principales de los ríos hasta donde llega la máxima intrusión salina. Los flujos de agua son intensos y ricos en nutrientes lo cual conduce a un alto desarrollo de la vegetación. La especie dominante en las margenes y cerca de la desembocadura es *Rizophora*. La combinación de la descarga de agua dulce y la acción de la marea permite altos niveles de energía cinética en las margenes. Los manglares forman un complejo sistema de raíces que permiten un gran desarrollo de los árboles en suelos lodosos, sumamente blandos e inestables. No presentan problemas de acumulación de sales o falta de nutrientes debido al continuo o casi continuo flujo de agua dulce, el cual contribuye a la oxigenación de sustancias nocivas. La salinidad intersticial es variable a lo largo del año y generalmente más baja que en los demás tipos. En la parte superior del estuario pueden dominar otras especies como *Laguncularia*, *Avicennia* y *Conocarpus*. Son altamente productivos y la altura de copa alcanza 50 m o más en los bosques mejor desarrollados.

2. **Manglares de Borde o islote.** Crecen al borde del mar o de las margenes de costas protegidas, escollos o proyecciones de la costa. Se caracterizan por un lavado diario al estar sometidos a una fluctuación vertical de la marea la cual inunda y seca alternadamente el piso del manglar. Como resultado de éste frecuente intercambio de agua se evita la formación de fuertes gradientes físico-químicos. Los manglares sujetos a lavado inte-
nso

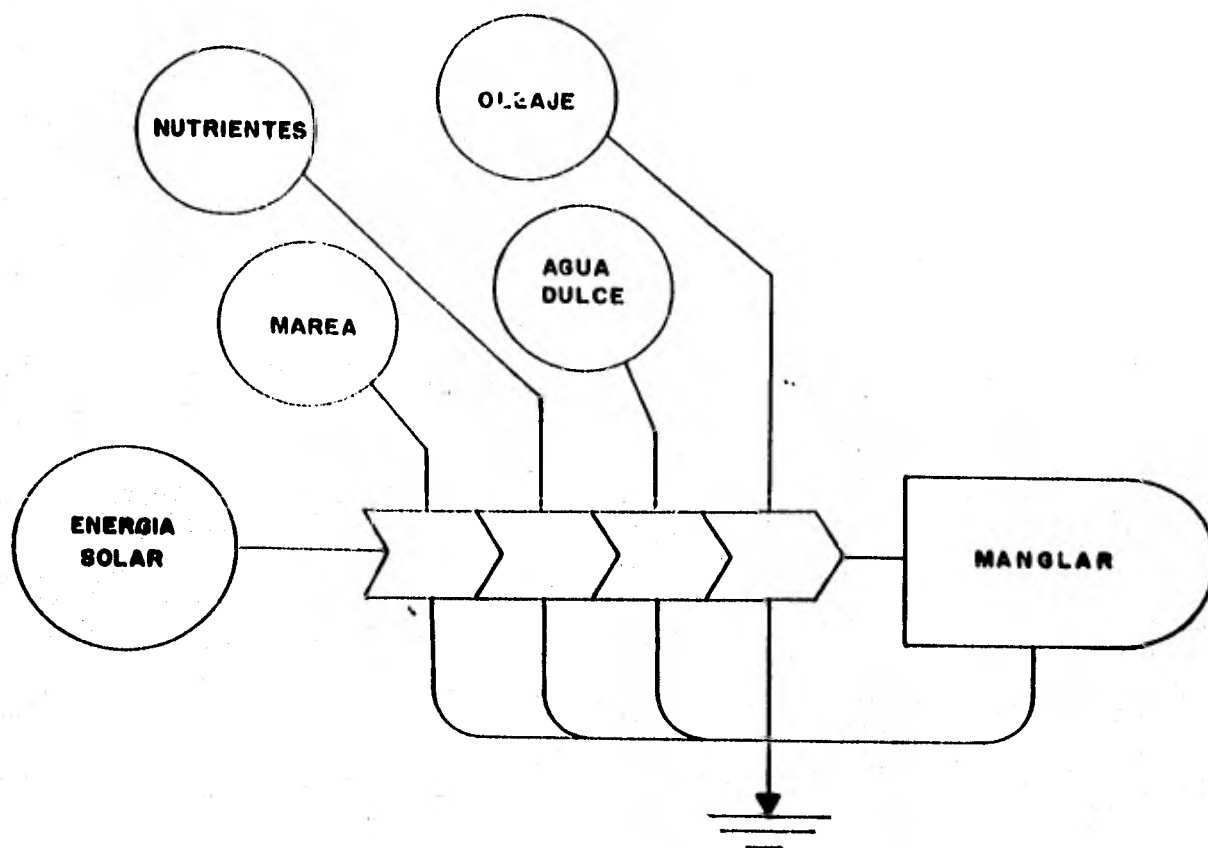


Fig. 1. - Concepto de "huella energética" propuesta por Odum et al. (1977)

son generalmente monoespecíficos, y en muchos casos están formados exclusivamente por *Rizophora*. En algunos manglares de borde, debido a la disipación de la marea se presenta un gradiente hacia el interior, con acumulación de sales y mayor diversidad de las condiciones físico-químicas del suelo. *Rizophora* es el género dominante hacia la parte externa, ya que su sistema de raíces le permiten asentarse en sedimentos poco consolidados e inestables. En las partes más internas y estancadas *Avicennia* sustituye a *Rizophora*. La estructura de estos bosques depende de la cantidad de nutrientes en las aguas que bañan a éstos bosques. El nivel de energía cinética a que está sujeto este tipo de manglar determina las características del mismo. Altos niveles de oleaje, flujos o corrientes de agua están asociados con la erosión y pérdida del bosque. Bajos niveles de energía cinética causan estancamiento, acumulación de sales y detritus y conducen a la elevación del suelo acentuándose aún más los gradientes físico-químicos.

3. Manglares de Cuenca. Se desarrolla en las partes más internas, detrás de los manglares ribereños o de borde. Son áreas de poco relieve con una renovación muy lenta de las aguas, siendo el movimiento de las mismas estacional. Los flujos son regulares sobre áreas de amplias dimensiones originando una uniformidad en las condiciones físicas y químicas del suelo. Estas características no permiten que se establezcan gradientes fuertes que lleven a una selección de especies y por lo tanto a una zonación definida. Las especies dominantes en este tipo de manglar son aquellas que presentan adaptaciones muy desarrolladas para proveer oxígeno a su sistema radicular y tolerar salinidades más elevadas que las que caracterizan a los de borde. Las especies que dominan son el mangle negro y el mangle blanco. El mangle negro predomina en las áreas de mayor salinidad y el mangle blanco en donde hay mayores aportes de agua dulce. Ambas especies poseen neumatóforos para ventilar su sistema radicular. El grado de desarrollo del manglar tipo cuenca depende de la magnitud de la escorrentía y frecuencia de inundación (hidroperíodo), en donde prevalecen flujos de agua débiles pero constantes hay oxigenación, transporte de nutrientes y mineralización. En las cuencas estancadas hay desoxigenación, salinización y reducción de la disponibilidad de nutrientes. Bajo estas condiciones de mayor adversidad el desarrollo estructural se reduce proporcionalmente. El manglar de cuenca puede ser monoespecífico o mixto y generalmente el mangle rojo se encuentra a lo largo de los canales que drenan las cuencas o en depresiones dentro de ellas.

4. Tipos especiales: Enanos y en forma de Hamacas. Bajo condiciones especiales los manglares pueden adquirir características diferentes a las descritas. Por ejemplo, los manglares de *Rizophora* de muy poco porte se desarrollan en turbas bañadas por aguas oligotróficas.

Donde las salinidades de las aguas intersticiales son elevadas, también se desarrollan árboles achaparrados. Estos árboles tienen un porte bajo y hojas de menor tamaño que las de los individuos que se desarrollan en sustratos menos salados.

Otro factor que contribuye al desarrollo de manglares enanos, es la temperatura y exposición a heladas periódicas. Manglares con árboles de poca estatura son comunes en los linderos latitudinales.

El manglar de tipo hamaca se desarrolla sobre depresiones en las cuales hay acumulación de materia orgánica.

El conjunto de condiciones ambientales que cada uno de éstos tipos refleja, son las que conforman y mantienen su fisonomía particular en las que se incluyen tanto las especies animales y vegetales que lo componen, y son también las que lo hacen susceptibles en mayor o menor grado a los tipos particulares de tenses ambientales.

Estudios realizados en México

La República Mexicana cuenta con extensas zonas ocupadas por manglar en ambas costas. Las especies que se desarrollan son *Rhizophora mangle*, *Rhizophora harrisonii* (Rhizophoraceae), *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus* (Combretaceae) y *Avicennia germinans* (Avicenniaceae). En la costa del Pacífico se distribuyen desde el oeste de Sonora y Baja California hasta Chiapas, y en el Golfo de México desde Tamaulipas hasta Quintana Roo en el Mar Caribe (Fig. 2).

Debido a que México tiene una posición geográfica transicional entre las zonas neártica y neotropical, es posible observar un cambio gradual en la composición del manglar. Lot-Helgueras *et al.* (1975) encontraron pequeñas comunidades de *Conocarpus erectus* y *Avicennia germinans* de talla y número reducidos en la Laguna Madre de Tamaulipas, límite norte de su distribución en el Golfo de México. Conforme se avanza de norte a sur los manglares se van haciendo más complejos florística y estructuralmente. Los que se desarrollan en las zonas tropicales, presentan una talla y riqueza florística mayores que los que crecen en las regiones subtropicales. Lot-Helgueras, *et al.* (1975) señalan que el número de especies del manglar disminuyen en un sentido sur a norte, debido a que responden a los cambios climáticos los cuáles varían a lo largo del gradiente latitudinal.

Los estudios realizados sobre los manglares en México son escasos a pesar de que estos ocupen extensas zonas. La mayoría de las investigaciones se han enfocado a los aspectos florísticos y

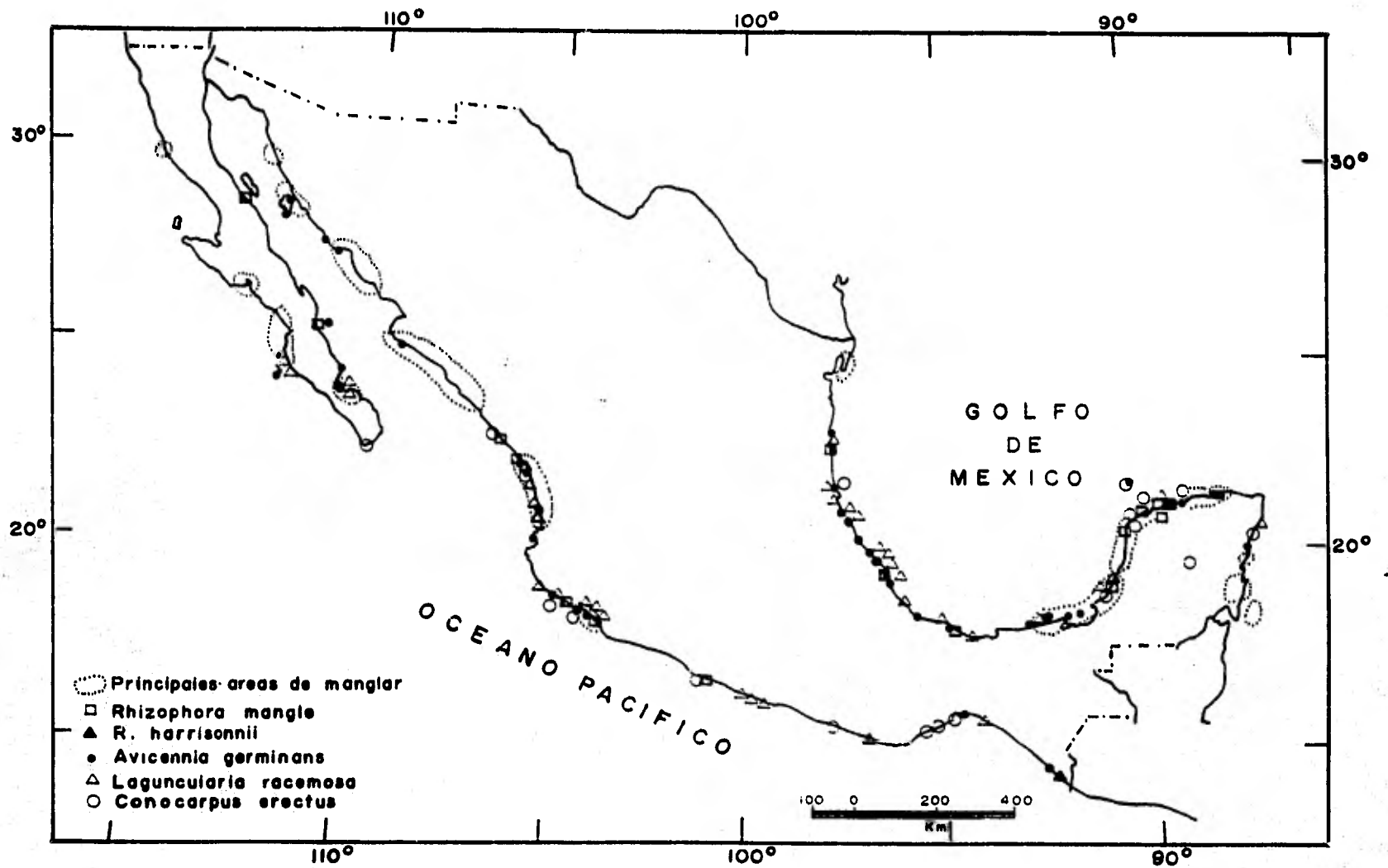


FIGURA 2. Principales áreas de distribución de manglar y especies dominantes de mangle, en la República Mexicana. Tomado de Lot y Novelo 1990.

ecológicos, con descripciones fisonómicas de la vegetación. Entre éstos tenemos los de Cuatrecasas (1958), Sánchez (1963), Thom (1967), Rzedowski (1978), Vázquez-Yanez (1971), Vázquez-Yanez et al. (1972), Lot-Helgueras et al. (1975), Menéndez (1976), Lot-Helgueras y Menéndez (1977), Novelo (1978), López-Portillo (1980), Gutierrez (1983), y Lot y Novelo (1990).

Los trabajos enfocados a los aspectos productivos del manglar también son escasos y se cuenta sólo con los de Rollet (1975), Pool et al. (1977), Rico-Gray (1979), Day, et al. (1981), Flores (1985), Flores et al. (1987), y Flores et al. (1990).

En algunos de éstos estudios se señala que el manglar esta siendo objeto de alteraciones por diversas acciones humanas entre las que destacan por su frecuencia: la tala y el azolvamiento por modificación de sus sistemas hidrológicos, así como por diversas acciones petroleras. Vázquez-Yanez (1971) y Menéndez (1976), informan que la tala de la vegetación y del manglar en las áreas cercanas a las lagunas de Mandinga y Sontecomapan en el estado de Veracruz, se ha incrementado en los últimos años generando graves repercusiones en la productividad y geomorfología de las mismas. Rico-Gray (1979) señala que la construcción del gasoducto Cactus-San Fernando trajo como consecuencia el cierre artificial de la barra de la Laguna de la Mancha, Ver., lo que ocasionó la mortalidad total de las plantulas.

En el estado de Tabasco, las actividades agropecuarias que se han realizado en las últimas décadas han ocasionado la desaparición de selvas, pantanos y manglares. Para el año de 1979 de un área de 68,170 ha de manglar, 40,960 habían sido desmontadas para actividades agropecuarias, reduciendose a 27,210 ha. Estas continúan siendo objeto de destrucción por las actividades petroleras que de manera intensa se vienen realizando en el estado (Plan estatal de desarrollo, 1979).

Tensores

El concepto "tensor" fue definido por Seyle en (1956) como "cualquier factor o situación que fuerce a un sistema a movilizar sus recursos e incrementar las cantidades de energía para mantener la homeostásis, y tensión es la respuesta del sistema al tensor". Odum (1957), describió las tensiones como drenajes de energía ya que dispersan los flujos energéticos potenciales, los cuales podrían utilizarse en trabajos útiles para el sistema.

Lugo (1978), revisó la respuesta del ecosistema del manglar a las tensiones naturales y humanas, particularmente a los derrames de petróleo, y trató de demostrar que las respuestas de los

manglares a una gran variedad de presiones, siguen patrones comunes los cuales pueden ser explicados con base en el conocimiento que actualmente se tiene del funcionamiento de éstos ecosistemas. Este autor clasificó los tensores y revisó las relaciones que guardaban con el ecosistema, sugiriendo que cuando todas las condiciones son iguales, la respuesta del ecosistema a un tensor depende del punto de operación del tensor sobre el sistema.

Los cinco tipos propuestos por Lugo (1978) son:

- Tipo 1. los que alteran la naturaleza de la fuente principal de energía.
- Tipo 2. los que desvían una porción de la fuente principal de energía antes de ser incorporada al sistema.
- Tipo 3. los que extraen energía potencial antes de que sea almacenada, pero después de haber sido transformada por la fotosíntesis.
- Tipo 4. los que extraen la energía almacenada (este tipo de tensor puede ser subdividido en 4a, cuando se tocan los factores limitantes para la fotosíntesis y tipos 4b a 4d los que remueven cualquier otra porción de la estructura del sistema).
- Tipo 5. los tensores que incrementan la tasa de respiración.

En la Figura 3 se muestra el diagrama en el que señalan el punto de ataque de dichos tensores en ecosistemas húmedos, y en la Tabla 1 se enlistan los distintos tipo de tensores tanto naturales como humanos que Lugo et al. (1980) identificaron.

Lugo et al. (1980) explican que los tensores tipo 1 y 2 son los que interfiere con las fuentes primarias de energía, y/o con los procesos iniciales de transformación energética del sistema, ocasionando que su recuperación sea lenta. Su acción se realiza sobre las plantas o sobre los factores que afectan directamente a la fotosíntesis como: nutrientes, luz solar y agua. Están considerados como los más severos de todos. Los tensores tipo 3, 4 y 5 actúan sobre flujos energéticos de calidad superior, sin afectar directamente los insumos energéticos, por lo que pueden permitir que la recuperación del sistema sea más rápida.

Como ejemplo de tensor tipo 1 mencionan al drenaje y la

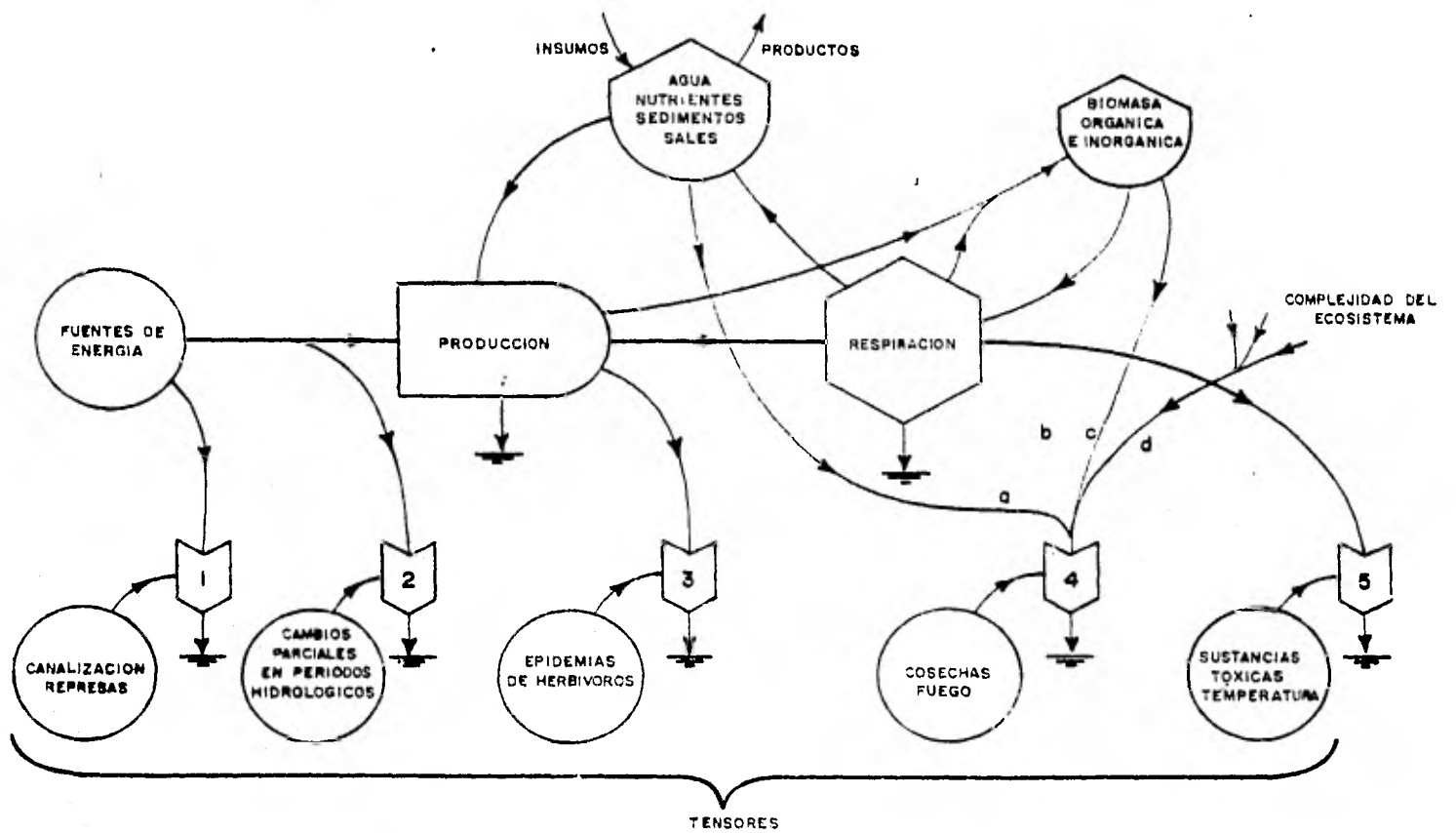


FIGURA 3. Diagrama que ilustra el punto de ataque de los tensores en ecosistemas húmedos. Tomado de Lugo et al. 1980.

Tabla 1. Tensores naturales y humanos que operan sobre el ecosistema del manglar, propuestos por Lugo et al., 1980.

TENSOR	FUERZA O FACTOR CASUAL	PUNTO PRIMARIO DE ATAQUE SOBRE EL ECOSISTEMA
Natural		
Baja temperatura	Frentes atmosféricos	Hojas (4b, 5, 2, 1)
Amplitud de alta temperatura	Gradiente latitudinal	Complejidad estructural (4d, 5, 1)
Hipersalinidad	Aridez del clima o falta de flujo de mareas o escorrentía	Complejidad estructural (4d, 5)
Baja fertilidad	Factores edáficos o falta de insumos terrestres	Complejidad estructural (4a, 4d)
Sedimentación (aguda)	Huracanes o inundaciones	Intercambio gaseoso radicular, asimilación de agua y nutrientes (4a,5)
Acción del viento	Fuertes vientos	Complejidad estructural (4b, 4d)
Alta energía de las olas	Movimiento de aguas	Complejidad estructural (4a, 4b, 4c)
Acumulación de sulfuro de hidrógeno	Estancamiento de aguas	Respiración radicular y de sedimentos (5)
Inundaciones crónicas	Huracanes o grandes inundaciones	Intercambio gaseoso radicular y de sedimentos (4a, 5, 1)
Cambio en patrón de drenaje	Huracanes o cambios geológicos	Complejidad estructural (1, 2, 5)
Epidemias de herbívoros	Cambios ambientales desconocidos	Plantas (3, 4b)
Humano		
Alta temperatura y amplitud de alta temperatura	Enfriamiento de centrales generadoras	Complejidad estructural, hojas, plantulas (2, 4d, 5)
Cobertura de petróleo	Derrames accidentales	Intercambio gaseoso de superficies cubiertas por petróleo, hojas (2, 5)
Fuego	Provocado por el hombre	Complejidad estructural (4a, 4b, 4c, 4d)
Drenaje crónico	Canalización, construcción de caminos, diques	Complejidad estructural y todos los procesos de los ecosistemas (1)
Cosechas excesivas	Necesidades humanas	Plantas (4)
Herbicidas	Guerra	Hojas y retoños (2, 4b)
Relleno o sedimentación (crónico)	Actividades de construcción	Complejidad estructural e intercambio gaseoso (1, 5)
Escorrentía de metales pesados	Escorrentía de sistemas urbanos	Depositado en hojas y sedimento
Inundaciones crónicas	Diques, construcción de caminos	Intercambio gaseoso radicular y de sedimentos (4a, 5, 1)

canalización, pues estos tienen un efecto sobre los ciclos de la materia reduciendo el ingreso de nutrientes, agua dulce y materia orgánica al manglar. Como tensores tipo 2 están el aumento de la temperatura la cual tiene una acción sobre los procesos respiratorios, pues incrementa la tasa a la que se llevan a cabo. También mencionan como tensor tipo 2 a la sedimentación excesiva ya que interfiere con el reciclaje de nutrientes e intercambio gaseoso. Dentro de los tensores tipo 3 mencionan las epidemias de herbívoros, las cuales tienen un efecto en la producción. Como ejemplos de tensores tipo 4 mencionan la tala de árboles, huracanes y herbicidas los cuales remueven la estructura del manglar, siendo más grave la tala ya que ésta remueve real y totalmente la estructura, mientras que los huracanes y herbicidas dejan mucha de ésta dentro del sistema. Los tensores tipo 5 pueden precipitar procesos naturales, y como ejemplo proponen la defoliación rápida debido a la acción de un herbicida, petróleo ó cualquier otra sustancia tóxica, en lugar de la caída normal de las hojas senescentes. También son tensores que aceleran los procesos naturales, las altas tasas de remineralización, respiración o exportación de material debido al incremento de los flujos de agua o a la elevación de la temperatura. Otros tensores eliminan rutas naturales, por ejemplo la sedimentación excesiva dificulta el intercambio de minerales y gases entre la rizosfera y la columna de agua y la atmósfera.

Odum y Johannes (1975), después de revisar la información existente sobre la respuesta del manglar a tensores como fluctuaciones de salinidad, herbicidas, enriquecimiento de nutrientes, sedimentación, contaminación por petróleo, inundaciones prolongadas y tensión térmica, señalan que el intercambio gaseoso entre las raíces y los sedimentos, eran el "talón de Aquiles" de los manglares.

Para Lugo, *et al.* (1980) la mayor parte de los tensores, después del efecto inicial impactan otras partes del sistema por efecto secundario y estos efectos secundarios pueden encubrir el impacto inicial. Para descubrir el efecto de cada tensor es necesario incrementar las investigaciones experimentales que permitan comprender los mecanismos de acción de cada uno de ellos.

La información existente sobre los efectos de diversos tensores además de la mencionada en párrafos anteriores no es muy amplia (Cintrón *et al.* 1982), carece de estudios experimentales así como de un programa permanente de monitoreo. Dentro de los estudios más representativos tenemos el de Cintrón *et al.* (1980) quienes revisaron los efectos de la hipersalinidad en el manglar; Lugo y Patterson Zuca (1977) estudiaron los efectos de la baja temperatura atmosférica; Kolehmainen, *et al.* (1974) las altas temperaturas del agua; la alta y baja tasa de intercambio de agua la estudiaron

Hicks y Burns (1975); los efectos que genera la construcción de carreteras lo realizó Patterson Zucca (1982); el efecto de los metales pesados Harris (1973) y Pannier y Pannier (1980); los efectos provocados por herbicidas Ross en (1975) y el del petróleo, Lewis (1983, 1989), Linden y Jernelov (1980) y Jernelov y Linden (1983).

Contaminación por petróleo en el manglar

Gran parte del petróleo mundial se produce y transporta en las costas tropicales y subtropicales. El hecho de que el manglar ocupa el 70% de éstas costas, además de localizarse en la ruta de transporte de hidrocarburos y de poseer un hábito intertidal, los hacen potencialmente vulnerables a la contaminación por petróleo.

Vandermeulen y Gilfillan (1985) señalan que el término **vulnerabilidad** se usa para denotar la probabilidad de que un sistema u organismo entre en contacto con hidrocarburos del petróleo, mientras que **sensibilidad** describe el grado de daño tóxico o impacto que éste pueda sufrir. Por lo tanto, un organismo benthónico puede ser más sensitivo a la toxicidad del petróleo y menos vulnerable a derrames superficiales, que un organismo que habita las aguas superficiales. Como los manglares generalmente se desarrollan en lodos suaves y sedimentos salinos intermareales, localizados en las rutas de transporte de hidrocarburos y tienen un sistema de raíces, neumatóforos y lenticelas, esto los hace vulnerables al petróleo, así como también sensibles al mismo.

Cuando se habla de contaminación por petróleo en los trópicos, normalmente se hace referencia a los derrames accidentales masivos de impactos graves y espectaculares, y se le da poca atención a la contaminación crónica. Lo poco que se conoce sobre el efecto del petróleo en los manglares se ha obtenido a través de las observaciones realizadas durante los derrames siendo escasos los estudios realizados en el laboratorio.

Como efecto de los derrames, se han observado diferentes tipos de respuestas en los manglares impactados, las cuales van desde mortalidad masiva y/o lenta recuperación, hasta daños leves y recuperación rápida. Dichas respuestas se propone que dependen de la diversidad y tipos de manglar afectados, así como a las diferencias en las condiciones de duración, magnitud y tipo de material derramado.

La forma en que el petróleo afecta a los manglares no está bien entendido desde el punto de vista fisiológico, pero parece ser que actúa de dos maneras importantes que son; a)

ahogamiento y cubrimiento directo de neumatóforos y lenticelas de las raíces aéreas, y b) por acción fitotóxica sobre el crecimiento de plántulas y árboles (Page *et al.* 1985). Estos mismos autores consideran que ésta última puede estar interfiriendo con el mecanismo de desalinización en el sistema de raíces.

Una respuesta fitotóxica al petróleo es la defoliación de los árboles (Getter, *et al.* 1981, 1985), de la cuál tampoco se conoce el mecanismo fisiológico. La defoliación no implica necesariamente la muerte de los árboles pero en muchos casos el estrés que se genera ha llevado a una mortalidad extensiva de los mangles. Getter *et al.* (1981) señalan que esto se debe a que la defoliación permite más penetración de luz hasta el piso del bosque elevando con esto la temperatura y salinidad del suelo.

En algunos estudios de laboratorio en los que se ha analizado la respuesta de un gran número de organismos y procesos biológicos, a bajas concentraciones de hidrocarburos, se ha encontrado que se presentan alteraciones en el crecimiento, fecundidad, densidad de las poblaciones y estructura de las comunidades, respiración, fotosíntesis, producción de ATP, comportamiento y anomalías citogenéticas (NAS, 1985). La exposición continua a bajas concentraciones de hidrocarburos, puede debilitar las comunidades y retardar o impedir su recuperación de otras perturbaciones. Estos resultados han llamado la atención y por lo tanto se le da ahora mayor importancia a los efectos de la contaminación crónica por petróleo.

Aunque no existe un programa de monitoreo para determinar las fuentes crónicas de aportes de hidrocarburos en las áreas de manglar, se cuenta con datos de otros programas como el de breas y alquitranes (Corredor *et al.* 1983, Romero *et al.* 1981), los cuales muestran una estrecha coincidencia entre las rutas de los tanques petroleros y campos petrolíferos y las zonas de mayor concentración de breas y alquitranes.

Vandermeulen y Gilfillan (1985) señalan que las actividades que generan el mayor aporte permanente de niveles bajos de petróleo son la navegación, el bombeo y los derrames ocasionales. Como fuentes crónicas de hidrocarburos están las instalaciones marinas en la zona costera y las actividades industriales como las refinerías.

Además del peligro que representan para los manglares los aportes crónicos de petróleo por sí mismos, existen una gran cantidad de actividades relacionadas con la exploración y desarrollo del petróleo y gas, que también los impactan.

Dentro de éstos son frecuentes los impactos realizados por los

dragados para las rutas de los oleoductos y la implementación de accesos o construcción de caminos a las plataformas o campos petrolíferos (Patterson-Zucca, 1982); tala y quema del manglar (Lugo *et al.*, 1980; Cintron *et al.*, 1982); contaminación por metales pesados (Linden y Jernelov, 1980) los cuales se dan de manera cada vez más intensa.

La combinación de varias fuentes de contaminación lleva a un estrés ambiental mayor, en donde la contaminación por hidrocarburos es solo una parte de la presión total de la contaminación. Todas estas acciones actúan como tensores los cuales generan diversos tipos de respuesta en la comunidad del manglar.

CONTAMINACION

Aspectos generales

La contaminación marina ha sido definida como "La introducción directa o indirecta de sustancias o energía en el medio marino (incluyendo estuarios y lagunas costeras) por el hombre. La contaminación resulta en efectos deletéreos a los recursos bióticos, peligro a la salud humana, alteración de las actividades marinas, incluyendo la pesca, menoscabo de la calidad del agua y la reducción de su valor recreativo" (Joint Group of Experts on the Scientifics of Marine Pollution, GESAMP, 1977).

Desde este punto de vista, las alteraciones al ambiente se iniciaron en la tierra desde que el hombre apareció hace miles de años, pero los problemas originados por la contaminación se hicieron aparentes después de la revolución industrial, a finales del siglo XIX, y desde entonces hasta la fecha, el grado y severidad de la contaminación ha estado incrementándose paulatinamente (Botello, 1978). El medio marino ha resentido los efectos de la contaminación, especialmente en las áreas costeras y estuarinas, siendo frecuentes y alarmantes los siguientes impactos:

1. Incremento de derrames petroleros y presencia de breas y alquitranes sobre la superficie de mares y playas cercanas a las principales rutas de transporte (NAS, 1975; Goldberg 1979).
2. Mayor número de reportes de la presencia de altas concentraciones de metales tóxicos en ciertos peces y organismos marinos de importancia comercial (Goldberg, 1979).
3. Una distribución más amplia de los residuos de hidrocarburos organoclorados en organismos marinos de las diferentes regiones geográficas marinas.

Tipos de contaminación

De acuerdo con Botello (1982), los contaminantes presentes en el medio marino pueden dividirse en dos distintas categorías: naturales y artificiales.

Los primeros son producto de procesos naturales, e incluyen dentro de esta categoría a los componentes no refinados del petróleo, metales pesados como el mercurio y cadmio, así como sustancias nutritivas derivadas del nitrógeno y fósforo.

La influencia del hombre ha ocasionado que el flujo de éstos compuestos en el medio se haya acelerado, y además el estudio de su comportamiento es complicado ya que es necesario distinguir entre las concentraciones naturales y las cantidades introducidas a través de las diversas actividades humanas, las cuales pueden fluctuar significativamente en tiempo y lugar.

Los contaminantes artificiales son aquellos que no se encuentran de manera natural, sino que han sido sintetizados por el hombre, como son ciertos productos refinados del petróleo, hidrocarburos halogenados como el DDT y los bifenilos policlorinados (PCB), plásticos, detergentes y elementos radioactivos. Normalmente no existen concentraciones naturales de ellos en el ambiente, por lo que su sola presencia en los estuarios y zonas costeras son indicadores de contaminación. Este amplio grupo de contaminantes es generalmente más persistente y peligroso que aquellos de tipo natural, debido a que los ecosistemas no son capaces de utilizarlos, degradarlos o reciclarlos.

El petróleo se enmarca dentro de ésta definición, y la magnitud de sus efectos, daños, peligro, alteración u otros, que pueda ocasionar su presencia, depende básicamente de la cantidad introducida, permanencia y tipo de ecosistema que es impactado. En el presente estudio sólo se analizarán los efectos del petróleo, por lo cual sólo de este compuesto se mencionan sus principales propiedades.

Petróleo

El petróleo es una mezcla de compuestos con diferentes propiedades físicas y químicas, las cuales varían de acuerdo a su origen y tienen diferente peso molecular. Los productos derivados del petróleo bruto constan de un 50 a 98% de hidrocarburos y el resto son compuestos que contienen Oxígeno, Nitrógeno y Azufre.

Los hidrocarburos son compuestos que contienen únicamente átomos de carbono e hidrógeno. Pueden subdividirse en cuatro categorías dependiendo de su punto de ebullición y complejidad estructural:

- a. Hidrocarburos parafínicos o alcanos.
- b. Hidrocarburos nafténicos o cicloalcanos.
- c. Hidrocarburos aromáticos.
- d. Hidrocarburos alquénicos.

Las fuentes más importantes de hidrocarburos fósiles en el océano y zonas costeras son los hidrocarburos de origen biológico

y los hidrocarburos del petróleo y sus derivados.

Los hidrocarburos biogénicos se encuentran de manera natural en los detritus orgánicos de plantas y animales en descomposición, tanto marinos como terrestres.

Los derivados del petróleo pueden ser introducidos por filtraciones naturales de éste en los fondos marinos, desechos y accidentes de las actividades petroleras, o a través de los ríos y transporte atmosférico de partículas.

En los últimos años el interés por la contaminación por petróleo ha aumentado de manera importante debido a la gran cantidad de accidentes petroleros y a las altas concentraciones de éstos detectadas en aguas, sedimentos y organismos. A nivel mundial se han realizado estudios y recopilado información con el objetivo de tener una visión general del grado de contaminación de los mares y océanos y tomar medidas en el control de las mismas.

Algunas estimaciones indican (NAS, 1975), que un total de 6.2 millones de toneladas de petróleo crudo son introducidas accidentalmente al océano a través de diversas fuentes, siendo la transportación marítima la que más contribuye (2.2 millones de ton/año).

Farrington (1985), señala que del total de petróleo derramado al océano, el 28% tiene un destino final en las zonas costeras. En las playas la contaminación por hidrocarburos se hace visible como breas y alquitranes, sobre la superficie del agua como manchas de aceite. También se encuentran hidrocarburos disueltos en la columna de agua o en forma de pequeñas partículas, o adsorbidos sobre material en suspensión, que son las formas más accesibles a los organismos. Además se les puede encontrar acumulados en los sedimentos, mientras son intemperizados y biodegradados.

Existe una compleja interacción de los hidrocarburos con el ambiente y los organismos de cada ecosistema en particular, tanto en espacio como en tiempo, lo que hace difícil establecer un patrón o clasificación general de contaminación. Generalmente se emplean términos como "contaminación crónica", el cual indica una introducción continua de hidrocarburos en niveles letales o subletales, y el término "contaminación aguda" señala un grado extremo de contaminación letal o casi letal. No existe una distinción clara entre los límites y alcances de los diferentes niveles de contaminación.

Clark y Finley (1973) definen tres niveles de contaminación basándose en el aspecto externo de la superficie del agua:

1. Nivel alto. Gran cantidad de petróleo como en el caso de los derrames.
2. Nivel moderado. Presencia de manchas de aceite en la superficie durante largos períodos de tiempo.
3. Nivel bajo-persistente. Cuando los hidrocarburos provienen de diversas fuentes, pero no son visibles de manera continua las películas de aceite sobre la superficie.

Los derrames pueden ser desde aquellos cuya magnitud ocasionan la muerte de gran parte de las comunidades biológicas y la desolación del área (que son más comunes en zonas litorales), hasta los de menor impacto que afectan parcialmente a sus miembros.

No tan evidente como un derrame es la introducción continua de hidrocarburos en bajas dosis a los ecosistemas. Las concentraciones de hidrocarburos pueden ser tales que limiten la presencia de comunidades vivientes en las áreas afectadas, presentandose una contaminación crónica-letal.

En otras ocasiones las concentraciones de hidrocarburos son bajas de manera que no afectan en forma visible a las poblaciones, pero sí propician la acumulación de sustancias tóxicas en los organismos. Los efectos son evidentes a largo plazo, e incluyen la transmisión de éstas sustancias a la población humana. Este tipo de contaminación se conoce como crónica-subletal. En la zona costera son especialmente importantes éstos casos de contaminación subletal.

Los efectos del petróleo y sus derivados sobre la biota pueden variar dependiendo de un gran número de factores, los cuales pueden actuar solos o en combinación, por lo que los daños biológicos dependen principalmente de:

a) El tipo de petróleo derramado, su composición y características, en especial el contenido de compuestos aromáticos de bajo peso molecular, los cuales son considerados como los más tóxicos entre los hidrocarburos. En la práctica se ha confirmado que ejercen mayor toxicidad los compuestos de refinación del petróleo que el petróleo bruto (Moore y Dwyer, 1974).

b) El grado de intemperismo del petróleo.

c) La forma en que se encuentra en el medio; ya sea en solución, en emulsión, en suspensión o disperso, será fácilmente asimilado por los organismos; mientras que adsorbido en material particulado tenderá a sedimentarse.

d) La concentración a la cuál los organismos se encuentran expuestos y la duración de la exposición.

e) La especie o grupo de individuos de que se trate (plancton, necton o bentos).

f) La etapa de desarrollo de las especies, ya que las formas larvarias y juveniles son más sencibles a la presencia de hidrocarburos fósiles que los organismos adultos.

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

h) Los procedimientos de limpieza del petróleo, principalmente si durante éstos se emplean dispersantes los cuales facilitan el contacto directo del petróleo con los organismos marinos.

Es importante realizar estudios que permitan determinar los niveles de hidrocarburos en ecosistemas que no esten visiblemente afectados pero que se sospecha reciben aportes de hidrocarburos. Esto puede permitir conocer las dosis subletales que el ecosistema puede soportar, y por lo tanto las medidas a tomar para la evaluación y control de la contaminación.

Los estudios sobre contaminación por petróleo tienen varios problemas que dificultan su evaluación. El problema analítico es crucial ya que no hay técnicas generalmente aceptadas para su análisis, y por lo tanto son escasos los datos sobre el contenido de petróleo en aguas, organismos y sedimentos. Como existen varias fuentes de hidrocarburos, la determinación del origen de una muestra es sumamente difícil.

Es común que los estudios de contaminación por hidrocarburos en las áreas afectadas se enfoquen básicamente a la evaluación del daño a las comunidades biológicas, a la alteración de algunos parámetros ambientales, determinación de los niveles de hidrocarburos en aguas, sedimentos y organismos. Estos ocasionalmente se complementan con estudios de laboratorio como son los bioensayos sobre dosis tóxicas o subletales y experimentos sobre intemperismo, biodegradación y otros, de los diversos compuestos del petróleo (Moore y Dwyer, 1974). Estos resultados con mucha frecuencia no pueden ser comparados ya que existe una diversidad de técnicas, organismos, condiciones y parámetros experimentales utilizados durante los bioensayos, que no han permitido determinar patrones de niveles letales y subletales para los organismos de diferentes ambientes (Anderson 1977). Por lo tanto, tampoco existe un patrón general que defina los grados de contaminación por petróleo.

Sin embargo en las zonas costeras se ha generalizado la determinación de la concentración de hidrocarburos en moluscos bivalvos, los cuales tienen la capacidad de acumular contaminantes en concentraciones subletales, por lo que son utilizados como organismos índice de contaminación en general (Clark y Finley, 1973). Es evidente que la comparación de resultados debe hacerse tomando en cuenta las técnicas y organismos implicados.

AREA DE ESTUDIO

Localización

El Río Tonalá constituye junto con el Río Coatzacoalcos una unidad hidrológica que se localiza desde los 16° 37' a 18° 20' latitud norte y 93° 26' a 95° 46' longitud oeste. El Río Tonalá nace en los límites de los estados de Veracruz, Tabasco y Chiapas, en la Sierra Madre de Chiapas a unos 1,000 metros de altitud por la unión de los ríos Pedregal y Playas (Fig. 4).

Prácticamente en todo su recorrido sirve como división política natural entre los estados de Veracruz y Tabasco, llamándose en su tramo inicial Río Pedregal. Su cauce principal sigue una dirección general NNO de modo que hacia la orilla izquierda el área drenada total (2,344 km²) pertenece al estado de Veracruz. Hacia la margen derecha en el estado de Tabasco, el área es de 3,335 km², lo cual da un total de 5,679 km², índice de la gran importancia. Este río también es navegable en estiaje en más de 300 km de su recorrido total, incluidos sus afluentes. En su recorrido, el río toca poblaciones como Francisco Rueda, Las Choapas y Tonalá.

La longitud total del cauce principal es de 150 km; de éstos 120 se desarrollan abajo de los 200 metros de altitud, lo que da lugar a un tramo sinuoso con algunas lagunas hacia la parte final del recorrido.

Los afluentes veracruzanos de arriba hacia abajo son: el río Playas o Xocoapan que nace en el cerro del Mono Pelado, tiene una dirección general hacia el noreste, pasa por Pueblo Viejo y San Pedro y entra al Tancochapa, nombre del Tonalá en su curso superior, a 10 km aguas arriba de Francisco Rueda, Tabasco. En la parte baja de su recorrido el Tancochapa recibe la aportación de los arroyos Pesquero y Piedras.

Por la margen derecha, como afluentes tabasqueños entran en sucesión los ríos Zanapa, Blasillo y el Chicozapote. De ellos el más importante es el Zanapa, que tiene como afluentes izquierdos a los arroyos Mosquitero, Hondo Chico y Hondo Grande; éstas tres corrientes siguen una dirección hacia el noroeste y forman una laguna alargada conocida como Laguna Rosario. No obstante la importancia de éste río, no se cuenta con ninguna estación hidrométrica, a pesar de que las mareas lo afectan en una gran longitud arriba de su desembocadura (Boletín Hidrológico 37).

Fisiografía

Desde el punto de vista geológico, el área de estudio

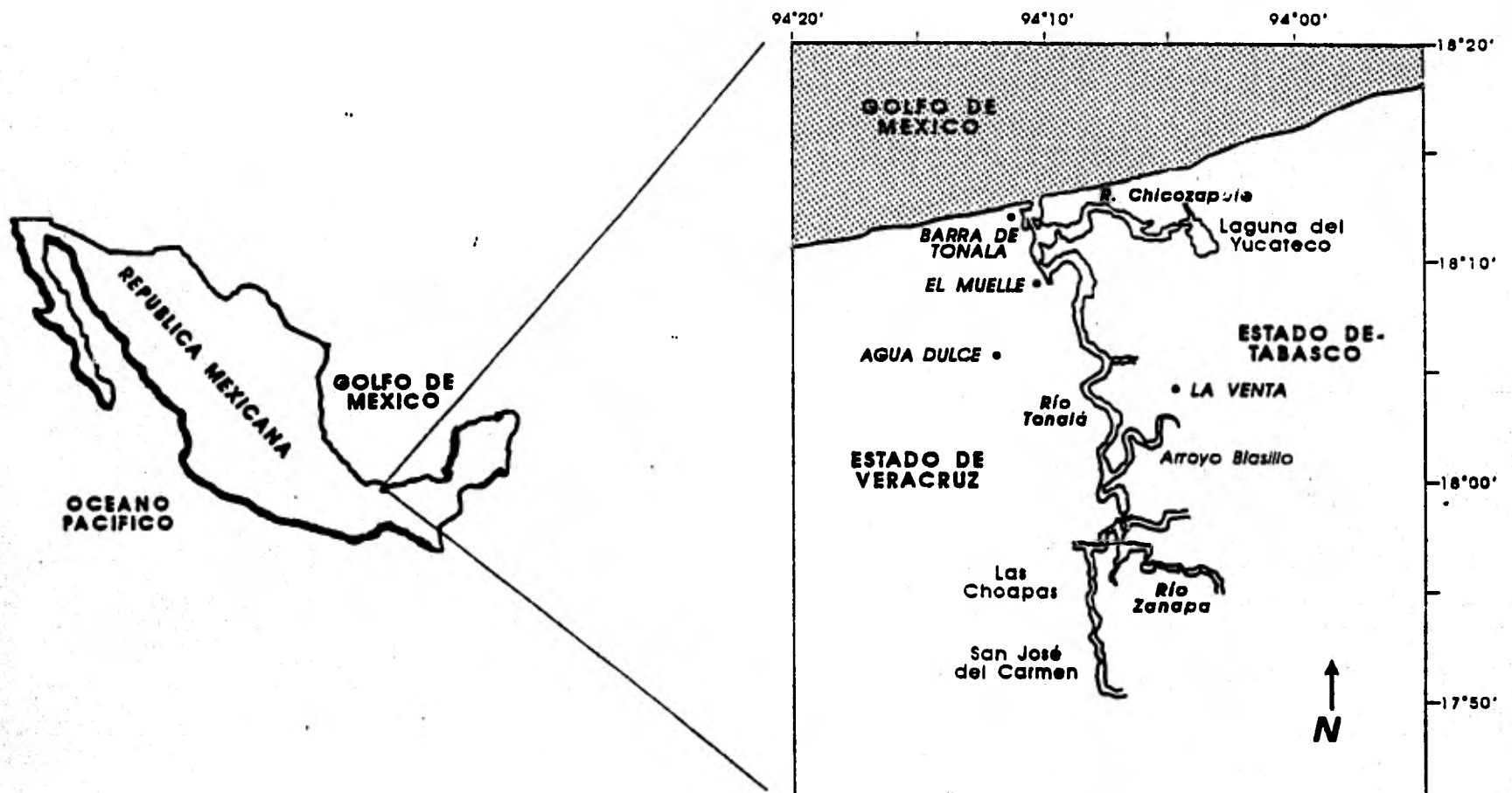


FIGURA 4. Localización del área de estudio, en donde se muestran el Río Tonalá, el Río Chicozapote y la Laguna del Yucateco.

pertenece a la Provincia geológica del sureste de México y particularmente a la subprovincia de la Cuenca terciaria del Sureste, Tabasco (López-Ramos, 1981). Esta provincia es una de las más importantes de México, no tanto por su interés económico, sino desde el punto de vista geológico, ya que es el centro de conjunción de diferentes alineamientos tectónicos. Su comunicación con la Península de Yucatán-Campeche, es motivo de controversias debido al cambio notable entre una zona muy plegada y afallada como es la Sierra de Chiapas y la Cuenca terciaria de Veracruz-Tabasco. Los sedimentos de la subprovincia de la Cuenca Terciaria del sureste, Tabasco, son del Jurásico superior, y en la zona del Río Tonalá en su parte superior las rocas son calizas y dolomías formadas en un ambiente de cuenca, y en su parte baja son calizas hojosas, amarillentas, parduzcas grises, que alternan con margas blancas y lutitas negras formadas en un ambiente lagunar-marino (López-Ramos, 1981).

Clima

De acuerdo con el sistema de Köppen, modificado por García (1973) para la región del Río Tonalá, el clima es de tipo Aw2^{ig}, que corresponde al cálido subhúmedo (el más húmedo de los subhúmedos), con un régimen de lluvias de verano, una precipitación máxima de 426 mm en septiembre, separadas por una temporada seca en verano (canícula), y una larga, en la mitad fría del año. En la época de sequía, la precipitación mínima es de 25 mm y se presenta en el mes de marzo (invierno primavera). La oscilación térmica es isoterma (menor de 5°C), registrándose la temperatura mínima de 23°C en el mes de enero y la máxima de 27.5°C en los meses de mayo, junio y julio (Fig. 5).

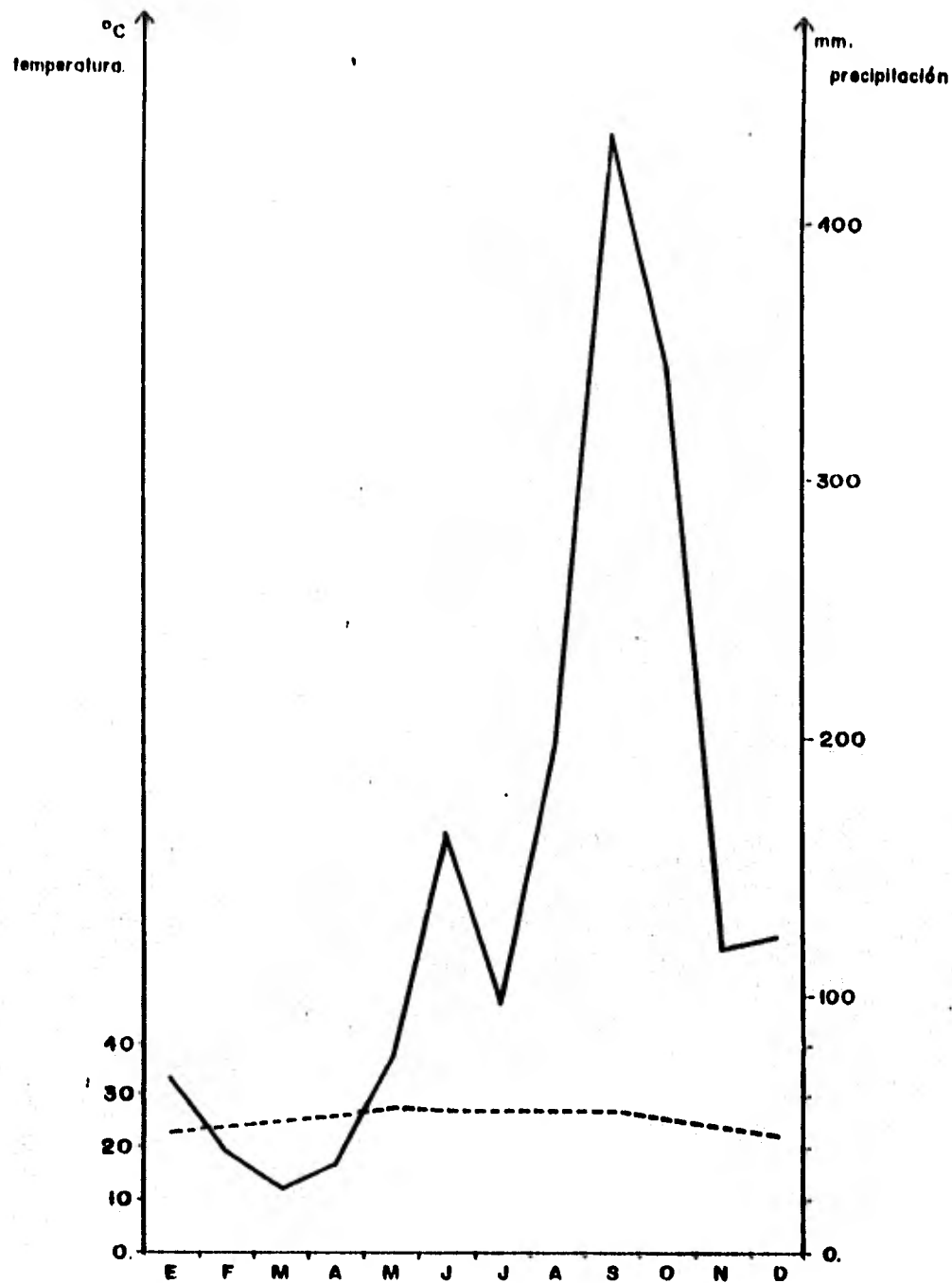


FIGURA 5. Climadiagrama del área de estudio. El rango de oscilación térmica anual no excede los 5°C y la época de lluvias es en verano, con un máximo en el mes de septiembre. Datos promedio de 12 años. Fuente: Meteorológico Nacional.

METODOLOGIA

En mayo de 1983 realicé un recorrido en el Río Tonalá para reconocer sus comunidades vegetales y las principales características fisiográficas de los ríos. El recorrido incluyó desde su desembocadura hasta la población de San José del Carmen, y en el área Tabasqueña se recorrió el Río Chicozapote, afluente del Tonalá, hasta la Laguna del Yucateco en el campo lacustre de Cinco Presidentes.

Hidrología

El muestreo hidrológico comprendió los aspectos diurno, espacial y temporal con el objetivo de identificar las variaciones dentro del sistema. La ubicación y número de las estaciones de muestreo se decidieron en función de la extensión del área de estudio. Se seleccionaron ocho estaciones las cuales se establecieron cerca de las estaciones de muestreo de vegetación (Fig. 6). En cada una de ellas los parámetros que se midieron fueron: oxígeno disuelto, temperatura y salinidad tanto a nivel superficial (0.25 m) como a media agua. Estas evaluaciones se realizaron mensualmente utilizando una botella Van Dor para la colecta de agua.

La concentración de oxígeno disuelto se estimó mediante el método de Winkler utilizando botellas de vidrio color ámbar de 125 ml y los resultados se expresan en mg/l de oxígeno disuelto. Para la determinación de la salinidad, el agua se colectó en botellas de plástico de 300 ml y se utilizó un salinómetro de inducción. La temperatura se midió "in situ" con un termómetro de cubeta cuya precisión fué de 0.0°C.

Vegetación

Los principales criterios considerados para seleccionar las áreas de muestreo fueron: la cercanía de arroyos, de poblaciones humanas, de instalaciones petroleras (pozos de bombeo, almacenamiento o procesamiento), áreas de cultivo o ganaderas. El número total de estaciones muestreadas fué de ocho, cuatro distribuidas a lo largo del río Tonalá y cuatro en el río Chicozapote y Laguna del Yucateco. En la figura 6 se muestra la ubicación de cada una de ellas.

Se realizaron muestreos de vegetación a lo largo de transectos cuya longitud fue variable para cada estación, ya que se intentaba

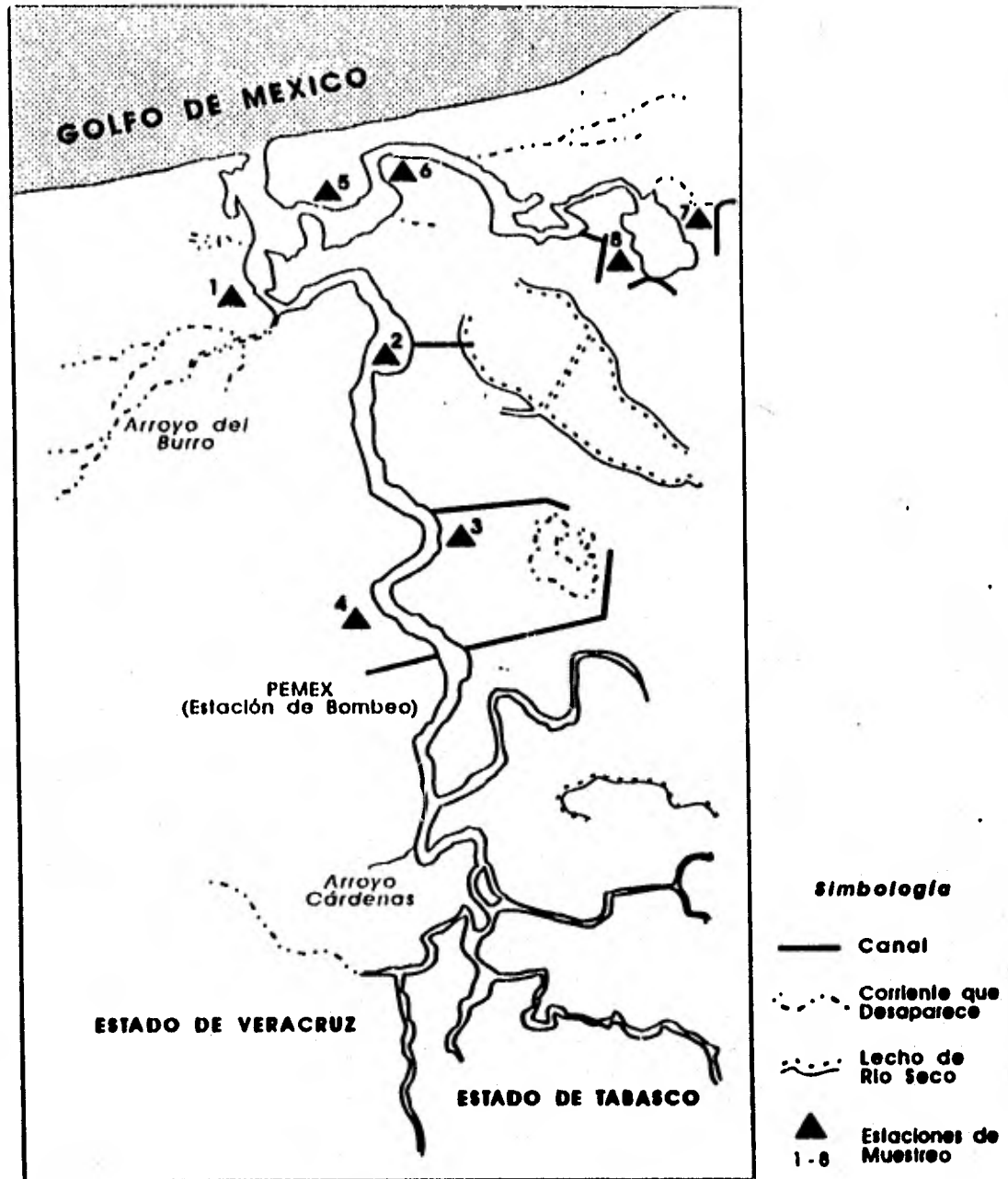


FIGURA 6. Localización de las estaciones de muestreo Hidrológico y de Vegetación. También se muestra la ubicación de los canales construidos por PEMEX, corrientes que desaparecen y lechos secos de ríos.

determinar la extensión del manglar en cada una de ellas. Las recolectas florísticas se realizaron casi mensualmente, para preparar material de herbario y determinarlos posteriormente. Paralelamente se estimó la altura y cobertura de los árboles; así como su zonación y el tipo y grado de alteración.

Hidrocarburos

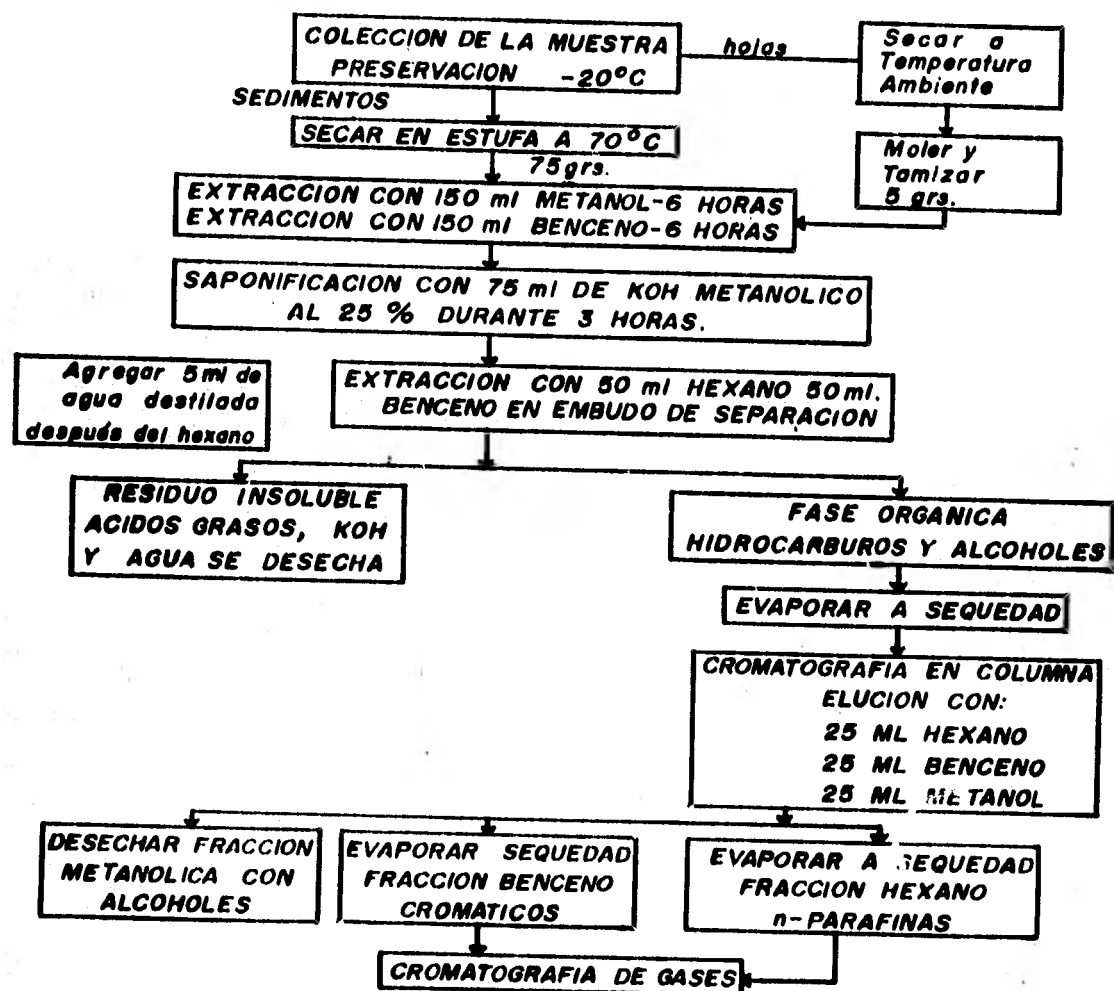
La determinación de hidrocarburos se realizó en sedimentos y hojas de arboles de mangle. En cada estación se tomó una muestra del sedimento superficial colocándose en frascos de vidrio previamente lavados con mezcla crómica. Para su conservación se agregó metanol, se cubrieron con papel aluminio y se refrigeraron a -20°C . Se colectaron hojas de cada una de las especies de mangle, las cuáles se secaron durante 24 hrs a 60°C .

La extracción de hidrocarburos se realizó en el Laboratorio de Química Marina del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM. El método utilizado sigue los lineamientos generales propuestos por Botello (1978) (Fig. 7).

Las muestras de sedimentos y hojas se secaron a 70° y 60°C respectivamente, después se trituraron y se sometieron a extracción con 150 ml de benceno a 50°C de temperatura durante 12 hrs, utilizando refrigerantes en espiral de 50 cm de largo, interconectados a un baño de temperatura y circulación constantes tipo Lauda.

Las fracciones metanólica y bencénica, que contienen la fase orgánica de los sedimentos y hojas, se filtraron y unieron para saponificarlas y eliminar los lípidos. La saponificación fue de 12 horas en el caso de los sedimentos y seis en el de las hojas. Se utilizaron 175 ml de solución alcalina de hidróxido de potasio y metanol al 25% (p/v). Los compuestos no saponificables se extrajeron con 100 ml de hexano, 100 ml de benceno y 50 ml de agua destilada en un embudo de separación eliminándose la solución alcalina. La fracción hexano-benceno así obtenida, se sometió a concentración en un rotovapor hasta un volumen de 5 ml, la cuál se pasó a pequeños recipientes de vidrio para evaporarlos totalmente en una parrilla con temperatura no mayor de 70°C . En éste residuo no saponificable se encuentran los hidrocarburos saturados y aromáticos. Estas fracciones se encuentran mezcladas con otros compuestos, por lo que es necesario purificarlas. La purificación se hace con el método de cromatografía de columna. Las columnas de 30 cm de largo por 1 cm de diámetro se empacan con sílica-gel y una capa de alúmina en proporción 4:1, ambas con grado de actividad 1. Las columnas empacadas se lavan con 50 ml de hexano antes de usarlas.

FIGURA 7
 Esquema del procedimiento químico del análisis de hidrocarburos saturados y aromáticos
 en muestras de sedimento y hojas del manglar propuesto por
 (Botello 1978).



A cada fracción de no saponificables se le transfirió a una columna con 5 ml de hexano, se le eluyó consecutivamente con 25 ml de hexano, 25 ml de benceno y 25 ml de metanol, con el objeto de retener en la capa de alúmina los componentes que no son hidrocarburos, separándose los hidrocarburos saturados en la fracción hexano y los aromáticos en la bencénica y desechando la metanólica.

Las muestras de sedimentos contienen generalmente ciertas concentraciones de sulfuros que es necesario eliminar, lo cual se efectúa con columnas de cobre granular activado de 10 cm de largo y 1 cm de diámetro, en las que se le eluyen las fracciones hexano y benceno.

Estas dos fracciones obtenidas de cada muestra, se evaporan a 1 ml y se transfieren a pequeñas capsulas de vidrio perfectamente limpias y pesadas para evaporarlas totalmente. Ya secas, se pesan con una balanza analítica para obtener la concentración gravimétrica de hidrocarburos saturados y aromáticos.

Análisis por cromatografía de gases.

Para poder establecer el origen de los hidrocarburos, se seleccionaron algunas muestras de los hidrocarburos separados y purificados de los sedimentos y hojas de las diferentes especies de mangle.

La técnica de cromatografía de gases separa cada uno de los componentes de la muestra con base en su punto de ebullición y afinidad química por la fase líquida. Los componentes se identifican por comparación con los índices de retención de un estándar analizado previamente, y las concentraciones se obtienen calculando el área bajo la curva en los cromatogramas. Los cromatogramas obtenidos de las muestras se comparan con los cromatogramas característicos del petróleo y de hidrocarburos biogénicos. En éste estudio se utilizó un cromatógrafo de gases Perkin Elmer modelo 910 equipado con columnas capilares de 300 μ de largo, por 0.25 mm de diámetro interno siliconizadas con OV-101, detector de ionización de flama, con programa lineal de temperatura (de 70 a 225°C), con un incremento de 3°C cada minuto y nitrógeno como gas acarreador.

RESULTADOS

Hidrología

Salinidad

La salinidad, parámetro registrado tanto en fondo como en superficie durante un ciclo anual en el Río Tonalá, tuvo una variación de 0 a 33.8 ‰. (estaciones 1 a 4). Dichos extremos corresponden con la época de lluvias y la de baja precipitación pluvial respectivamente (Tabla 2). La salinidad tiene una acentuada influencia de las aguas marinas.

Analizando esta variación estacional se observa que la intrusión de agua de mar al cauce del río, tiene lugar en el período de febrero a julio de 1983, registrándose los valores más altos en abril, mayo y junio. Esto valores dominan en toda el área de estudio, y se presenta una marcada estratificación salina en todo el sistema, mostrando valores mayores las aguas del fondo, que es precisamente la vía a través de la cuál las aguas marinas ejercen su acción sobre el río (Fig. 8)). A partir de julio las aguas mixohalinas tendieron a reducirse espacialmente tanto en superficie como en fondo, desapareciendo en agosto y siendo reemplazadas por aguas de tipo limnético que dominaron hasta enero de 1984.

En la rama de Cinco Presidentes la variación de la salinidad fué de 0 a 32.5 ‰. (estaciones 5 a 8) con un comportamiento salino distinto al observado en el Río Tonalá (Tabla 3). En esta zona las aguas mixohalinas prolongan su permanencia hasta el mes de agosto y no muestran una estratificación definida (Fig. 9), ya que la profundidad es menor, la influencia de las aguas marinas es menos significativa y el aporte de aguas dulces es reducida.

Temperatura

Los valores de temperatura del agua variaron de 21.5°C en el invierno a 33°C en primavera-verano. Los valores de temperatura más altos del sistema se registraron en los meses de mayo a julio de 1983 y los menores en los meses de noviembre a enero de 1984 (Tabla 4). En las estaciones 1 a 4 de la parte media baja del río Tonalá se presentó una estratificación térmica durante el período de primavera-verano, la cual se manifiesta con un gradiente que va de la superficie al fondo con diferencias de hasta 5°C (Fig. 10). Estas variaciones espaciales de la temperatura superficial están en relación al ciclo diario de incidencia solar ya que los registros se hicieron durante el día.

TABLA 2. PROMEDIO DE SALINIDAD SUPERFICIE Y FONDO ()
ESTACIONES 1-4. RIO TONALA, VER.

MESES	1		2		3		4		PROMEDIO	
	SUP	FON	SUP	FON	SUP	FON	SUP	FON	SUP	FON
F	21.8	31.0	11.1	11.1	8.5	29.8	3.2	23.1	11.2	23.8
M	6.3	33.8	7.7	35.4	3.8	32.7	3.8	30.2	5.4	33.0
A	24.4	32.8	22.2	27.4	14.0	30.7	16.8	25.5	19.4	29.1
M	31.6	30.8	18.6	31.6	18.6	31.6	26.7	31.4	23.9	31.4
J	22.1	32.5	19.9	32.5	19.4	32.1	9.9	32.0	17.8	32.3
J	8.2	31.1	7.9	15.7	5.1	31.6	5.1	30.3	6.6	27.2
A	0.8	4.8	2.4	24.0	4.8	23.7	0.0	0.0	2.0	13.1
S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
N	2.6	4.1	3.2	4.1	3.2	4.1	4.2	2.8	3.3	3.8
E	21.2	29.0	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	7.4	9.4

TABLA 3. PROMEDIO DE SALINIDAD SUPERFICIE Y FONDO ()
ESTACIONES 5-8. RIO CHICOZAPOTE, TAB.

MESES	5		6		7		8		PROMEDIO	
	SUP	FON	SUP	FON	SUP	FON	SUP	FON	SUP	FON
F	11.1	16.5	3.0	3.2	2.9	3.0	2.9	3.0	5.0	6.4
M	17.5	25.5	17.5	14.8	6.4	6.4	6.4	6.4	12.0	13.3
A	30.2	27.4	22.4	22.5	14.5	14.5	14.5	14.5	20.4	19.7
M	28.5	31.6	32.1	27.1	19.4	18.6	19.4	18.6	24.9	24.0
J	32.5	32.4	29.3	27.6	19.9	19.4	19.9	19.4	25.4	24.7
J	21.4	21.7	26.4	24.2	27.1	27.1	27.1	27.1	25.5	25.0
A	6.3	5.3	17.1	16.7	18.3	21.3	18.3	21.3	15.0	16.2
S	0.0	0.0	4.8	4.8	5.1	7.5	5.1	7.5	3.8	5.0
O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
N	7.1	14.8	3.9	2.6	2.9	2.8	2.9	2.8	4.2	5.8
E	2.8	2.6	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	2.5	2.7	2.5

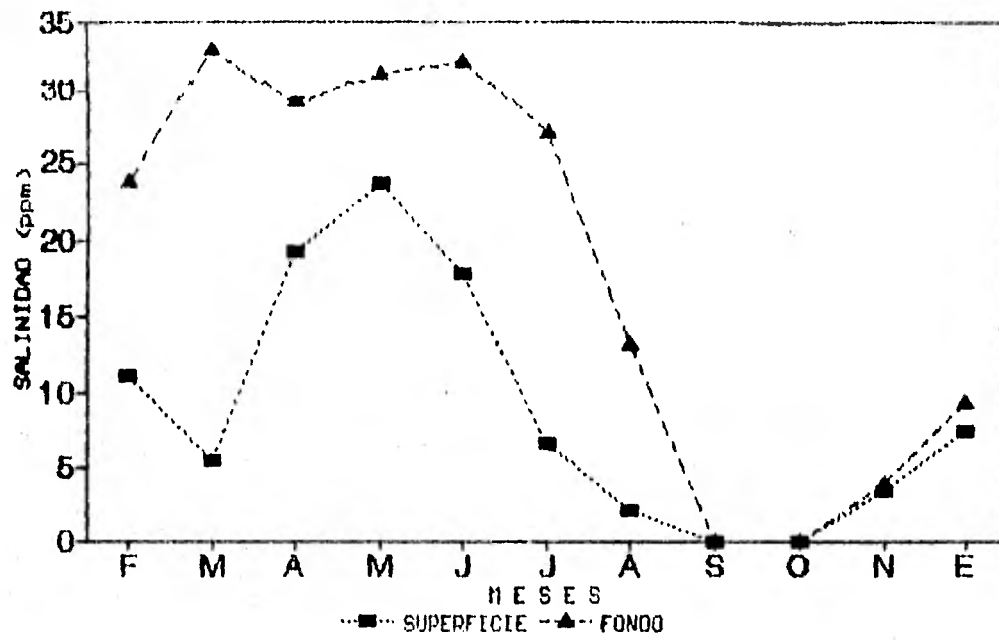


Figura 8. Variación durante un ciclo anual de la salinidad promedio en superficie y fondo en las estaciones 1-4 del Río Tonalá, Ver.

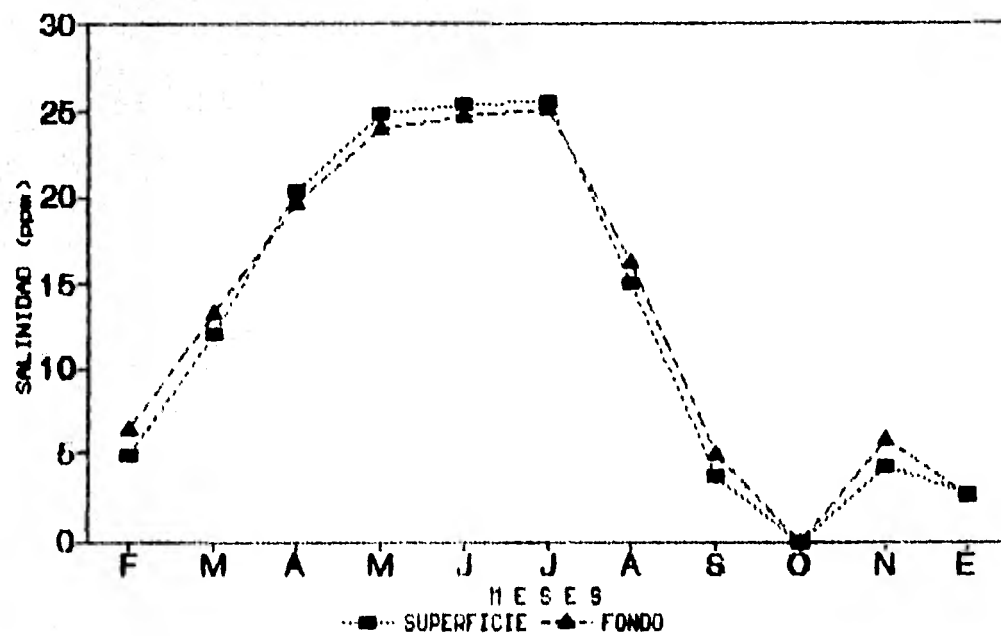


Figura 9. Variación durante un ciclo anual de la salinidad promedio en las estaciones 5-8 del Río Chicozapote, Tab.

En la rama de Cinco Presidentes los registros de temperatura superficial y de fondo son más homogéneos (Tabla 5), ya que la profundidad es menor y la circulación más lenta, lo que permite un calentamiento más uniforme de la columna de agua (Fig. 11). En el mes de junio se registró el promedio de temperatura más alta tanto en superficie como en fondo en la zona del río Tonalá y del río Chicozapote (Fig. 12).

Oxígeno disuelto

Los valores de oxígeno disuelto registrados en la columna de agua fluctuaron de 0.4 ppm a 8.4 ppm en superficie y de 0.2 mg/l a 6.2 mg/l en el fondo (Tablas 6 y 7). Los valores más bajos de oxígeno registrados en superficie, se presentaron en las estaciones del río Tonalá durante los meses de agosto y septiembre (Fig. 13) y en la laguna del Yucateco durante los meses de junio, agosto y noviembre (Fig. 14) que corresponden a la época de mayor aporte de aguas dulces y de mayor acarreo de terrígenos y materia orgánica en suspensión. Esta condición ocasiona que el oxígeno disuelto sufra dos procesos:

1. Que sea empleado en la degradación de la materia orgánica y por lo tanto su concentración en el medio disminuya.
2. Que por adsorción se combine con las partículas de terrígenos, lo que también lleva a disminuir su concentración en el medio.

Durante los meses de abril a septiembre, en las estaciones 2 y 3 se registraron los valores de oxígeno de fondo más bajos, llegando casi a cero en los meses de abril, mayo y junio (Tabla 7). En este período dominan las condiciones de baja circulación y consecuente acumulación de materia orgánica en el fondo. Como las mediciones se hicieron a 60 cm del fondo, se puede inferir que en esta época, el fondo se encuentra muy probablemente en estado anóxico.

En la zona de Cinco Presidentes (Fig. 14), los valores de oxígeno disuelto tanto superficial como de fondo muestran un comportamiento más homogéneo, debido a la escasa profundidad y poca circulación del sistema.

Tipos de vegetación

Los tipos de vegetación definidos para la Cuenca media y baja del Río Tonalá, Río Chicozapote y Laguna del Yucateco, se basan en la clasificación de Miranda y Hernández X. (1963), y Gómez-Pompa (1973). La vegetación acuática se caracterizó con base en los criterios propuestos por Dalton y Novelo (1983) para las herbáceas

**TABLA 4. PROMEDIO DE TEMPERATURA SUPERFICIE Y FONDO (°C)
ESTACIONES 1-4. RIO TONALA, VER.**

MESES	1		2		3		4		PROMEDIO	
	SUP	FON	SUP	FON	SUP	FON	SUP	FON	SUP	FON
F	24.0	23.8	24.0	23.5	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	23.8
M	25.5	24.0	25.5	24.5	26.0	24.5	26.0	25.0	25.8	24.5
A	24.0	25.0	25.0	25.0	24.5	26.5	25.0	27.0	24.6	25.9
M	29.0	27.0	30.0	29.0	30.0	29.0	30.0	28.0	29.8	28.3
J	32.0	31.0	33.0	31.0	32.0	30.0	32.0	29.7	32.3	30.4
J	31.0	30.0	30.0	29.5	30.0	29.0	30.0	29.0	30.3	29.4
A	29.0	29.0	29.5	29.5	29.0	29.0	28.0	28.0	28.9	28.9
S	28.5	28.0	28.5	27.8	29.0	28.0	28.0	28.0	28.5	28.0
O	25.0	25.0	26.0	25.5	25.0	25.0	24.5	24.5	25.1	25.0
N	26.5	27.0	28.0	27.0	27.5	27.0	27.5	27.0	27.4	27.0
E	22.0	22.8	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.4	22.6

TABLA 5. PROMEDIO DE TEMPERATURA SUPERFICIE Y FONDO (°C)
ESTACIONES 5-8. RIO CHICOZAPOTE, TAB.

MESES	5		6		7		8		PROMEDIO	
	SUP	FON	SUP	FON	SUP	FON	SUP	FON	SUP	FON
F	24.2	24.0	23.5	24.0	24.0	23.1	23.0	23.1	23.7	23.6
M	27.0	26.0	27.0	27.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.5	26.3
A	25.0	25.0	25.5	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	25.6	25.8
M	31.0	29.0	31.0	31.0	32.0	30.0	32.0	30.0	31.5	30.0
J	31.0	31.0	33.0	32.0	33.0	32.0	33.0	32.0	32.5	31.8
J	30.5	31.0	31.0	30.5	31.0	31.0	31.0	31.0	30.9	30.9
A	33.0	31.5	33.0	32.0	30.5	30.0	30.5	30.0	31.8	30.9
S	28.5	28.5	29.0	29.0	30.0	29.0	30.0	29.0	29.4	28.9
O	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
N	27.8	27.0	26.5	26.5	27.5	27.0	27.5	27.0	27.3	26.9
E	22.5	22.2	22.2	21.5	22.0	21.5	22.0	21.5	22.2	21.7

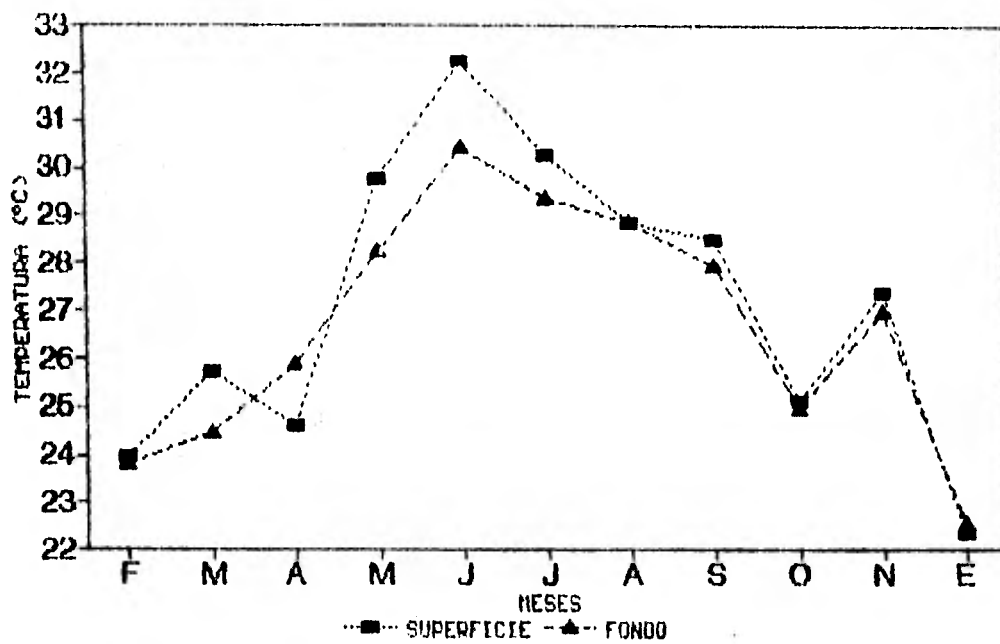


Figura 10. Variación durante un ciclo anual de la temperatura promedio del agua en superficie y fondo de las estaciones 1-4 del Río Tonalá, Ver.

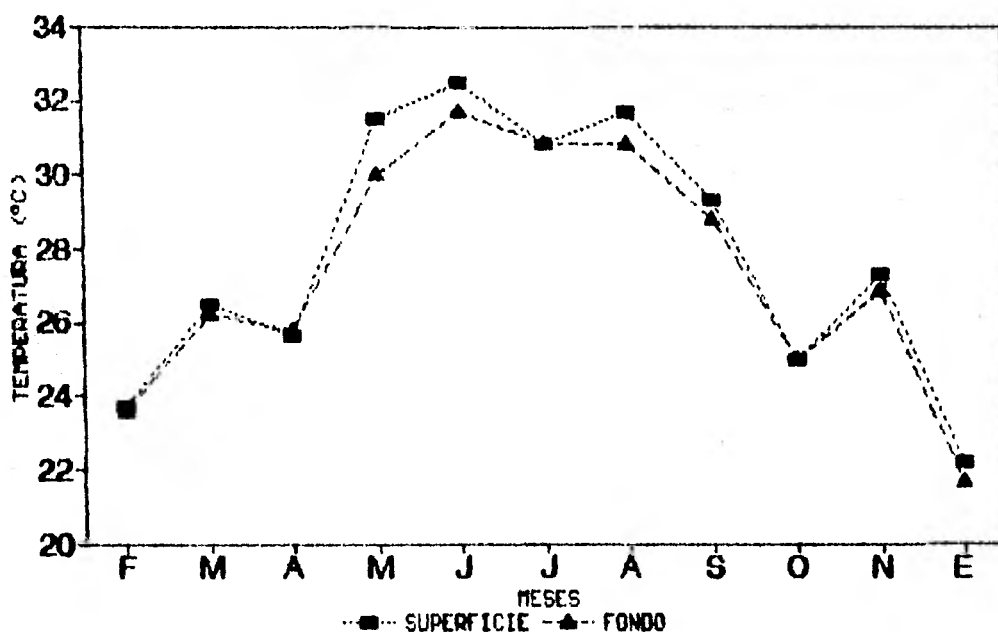


Figura 11. Variación durante un ciclo anual de la temperatura del agua en superficie y fondo de las estaciones 5-8 del Río Chicozapote, Tab.

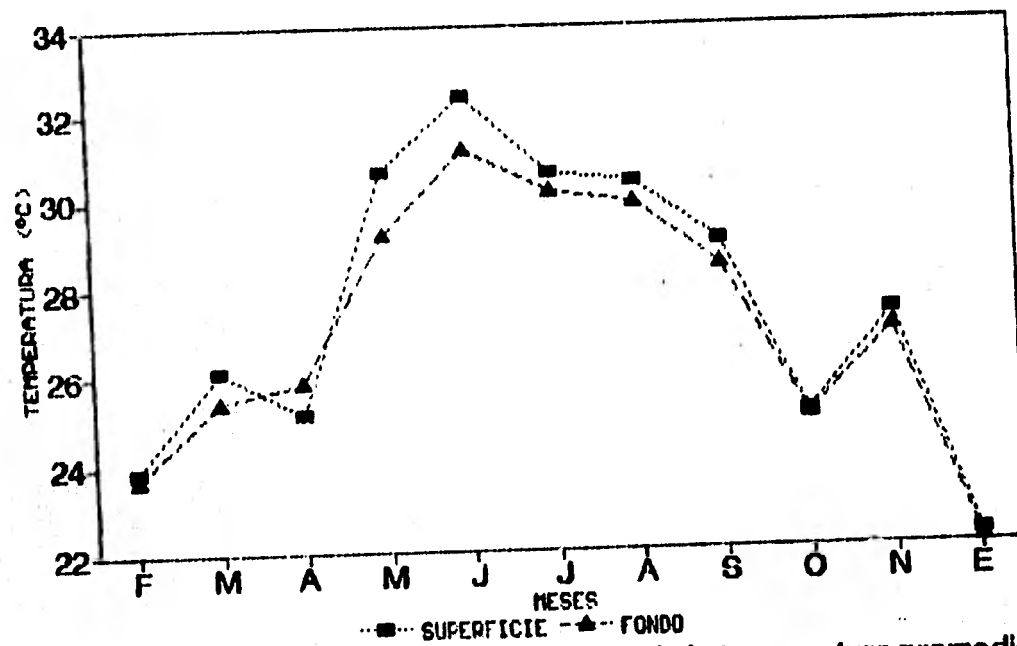


Figura 12. Variación durante un ciclo anual de la temperatura promedio del agua en superficie y fondo, de las estaciones 1-8 del Río Tonalá, Vcr. y Río Chicozapote, Tab.

**TABLA 6. PROMEDIO DE OXIGENO SUPERFICIE Y FONDO (mg/l)
ESTACIONES 1-4 RIO TONALA, VER.**

MESES	1		2		3		4		PROMEDIO	
	SUP	FON	SUP	FON	SUP	FON	SUP	FON	SUP	FONDO
F	5.4	5.0	5.4	4.2	5.4	4.4	5.0	3.4	5.3	4.3
M	6.7	5.2	8.0	3.8	8.2	2.4	3.8	2.0	6.7	3.4
A	5.0	6.0	4.9	4.6	5.0	2.8	1.4	1.8	4.1	3.8
M	4.2	4.2	4.6	2.6	5.0	0.6	2.0	0.6	4.0	2.0
J	3.4	2.0	3.6	0.4	3.4	0.8	5.0	0.6	3.9	1.0
J	6.4	4.0	4.6	0.6	4.2	0.8	5.4	1.2	5.2	1.7
A	2.4	2.6	2.2	2.4	2.6	0.6	2.6	2.2	2.5	2.0
S	0.4	0.8	0.8	0.4	1.0	0.4	0.3	0.4	0.6	0.5
O	4.0	3.2	3.2	2.4	5.0	3.8	6.0	5.8	4.6	3.8
N	5.0	3.2	4.0	4.0	2.8	2.3	3.4	2.8	3.8	3.1
E	4.6	5.6	4.2	3.8	5.2	4.0	5.2	4.4	4.8	4.5

TABLA 7. PROMEDIO DE OXIGENO SUPERFICIE Y FONDO (mg/l)
ESTACIONES 5-8 RIO CHICOZAPOTE, TAB.

MESES	5		6		7		8		PROMEDIO	
	SUP	FON	SUP	FON	SUP	FON	SUP	FON	SUP	FON
F	5.6	4.2	6	7	5.8	6	5.8	6	5.8	5.8
M	6	5	1.4	4.4	4.6	2	4.6	2	4.15	3.35
A	4.8	4.6	5.8	4.1	5.4	5.2	5.4	5.2	5.35	4.775
M	2.8	3.6	3.4	2.6	3.8	3.2	3.8	3.2	3.45	3.15
J	2	2	2.2	0.4	2	1.4	2	1.4	2.05	1.3
J	3.4	0.6	4	4.2	3.8	3.8	3.8	3.8	3.75	3.1
A	4.6	2.5	3	3.2	2.8	2.8	2.8	2.8	3.3	2.825
S	2.2	3.8	4	3.8	4.2	2.6	4.2	2.6	3.65	3.2
O	*	*	*	*	*	*	*	*	0	0
N	2.4	3.8	1.2	0.8	*	*	*	*	0.9	1.15
E	6	3.6	2.8	2.4	2.6	1.6	2.6	1.6	3.5	2.3

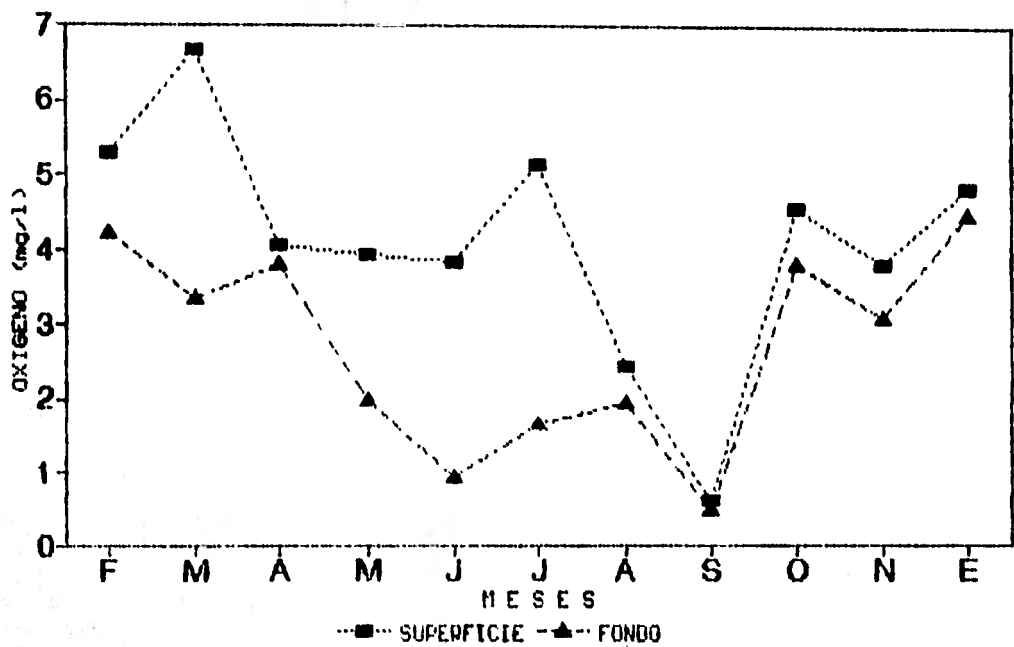


Figura 13. Variación anual de oxígeno disuelto en superficie y fondo en las estaciones 1-4 del río Tonalá, Ver.

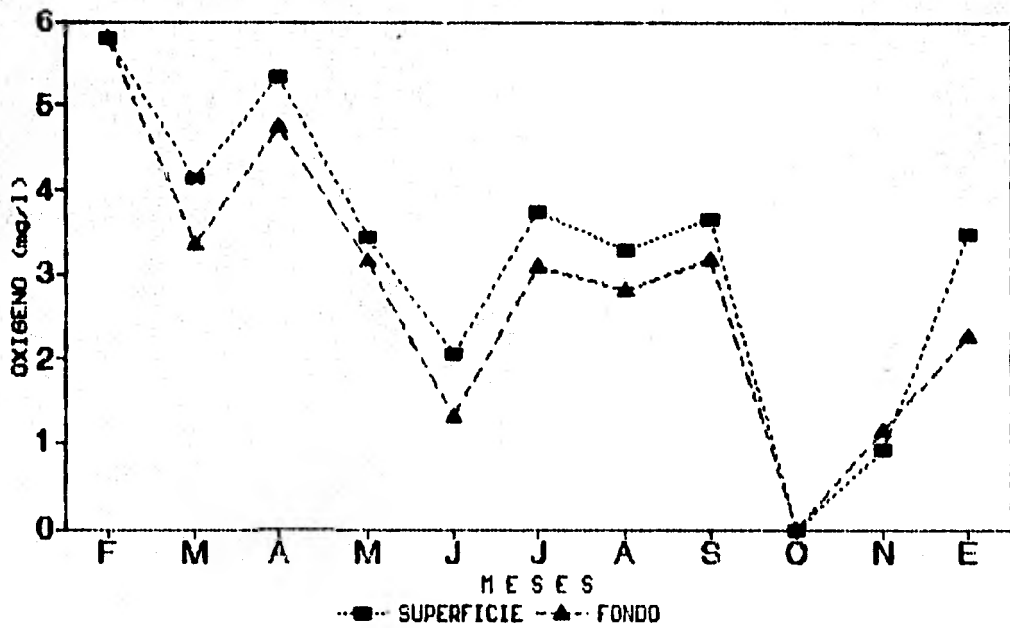


Figura 14. Variación durante un ciclo anual de oxígeno en superficie y fondo en las estaciones 5-8 del Río Chicozapote, Tab.

y Lot y Novelo (1990) para las comunidades arbóreas.

Los principales tipos de vegetación que se desarrollan en el área son:

Comunidades arboladas

Manglar
Selva Mediana Riparia
Selva baja inundable
Palmar inundable

Comunidades de herbáceas

Hidrófitas enraizadas emergentes
Hidrófitas enraizadas de hojas flotantes
Hidrófitas libremente flotadoras

Manglar

El manglar es el tipo de vegetación más importante en la zona de estudio. Se desarrolla a lo largo del Río Tonalá hasta el poblado de San José del Carmen, más de 30 Km tierra adentro, en el arroyo Blasillo y en las márgenes del Río Chicozapote y la Laguna del Yucateco (Fig. 15). Su distribución no es continua a lo largo de los ríos y laguna mencionados. Se interrumpe a causa del establecimiento de viviendas rurales, zonas de cultivo, pastoreo de ganado vacuno, instalación de pozos de bombeo, construcción y dragado de canales. La anchura de la franja del manglar es variable, ya que en algunas zonas esta restringido a una sola hilera de árboles y en otros llega a extenderse hasta más de un km tierra adentro formando bosques densos.

El manglar esta constituido por tres de los cuatro géneros reportados para México: *Rhizophora mangle* L., *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. F., y *Avicennia germinans* (L.) Stearn. En la zona de estudio se desarrollan dos de los tipos fisiográficos descritos por Lugo y Snedaker (1974) para manglar: el Ribereño y el de Cuenca.

Manglar Ribereño

El manglar Ribereño se distribuye a lo largo del río Tonalá desde su boca hasta la confluencia con el río Zanapa. Es un manglar bien desarrollado, con árboles que alcanzan alturas promedio de 25 m. y en algunas áreas hasta más de 30 m., en sección perpendicular al río ocupa extensiones que van de los 100 m hasta más de un kilómetro. La franja de manglar no es continua, ya que se le ha sometido a desmontes para usar el suelo en actividades de cultivos,

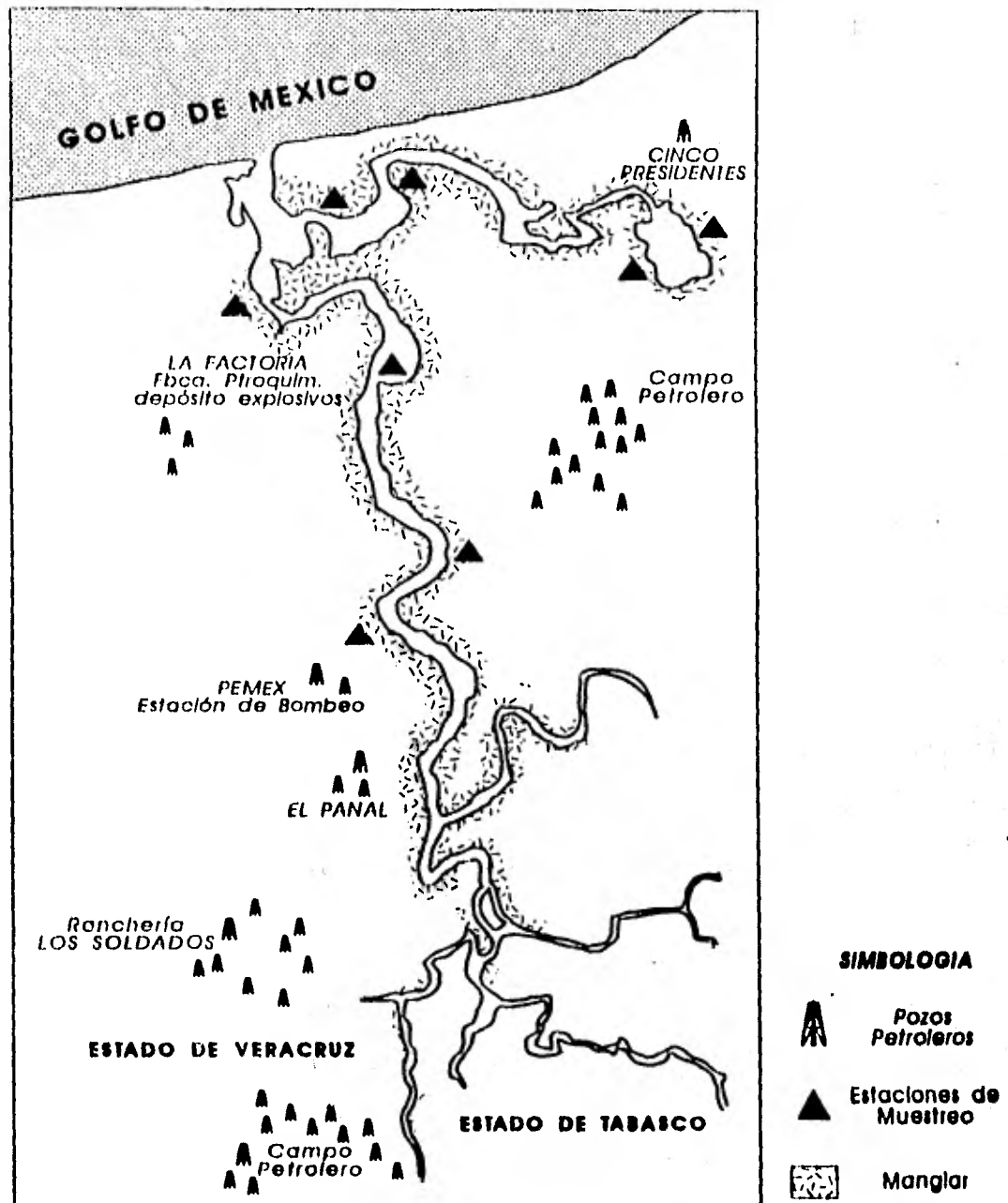


FIGURA 15. Distribución del manglar a lo largo del Río Tonalá, Río Chicozapote y Laguna del Yucateco. También se muestra la ubicación de las principales instalaciones petroleras.

ganadería o petroleras. Río arriba, después de la confluencia con el río Zanapa, su desarrollo se reduce y solo forma manchones aislados con extensión y altura menores hasta que prácticamente desaparecen a la altura del poblado de San José del Carmen. También crece en las márgenes del arroyo Blasillo, en donde alcanza alturas promedio de 8 m.

La zonación de las especies es característica, siendo *Rhizophora mangle* la que ocupa los bordes externos; *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans* crecen detrás de ella. En algunas áreas como en las estaciones 1 y 2 (Fig. 16), las especies forman un manglar denso con una altura promedio de 25 m. mezclándose indistintamente a lo largo del transecto, cuyas extensiones en cada estación son de 200 y 500 m respectivamente. En ambos sitios se observaron evidentes muestras de tala dando como resultado áreas abiertas. El helecho *Acrosticum aureum* L. es muy abundante en toda la zona y en estas áreas está bien desarrollado alcanzando alturas de casi 2 m y rodales de 1.5 m de diámetro aproximadamente. La presencia de epifitas y trepadoras es particularmente significativa en casi todas las estaciones de muestreo de la zona siendo abundantes las especies *Aechmea bracteata* (Swartz) Griseb.; *Anthurium schlechtendalii* Kunt; *Brasavola nodosa* (L.) Lindl.; *Epidendrum nocturnum* Jacq.; *Notylia barkeri* Lindl.; *Pleurothallis grobye* Garay; *Schomburgkia tibicinis* Batem; *Selenicereus hondurensis* Britton & Rose; *S. testudo* (Karw) Buxb.; *Tillandsia dasylirifolia* Baker; *T. caput-medusae* E. Morren; *T. fasciculata* Swartz; *T. streptophylla* y *Rhabdadenia biflora* (Jacq) Muell. Arq.

La población de la estación 1 recibe el aporte de un arroyo cuyo caudal aumenta durante la época de lluvias, ocasionando un aumento en el nivel de inundación en el suelo del manglar.

En la estación 3 (Fig. 17), el manglar está dominado por la especie *Laguncularia racemosa* la cual se distribuye a lo largo de una extensión aproximada de un kilómetro, *Rhizophora mangle* solo se desarrolla en la orilla externa y la presencia de *Avicennia germinans* es muy reducida. La altura promedio de este manglar es de 12 m y la mayoría de los árboles son muy jóvenes. Esta zona se localiza cerca de la planta de absorción denominada la Venta. Existe un canal proveniente de la planta en el que se vierten desechos cuyo destino es el río Tonalá. Los árboles de las áreas cercanas a la planta, muestran capas de petróleo en sus troncos y raíces, hasta una altura promedio de 1 m.

En la estación 4 el manglar tiene una altura promedio de 25 m y muestra una mayor riqueza florística, ya que además de la presencia de las especies epifitas ya mencionadas, se asocian a él algunos elementos caracterizados por Lot y Novelo (1990) como constituyentes de Selva Mediana Riparia, siendo las especies más

Simbología de las secciones diagramáticas de las estaciones

- a *Rhizophora mangle*
- b *Laguncularia racemosa*
- c *Avicennia germinans*
- d *Acrosticum aureum*
- e *Hymenocallis littoralis*
- f *Pachira aquatica*
- g *Hibiscus tiliaceus*
- h *Annona glabra*
- i *Aechmea bracteata*
- j *Anthurium schlechtendalii*
- q orquídeas
- l bejucos y trepadoras
- m cactáceas
- n cyperáceas y gramíneas
- o *Bactris cohune*
- p *Batis maritima*
- rr epifitas

Sección diagramática de la
ESTACION 2.

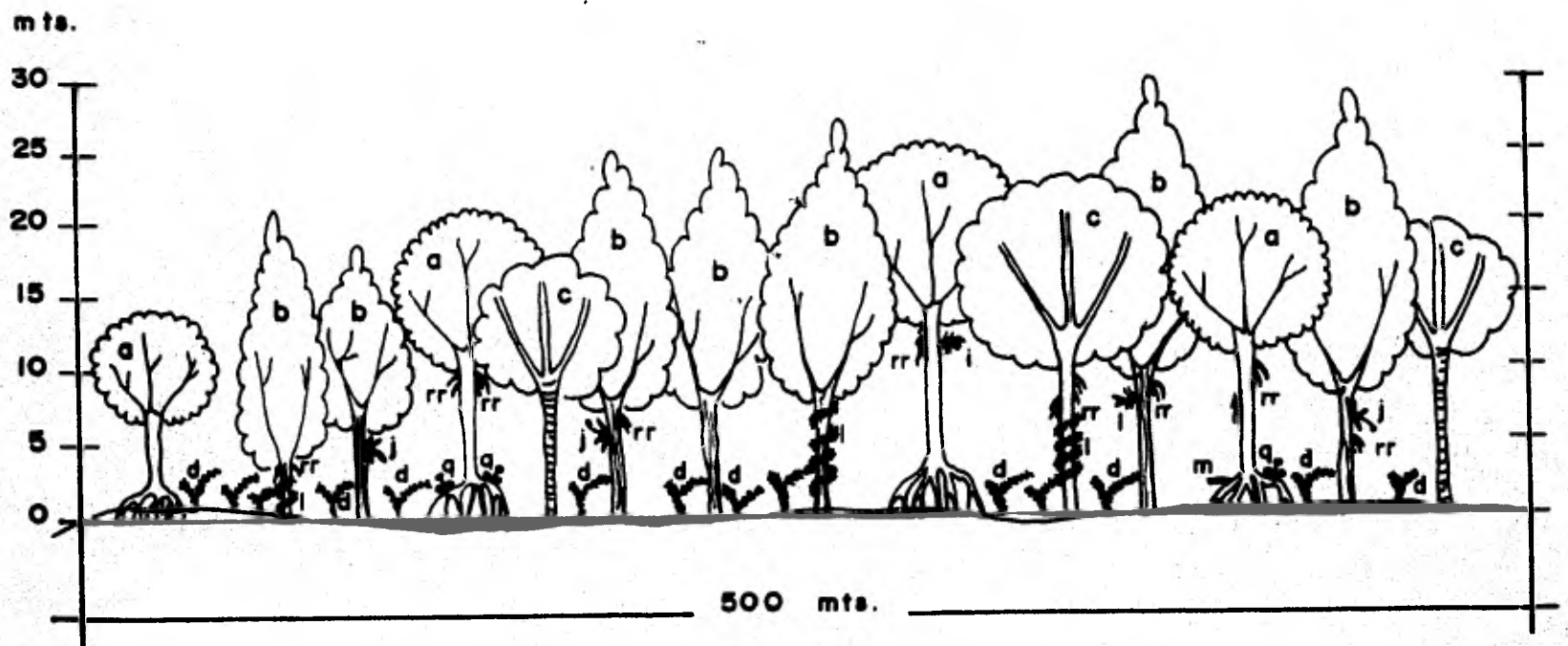


FIGURA 16. Manglar Ribereño bien desarrollado, con una altura promedio de 25 m y numerosas especies de epifitas y trepadoras.

Seccion diagramática de la
ESTACION 3

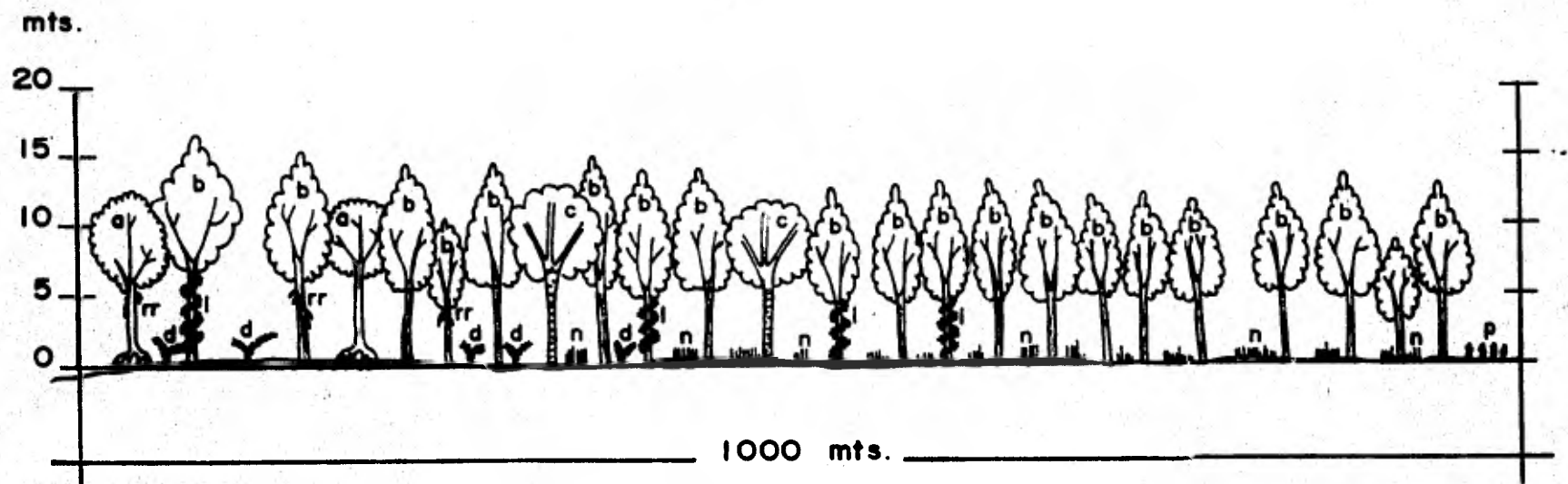


FIGURA 17. Manglar dominado por la especie Laguncularia racemosa, cuya altura promedio es de 12 m.

abundantes *Lonchocarpus guatemalensis* Fendleri Benth.; *Pithecellobium belizense* Standley; *Andira galeottiana* Standley y *Vochysia hondurensis* Sprague. Alcanzan alturas de 25 m promedio. La vegetación de Selva Baja Inundable esta representada por las especies *Annona glabra* L. y *Pachira aquatica* Aubl., con una altura promedio de 12 mt, las cuales forman comunidades ecotonales con el manglar. Hacia la parte posterior del manglar se desarrolla una comunidad caracterizada como el Palmar Inundable (Fig. 18) por Lot y Novelo (1990) representada por el género *Bactris cohune* Wats., el cual forma una comunidad pura de 8 mt de altura. Esta zona recibe el aporte de agua dulce del rio, aumentando la cantidad de sedimentos suspendidos y depositados y mantiene un importante nivel de inundación dentro de las comunidades vegetales, el cual aumenta durante la época de lluvias.

En las margenes del rio Chicozapote y laguna del Yucateco el manglar que se desarrolla es principalmente el de Cuenca (Fig. 19), aunque en la zona cercana a la confluencia con el rio Tonalá el manglar es del tipo Ribereño. Este manglar se describe a continuación.

Manglar de Cuenca

El manglar de cuenca esta formado por las especies *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*, las cuales alcanzan alturas que van de los 15 a los 20 m, y distintos grados de desarrollo, ya que existen zonas en las que el área que ocupan es una línea de árboles hasta 500 m o más de extensión. Los individuos de las especies *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* son más abundantes que los de *Avicennia germinans*. Los individuos de las tres especies se mezclan a lo largo de los transectos sin mostrar una zonación definida. La altura promedio de los árboles es de 20 m en las estaciones 5 y 6 y de 15 m en la 7 y 8 (Fig. 20). El manglar de las estaciones 5 y 6 esta bien desarrollado aunque muestra huellas de tala y construcción de canales. En la laguna del Yucateco el manglar es típicamente de Cuenca y su estado de desarrollo es muy pobre, ya que en algunas partes esta fuertemente perturbado con evidentes huellas de tala, canalización, remoción de sedimentos, y quema de la vegetación. Esto trae como consecuencia que el manglar este muy abierto, con un estrato bajo en donde abunda el helecho *Acrosticum aureum*, junto con la trepadora *Rhabdadenia biflora*. Casi la mitad de los alrededores de la laguna del Yucateco ha sido desmontada y en su lugar se han establecido zonas de pastoreo, cultivo, viviendas rurales así como numerosas instalaciones petroleras relacionadas con el bombeo, extracción y transporte de petróleo. Las especies epifitas son también un componente florístico importante en el

Sección diagramática de la
ESTACION 4.

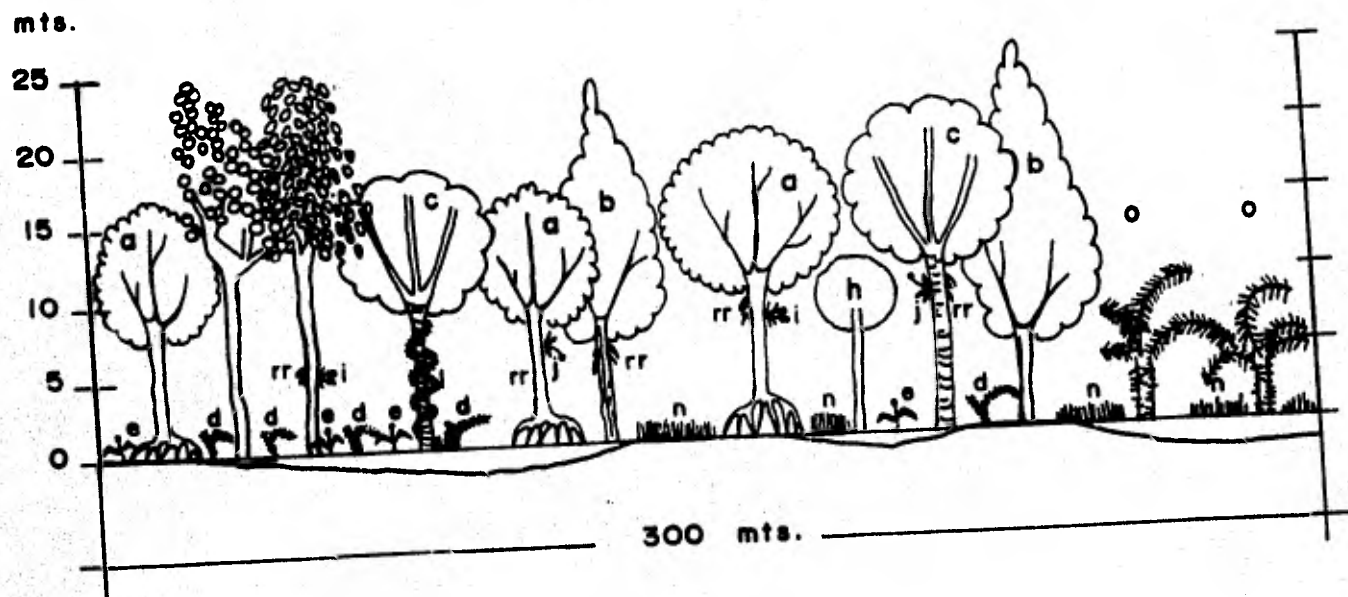


FIGURA 18. Manglar Ribereño en el que se presentan especies de Selva Mediana Riparia, Selva Baja Inundable y Palmar Inundable.

Sección diagramática de la
ESTACION 6.

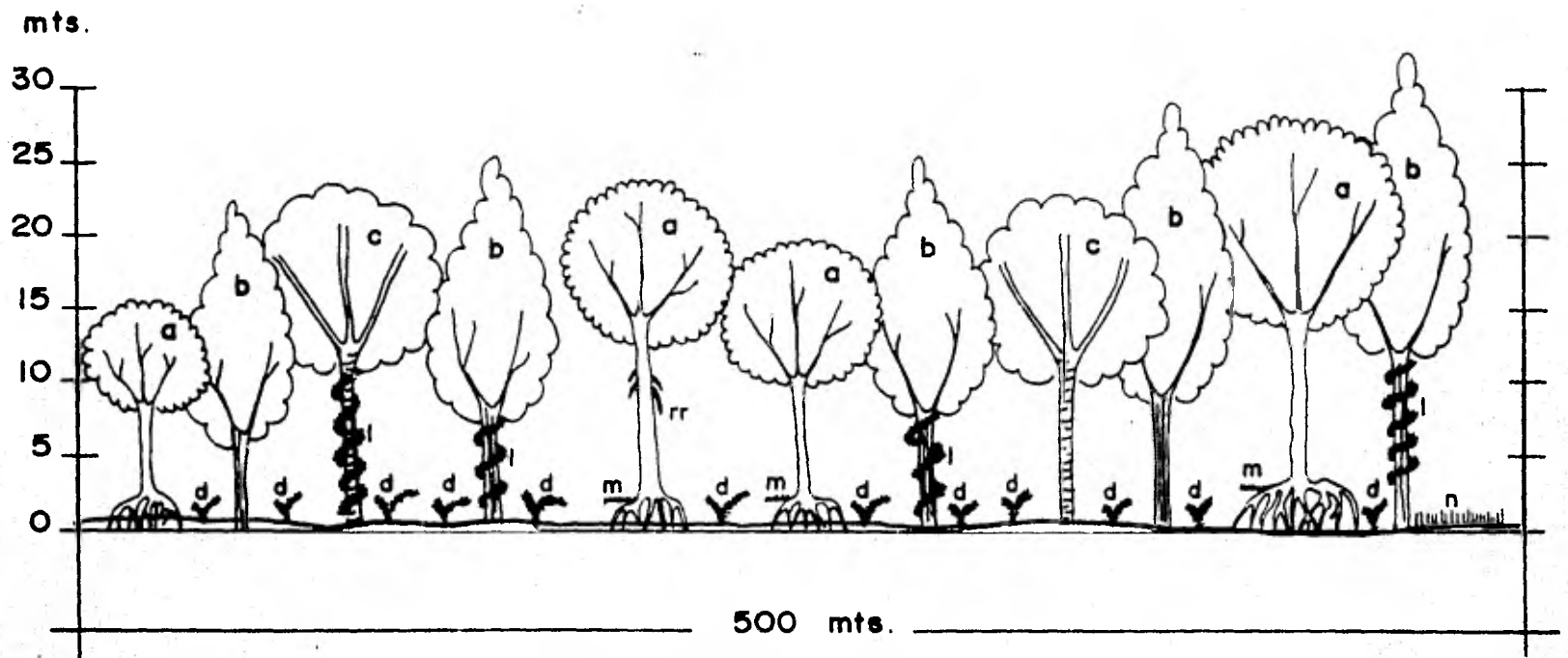


FIGURA 19. Manglar de Cuenca bien desarrollado, localizado en el Río Chicozapote.

Sección diagramática de la
ESTACION 8.

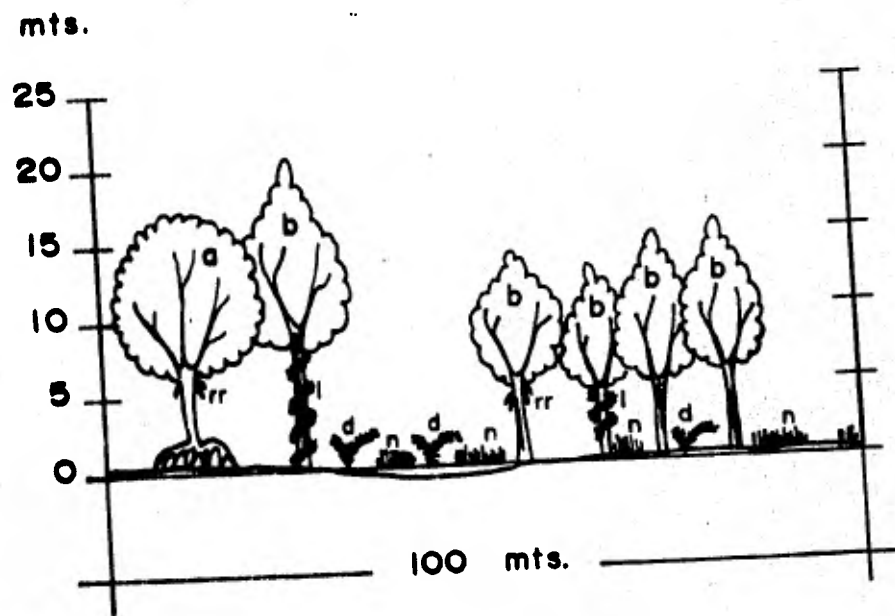


FIGURA 20. Manglar de Cuenca, muy perturbado con una altura promedio de 15 m y la presencia de epífitos y trepadores.

manglar de Cuenca y lo conforman las mismas especies encontradas en el manglar del río Tonalá.

Tanto en el Manglar Ribereño como en el de Cuenca fue notoria la presencia de tres especies de parásitas pertenecientes a la familia Loranthaceae: *Phoradendron wawrae* Trel; *Psitacanthus americanus* y *Struthantus cassythiodes* Millsp ex Standl. Estas fueron más abundantes en el Manglar de Cuenca, sobre todo en las áreas perturbadas. *Psitacanthus* se observó parasitando a *Avicennia* y *Phoradendron* y *Struthantus* a *Rhizophora mangle*. En el manglar de Cuenca las hojas de los árboles mostraron deformaciones en sus márgenes, las cuales tenían una apariencia rizada, así como un considerable grado de ataque por insectos. Este se manifestaba en pérdida de partes de las hojas y depósito de huevecillos.

El muestreo florístico realizado en la zona de estudio durante un año, permite señalar que la composición florística del manglar la constituyen las siguientes especies:

Estrato arbóreo

Andira galeottiana Standley
Annona glabra L.
Avicennia germinans (L.) Stearn
Bactris cohune Wats.
Hibiscus tiliaceus L.
Inga edulis Mart.
Laguncularia racemosa (L.) Gaertn. F.
Lonchocarpus guatemalensis Fendler & Benth.
Pachira aquatica Aubl.
Pithecellobium belizense Standley
Rhizophora mangle L.
Vochysia hondurensis Sprague.

Estrato arbustivo y herbáceo

Acrostichum aureum L.
Batis maritima L. Vidrillos.
Hymenocallis litoralis Salisb.
Cyperus articulatus L.
Cyperus sp.
Eichhornia crassipes (Mart.) Solms.
Lemna sp.
Peperomia obtusifolia (L.) A. Dietr.
Peperomia sp.
Pistia stratiotes L.
Polypodium sp.

Pontederia sagittata Presl.
Pontederia sp.
Salvinia sp.
Typha latifolia L.

Epífitos y trepadores

Aechmea bracteata (Swartz) Griseb.
Anthurium schlechtendalii Kunt.
Bacopa monnieri (L.) Pennell.
Brasavola nodosa (L.) Lindl.
Bromelia sp.
Epidendron nocturnum Jacq.
Epidendron sp.
Notylia barkeri Lindly
Pleurothallis grobye Garay
Pleurothallis sp.
Rhabdadenia biflora (Jacq.) Muell. Arq.
Schomburgkia tibicinis Batem.
Selenicereus hondurensis Britton & Rose
Selenicereus testudo (Karw) Buxbum
Tillandsia dasylirifolia Baker
Tillandsia caput-medusae E. Morren
Tillandsia fasciculata Swartz

Semiparásitos

Phoradendron wawrae Trel.
Psitacanthus americanus L.
Struthanthus cassythoides Millsp. ex Standl.

Selva Mediana Riparia

La vegetación caracterizada como Selva Mediana Riparia por Lot y Novelo (1990), se desarrolla a lo largo del río Tonalá aunque no de manera continua. Las especies *Lonchocarpus guatemalensis*, *Pithecellobium recordii*, *Vochysia hondurensis*, *Andira galeottiana*, *Vochysia hondurensis* e *Inga edulis*, se distribuyen en forma aislada a lo largo del río Tonalá desde el poblado de El Muelle hasta San José del Carmen. La altura promedio de los árboles es de 15 m y son más abundantes en las áreas en donde existen desembocaduras de arroyos cuyo caudal aumenta durante la época de lluvias y no hay salinidad como en las estaciones 1 y 4 en donde se alternan con el manglar.

Selva Baja inundable

Los elementos florísticos de este tipo de vegetación encontrados en la zona de estudio son *Annona glabra* y *Pachira aquatica* con un altura máxima de 15 m No son muy abundantes en toda la zona, solo en algunas áreas como en la estación 4 en donde alcanzan alturas de 12 m y se desarrollan cercanas al manglar (Fig. 18). Cerca de la confluencia del arroyo Blasillo y Río Zanapa de observaron algunos representantes aislados de esta comunidad.

Palmar inundable

Esta comunidad esta dominada por la palma *Bactris* la cual forma manchones puros que crecen en la parte posterior del manglar, en la estación 4, con una altura promedio de 8 m. El área se encuentra inundada prácticamente todo el año pues recibe el aporte de un arroyo cuyo caudal aumenta en la época de lluvias, con el consiguiente aumento de la inundación dentro del palmar y en las comunidades adyacentes. Esta comunidad solo se encontro en esta parte del río.

Hidrófitas enraizadas emergentes

La comunidad de hidrófitas enraizadas al fondo chojas y tallos emergentes, se desarrolla en las áreas someras de las márgenes del río. Su distribución no es continua y forma manchones esparcidos a lo largo de la corriente. *Typha latifolia*, forma manchones que crecen cerca de las zonas perturbadas practicamente a todo lo largo del río. Las especies *Hymenocallis litoralis* y *Pontederia sagittata*, crecen en las orillas del manglar mezclandose con las libres flotadoras y las enraizadas de hojas flotantes. Son comunes en las áreas con mayor afluencia de agua dulce como las estaciones 1, 4 y 6 . Su presencia esta fuertemente determinada por la época de lluvias. En las estaciones 1, 4, 6 y 8 crecen en la parte posterior del manglar manchones puros de *Cyperus articulatus*. Estos no son muy abundantes y su distribución es bastante irregular.

Hidrófitas enraizadas de hojas flotantes

Esta comunidad esta dominada por la especie *Nymphoides indica* la cual crece en las áreas someras cercanas al manglar, a profundidades promedio de 25 cm. No forma grandes manchones y solo se registró su presencia durante la época de lluvias en las estaciones 4 y 5 del río Tonalá y Chicozapote.

Hidrófitas libremente flotadoras

La comunidad de especies libre-flotadoras se presenta a lo largo del año pero su abundancia aumenta durante la época de lluvias ya que es notorio que la mayor parte de ellas son arrastradas por las corrientes. Son abundantes en las zonas donde desembocan los arroyos y canales de agua dulce, aunque es posible observarlas flotando en cualquier parte del río. En el río Tonalá forman extensos manchones que durante la época de lluvias dificultan la navegación. En las estaciones 1, 4 y 6 se mezclan con la enraizadas emergentes y las de hojas flotantes. Las especies que dominan dicha comunidad son: *Eichhornia crassipes*, *Lemna sp*, *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata*.

Hidrocarburos

Hidrocarburos en sedimentos

En la Tabla 8 se muestra la concentración de hidrocarburos totales y de las fracciones saturadas y aromáticas de hidrocarburos en los sedimentos superficiales del manglar de la zona de estudio.

El intervalo de concentración de los hidrocarburos totales fue de 214 a 3,635 ppm (partes por millón), con un total de 15,780 ppm, y un promedio de 1,972 ppm para el área de estudio (Tabla 9). En la Figura 21 se representan los valores de hidrocarburos totales, pudiendo observarse que todas las estaciones localizadas a lo largo del río Tonalá tienen valores muy altos, cuyo intervalo de concentración es de 1,971 a 3,635 ppm los cuales corresponden a las estaciones 2 y 1 respectivamente. En la zona del río Chicozapote y laguna del Yucateco, el intervalo fué de 214 y 3,210 ppm que corresponden a las estaciones 6 y 7. Los valores fueron comparativamente menores a los del río Tonalá, ya que a excepción de la estación 7 (3,210 ppm) la concentración total en las estaciones restantes tuvo un intervalo de 214 a 575 ppm. En la gráfica de la Figura 21 esto se aprecia claramente.

En las Tablas 8 y 9 se presentan los valores de la concentración total de hidrocarburos saturados, el cual fue de 4,891 ppm, con un intervalo de 57 a 1493 ppm y un promedio de 611 ppm. La estación que mayor proporción de hidrocarburos saturados presentó fue la 3 y la 6 la de menor concentración. En las estaciones del río Tonalá los hidrocarburos saturados tienen un intervalo de 509 a 1,779 ppm, el cual es mayor al encontrado para el río Chicozapote y laguna del Yucateco (57 a 229 ppm).

Los hidrocarburos aromáticos presentaron un valor total de

TABLA 8. CONCENTRACION (ppm) DE HIDROCARBUROS AROMATICOS Y SATURADOS EN SEDIMENTOS Y HOJAS DE MANGLAR

ESTACION	MUESTRA	SATURADOS	AROMATICOS	TOTALES	AROM/SAT	LOG(AROM/SAT)
1	SEDIMENTOS	509.00	3126.00	3635.00	6.14	0.79
	RHIZOPHORA	800.00	2760.00	3560.00	3.45	0.54
	LAGUNCULARIA	210.00	200.00	410.00	0.95	-0.02
	AVICENNIA	*	*	*	*	*
2	SEDIMENTOS	594.00	1377.00	1971.00	2.32	0.37
	RHIZOPHORA	410.00	1130.00	1540.00	2.76	0.44
	LAGUNCULARIA	180.00	2360.00	2540.00	13.11	1.12
	AVICENNIA	220.00	710.00	930.00	3.23	0.51
3	SEDIMENTOS	1779.00	1205.00	2984.00	0.68	-0.17
	RHIZOPHORA	500.00	1730.00	2230.00	3.46	0.54
	LAGUNCULARIA	180.00	3830.00	4010.00	21.28	1.33
	AVICENNIA	*	*	*	*	*
4	SEDIMENTOS	1493.00	1428.00	2921.00	0.96	-0.02
	RHIZOPHORA	360.00	880.00	1240.00	2.44	0.39
	LAGUNCULARIA	*	*	*	*	*
	AVICENNIA	200.00	920.00	1120.00	4.60	0.66
5	SEDIMENTOS	77.00	192.00	269.00	2.49	0.40
	RHIZOPHORA	150.00	800.00	950.00	5.33	0.73
	LAGUNCULARIA	160.00	370.00	530.00	2.31	0.36
	AVICENNIA	*	*	*	*	*
6	SEDIMENTOS	57.00	157.00	214.00	2.75	0.44
	RHIZOPHORA	230.00	440.00	670.00	1.91	0.28
	LAGUNCULARIA	200.00	800.00	1000.00	4.00	0.60
	AVICENNIA	420.00	790.00	1210.00	1.88	0.27
7	SEDIMENTOS	229.00	2981.00	3210.00	13.02	1.11
	RHIZOPHORA	230.00	360.00	590.00	1.57	0.19
	LAGUNCULARIA	280.00	1120.00	1400.00	4.00	0.60
	AVICENNIA	*	*	*	*	*
8	SEDIMENTOS	153.00	422.00	575.00	2.76	0.44
	RHIZOPHORA	100.00	1330.00	1430.00	13.30	1.12
	LAGUNCULARIA	240.00	490.00	730.00	2.04	0.31
	AVICENNIA	*	*	*	*	*

FIGURA 9. HIDROCARBUROS TOTALES Y PROMEDIOS (ppm)
EN SEDIMENTOS Y HOJAS DE MANGLE.

TOTALES			
MUESTRA	SATURADOS	AROMATICOS	TOTALES
SEDIMENTOS	4891	10888	15779
RHIZOPHORA	2964	9430	12394
LAGUNCULARIA	1450	9170	10620
AVICENNIA	840	2420	3260
TOTAL MANGLES	5254	21020	26274
TOTAL	10145	31908	42053

PROMEDIOS			
MUESTRA	SATURADOS	AROMATICOS	TOTALES
SEDIMENTOS	611.4	1361	1972.4
RHIZOPHORA	347.5	1178.8	1526.3
LAGUNCULARIA	206.3	1261.3	1467.6
AVICENNIA	320	750	1070
TOTAL MANGLES	873.8	3190.1	4063.9
TOTAL	1485.2	4551.1	6036.3

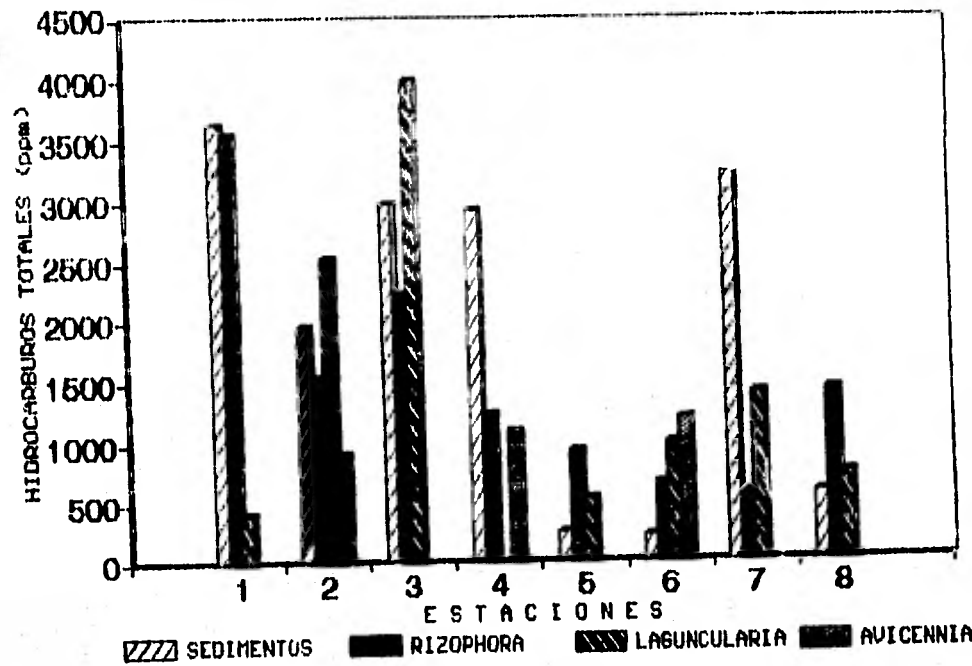


Figura 21. Hidrocarburos totales en sedimentos y hojas de mangle de las estaciones analizadas.

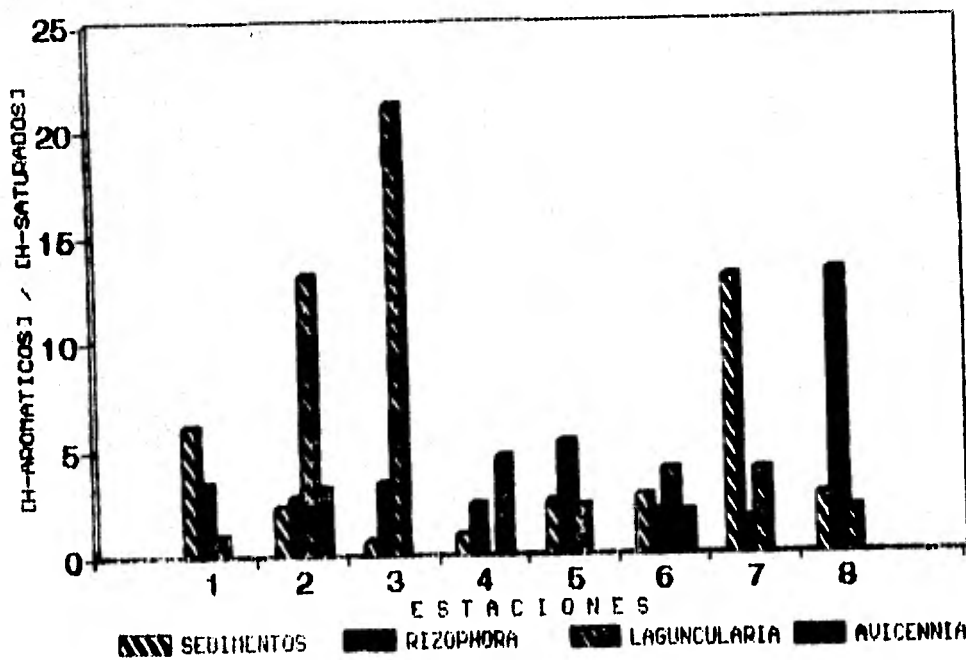


Figura 22. Proporción de Hidrocarburos Aromaticos y saturados en Sedimentos y hojas de mangle de las estaciones analizadas.

10,888 ppm, con un intervalo de concentración de 192 a 3,126 ppm y un promedio de 1,361 ppm. Las estaciones del río Tonalá también mostraron las concentraciones más altas de hidrocarburos aromáticos (1,205 y 3,126 ppm) en las estaciones 3 y 1; y en el río Chicozapote fueron de 157 y 2,981 ppm de las estaciones 6 y 7 respectivamente. De acuerdo con estos datos, la concentración de compuestos aromáticos casi duplican en promedio a las obtenidas de los compuestos saturados: 1,361 ppm en aromáticos y 611 ppm en saturados.

Como un primer intento de análisis, de los hidrocarburos totales se obtuvo la proporción de hidrocarburos aromáticos sobre los saturados, de manera que si los valores resultaban ≥ 1 , los aromáticos se encontraban en mayor proporción que los saturados; si los valores ≤ 1 la proporción de saturados es mayor y si los valores son igual a 1, ambos compuestos se presentan en la misma proporción (Tabla 8).

En la gráfica de la Figura 22 se presentan los valores de la proporción de hidrocarburos aromáticos/saturados (CB/CH) de los sedimentos de la zona de estudio. Para apreciar con mayor claridad la proporción (CB/CH) se graficaron los valores en escala logarítmica, los cuales se aprecian en la gráfica de la Figura 23.

Si observamos la gráfica de la Figura 23 y la Tabla 8, en la estación 3 del río Tonalá, la proporción de hidrocarburos saturados fue mayor que los aromáticos (0.67); en la estación 4 la relación es casi igual a 1 (0.95), indicando que la proporción de saturados es ligeramente mayor que los aromáticos. En las gráficas de la Figura 22 y 23 se observa que para las estaciones 1 y 2 la proporción es de 6.14 y 2.31 respectivamente. En estas dos últimas estaciones la dominancia de los hidrocarburos aromáticos es significativa.

En el río Chicozapote las estaciones 5 y 6 presentaron valores de 2.49 y 2.75 con una clara dominancia de la fracción aromática y en la laguna del Yucateco los valores fueron de 13.0 para la estación 7 y 2.8 para la estación 8. La dominancia de los hidrocarburos aromáticos en la estación 7 es significativamente mayor que en las demás estaciones analizadas. Esto se muestra claramente en las Figuras 22 y 23. En esta última es más clara la predominancia de los hidrocarburos aromáticos en la mayoría de las estaciones a excepción de la 3 y 4 del río Tonalá.

Hidrocarburos en hojas de mangles

La concentración de hidrocarburos totales y de las fracciones saturadas y aromáticas encontradas en las hojas de las distintas

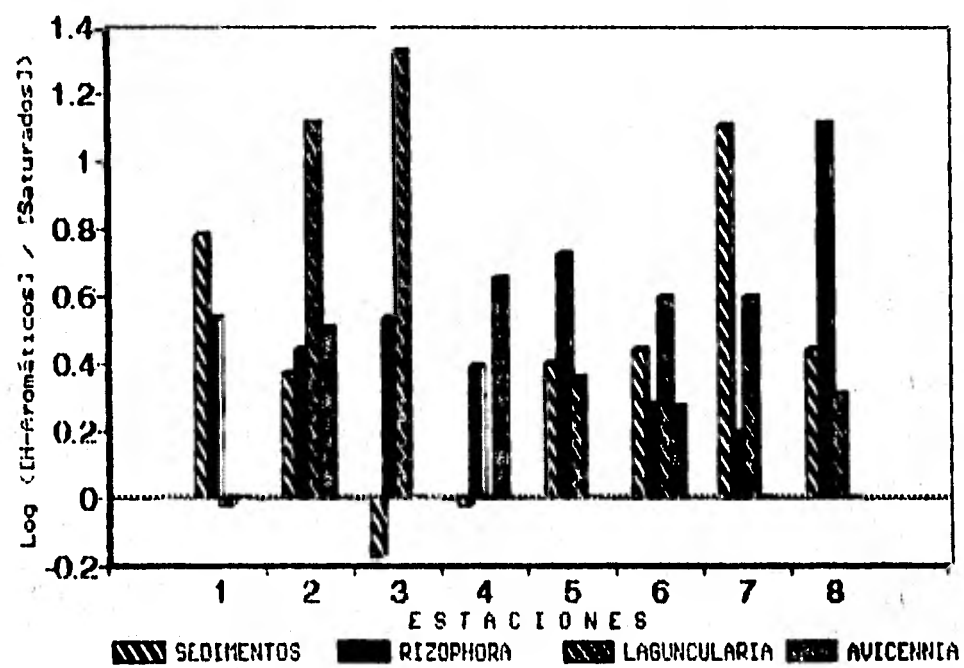


Figura 23. Relación logarítmica de Hidrocarburos Aromáticos y Saturados en sedimentos y hojas de mangle en las estaciones analizadas.

especies del manglar de la zona de estudio, se muestran en la Tabla 8. El intervalo de concentración de los hidrocarburos totales fue de 410 a 4,010 ppm, con un total de 26,090 ppm y un promedio de 4,063 ppm se presentan en la Tabla 9.

En la Tabla 9 también se muestran los valores de hidrocarburos totales para cada especie de mangle, siendo *Rhizophora mangle* la que presenta los valores más altos, 12,210 ppm de totales y un promedio de 1,526 ppm; *Laguncularia racemosa* 10,620 ppm de totales y un promedio de 1,467 ppm, y *Avicennia germinans* 3,260 ppm de totales y un promedio de 1,070 ppm.

La concentración de hidrocarburos saturados y aromáticos para *Rhizophora mangle* fue de 2,964 y 9,430 ppm con un promedio respectivo de 347 y 1,178 ppm. En *Laguncularia racemosa* la concentración de hidrocarburos saturados fue de 1,450 ppm y de aromáticos 9,170 ppm, con un promedio respectivo de 206 y 1,261 ppm. En *Avicennia germinans* la concentración de saturados y aromáticos fue de 840 y 2,420 ppm con un promedio correspondiente de 320 y 750 ppm.

De acuerdo con los datos de la Tabla 9, en las hojas de los mangles los valores totales y promedio de hidrocarburos aromáticos son tres veces mayores que los saturados (5,254 y 21,020 ppm en totales ; 873.8 y 3,190 ppm en promedio).

Si analizamos la relación CB/CH para cada especie, (Tabla 8) *Laguncularia racemosa* presenta valores mayores en la predominancia de CB, en un rango que va de 21.17 a 0.95, siendo las estaciones 3 y 2 localizadas en el río Tonalá las que muestran los valores más altos (21.27 y 13.1 respectivamente), y la estación 1 muestra un valor de 0.95, lo que indica una proporción ligeramente mayor de los compuestos saturados. En la gráfica 10 se observa claramente dicha predominancia

En las estaciones del río Chicozapote y laguna del Yucateco, los rangos de CB/CH van de 4 a 2.0 (Tabla 8). La relación de CB/CH para *Rhizophora mangle* en las estaciones del río Tonalá van de 2.4 a 3.5 y para el río Chicozapote y laguna del Yucateco de 1.6 a 13.3. Este último valor corresponde con la estación 8 (Figura 22).

En *Avicennia germinans* la predominancia de hidrocarburos aromáticos fue de 1.8, 3.2 y 4.6 correspondientes a las estaciones 6, 2 y 4 respectivamente. Debe señalarse que no en todas las estaciones se realizó análisis de hidrocarburos en *Avicennia germinans*.

Al graficar los valores en escala logarítmica, se observa claramente la predominancia de la fracción aromática sobre la

saturada, tanto en los sedimentos como en las hojas de las distintas especies de manglar en cada una de las estaciones. En la gráfica de la Figura 23, se muestra dicha predominancia, ya que solo los sedimentos de las estaciones 1 y 4 y la especie *Laguncularia* de la estación 3, mostraron valores mayores de la fracción saturada sobre la aromática.

La predominancia de la fracción aromática sobre la saturada es muy elevada, y los estudios señalan que las concentraciones de ambos compuestos casi siempre son similares, e incluso es mayor el componente saturado. Solo en derrames masivos o en sitios con una descarga crónica de hidrocarburos prevalece la fracción aromática (Botello y Páez, 1986).

Cromatogramas

La cuantificación de hidrocarburos totales por el método gravimétrico padece inconvenientes de interpretación ya que además de hidrocarburos, por este método también se cuantifican otros compuestos orgánicos (esteroles, ácidos grasos, ésteres, etc.). Estos debido a su complejidad química no pueden ser saponificados de manera total con la técnica empleada, y así pasan a formar parte de la fracción no saponificable. Por ello en las cuantificaciones obtenidas las concentraciones de hidrocarburos pueden ser altas, y no es posible conocer con certeza el origen y tipo de hidrocarburos que se analizan. Por lo tanto, para establecer el origen de los hidrocarburos biogénicos o fósiles presentes en los sedimentos y en las hojas de manglar, se efectuó una cromatografía de gases, a fin de obtener la representación de los componentes en las fracciones saturadas y aromáticas.

Se seleccionaron muestras de sedimento y hojas tomando como base los valores obtenidos en la cuantificación gravimétrica. Se analizaron muestras de altas y bajas concentraciones.

Las muestras seleccionadas fueron:

Sedimentos:	Estaciones 2, 3, 4, 6, 7
<i>Rhizophora mangle</i>:	Estaciones 2, 3, 4, 6, 7
<i>Laguncularia racemosa</i>:	Estaciones - 3, - 6, 7
<i>Avicennia germinans</i>:	Estaciones 2 - - 6, -

Los cromatogramas de la fracción saturada representan los n-alcenos cuyas concentraciones relativas se denotan por el tamaño de los picos, o área bajo la curva. Los compuestos identificados son n-alcenos de 11 a 31 átomos de carbono, así como los isómeros Pristano y Fitano.

Las concentraciones relativas de los n-alcanos en los cromatogramas señalan el origen de los hidrocarburos en los sedimentos y hojas del manglar. Normalmente, la mayor abundancia de los n-alcanos de número impar de átomos de carbono indica un origen biológico; concentraciones relativas uniformes anuncian la presencia de hidrocarburos fósiles.

Para ordenar la interpretación de los cromatogramas, se explicarán inicialmente las fracciones saturadas y aromáticas descubiertas en las diferentes especies del manglar; posteriormente las encontradas en los sedimentos.

En las Figuras 24, 25, y 26, se muestran los cromatogramas de las hojas de las tres especies de manglar presentes en las estaciones de muestreo. Se puede observar en ellas que la distribución de las n-parafinas ofrece un patrón del C_{14} al C_{31} y los isómeros Pristano y Fitano (Figuras 25 y 26), y con una predominancia característica de parafinas de alto peso molecular, cuyos rangos son del C_{27} al C_{30} en *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* y del C_{23} al C_{31} en *Avicennia germinans* (Fig. 26). Todas las especies en las distintas estaciones de muestreo del río Tonalá, Chicozapote y laguna del Yucateco mostraron tal distribución y predominio.

En la estación 3, cercana a la planta de absorción de La Venta, el cromatograma de *Rhizophora mangle* muestra la identificación de los picos correspondientes a las parafinas C_{11} al C_{14} (Fig. 24), además de las parafinas de alto peso molecular (C_{23} al C_{31}). Estas últimas, aparentemente son características de las especies de mangle analizadas.

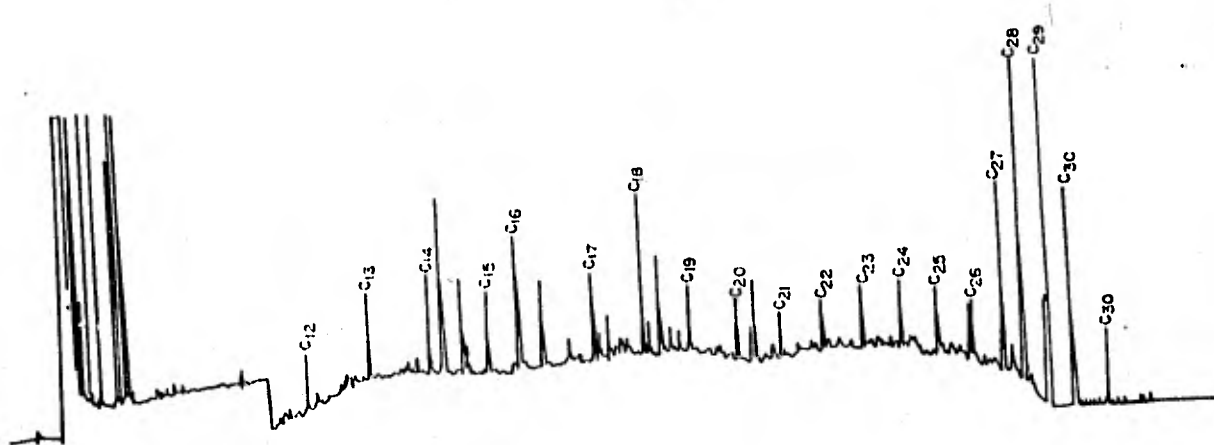
En los cromatogramas de los sedimentos de las distintas estaciones se observa la presencia de parafinas de alto peso molecular (C_{27} a C_{29}), representados por los picos más altos (Fig. 27).

En cuanto a la fracción bencénica, sólo se pudo detectar la presencia de Acenafteno y Fluoreno como compuestos aromáticos de las hojas de *Rhizophora mangle* de las estaciones 2 y 4 del río Tonalá (Fig. 28).

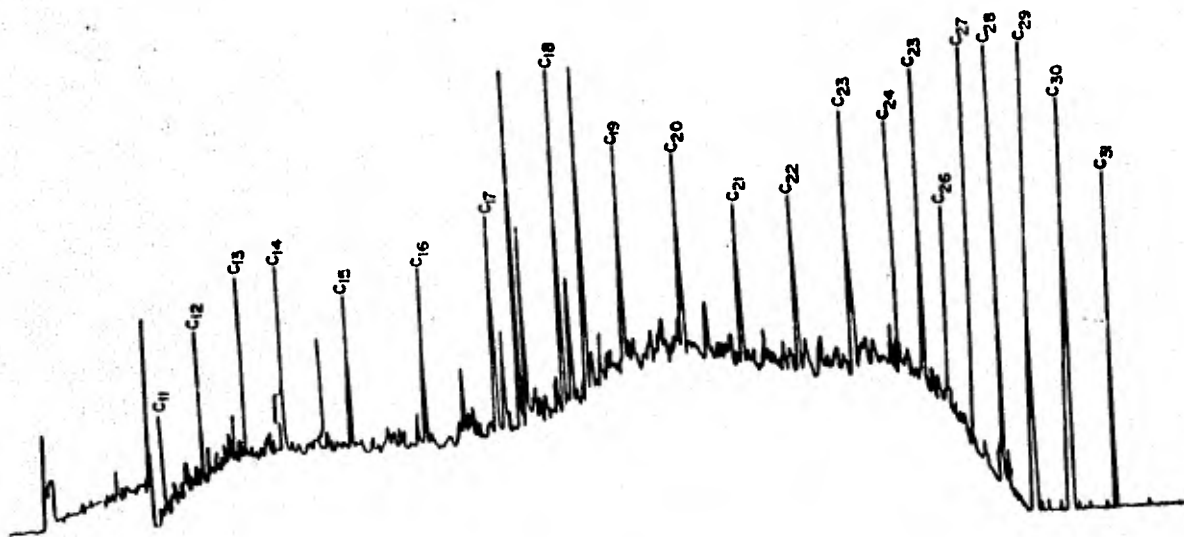
En la estación 3 de acuerdo con el cromatograma de la figura 12 hay un aporte significativo de petróleo, pues la distribución corresponde a compuestos de origen petrogénico.

Tensores

De manera general en la zona de estudio, además de la presencia de petróleo, grasas y aceites, considerados por Lugo

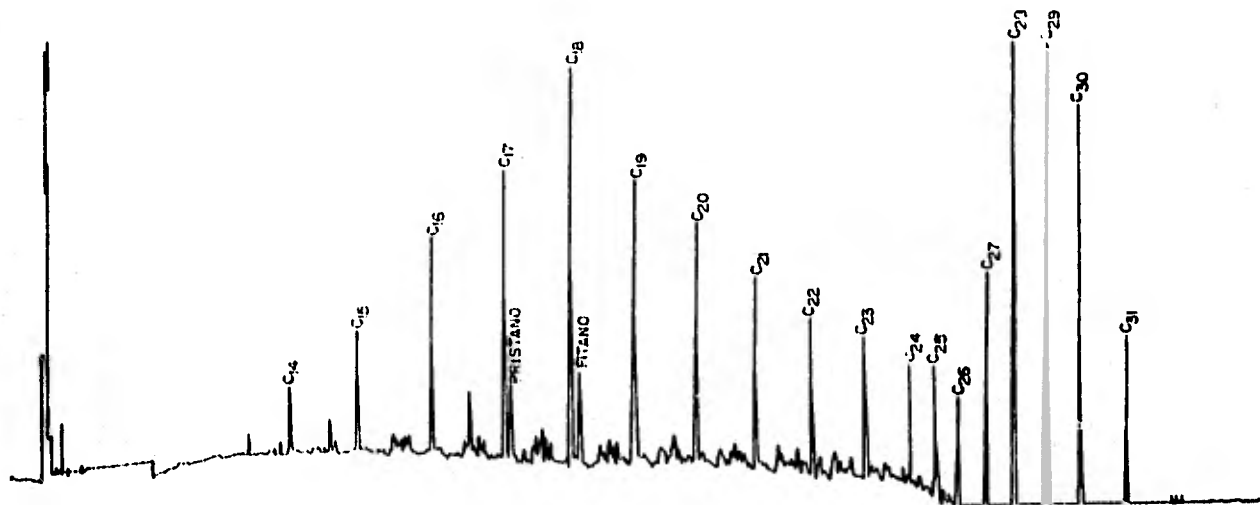


CROMATOGRAMA DE LA DISTRIBUCION DE LAS n-PARAFINAS PRESENTES EN LAS HOJAS DE RHIZOPHORA MANGLE DE LA ESTACION 2 DE RIO TONALA, VER

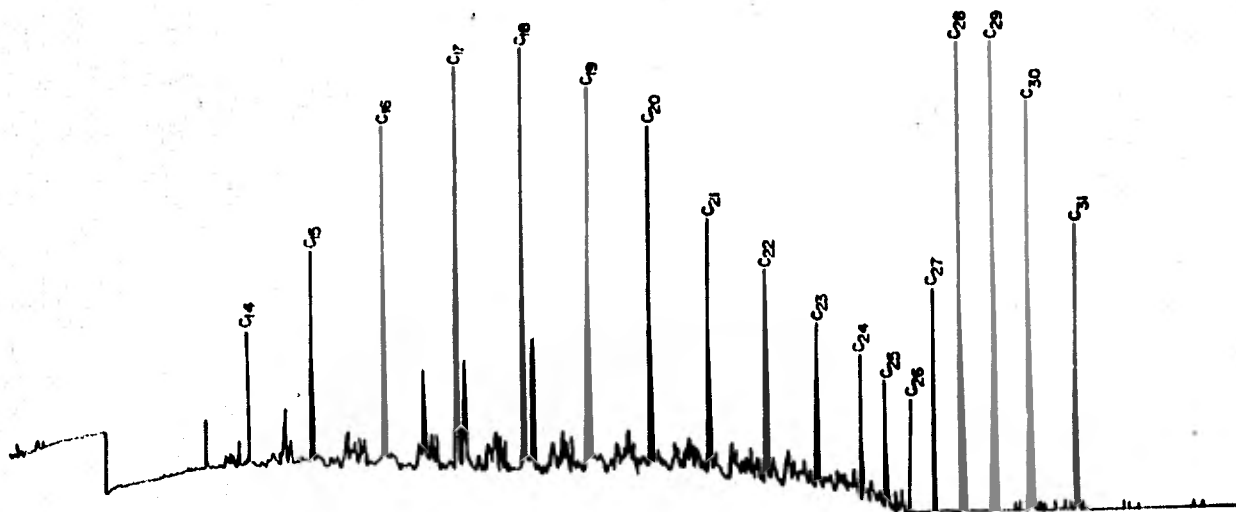


CROMATOGRAMA DE LA DISTRIBUCION DE LAS n-PARAFINAS PRESENTES EN LAS HOJAS DE RHIZOPHORA MANGLE EN LA ESTACION 3 LA VENTA DEL RIO TONALA, VERACRUZ.

FIGURA 24

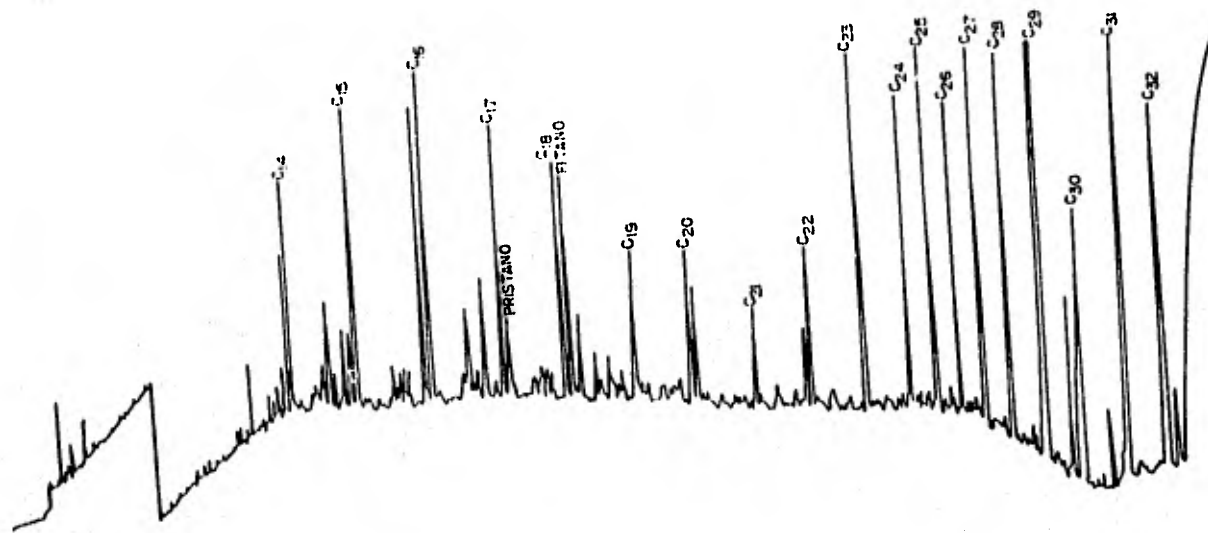


CROMATOGRAMA DE LA DISTRIBUCION DE LAS n-PARAFINAS PRESENTES EN LAS HOJAS DE RHIZOPHORA MANGLE DE LA ESTACION 6 DEL RIO CHICOZAPOTE, TAB.

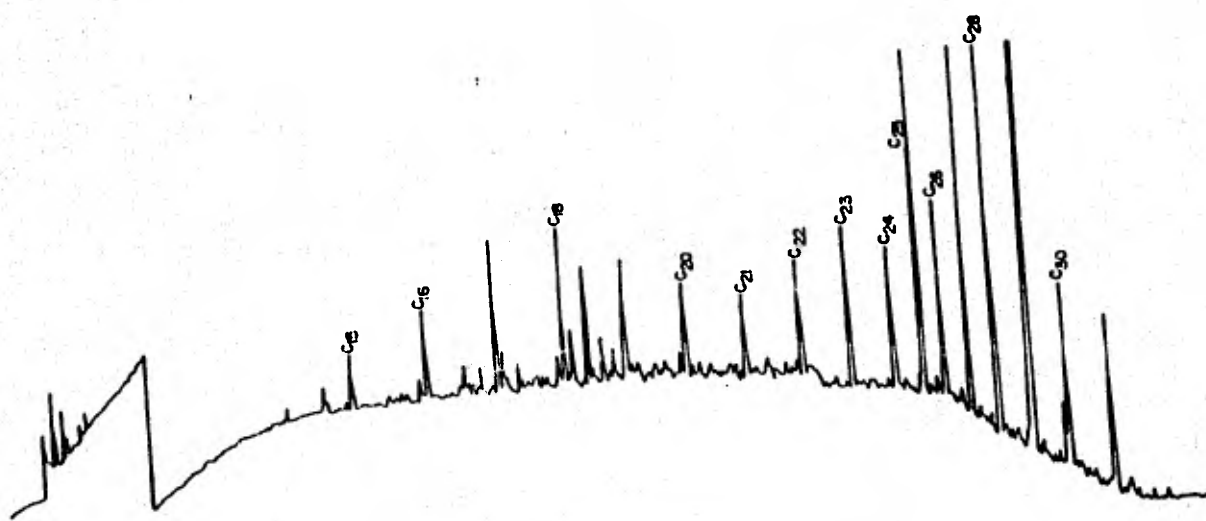


CROMATOGRAMA DE LA DISTRIBUCION DE LAS n-PARAFINAS PRESENTES EN LAS HOJAS DE RHIZOPHORA MANGLE EN LA ESTACION 7 DE LA LAGUNA DEL YUCATEGO, TAB.

FIGURA 25



CROMATOGRAMA DE LA DISTRIBUCION DE LAS n-PARAFINAS PRESENTES EN LAS HOJAS DE AVICENNIA GERMINANS DE LA ESTACION 6 DEL RIO CHICOZAPOTE, TAB.

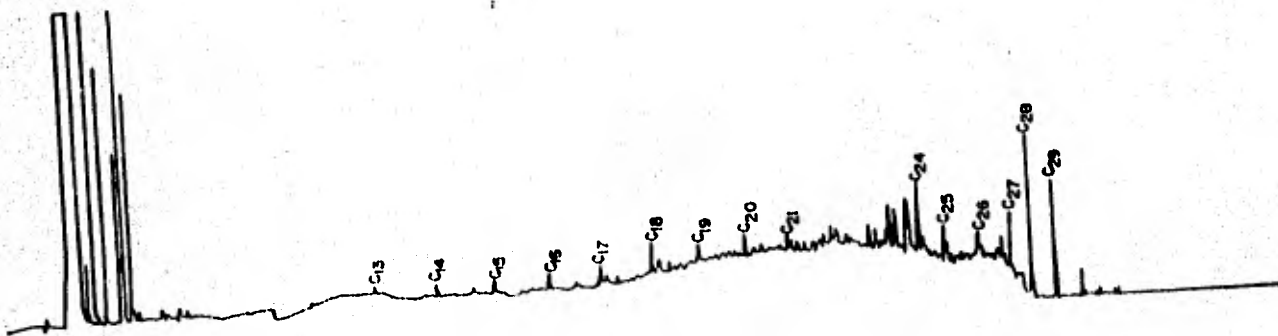


CROMATOGRAMA DE LA DISTRIBUCION DE LAS n-PARAFINAS PRESENTES EN LAS HOJAS DE LAGUNCULARIA RACEMOSA EN LA ESTACION 6 DEL RIO CHICOZAPOTE, TAB.

FIGURA 26

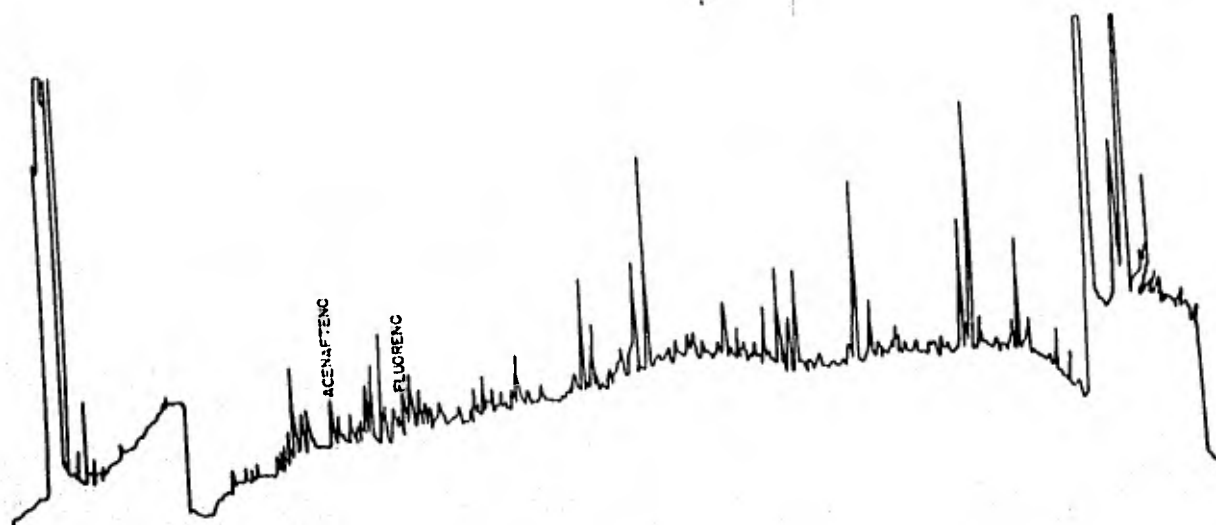


CROMATOGRAMA DE LA DISTRIBUCION DE LAS n-PARAFINAS PRESENTES EN LOS SEDIMENTOS DEL MANGLAR DE LA ESTACION 2 LA VENTA, EN RIO TONALA, VER.

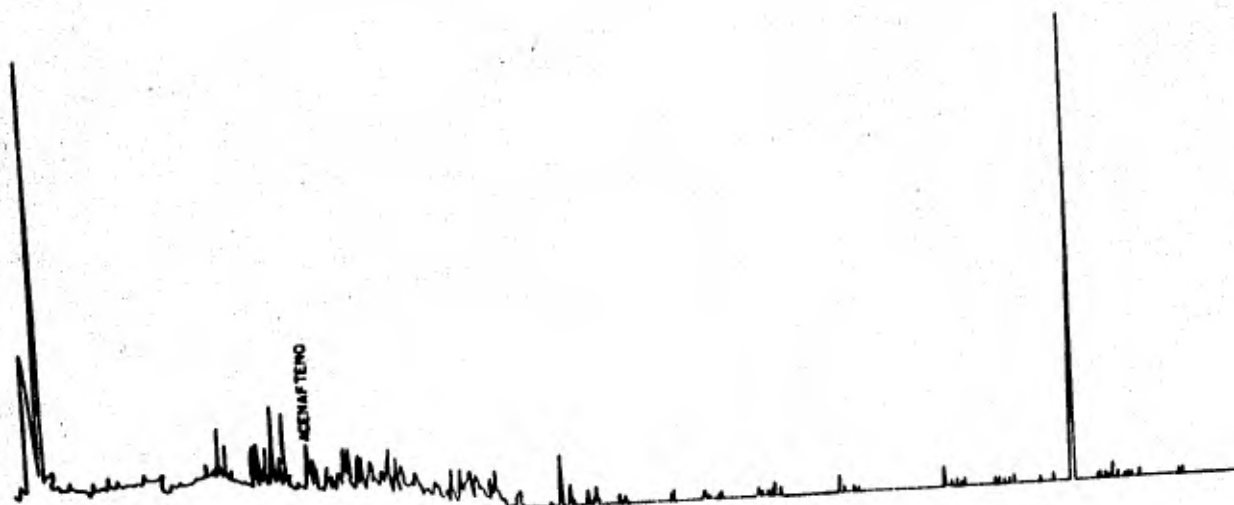


CROMATOGRAMA DE LA DISTRIBUCION DE LAS n-PARAFINAS EN SEDIMENTOS DEL MANGLAR DE LA ESTACION 3 DEL RIO TONALA, VER.

FIGURA 27



CROMATOGRAMA DE LA DISTRIBUCION DE LOS COMPUESTOS AROMATICOS PRESENTES EN LAS HOJAS DE RHIZOPHORA MANGLE DE LA ESTACION 2 DEL RIO TONALA, VER.



CROMATOGRAMA DE LA DISTRIBUCION DE LOS COMPUESTOS AROMATICOS PRESENTES EN LAS HOJAS DE RHIZOPHORA MANGLE EN LA ESTACION DEL RIO TONALA.

FIGURA 28

(1978), como tensores que alteran al ecosistema, se identificaron otras acciones que también impactan al manglar. De algunos de ellos no se tienen datos cuantitativos y solo se registró su presencia.

La construcción de las diversas instalaciones petroleras ha implicado severas modificaciones en el manglar y en la vegetación adyacente. La operación de estas instalaciones requiere de caminos y canales, y del desmonte de la vegetación. Esto ha implicado la modificación del régimen hidrológico ya que en algunos sitios se han creado canales y en otros se han desviado antiguos aportes de agua dulce. En la figura 6 se señalan algunos de los principales canales que se han construido en la zona, los más pequeños no es posible esquematizarlos en la figura. La mayor parte de dichos canales se sujetan a dragados periódicos con el fin de mantenerlos funcionales. Los sedimentos removidos con el dragado, son depositados en las inmediaciones en donde se vierten sobre la vegetación que ahí se desarrolle. Estos sedimentos normalmente están completamente impregnados de aceites, grasas y petróleo. En el mapa también se indican algunas de los antiguos lechos de arroyos existentes en la zona. Algunas de estas corrientes se desviaron para ser usadas en la petroquímica La Venta.

La tala es una práctica cotidiana que se realiza tanto en pequeña como en gran escala. La pequeña escala la realizan los pobladores y tiene un uso exclusivamente doméstico. La de gran escala es la que se ha realizado, y se continúa realizando para instalar en ellas los pozos de bombeo y de extracción, así como para prácticas agrícolas y ganaderas. Para el año de 1979 se habían desmontado en la zona tabasqueña 40,960 Has de un total de 68,170.

Otra práctica común es la quema de la vegetación, método con el cual además de limpiar la zona, se elimina el petróleo y aceite acumulados en sedimentos y troncos.

El manglar también mostró una alta incidencia de hojas deformes y de ataques por insectos. Se estimó dicha incidencia en 50% para la zona de la Laguna del Yucateco y de 40% para el río Tonalá. Se registró la presencia de las especies parásitas *Phoradendron wawrae*, *Psitacanthus americanus* y *Struthatus cassyhiodes* creciendo sobre las distintas especies de manglar. La zona de la laguna del Yucateco mostró una incidencia mayor que en el río Tonalá.

En cada una de las estaciones analizadas en la zona de estudio se registró la presencia de los diferentes tensores. En la tabla se muestra el tipo de tensor que representa y su punto de ataque en el ecosistema. De acuerdo con la clasificación propuesta por Lugo *et al.* (1980), la mayor parte de los tensores identificados en río Tonalá, Chicozapote y Laguna del Yucateco se ubican dentro de los tensores humanos del tipo 1, 2 y 3, aunque se encuentran representados todos los demás. Todas las estaciones mostraron

huellas de tala, petróleo, incidencia de ataques por insectos y parasitas, y las estaciones 3, 7 y 8 profundas modificaciones por la construcción de canales. En los alrededores de la laguna del Yucateco, el 40% del manglar había sido desmontado y en su lugar se practica la agricultura y ganadería y se localizan pozos de bombeo. A lo largo del río Tonalá también se observaron numerosas áreas carentes de vegetación.

Tabla 10. Tensores humanos identificados en la zona de estudio. Los números entre paréntesis indican el tipo de tensor de acuerdo con el diagrama propuesto por Lugo et al. (1980).

Estación	Tensor	Tipo
1	Tala o cosecha excesiva, manchas de petróleo y aceite, hojas atacadas por insectos.	4, 5
2	Cobertura de petróleo, tala.	2, 5
3	Instalaciones petroleras, Cobertura de petróleo, Canalización y remoción de sedimentos, hojas atacadas por insectos	1, 2, 3, 4, 5
4	Tala, manchas de aceite, hojas atacadas por insectos.	4, 5, 3
5	Tala, manchas de petróleo, hojas atacadas por insectos, canalización	4, 5, 3, 1
6	Canalización, tala, hojas atacadas por insectos, manchas de petróleo, quema del manglar.	1,3, 4, 5.
7	Tala, quema, construcción de caminos, instalaciones petroleras, remoción de sedimentos, cobertura de petróleo.	1, 2, 4b,4c 4d, 5.

8

Tala, construcción de viviendas, prácticas agrícolas y ganaderas, instalaciones petroleras, cobertura de petróleo.

2, 4, 5

DISCUSION

Hidrología y vegetación.

Con base en la clasificación de Pritchard (1955), la zona de estudio se puede caracterizar desde el punto de vista geomorfológico como un estuario de planicie costera. Hidrológicamente el Río Tonalá tiene un patrón de circulación de estuario parcialmente mezclado de febrero a julio, y en la rama del Río Chicozapote y Laguna del Yucateco el estuario es del tipo verticalmente homogéneo. En la hidrodinámica del río Tonalá y Chicozapote, influyen las condiciones meteorológicas que reflejan las variaciones climáticas estacionales (Fig. 5), siendo la precipitación pluvial el factor determinante en el caudal y flujo del río, variación de la salinidad y contenido de oxígeno disuelto. Es importante señalar que en la rama del Río Chicozapote, las aguas mixohalinas permanecen durante más tiempo en la zona mostrando un recambio más lento de las mismas, y no se presenta un gradiente marcado entre las aguas superficiales y de fondo. Esto me permite señalar que la zona del Río Tonalá tiene un compartamiento hidrológico distinto al del Río Chicozapote, las cuales se reflejan en el tipo de manglar que se desarrolla en uno y otro sitio.

Los mangles presentan gran variabilidad en cuanto a su altura, densidad, dominancia de las especies que lo componen y flora asociada. Esta variabilidad es el resultado de la respuesta de la vegetación a los diversos factores físicos que operan en distintas intensidades en el medio. Estos factores incluyen las concentraciones de nutrientes, cantidad y periodicidad de la escorrentía, la cantidad de precipitación e intensidad de la evaporación, así como las actividades humanas.

Estas fuerzas que operan sobre el manglar describen el ambiente físico en que se desarrolla cada comunidad. La acción e interacción de todos estos factores determina el grado máximo de estructura que puede desarrollar un manglar. Los tipos de manglar propuestos por Lugo y Snedaker (1974), comparten condiciones similares en cuanto a la intensidad con que entran las energías subsidiarias, las concentraciones de nutrientes y la tasa de intercambio de agua.

Las condiciones hidrológicas que prevalecen en la zona, determinan que el manglar que se desarrolla a lo largo de los Ríos Tonalá y parte del Chicozapote sea el denominado tipo ribereño. Los intensos flujos de agua del río Tonalá, permiten que el manglar presente una mayor altura, con una gran riqueza de especies, dentro de las que encontramos un gran número de epifitas y trepadoras y el

helecho *Acrosticum aureum* (Figs. 16 y 17). De acuerdo con Cintrón y Schaeffer-Novelli (1983), estos manglares no tienen problemas de acumulación de sales o falta de nutrientes, ya que los flujos de agua son continuos, o casi continuos, y la energía cinética del agua contribuye a la oxigenación y eliminación de sustancias tóxicas.

En los alrededores de la laguna del Yucateco se desarrolla el manglar tipo cuenca (Figs. 19 y 20). Lugo y Snedaker (1974), señalan que en este tipo de manglar la renovación de las aguas ocurre más lentamente, y normalmente se desarrollan en las partes más internas, detrás de los manglares ribereños o de borde. En la laguna del Yucateco, la renovación de las aguas es más lenta, (tablas) y el manglar de Cuenca se establece después del Ribereño que crece en el Río Chicozapote.

Las características climáticas de la zona, cálido subhúmedo (el más húmedo de los subhúmedos) con precipitaciones máximas de 426 mm y oscilación térmica de 5°C permiten el desarrollo de tres de los cinco tipos de vegetación que conforman los bosques inundables que Lot y Novelo (1990) describen para la región de Veracruz, Tabasco y Campeche. La comunidad de Selva Mediana Riparia, Selva Baja Inundable y Palmar Inundable, se alternan con el Manglar. Su presencia está determinada por su tolerancia a la inundación, contenido de materia orgánica y textura del suelo, por lo cual estas no se desarrollan en forma continua a lo largo de la ribera del río y solo se presentan en áreas en donde existe un continuo aporte de agua dulce como en la estación 4. El tipo de suelo en el que estas especies se desarrollan es el denominado fluvisol. Lot y Novelo (1990) reportan para la zona del Río Tonalá este tipo de suelo. Cházaro (1986) reporta la presencia de estas comunidades en la planicie costera del Golfo de México, denominándolas bosques inundables, señalando que las especies se presentan en forma seriada a lo largo de los ríos. En la parte baja de los ríos, la seriación es *Baccharis* sp., *Salix chilensis*, *Inga edulis*, *Pithecellobium recordii*, *Pachira aquatica*, *Annona glabra* y *Andira galeottiana*.

Las comunidades de hidrofitas enraizadas al fondo con hojas emergentes y flotantes están confinadas a las zonas marginales, ya que la profundidad del agua es un factor limitante para su establecimiento. Las hidrofitas libre flotadoras son más abundantes durante la época de lluvia y se alternan con las enraizadas al fondo de hojas emergentes y flotantes. Las especies *Pistia stratiotes*, *Najas* sp., *Salvinia auriculata* llegan a presentar un comportamiento malezoso.

Hidrocarburos

Existen pocos estudios sobre la presencia de hidrocarburos en los tejidos de los organismos, debido a que los contaminantes tienen una naturaleza compleja y la verificación de los análisis es difícil. Sin embargo se han podido detectar alteraciones en los procesos de desarrollo por interferencia en la quimio-recepción, reduciendo la capacidad reproductiva o inducción de carcinomas (Neff, 1979).

De acuerdo con Botello y Páez, (1986), la acción a nivel biológico o bioquímico, realizada por los compuestos del petróleo está en función de los siguientes parámetros:

- a) grado de concentración.
- b) tiempo de residencia en los organismos.
- c) la proporción entre los hidrocarburos disueltos en el agua y los organismos.

Los sedimentos son el destino final de las sustancias que se encuentran dispersas y suspendidas en la columna de agua, por lo que su análisis químico es de gran utilidad para detectar la presencia de algunos contaminantes acuáticos. Esto es básico para:

- a) establecer niveles naturales (estudios de línea base), antes de la entrada del contaminante.
- b) saber si el área fue impactada por la ocurrencia de algún derrame.
- c) conocer si el área de estudio se encuentra sujeta de manera continua a la entrada del contaminante (IOC-UNESCO, 1984).

El contenido de hidrocarburos en los sedimentos varía en un amplio intervalo de concentraciones dependiendo del medio ambiente de que se trate; en sedimentos no contaminados de mar abierto se reportan de 1 a 4 ppm (peso seco), menos de 100 ppm para los costeros no contaminados y arriba de 1,200 ppm para áreas altamente contaminadas (NAS, 1975).

Los niveles naturales de hidrocarburos biogénicos van de 10 a 20 ppm en sedimentos del talud continental y de 40 a 60 ppm en la plataforma (Botello y Páez, 1986). En zonas costeras no contaminadas, los sedimentos contienen hasta 70 ppm (Blumer y Sass, 1972; NAS, 1975). Esta diferencia se debe a la mayor cantidad de materia orgánica en las zonas costeras que en las profundas. La composición de los hidrocarburos fósiles en los sedimentos puede ser muy variada y depende de la composición original del crudo y del tiempo que hayan permanecido en los sedimentos.

De acuerdo con Blumer y Sass (1972) y NAS (1975), los niveles de hidrocarburos totales en zonas costeras no contaminadas son hasta de 70 ppm; si nos basamos en éste índice tenemos que en los

sedimentos del Río Tonalá el 100% de las muestras superan este valor ya que el rango fue de 214 a 3,635 ppm y de acuerdo con Macko *et al.* (1981), las zonas que rebasan niveles de 100 ppm corresponden a zonas con un aporte crónico de hidrocarburos. El 62.5% de las estaciones evaluadas en nuestra zona de estudio, presentaron una concentración mayor de los 1,200 ppm de hidrocarburos totales, lo cual es característico de zonas altamente contaminadas. Botello y Páez (1986) confirman nuestros datos pues ellos encontraron para el río Tonalá 1,189 ppm como valor promedio de hidrocarburos totales.

Si analizamos la proporción de hidrocarburos aromáticos y saturados (CB/CH), sólo en dos de las ocho estaciones evaluadas (3 y 4) la proporción de hidrocarburos saturados fue ligeramente mayor que la de aromáticos. De acuerdo con NAS (1975), en las zonas donde el aporte de hidrocarburos del petróleo es reciente, las concentraciones de la fracción saturada sobrepasan a la de aromáticos. Sin embargo, las restantes 5 estaciones presentaron proporciones mayores de hidrocarburos aromáticos en sus sedimentos hasta 13 veces más que los saturados (Tabla 8, estación 7).

Se ha evidenciado que una mayor proporción de hidrocarburos aromáticos indican la presencia de hidrocarburos petrogénicos (Farrington, 1985). Los hidrocarburos aromáticos, los cuales son un constituyente importante del petróleo (aproximadamente de 7 al 34%, dependiendo del tipo de crudo, (Neff, 1979), son los compuestos tóxicos que más daño causan a los organismos (Anderson, 1977; Rice *et al.*, 1977; NAS, 1985), debido a que algunos son cancerígenos. Además de los procesos naturales mediante los cuales son producidos, una parte de ellos son generados y liberados al medioambiente por actividades humanas, lo cual incrementa la carga ambiental de estas sustancias, que alcanzan el medio acuático a través de los efluentes domésticos e industriales, lixiviados terrestres, deposición de partículas atmosféricas, derrames de petróleo y la combustión de sus productos refinados en los cuerpos de agua, (Neff, 1979).

La predominancia de hidrocarburos aromáticos señala muy claramente la presencia de hidrocarburos petrogénicos en los sedimentos del Río Tonalá, Chicozapote y Laguna del Yucateco. Por lo tanto podemos señalar que la zona está altamente contaminada y recibe un aporte continuo de hidrocarburos de origen petrogénico que se puede caracterizar como crónico. En las estaciones localizadas cerca de instalaciones petroleras, el aporte de hidrocarburos es reciente, ya que dichas plantas han estado en actividad durante los últimos años y constantemente están vertiendo los desechos al medio. Sin embargo para reforzar dicha afirmación es necesario revisar los resultados obtenidos en los análisis cromatográficos.

El contenido de hidrocarburos totales encontrados en las hojas del manglar fue mayor que en los sedimentos, en 5 de las 8 estaciones analizadas, y en todas ellas la proporción de hidrocarburos aromáticos sobre los saturados alcanzó valores de 13:1 (Tabla 8). El hecho de que los hidrocarburos presentes en las hojas sea en general más alto que en los sedimentos, nos indica un impacto por petróleo, aunque debemos no debemos olvidar que también se cuantifican, junto con hidrocarburos petrogénicos, una gran cantidad de compuestos orgánicos propios de la planta (carotenos, ácidos grasos de cadena larga, lípidos no saponificables, etc.), los cuales no se logran separar mediante la técnica utilizada, y que debido a su afinidad química, se incorporan a las fracciones de hidrocarburos, preferentemente a la porción aromática.

El análisis de los cromatogramas de las especies del manglar muestran en la fracción saturada, una constancia en el patrón de predominio de parafinas de alto peso molecular (C_{23} al C_{31}) que se pueden proponer como características del manglar (Figs). Clark (1966) y Youngblood (1975), señalan que esta distribución en donde predominan las parafinas de alto peso molecular es característica de los hidrocarburos biogénicos de plantas terrestres.

En la estación 3, cecana a la Petroquímica de La Venta, *Rhizophora mangle* mostró además del predominio de parafinas de alto peso molecular, los picos correspondientes a los C_{11} a C_{14} , los cuales representan compuestos del petróleo, que se alternan con hidrocarburos de origen biogénico (Fig. 24).

Los cromatogramas de la fracción saturada de los sedimentos muestran que existe un importante aporte de materia orgánica del manglar a los sedimentos, ya que los picos mayores en los cromatogramas (Fig. 27) corresponden con las parafinas de alto peso molecular, y reflejan el patrón de distribución observado en las hojas de las diferentes especies de manglar.

En algunas estaciones, como en la 6 de río Chicozapote no es tan clara la continuidad de los componentes que se encontraron en las hojas con los descubiertos en los sedimentos recientes, acaso porque en éstas los aportes de agua dulce de la parte posterior del manglar son importantes y estos lixivian constantemente los sedimentos, remueven los materia orgánica acumulada y los hidrocarburos, razón por la cual no se detectaron en los sedimentos analizados.

En cuanto a la fracción bencénica, solo se pudo detectar la presencia de Acenafteno y Fluoreno como compuestos aromáticos en las hojas de *Rhizophora mangle* de las estaciones 2 y 4 (Fig. 28). En la estación 3, de acuerdo con el cromatograma de la Figura 27 hay un aporte significativo de petróleo en los sedimentos, derivado

de las actividades de la Petroquímica La Venta. Los desechos se tiran al río y aparecen en los sedimentos adyacentes y en las hojas del manglar.

En la mayoría de las estaciones analizadas, no se hallaron hidrocarburos petrogénicos en los cromatogramas de los sedimentos, y por lo tanto tampoco en las hojas. Sólo en la estación 3 cercana a La Venta, se identificaron compuestos derivados de hidrocarburos biogénicos y petrogénicos, tanto en sedimentos como en las hojas de *Rhizophora mangle*, lo cual aunado a los datos gravimétricos, la colocan como una de las estaciones más contaminadas por petróleo en el área de estudio.

La ausencia de hidrocarburos en los cromatogramas, a pesar de que se constató su presencia de manera visual tiene varias explicaciones. Page et al. (1985) y Baker (1982), reportan que en sedimentos altamente impactados por petróleo estos mostraron una extensa y rápida degradación de los hidrocarburos, lo cual pensaron que se debía a las altas temperaturas de los ambientes tropicales. Vandermeulen y Gilfillan (1985) explican que si el intemperismo tiende a afectar primero la remoción de los hidrocarburos altamente tóxicos de bajo peso molecular, se puede esperar una rápida disminución de la toxicidad como un proceso del intemperismo.

Es necesario recordar que el petróleo al ser vertido al medio marino esta sujeto a varios procesos físicos, químicos y biológicos que alteran su composición inicial. Algunos de estos procesos ocurren simultáneamente y todos están interrelacionados, marcando los diferentes destinos que alcanza el petróleo.

La velocidad del intemperismo que se presenta en el petróleo depende de sus propiedades físicas y de la forma en que se vierta, así como de las condiciones del medio, clima, salinidad. Sitios con permanentes aportes de agua permiten un rápido lavado de los contaminantes.

El manglar ribereño del río Tonalá esta sujeto a un período de lluvias con una precipitación pluvial que rebasa los 400 mm en el mes de septiembre, y que ejerce una acción de limpieza del área muy importante. El caudal del río por sí mismo ayuda a la limpieza de la zona a largo del año impidiendo que el petróleo se acumule y reduzca el intercambio gaseoso en las raíces de los árboles y en los sedimentos. Lugo et al. (1980) señalan que el impacto negativo de la presencia de petróleo sobre el intercambio gaseoso de los manglares puede ser mitigado si existe un adecuado flujo de agua que ventile las raíces y sedimentos. Tal es el caso del Río Tonalá, en donde la hidrodinámica, la época de lluvias, y el clima tropical, de alguna manera garantizan un tiempo durante el cuál el manglar puede recuperarse, mediante el lavado de los contaminantes,

degradación microbiana o evaporación. También el flujo de agua y las mareas favorecen la regeneración de los árboles al aportar plantulas de otras poblaciones, las cuales podrán implantarse si los efectos tóxicos del petróleo no se encuentran presente (Lugo *et al.* 1980; López J.M. 1978).

Teal *et al.* (1978) encontraron que en sedimentos templados, el petróleo puede retener su composición original durante largos períodos, debido probablemente a la lenta degradación microbiana que se presenta en bajas temperaturas y baja disponibilidad de oxígeno. Al respecto, Van Gelder-Ottway (1976) señala que la persistencia de petróleo es más perjudicial para el ecosistema que la toxicidad absoluta de algunos de sus tipos, ya que crea condiciones severas para el crecimiento del manglar.

Para Vandermeulen y Gilfillan (1985), el hábito intertidal de los manglares los hace vulnerables a la contaminación por petróleo ya que aumenta la probabilidad de que entren en contacto con este. El petróleo bloquea las lenticelas de las raíces aéreas impidiendo el intercambio gaseoso. Baker (1970, 1976, y 1981) encontró que el petróleo puede ingresar a la planta a través de los estómas o de las raíces. Al medir la transpiración en presencia de petróleo, observó que ésta se reduce y retorna a sus tasas normales cuando se retira el petróleo. También observó en sus experimentos que el petróleo afecta la tasa fotosintética además de la respiración, y también los procesos de translocación, la germinación, la floración, y el balance tanto de agua como de nutrientes y sales, lo cual casi siempre se manifiesta de manera imedita en una drástica caída de las hojas.

Una excesiva caída de las hojas da lugar a una menor capacidad fotosintética del sistema, lo cual puede conducirle a un eventual colapso si el efecto del petróleo es crónico (Lugo *et al.* 1980). Getter *et al.* (1981) encontraron que la caída masiva de las hojas permitía una mayor penetración de la luz, lo cual aumentaba la temperatura del agua y de la salinidad e impedía la implantación de las plantulas.

En el Río Tonalá los procesos de extracción, bombeo y transformación petroquímicos se realizan en las areas adyacentes al manglar por lo que es inevitable que el manglar este permanentemente en contacto con el petróleo o sus derivados. La sensibilidad del manglar es el grado de impacto o daño tóxico que este sufre por efecto del petróleo. Los datos de hidrocarburos encontrados en los sedimentos nos hablan de niveles graves de contaminación, lo cual no se reflejó de manera clara en el contenido de hidrocarburos en las hojas, ya que una buena parte de ellos corresponde a la materia orgánica que el manglar produce.

La susceptibilidad del manglar a diferentes tipos de tensores

como los contaminantes, esta en función del tipo de manglar y de las condiciones medioambientales de la zona. Los manglares ribereños son menos vulnerables a la contaminación por petróleo, pues las corrientes de agua dulce arrastran el petróleo río abajo, hacia mar abierto. En todo caso pueden ser vulnerables en la época de sequía cuando el flujo de agua es más reducido, o cuando los derrames ocurren dentro del estuario. Este tipo de manglar responde rápidamente a las alteraciones en el régimen hidrológico (Lugo, et al. 1980).

Los manglares de cuenca son más vulnerables frente a las perturbaciones propias de tierra así como a los derrames terrestres originados en los oleoductos, a los almacenajes de petróleo y al transporte y procesamiento del mismo. Esta mayor vulnerabilidad del manglar de cuenca se debe a que hidrodinámicamente presentan un mayor estancamiento de las aguas, lo que permite que se acumulen sustancias tóxicas. También son más sensibles a cualquier tensor que reduzca el intercambio gaseoso. En nuestra zona de estudio el manglar de cuenca está restringido a los alrededores de la laguna del Yucateco y es el que mayor grado de perturbación presenta.

Tanto en el manglar ribereño como en el de cuenca de nuestra zona de estudio presentaron deformidad de las hojas y susceptibilidad al ataque de insectos, las cuales se consideran como respuestas del manglar a la exposición de petróleo (Baker, 1981). También se encontró una alta incidencia de plantas parásitas pertenecientes a la familia Loranthaceae. Mizrahi y Pannier (1980) señalan que estas parásitas son bioindicadoras de la degradación del ecosistema.

Tensoros

Existen otra serie de impactos que se derivan de las actividades asociadas con la exploración, desarrollo y transporte de petróleo y gas, la agricultura y la ganadería, que son más peligrosas que el petróleo en sí. Particularmente podemos señalar que la Petroquímica La Venta, las instalaciones de bombeo y compresión, las unidades separadoras, los caminos de acceso, los quemadores y el dragado constante de canales, son los tensoros que impactan a las comunidades vegetales de la zona de estudio.

La descarga de aguas sin tratamiento y de grasas y aceites que la petroquímica vierte constantemente al arroyo de la Venta y al río Tonalá, provocan una degradación de la calidad de las aguas. En 1979, Eco-Ingeniería, realizó un estudio para el gobierno del estado sobre la calidad de las aguas y encontró en el arroyo La Venta, ríos Tonalá y Chicozapote, entre 75 y 275 mg/l en promedio de grasas y aceites. Graham y Dorris (1979) señalan que las descargas de una planta petroquímica introducen sustancias

generadoras de toxinas que se acumulan y que ocasionan daños graves a la flora y fauna acuáticas. La petroquímica La Venta es una de las principales contaminadoras atmosféricas de la zona pues sus quemadores emiten a la atmósfera bióxido de azufre (SO₂), bióxido de nitrógeno (NO₂) e hidrocarburos (Báez, 1986).

La petroquímica La Venta además de ocasionar impactos graves a los sistemas vegetales y animales, también ha afectado a la población del mismo nombre y a la zona que fué centro ceremonial Olmeca y que es patrimonio del estado y del País (Toledo, 1983). Esta zona tiene una gran importancia turística y científica pero no se ha desarrollado como tal, debido al gran impacto generado por la petroquímica. La degradación ambiental de la zona debida a las actividades derivadas del petróleo se incrementa diariamente debido a que el número de instalaciones continúa en aumento.

En los ríos Tonalá y Chicozapote, la canalización, el dragado, la tala y quema del manglar son las acciones que de manera más inmediata impactan al manglar. En la zona de estudio varias corrientes de agua han sido secadas o desviadas, reduciendo el ingreso de agua dulce, nutrientes y materia orgánica, repercutiendo en la disminución y pérdida del manglar sobre todo en la zona adyacente a la laguna del Yucateco (Fig.). Los tensores que alteran el flujo de energía o afectan una porción importante de la producción son muy dañinos pues reducen la capacidad del sistema para recuperarse. A este tipo de tensores pertenecen la canalización, represamiento de aguas, cambios parciales en el hidropériodo y brotes de hervíboros, los cuales corresponden a los tensores tipo 1, 2 y 3 propuestos por Lugo (1978) y que son los más severos pues reducen las posibilidades de recuperación o mitigación del manglar al aislarlo de sus fuentes de nutrientes.

Sin embargo, las practicas agrícolas y ganaderas son las principales causas del deterioro ambiental, ya que con estos fines para 1979 tan solo en el estado de Tabasco, se habían transformado 477,320 hectáreas ocupadas por selvas y pantanos, 40,960 hectáreas ocupadas por manglares y 733,740 hectáreas ocupadas por pantanos, cifras que seguramente se han incrementado ya que dichas prácticas no se han suspendido. Particularmente para el manglar se reportaba que ocupaba en 1979, un área de 27,210 Has de un total inicial de 68, 170 Has. Toledo, (1990) señala que la transformación de las masas vegetales para uso agrícola y ganadero es particularmente grave en los estados de Veracruz y Tabasco. En el primero, las selvas medianas y altas que ocupaban el 54.8% de la superficie estatal se han visto reducidas en 1980, a un 7.7% y 45% de su superficie ha sido convertida en potreros. En Tabasco las selvas cubrían originalmente el 47.7% y en 1980 habían disminuido a un 8.78% y la superficie destinada a la ganaderia ocupaba un área de 42.3%.

La cosecha excesiva de madera de mangle esta ubicada como tensor tipo 4 del esquema de Lugo (1978), al igual que el efecto de huracanes o tormentas los cuales le permite al sistema recuperarse a mediano plazo de manera natural, ya que deja gran número de plantulas que le permitiran regenerar el manglar. Sin embargo en nuestra zona de estudio encontramos la combinación de todos los tensores lo cual ha llevado a la desaparición del manglar en numerosas áreas. El tipo 5 en donde ubicamos la presencia del petróleo como el tensor cuyo efecto es incrementar la tasa de respiración, en la zona se ve atenuada por la acción de lavado que el rio realiza y que ya se discutió en párrafos anteriores.

Lugo (1978), señala que el costo energético de un tensor es función de ocho componentes que son: 1. la intensidad del tensor; 2. efectos multiplicativos o aditivos del impacto del tensor en el funcionamiento general del ecosistema y su homeostásis; 3. la frecuencia con que ocurre; 4. el tipo de ecosistema; 5. la condición del ecosistema; 6. la intensidad de otros tensores que operan en el ecosistema; 7. los efectos residuales de otros tensores que han operado en el sistema y 8. la frecuencia con que ocurren estos tensores. Este mismo autor señala que el sitio en donde opera el tensor es determinante para el efecto que tendrá dicho tensor en el ecosistema, pues si actúa en sitios en donde su acción puede ser amplificada, su acción será más severa que la de otros tensores que actúan en partes del ecosistema que tienen menor influencia sobre sus demás propiedades.

En nuestra zona de estudio identificamos todos los tipos de tensores señalados por Lugo (1978), la mayoría de ellos actúan simultáneamente de manera intensa y frecuente, y tienen efectos residuales; los tensores del tipo 1, 2 y 3 considerados los más severos se presentan en prácticamente toda el área, y amenos que estos dejen de practicarse en la zona, el manglar corre el riesgo de desaparecer paulatinamente a corto plazo.

CONCLUSIONES

1.- La zona de estudio, desde el punto de vista geomorfológico se clasifica como un estuario de planicie costera, con un patrón de circulación de estuario parcialmente mezclado en el Río Tonalá y de estuario verticalmente homogéneo para el Río Chicozapote, según la clasificación propuesta por (Pritchard, 1955).

2.- En la hidrodinámica del río influyen las condiciones del clima anual de la zona, siendo la precipitación pluvial el factor que determina la variación en las concentraciones salinas y de oxígeno

disuelto.

3.- Los tipos de vegetación que se desarrollan en la zona son: Manglar, Selva Mediana Riparia, Selva Baja Inundable, Palmar Inundable, y las formas de vida de las herbáceas: Hidrófitas Enraizadas Emergentes, Hidrófitas Enraizadas de Hojas Flotantes e Hidrófitas Libremente Flotadoras.

4.- Desde el punto de vista fisionómico, de acuerdo con la clasificación propuesta por Lugo y Snedaker (1974), el manglar que se desarrolla en el Río Tonalá y parte del Río Chicozapote pertenece al tipo Ribereño, y el que crece en los alrededores de la laguna del Yucateco al tipo Cuenca. Estos dos tipos de manglar tienen condiciones hidrológicas diferentes. El manglar Ribereño tiene un flujo de agua permanente durante todo el año, ya que la influencia de agua marina propicia una marcada estratificación salina, la cual se sustituye por aguas limnéticas durante la época de lluvias. En el Manglar de Cuenca, las aguas no muestran una estratificación definida ya que la profundidad y la influencia de las aguas marinas es menor, y el recambio de las mismas es más lento.

5.- Las especies que dominan el manglar en esta zona son *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*, las cuáles junto con diversas especies asociadas de epífitas y trepadoras, asociaciones riparias, hidrófitas enraizadas emergentes y las libres flotadoras constituyen una comunidad de importante riqueza florística para la zona.

6.- La distribución del manglar en la zona de estudio no es continua, se interrumpe por acciones de desmonte para el establecimiento de áreas de pastoreo, cultivo de plátano y cocotales, así como para la instalación de la infraestructura relacionada con la extracción, bombeo y distribución de hidrocarburos.

7.- El análisis gravimétrico presenta valores de 214 a 3,635 ppm los cuales son superiores a los valores señalados por Blumer y Sass (1972) como el límite (70 ppm) para zonas costeras no contaminadas.

8.- El análisis cromatográfico mostró que el origen de los hidrocarburos detectados en la mayoría de los sedimentos y hojas de manglar es fundamentalmente biogénico. La distribución de los compuestos parafínicos de alto peso molecular (C_{23} - C_{31}) encontrado, es el patrón de distribución que se considera característico de las plantas terrestres. Esta distribución representa o muestra el aporte de materia orgánica que genera esta comunidad y que se ha señalado como uno de los atributos que le confieren al manglar un

alto nivel productivo dentro del ecosistema costero.

9.- No en todas las estaciones analizadas se detectaron hidrocarburos petrogénicos en los cromatogramas de sedimentos y hojas de manglar. El tipo fisiográfico de manglar caracterizado para la zona y las condiciones ambientales que representa, influyen en la presencia de los contaminantes. El manglar Ribereño, que es el predominante en la zona, es el menos vulnerable a la contaminación, ya que las condiciones hidrodinámicas que lo caracterizan, constituyen un excelente método de limpieza del sistema. El manglar de Cuenca si bien tiene un recambio lento de aguas, durante la época de lluvias su caudal aumenta y ejerce una acción de limpieza. También debemos tomar en cuenta que en la zona costera las condiciones climáticas y la acción de los microorganismos favorecen una rápida degradación de los fracciones aromáticas de los hidrocarburos.

10.- En los cromatogramas de La Venta y de la Laguna del Yucateco si se detectaron compuestos derivados del petróleo. Estas zonas tienen una intensa actividad petrolera y mostraron también elevadas concentraciones de hidrocarburos totales en el análisis gravimétrico.

11.- Las acciones antropogénicas, como son la tala dragado y quema del manglar se ubican dentro de los tensores tipo 1, 2 y 3 considerados los más destructivos para el manglar. Estos se practican con tal intensidad en la zona de estudio, que su acción es más drástica y destructiva de manera inmediata, ya que se traduce en la disminución y lamentablemente en la mayoría de los casos en la desaparición del manglar.

12.- Los efectos de los hidrocarburos de origen petrogénico y su efecto sobre la comunidad del manglar, se ve rebasado por la destrucción del manglar como resultado de las acciones humanas. Estas son la causa fundamental de que ésta importante comunidad de la zona costera vea amenazada su subsistencia.

CONSIDERACIONES FINALES

Los resultados del presente estudio constituyen la primera caracterización florístico-ecológica y de evaluación de los impactos que la industria petrolera genera sobre el ecosistema del manglar de los Ríos Tonalá, Chicozapote y Laguna del Yucateco. Es el primer trabajo de esta naturaleza que se realiza en nuestro país y se enfatizó especialmente la presencia de hidrocarburos.

Este primer trabajo pone de manifiesto la necesidad de plantear estudios a largo plazo que permitan obtener datos cuantitativos que documenten la sensibilidad de los manglares a intensidades y duraciones conocidas de los tenses naturales y humanos.

En el aspecto florístico y ecológico los estudios deben encaminarse a evaluar la productividad del manglar y rebasar el aspecto puramente descriptivo. Estos deben relacionarse con estudios hidrológicos y del aporte de nutrientes, los cuales permitan describir más cuantitativamente la huella energética de las condiciones ambientales. En lo que se refiere a los hidrocarburos, en el presente trabajo solo se efectuaron análisis puntuales, considero necesario evaluar a lo largo de varios ciclos anuales la presencia de hidrocarburos en sedimentos y hojas con el fin de poder determinar los períodos de residencia del petróleo, su velocidad de degradación, etc. En lo referente a las respuestas del manglar, es necesario llevar a cabo estudios ecofisiológicos experimentales que permitan entender el mecanismo fitotóxico del petróleo.

Schaeffer- Novelli *et al.* (1988) plantearon un método que permite evaluar el impacto inmediato de un derrame de petróleo en los manglares. Dicho método señala que deben analizarse aquellos atributos de la comunidad en donde el impacto repercute más, como la tasa de caída de hojas, deformación de las mismas, producción de hojas anormales, aborción y malformación de propágulos, desordenes en el crecimiento y herbivoría, entre otros. Este método permite comparar las respuestas de diversos sitios alterados.

Sin embargo, paralelamente a la necesidad de analizar las relaciones ecológicas del manglar y los distintos ambientes de la zona costera, no debe olvidarse que el proceso de destrucción del manglar avanza en todas las costas tropicales y subtropicales del mundo. Tan solo en el sureste de México, para 1980 más de la mitad de la superficie que ocupaba el manglar había sido desmontada y utilizada para actividades petroleras, agropecuarias y agrícolas.

No debe olvidarse que con la desaparición del manglar eliminamos un mecanismo efectivo de protección de la línea de costa; eliminamos la protección y productividad que estos proporcionan a los estuarios y ecosistemas marinos adyacentes; eliminamos el habitat de muchas especies, particularmente aves; eliminamos un sistema que proporciona recursos renovables, energéticos y alimenticios y eliminamos la diversidad y riqueza de distintas especies biológicas. El ecosistema del manglar es un reservorio de especies animales y vegetales que han estado unidas durante un largo tiempo evolutivo y que no están del todo conocidos y entendidos.

Resulta necesario que los resultados que en nuestro país y en otras partes del mundo evidencian el peligro de desaparición del manglar, sean utilizados para demostrar a los tomadores de decisiones que es necesario implementar una política ecológica que permita la permanencia y el uso racional de este importante recurso costero.

BIBLIOGRAFIA

ANDERSON, J. W. 1977. Responses to sublethal levels of petroleum hydrocarbons: Are they sensitive indicators and do they correlate with tissue contamination?. En: Fate and Effects of petroleum hydrocarbons in marine ecosystems and organisms. WOLFE (Ed) Pergamon press, New York. 95-115 p.

BAEZ, A. 1986. La calidad del aire. Serie Medioambiente en Coatzacoalcos. Vol. II. Centro de Ecodesarrollo A.C. México D.F. 84 p.

BAKER, J.M. 1970. The effects of oil in plants. *Environmental Pollution*. 1: 27-44.

----- 1976. (Ed). *Marine ecology and oil pollution*. John Wiley and Sons. Nueva York. 566.

----- 1981. The investigation of oil industry influences on tropical marine ecosystems. *Marine Pollution Bulletin* 12: 6-10.

----- 1982. Mangrove swamps and the oil industry. *Oil & Petrochem. Pollution*. 1(1): 15-22.

BLUMER, M. y J. SASS. 1972. Oil pollution: persistence and degradation of spilled fuel oil. *Science*. 176:1120-1122.

Boletín Hidrológico No. 37. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, D. F.

BOTELLO, A.V. 1978. Presencia de hidrocarburos fósiles en sistemas costeros y estuarios del Golfo de México. Tesis Doctoral. Centro de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM.

BOTELLO, A.V. 1982. La contaminación en el mar. Ciencia y desarrollo. CONACyT No. 43. año VIII: 90-101.

BOTELLO, A.V. y F. PAEZ. 1986. El problema crucial: la contaminación. Serie Medio Ambiente en Coatzacoalcos. Vol I. Centro de Ecodesarrollo, A.C. México. 180 p.

BOTELLO, A.V. y S. VILLANUEVA. 198. Contaminación en Golfo de México y Mar Caribe. *Marine Pollution* (en prensa).

BOZADA, L y M. PAEZ. 1986. La fauna acuática del Río Tonalá. Serie Medioambiente en Coatzacoalcos. Vol. VII. Centro de Ecodesarrollo A.C. 162 p.

CARTER, M.R., L.A. BURNS, CAVINDER, T.R., K.R. DUGGER, FORE, P.L., D.B. HICKS, REVELLS, H.L. y T.W. SCHMIDT. 1973. Ecosystems analysis of Big Cypress Swamp and Estuaries. EPA 904/9-74-002, U.S. Environmental Protection Agency, Region IV, Atlanta, 478 p.

CLARK, R.C. 1966. Saturated hydrocarbons in marine plants and sediments. M.S. Thesis Massachusetts Institute of Technology. Inédita.

CLARK, R.C. y J.C. FINLEY. 1973. Paraffin hydrocarbon patterns in petroleum polluted mussels. *Mar. Pollut. Bull.* 4:172-176.

CHAPMAN, V.J. 1975. Mangrove biogeography. En: Proceedings of International Symposium on Biology and Management of Mangroves. Oct. 8-11, 1974. WALSH, G.E., S.C. SNEDAKER, H.S. TEAS (Eds). Honolulu Hawaii, University of Florida. 1:3-22 pp.

----- 1977. Ecosystems of the world. Wet Coastal Ecosystems. Vol. I. CHAPMAN V.J. (Ed). Amsterdam: Elsevier Scientific.

CHAZARO, M. 1986. La Vegetación. Serie Medioambiente en Coatzacoalcos. Vol. VI. Centro de Ecodesarrollo A.C. México, D.F. 97 p.

CINTRON, G.L., C. GOENAGA, y A.E. LUGO. 1980. Observaciones sobre la ecología de las franjas de manglar en zonas áridas. Memorias del seminario sobre el estudio científico e impacto humano en el ecosistema de manglares. UNESCO. Montevideo. 405 p.

CINTRON, G.L., A.E. LUGO, MARTINEZ, R., B. CINTRON y L. ENCARNACION. 1982. Impact of oil in the tropical marine environment. Department of Natural Resources of Puerto Rico. Technical Publication. 35 p.

CINTRON, G.L. y Y. SCHAEFFER-NOVELII. 1982. Mangrove forest: ecology and response to natural and man induced stressors. UNESCO-IOCARIBE. Coral Reef. Seagrass Beds and Mangroves: their interaction in the coastal zone of the Caribbean, Workshop. West Indies Laboratory, Fairleigh Dickinson University., St. Croix. U.S. V.I. 24-30 May 1982. 47 p.

CINTRON, G.L. y Y. SCHAEFFER-NOVELII. 1983. Introducción a la ecología del manglar. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la Unesco para América Latina y el Caribe. ROSTLAC Montevideo, Uruguay. 109 p.

CORREDOR, J.E., J. MORELL y A. MENDEZ. 1983. Pelagic petroleum pollution off the south-west coast of Puerto Rico. *Mar. Poll. Bull.*

14(5):166-168.

CUATRECASAS, J. 1958. Introducción al estudio de los manglares. *Bol. Soc. Bot. México*. 23:84-99.

DALTON, P. y A. NOVELO. 1983. Aquatic and wetland plants of the Arnold Arboretum. *Arnoldia*. 43(2):7-44.

DAY, J.W. Jr., R.H. DAY, M.T. BARREIRO y F. LEY-LOU. 1981. Primary production in the Laguna de Términos. A tropical estuary in the southern Gulf of México. Proc. International Symposium on Coastal Lagoon. ISCOL. UNESCO. Bordeaux, France, Sept. 8-14. 1981.

DAVIS, J.R. Jr. 1938. Mangroves, makers of land. *Nature*. 31:551-553.

DING-HOU. 1960. A review of the genus *Rhizophora* with special reference to the pacific species. *Blumea*. 10:625-634.

FARRINGTON, J.W. 1985. Oil in the Sea. Inputs, fates, and effects. National Academy Press. Washington D.C.

FLORES, M., L. JIMENEZ, MADRIGAL, S., y T. TAKAKI. 1971. Mapa y descripción de los tipos de vegetación de la República Mexicana. Dirección de Ecología. SRH. México. 56 p.

FLORES, V.F. 1985. Aporte de materia orgánica por los principales productores primarios a un ecosistema lagunar estuarino de boca efimera. Tesis Doctoral CCH-UACPyP. ICMYL. UNAM. 184 p.

FLORES, V.F., J.W. DAY y BRISEÑO-DUEÑAS R. 1987. Structure, litter fall, decomposition, and detritus dynamics of mangroves in a Mexican Coastal lagoon with an ephemeral inlet. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 35:83-90.

-----, E. GONZALEZ-FARIAS, RAMIREZ-FLORES, O., AMEZCUA-LINARES, F., YAÑEZ-ARANCIBIA, A., ALVAREZ-RUBIO, M., y J.W. DAY. 1990. Mangrove ecology, aquatic primary productivity and fish community dynamic in the Teacapán-Agua Brava Lagoon-estuarine system (Mexican Pacific). *Estuaries* 13(2):219-230.

GALLEGOS M. 1986. Petróleo y manglar. Serie Medioambiente en Coatzacoalcos. Vol III. Centro de Ecodesarrollo A.C. México D.F. 89 p.

GARCIA, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 21 Edición. 246 p.

GESAMP. 1977. Joint group of experts on the scientific of marine pollution. Impact of oil on the marine environment. FAO Reports and studies No. 6. 255 p.

GETTER, C.D., G.I. SCOTT y J. MICHEL. 1981. The effects of oil spills on mangrove forests: a comparison of five oil spill sites in the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea. En: Proc's. 1981 Oil Spill Conference. API/EPA/USCG, Amer. Petrol. Inst. Wash. D.C. pp. 535 - 540.

GETTER, CH.D., T.G. BALLOU. y C.B. KOONS. 1985. Effects of dispersal oil on mangroves systems of a seven years study. Marine Pollution Bull. 16(8):318-324.

GOLDBERG, E.D. 1979. La salud de los océanos. UNESCO. Press. Paris. 194 p.

GOMEZ-POMPA, A. 1973. Ecology of the vegetation of Veracruz. In: Vegetation and vegetational history of the northern Latin American. GRAHAM, A. (Ed). Elsevier Scientific Publishing, Co., Amsterdam. 73-148 pp.

GRAHAM, R.J. y T.C. DORRIS. 1979. Long term toxicity bioenssay oil refinery effluents. Water Research. 2:643-663.

GUTIERREZ, C.L. 1983. Los factores del medio ambiente físico y la vegetación de los alrededores de la Laguna del Ostión (municipio de Pajapan, Ver.). Tesis. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Veracruzana. 49 p.

HAMILTON, L.S. y S.C. SNEDAKER. 1984. Handbook for Mangrove Area Managment. UNEP/East-West Ctr. Envirt and Policy Institute. 123p.

HARRIS, R.C. 1973. Heavy metals and pesticides in estuarine systems. Appendix "J". En: South Florida Ecological Study. National Park Service, Washington, D.C.

HICKS, D.B. y L.A. BURNS. 1975. Mangrove metabolic response to alterations of natural freshwater drainage to southwestern Florida estuaries. En: Proc. Int. Symp. Biol. Mangmt. Mangroves. WALSH G., S. SNEDAKER y H. TEAS. (Eds). IFAS University of Florida, Gainesville. 239-255 pp.

IOC-UNESCO, 1984. The determination of petroleum hydrocarbons in sediments. Manuals and guides No. 11 38 p.

LEWIS, R.R. III. 1983. Impact of oil spills on mangrove forests. In: Tasks for Vegetation Science. Vol. 8. TEAS H.J. (Ed). TVS. Chapter 19. 171-188 p.

- LEWIS R.R. III. 1989. Management and restoration of mangroves forests in Puerto Rico, The U.S. Virgin Islands, and Florida, U.S.A. Mem. Simp. Ecología y conservación del delta de los ríos Usumacinta y Grijalva. INIREB-UNESCO. México. 319-342 p.
- LINDEN, O. y A. JERNELOV. 1980. The mangrove swamps: An ecosystem in danger. *Cambio*. vol 9:81-88.
- LOPEZ-PORTILLO, G.J. 1980. Ecología de manglares y las comunidades halofitas en la costa de la laguna de Mecocacán, tabasco. Tesis. Facultad de Ciencias, UNAM. 198 p.
- LOPEZ-RAMOS, E. 1981. Geología de México. Tomo III. 165-227 p.
- LOT-HELGUERAS, A. y F. MENENDEZ. 1977. Los manglares: una síntesis general. *Biología*. 7:58-62.
- LOT-HELGUERAS, A., C. VAZQUEZ-YANEZ y F. MENENDEZ. 1975. Physiognomic and floristics changes near the northern limit of mangroves in the Gulf Coastal of México. En: Proc. Int. Symp. on Biol. and Managt. of Mangroves. WALSH, G.E., S.C. SNEDAKER, y H.S. TEAS (Eds). Oct. 8-11 1974. East-West Center, Honolulu Hawaii. University of Florida. Gainesville, Fla. 52-61 p.
- LOT, A. y A. NOVELO. 1990. Forested wetlands of Mexico. In: *Ecosystems of the World 15. Forested Wetlands*. LUGO, A.E., M.M. BRINSON y S. BROWN. (Eds). 287-298. Elsevier Scientific Publishing Co. Amsterdam, The Netherlands.
- LUGO, A.E. 1978. Stress and Ecosystems. In: J.H.Thorp and J.W. Gibbons (Eds). Energy and environmental stress in aquatic ecosystems. DOE Symposium Series. (CONF-771114). National Technical Information Service, Springfield, Va. 62-101 pp.
- LUGO, A.E. y S.C. SNEDAKER. 1974. The ecology of mangroves. *Annual Review Ecology Systematics*. 5:39-64.
- LUGO, A.E., G. CINTRON y C. GOENAGA. 1980. El ecosistema del manglar bajo tensión. Memorias del seminario sobre el estudio científico e impacto humano en el ecosistema de manglares. UNESCO. Cali, Colombia. 27 de Nov. al 10 de Dic. 1978. 261-258 pp.
- LUGO, A.E. y C. PATTERSON-ZUCCA. 1977. The impact of low temperature stress on mangrove structure and growth. *Tropical Ecology* 18:149-161.
- KOLEHMAINEN, S., T. MORGAN y R. CASTRO. 1974. Mangrove-root communities in thermally altered area in Guayanilla Bay, Puerto Rico. En: Thermal ecology i. sec symposium series. GIBBONS, J.W. y

R.R. SHARITZ. (Eds). (CONF 73050) Augusta, Ga. 371-390 pp.

MACKO, S.A., P.L. PARKER y A.V. BOTELLO. 1981. Persistence of spilled oil in Texas salt marsh. Environm. Poll. (series b). 2:119-128.

Mac NAE, W. 1968. Zonation within mangroves associated with estuaries in North Queensland. En: Estuaries. LAUFF, G.H. (Ed). Amer. Ass. Advance. Sci. Pub. No. 83. 432-441 pp.

MENENDEZ, F. 1976. Los manglares de la laguna de Sontecomapan, Los Tuxtlas, Veracruz, : estudio florístico-ecológico. Tesis. Facultad de Ciencias. UNAM 115 p.

MERINO, M. 1987. The coastal zone of Mexico. Coastal Management 15:27-42 pp.

MIRANDA, F. y E. HERNANDEZ X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Bol. Soc. Bot. México. 28: 29-179.

MIZRACHI, D., R. PANNIER y F. PANNIER. 1980. Observaciones sobre la incidencia de semiparásitas en los manglares costeros venezolanos y sus implicaciones de daño ecológico al ecosistema. Memorias del seminario sobre el estudio científico e impacto humano en el ecosistema de manglares. UNESCO. Cali, Colombia. 27 de Nov. al 10 de Dic. 1978. 257-260 pp.

MOORE, S.F. y R.L. DWYER, 1974. Effects of oil on marine organisms: a critical assessment of published data. Water research. 8: 819-827.

MORTON, J. F. 1965. Can the red mangrove provide, food, feed and fertilizer? Economic Botany. 19:113-123.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE, 1975. Petroleum in the marine environment. Washington, D.C. 107 p.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE, 1985. Oil in the sea. Inputs, fats and effects. Washington D.C. 95 p.

NEFF, J.M. 1979. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment. Sources fates and biological effects. Applied Science Publishers. London.

NOVELO, A. 1978. La vegetación de la estación biológica El Morro de la Mancha, Veracruz. Biótica. 3(1):9-23.

ODUM, H.T. 1967. Work circuits and system stress. En: Symposium on Primary Productivity and Mineral Cycling in Natural Ecosystems. YOUNG, H.E. (Ed). Univ. of Maine Press, Orono, Maine. 81-138 pp.

ODUM, E.P. y A.A. de la CRUZ. 1967. Particulate detritus in a Georgia salt marsh estuarine ecosystem. En: Estuaries. LAUFF, G.H. (Ed). American Assoc. Advance Sci. Publ. 83. Washington, D.C. 381-388 pp.

ODUM, W.E. y E.J. HEALD. 1972. Trophic analysis of an estuarine mangrove community. Bull. Mar. Sci. Gulf and Caribb. 22(3):671-738.

ODUM, W.E. y E.J. HEALD. 1975. Mangrove forests and aquatic productivity. En: Coupling of land and water system. HASLER, A.D. (Ed). Springer-Verlag, Ecological studies 10. New York. 129-136 pp.

ODUM, W.E. y R.E. JOHANNES. 1975. The response of mangroves to man-induced environmental stress. En: Tropical marine pollution. FERGUSON WOOD, E.J. y R.E. JOHANNES. (Eds). Elsevier Oceanography series. Amsterdam. 192 p.

PAGE, D.S., E.S. GILFILLAN, FOSTER, J.C., J.R. HOTHAM y L. GONZALEZ. 1985. Mangrove leaf tissue Na and K ion concentrations as sublethal indicators of oil stress in mangrove trees. En: Oil Spill Conference. API/USCG/EPA: Apl. Publication. (En Prensa).

PANNIER, R.F. y F. PANNIER. 1980. Estructura y dinámica del ecosistema de manglares: un enfoque de la problemática. Memorias del seminario sobre el estudio científico e impacto humano en el ecosistema de manglares. UNESCO. Cali, Colombia. 27 de Nov. al 10 de Dic. 1978. 46-55 pp.

PATTERSON-ZUCCA, C. 1982. The effects of road construction on a mangrove ecosystem. Tropical Ecology. 23(1):105-124.

POOL, D.J., S.C. SNEDAKER y A.E. LUGO. 1977. Structure of mangrove forest in Florida, Puerto Rico, México and Costa Rica. Biotropica. 9(3):195-212.

PRITCHARD, D.W. 1955. Stuarine circulation patterns. Proc. Amer. Soc. Civ. Eng. 81: 1-11.

RICE, S.D., J.W. SHORT y J.F. KARINEN, 1977. Comparative toxicity and comparative animal sensitivity. 87-94. In: D.A. WOLFW (Ed) Fate and effects of petroleum hydrocarbons in marine ecosystem and organisms. Pergamon Press. N.Y.

RICO-GRAY, V. 1979. El manglar de la laguna de La Mancha, Veracruz. Estructura y productividad neta. Tesis. Facultad de Ciencias. UNAM 56 p.

ROLLET, P. 1975. Ecología y reforestación de los manglares de México. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

Agricultura y Alimentación. ONU. 105 p.

ROMERO, G.C., G.R. HARVEY y D.K. ATWOOD. 1981. Stranded tar on Florida Beaches: September 1979-October 1980. *Mar. Poll. Bull.* 12(8):280-284.

ROSS, P. 1975. The mangrove of south Vietnam: the impact of military use of herbicides. En: Proc. Int. Symp. on Biol. and Managt. of Mangroves. WALSH, G. A., S.C. SNEDAKERY H.S. TEAS (Eds). Oct. 8-11 1974. East-West Center, Honolulu Hawaii. University of Florida. Gainesville. 52-61 pp.

RZEDOWSKI, J. 1978. Vegetación de México. Edit. Limusa. México. 1a. Ed. 431 p.

SAENGER, P., E.J. HECERL y J.D.S. DAVIE (Eds). 1983. Global status of mangrove Ecosystem. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. Commission on Ecology Papers Number 3. Gland, Suiza. 88 p.

SANCHEZ, R.M. 1963. Datos relativos a los manglares de México. *Anales Esc. Nac. Cienc. Biol.* 12: 61-72.

SCHAEFFER-NOVELLI Y., R.F. de OLIVEIRA y M.G. CINTRON. 1988. Mangroves: a methodology for oil pollution impact assessment. Joint Oceanographic Assembly. Acapulco, México. 23 a 31 de Agosto de 1988. 9 p.

SELYE, H. 1956. The stress of life. Mc Graw Hill Basic Co. New York. 324 p.

PLAN ESTATAL DE DESARROLLO DEL ESTADO DE TABASCO. 1979. Estrategias ecológico-ambientales para el plan de desarrollo del estado de Tabasco. Gobierno del Estado de Tabasco.

TEAL, J.M., K. BURNS y J. FARRINGTON. 1978. Analysis of aromatic hydrocarbons in intertidal sediments resulting from two spills of No. 2 fuel oil in Buzzards Bay. Massachusetts. *J. Fish. Res. Biol. Can.* 35:510-520.

THOM, B.G. 1967. Mangrove ecology and deltaic geomorphology, Tabasco. Mexico. *J. Ecol.* 55:301-343.

TOLEDO O. A. 1986. Energía ambiente y desarrollo. Serie Medioambiente en Coatzacoalcos. Vol XV. Centro de Ecodesarrollo A.C. México D.F. 382 p.

TOLEDO, V.M. 1990. El proceso de ganaderización y la destrucción biológica y ecológica de México. En: Medio ambiente y desarrollo en

México. Vol 1:191-217.

VAN STEENIS, C.G.G. 1962. The distribution of mangrove plant genera and its significance for paleogeography. Proc. Kon. Wet. Amsterdam. Series C. 65:164-169.

VAN VLEET, E.D., R.H. PIERCE, BROWN R.C. y S.B. REINHARDT, 1984. Sedimentary hydrocarbons from a subtropical marine estuary. Org. Geochem. 5(4):56-67.

VANDERMEULEN, J.H. y E.S. GILFILLAN. 1985. Petroleum pollution, corals and mangroves. Marine Technology Society Journal. 18(3):

VAN GELDER-OTTWAY, S. 1976. The comparative toxicities of crude oils, refined oil products and oil emulsions. En: Marine ecology and oil pollution. J.M. BAKER (Ed). John Wiley and Sons. New York. 287-302 pp.

VAZQUEZ-YANES, C., A. LOT-HELGUERAS, AZPIRI, M.T., I. GARCIA-COLL, GUTIERREZ, J., LOPEZ M.C. y J.J. MARTINEZ. 1972. Problemas ecológicos de la explotación del manglar. En: Problemas biológicos de la región de Los Tuxtlas, Veracruz. Instituto de Biología y Facultad de Ciencias UNAM. 135-163 pp.

----- 1971. La vegetación de la Laguna de Mandinga, Veracruz. An. Inst. Biol. UNAM. Ser. Botánica (1):49-94.

WALSH, G.E. 1974. Mangroves: a review. En: Ecology of halophytes. New York. Academic Press. 51-174 pp.

YAÑEZ-ARANCIBIA A. 1986. Ecología de la zona costera, análisis de siete tópicos. A.G.T. Editor S.A. 189 p.

YOUNGBLOOD, W.W. y M. BLUMER, 1975. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the environment. Homologous series in soils and recent marine sediments. Geochim. Cosmochim. Acta. 39:1303-1314.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

APENDICE

LISTA FLORISTICA

Amaryllidaceae

Hymenocallis litoralis, Salisb.

Annonaceae

Annona glabra, L.

Apocynaceae

Rhabdadenia biflora, (Jacq.) Muell. Arg.

Araceae

Anthurium schlechtendalii, Kunth.
Pistia stratiotes, L.

Bataceae

Batis maritima L. Vidrillos.

Bombacaceae

Pachira aquatica, Aubl.

Bromeliaceae

Aechmea bracteata (Sw) Griseb
Tillandsia caput-medusae E. Morren
Tillandsia dasylyriifolia Baker
Tillandsia fasciculata Swartz.
Tillandsia sp.
Bromelia sp.

Cactaceae

Selenicereus hondurensis Britton & Rose
Selenicereus testudo (Karw). Buxbun
Selenicereus sp.

Combretaceae

Laguncularia racemosa (L.) Gaertn. F.

Cyperaceae

Cyperus articulatus L.
Cyperus sp.

Loranthaceae

Phoradendron wawrae Trel.
Psittacanthus americanus
Struthanthus cassythioides Millsp. ex Standl.

Lemnaceae

Lemna sp.

Leguminosae

Andira galeottiana, Standley
Inga edulis, Mart.
Lonchocarpus guatemalensis Fendleri Benth
Pithecellobium belisense Standley

Malvaceae

Hibiscus tiliaceus, L.

Orchidaceae

Brasavola nodosa, (L.) Lindl.
Epidendrum nocturnum Jacq.
Epidendrum sp.
Notylia barkeri Lindly
Pleurotallis grobye Garay
Pleurotallis sp.
Schomburgkia tibicinis Batem.

Palmae

Bactris cohune Wats

Piperaceae

Peperomia obtusifolia, (L.) A. Dietr.
Piper sp.

Polypodiaceae

Acrosticum aureum L.
Polypodium sp.

Pontederiaceae

Sagittaria crassipes (Mart.)
Pontederia sagittata Presl.
Pontederia sp.

Rhizophoraceae

Rhizophora mangle L.

Srophulariaceae

Sarcocolla nonnieri, L. Wettst.

Salviniaceae

Salvinia sp.

Typhaceae

Typha latifolia L.

Vochysiaceae
Vochysia hondurensis, Sprague.

Verbenaceae
Avicennia germinans (L) Stearn.