

9
20



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

ALGUNOS ASPECTOS ECOLOGICOS Y DE CONTA-
MINACION EN LA FANEROGAMA Thalassia
testudinum (Konig, 1805) EN LA LAGUNA DE
TERMINOS, CAMPECHE

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE :
MAESTRO EN CIENCIAS
(B I O L O G I A)
P R E S E N T A I
BIOL. LAURA CELIS GUTIERREZ

CIUDAD UNIVERSITARIA, MEX.

1989

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables ambientales registradas en la localidad Estero Pargo de la Laguna de Términos.

Tabla 2. Variables ambientales registradas en la localidad El Cayo de la Laguna de Términos.

Tabla 3. Variables ambientales registradas en la localidad Ensenada de la Laguna de Términos.

Tabla 4. Variables morfométricas (cm) en las praderas de Thalassia testudinum en la localidad Estero Pargo de la Laguna de Términos.

Tabla 5. Variables morfométricas (cm) en las praderas de Thalassia testudinum en la localidad El Cayo de la Laguna de Términos.

Tabla 6. Variables morfométricas (cm) en las praderas de Thalassia testudinum en la localidad Ensenada de la Laguna de Términos.

Tabla 7. Densidad foliar en las praderas de Thalassia testudinum en la localidad Estero Pargo de la Laguna de Términos.

Tabla 8. Densidad foliar en las praderas de Thalassia testudinum en la localidad El Cayo de la Laguna de Términos.

Tabla 9. Densidad foliar en las praderas de Thalassia testudinum en la localidad Ensenada de la Laguna de Términos.

Tabla 10. Cuadro comparativo de las densidades foliares de Thalassia testudinum en la Laguna de Términos.

Tabla 11. Cuadro comparativo de las variables morfométricas de Thalassia testudinum en la Laguna de Términos.

Tabla 12. Concentración de hidrocarburos en hojas de Thalassia testudinum y sedimentos recientes (ppm, peso seco) en la localidad Estero Pargo de la Laguna de Términos.

Tabla 13. Concentración de hidrocarburos en hojas de Thalassia testudinum y sedimentos recientes (ppm, peso seco) en la localidad El Cayo de la Laguna de Términos.

Tabla 14. Concentración de hidrocarburos en hojas de Thalassia testudinum y sedimentos recientes (ppm, peso seco) en la localidad Ensenada de la Laguna de Términos.

Tabla 15. Composición porcentual de n-parafinas en hojas de Thalassia testudinum en las localidades Estero Pargo, El Cayo y Ensenada de la Laguna de Términos.

Tabla 16. Cuadro comparativo de las composiciones porcentuales de n-parafinas impares en hojas de Thalassia testudinum.

Tabla 17. Composición porcentual de n-parafinas en sedimentos recientes en las localidades Estero Pargo, El Cayo y Ensenada de la Laguna de Términos.

Tabla 18. Índices de contaminación en hojas de Thalassia testudinum en las localidades Estero Pargo, El Cayo y Ensenada de la Laguna de Términos.

Tabla 19. Índices de contaminación en sedimentos recientes en las localidades Estero Pargo, El Cayo y Ensenada de la Laguna de Términos.

Tabla 20. Composición porcentual de hidrocarburos aromáticos polinucleares en hojas de Thalassia testudinum en las localidades Estero Pargo, El Cayo y Ensenada de la Laguna de Términos.

Tabla 21. Composición porcentual de hidrocarburos aromáticos polinucleares en sedimentos recientes en las localidades Estero Pargo, El Cayo y Ensenada de la Laguna de Términos.

Tabla 22. Concentración porcentual de Carbono orgánico en las localidades Estero Pargo, El Cayo y Ensenada de Laguna de Términos.

Tabla 23. Concentración de hidrocarburos disueltos (ppb) en las localidades Estero Pargo, El Cayo y Ensenada de la Laguna de Términos.

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Procesos físicos, químicos y biológicos que modifican la distribución y efectos de los hidrocarburos en los ecosistemas.
- Figura 2. Principales subsistemas ecológicos de la Laguna de Términos.
- Figura 3. Localización de las estaciones de muestreo.
- Figura 4. Técnica para la extracción de hidrocarburos.
- Figura 5. Variables bióticas y ambientales en la localidad Estero Pargo de la Laguna de Términos.
- Figura 6. Variables bióticas y ambientales en la localidad El Cayo de la Laguna de Términos.
- Figura 7. Variables bióticas y ambientales en la localidad Ensenada de la Laguna de Términos.
- Figura 8. Composición porcentual de las n-parafinas identificadas en hojas de Thalassia testudinum en las localidades Estero Pargo, El Cayo y Ensenada de la Laguna de Términos.
- Figura 9. Composición porcentual de las n-parafinas identificadas en sedimentos recientes en las localidades Estero Pargo, El Cayo y Ensenada de la Laguna de Términos.
- Figura 10. Cromatogramas de la fracción n-parafinas en hojas de Thalassia testudinum y sedimentos de la localidad Estero Pargo 2 (II) en la Laguna de Términos.
- Figura 11. Cromatogramas de la fracción n-parafinas en hojas de Thalassia testudinum y sedimentos de la localidad Cayo 2 (II) en la Laguna de Términos.
- Figura 12. Cromatogramas de la fracción n-parafinas en hojas de Thalassia testudinum y sedimentos de la localidad Ensenada 1 (II) en la Laguna de Términos.
- Figura 13. Cromatogramas de la fracción n-parafinas en hojas de Thalassia testudinum y sedimentos de la localidad Ensenada 1 (IV) en la Laguna de Términos.
- Figura 14. Cromatogramas de la fracción n-parafinas en hojas de Thalassia testudinum y sedimentos de la localidad Cayo 1 (IV) en la Laguna de Términos.
- Figura 15. Cromatogramas de la fracción n-parafinas en hojas de Thalassia testudinum y sedimentos de la localidad Estero Pargo 2 (V) en la Laguna de Términos.

Figura 16. Composición porcentual de hidrocarburos aromáticos polinucleares identificados en Thalassia testudinum en las localidades Estero Pargo, El Cayo y Ensenada de la Laguna de Términos.

Figura 17. Composición porcentual de hidrocarburos aromáticos polinucleares identificados en sedimentos recientes en las localidades Estero Pargo, El Cayo y Ensenada de la Laguna de Términos.

Figura 18. Cromatogramas de la fracción aromática en hojas de Thalassia testudinum y sedimentos de la localidad Ensenada 1 (II) y sedimentos de Ensenada 1 (IV) de la Laguna de Términos.

Figura 19. Cromatogramas de la fracción aromática en hojas de Thalassia testudinum y sedimentos de la localidad Cayo 2 (II) de la Laguna de Términos.

Figura 20. Cromatogramas de la fracción aromática en hojas de Thalassia testudinum y sedimentos de la localidad Cayo 1 (IV) de la Laguna de Términos.

Figura 21. Cromatogramas de la fracción aromática en sedimentos de la localidad Estero Pargo 2 (II) y en hojas de Thalassia testudinum y sedimentos de Estero Pargo 2 (V) de la Laguna de Términos.

RESUMEN

ALGUNOS ASPECTOS ECOLOGICOS Y DE CONTAMINACION EN LA FANEROGAMA *Thalassia testudinum* (König, 1805) EN LA LAGUNA DE TERMINOS, CAMPECHE.

Con el objeto de estimar algunas características bióticas-abióticas del pasto marino *Thalassia testudinum*, en las localidades Estero Pargo, El Cayo y Ensenada y el efecto de la presencia de hidrocarburos fósiles, se llevaron a cabo mediciones morfométricas (longitud máxima y mínima y ancho máximo), de densidad foliar (grupos foliares/m², hojas/m², hojas/grupo foliar e Índice de Área de Hoja), salinidad y temperatura, además de análisis cuantitativos y cualitativos de hidrocarburos en las hojas de la fanerógama marina, sedimentos y columna de agua, en el periodo comprendido entre marzo de 1984 y marzo de 1985. Las praderas forman lechos densos y bien desarrollados. Se registraron diferencias en las tallas de las hojas entre una localidad y otra, El Cayo presentó las hojas más largas (26.9 a 68.6 cm) y Ensenada las más cortas (18.5 a 32.0 cm). Se obtuvo un Índice de Área de Hoja de 32.1 m²/m² que sobrepasa lo anteriormente reportado para la laguna. La densidad foliar y longitud máxima fueron definidas básicamente por la temperatura. Se identificaron compuestos provenientes del petróleo (n-C₁₆ y n-C₁₈) e hidrocarburos aromáticos polinucleares producto de petróleo no degradado y de la combustión (pirrolíticos) en las hojas y sedimentos. En las hojas los hidrocarburos biogénicos que predominaron fueron los impares 15 a 19 y los de 21 a 25 átomos de carbono, propios de organismos marinos y detritos de plantas superiores y aportes terrígenos; esta distribución se reflejó también en los sedimentos. La concentración promedio de hidrocarburos disueltos (49 ppb) supera a otras registradas en zonas de reconocida actividad petrolera en el Golfo de México. El desarrollo y densidad de las praderas no parecen estar afectados por la presencia de hidrocarburos fósiles, actualmente.

INDICE GENERAL.

I. INTRODUCCION.

I-1 GENERALIDADES SOBRE CONTAMINACION.....	2
I-2 GENERALIDADES SOBRE PASTOS MARINOS E IMPACTO AMBIENTAL.....	7
I-3 OBJETIVOS.....	13
I-4 ANTECEDENTES.....	15

II. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....17

III. METODOLOGIA.....23

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

IV-1 PASTOS MARINOS. ASPECTOS ECOLOGICOS.....	30
IV-2 PASTOS MARINOS Y SEDIMENTOS. ASPECTOS DE CONTAMINACION.....	57
IV-3 COLUMNA DE AGUA. ASPECTOS DE CONTAMINACION. HIDROCARBUROS DISUELTOS/DISPERSOS. (HDD).....	104

V. CONCLUSIONES.....109

VI. LITERATURA CITADA.....114

1. INTRODUCCION

En las zonas litorales existentes en el planeta se encuentran numerosos cuerpos de agua relativamente protegidos, someros y con características especiales. Entre estos, las lagunas costeras y estuarios ocupan un lugar preponderante debido a los múltiples usos y recursos que de ellos se pueden obtener.

Las lagunas costeras son una fuente importante de recursos naturales (pesquerías principalmente) además de ser usados para la construcción de puertos, áreas de recreo y zonas urbanas e industriales. Son ecosistemas con características físicas, químicas y biológicas únicas. Debido a la interacción de distintos ambientes, que van desde las tierras de pantano con condiciones dulceacuícolas hasta las bocas de conexión (netamente marinas), poseen un gran aporte de energía. Son sistemas someros, semicerrados con comunicación efímera o permanente con el mar, complejos, con gran variedad de habitats e interacciones entre ellos. Representan zonas de transición entre la tierra y el mar y por todo lo anteriormente mencionado, son áreas altamente productivas (Canez-Arancibia, 1962).

Sirven como áreas de refugio para organismos marinos y dulceacuícolas y se ven afectadas, directa o indirectamente por actividades antropogénicas. La alteración de estos sistemas puede acarrear graves consecuencias como son: la destrucción de las áreas productoras de detritos (pastos

de pantano y pastos marinos), alteración de las cadenas alimenticias, presiones ecológicas adicionales para los organismos estuarinos y eutroficación, entre otros (Odum, 1970).

Son de gran utilidad para diferentes actividades humanas en las que el uso indiscriminado de los recursos, así como, los desechos originados por dichas actividades como la construcción de puertos y asentamientos industriales y urbanos, entre otros, han causado serios problemas de contaminación. Esto, ha provocado que las lagunas costeras y estuarios actúen como reservorios de diferentes tipos de contaminantes, los cuales se acumulan en los sedimentos y organismos, se encuentren disueltos en la columna de agua o adheridos a partículas en suspensión, lo que, facilita la entrada y distribución de dichas sustancias a la cadena trófica y finalmente afectan la salud y economía de las poblaciones humanas.

1.1 Generalidades sobre Contaminación Marina.

Dentro de dichos compuestos, se pueden encontrar al petróleo crudo, algunos metales pesados y nutrientes por descargas adicionales, entre otros. Existen también, sustancias que no son elaboradas en el medio marino, sino que son el resultado de productos sintetizados por el hombre, como son los derivados de la refinación del petróleo, pesticidas, detergentes, y debido a que no forman

parte de las concentraciones naturales su sola presencia en los estuarios y lagunas costeras es una señal contundente de contaminación. (Botello, 1982).

La contaminación marina ha sido definida como la "introducción directa o indirecta por el hombre, de sustancias o energía en el medio ambiente marino (incluyendo los estuarios) que resultan en efectos deletéreos y dañinos a los recursos vivos, peligros a la salud humana, alteración en las actividades marinas (incluyendo la pesca), menoscabo en la calidad del agua de mar y la reducción del valor recreativo" (GEBAMP, 1972).

Los contaminantes sintéticos, son por lo general más persistentes y peligrosos que aquéllos de tipo natural, debido a que los ecosistemas no son capaces de utilizarlos, degradarlos o reciclarlos. Dentro del grupo de los generados por el hombre, se encuentran los hidrocarburos del petróleo y debido a la enorme necesidad de energéticos que existe actualmente, se ha visto incrementada la explotación de yacimientos de petróleo junto con las actividades relacionadas con éstas: refinarias, plantas petroquímicas, embarque, desembarque y transportación del crudo y productos derivados. Esto, a su vez, trae como consecuencia que el aporte de hidrocarburos al medio marino sea cada vez mayor, con los consiguientes impactos ambientales: presencia de breas y alquitranes en las playas y manchas de aceite sobre la superficie del mar, disueltos en la columna de agua

o en forma de pequeñas partículas adsorbidas sobre material en suspensión, que son las formas más accesibles a los organismos y por último son encontrados en los sedimentos donde se van acumulando en lo que son degradados (Celis et al., 1987)

Durante los últimos veinte años, el aporte de hidrocarburos del petróleo a los océanos ha sido calculado de 2 a 20 millones de toneladas métricas anuales (NAS, 1975), observándose que un 35% se debe a accidentes en la transportación marítima del petróleo. Otras fuentes incluyen aportes por acarreo de ríos (26%), filtraciones naturales (10%), aporte atmosférico (10%), desechos industriales (5%), desechos urbanos (5%) y municipales (5%), refineries costeras (3%), y producción en la plataforma (1%). Para Harvey (1987), la mejor estimación de la cantidad de petróleo y sus derivados, que entran al medio acuático de todas las fuentes antes mencionadas es de 1.7 a 3.3 toneladas métricas anuales, siendo difícil estimar los aportes provenientes de los desechos urbanos y las filtraciones naturales.

De acuerdo con Goldberg (1976), existen tres fuentes principales de aporte de hidrocarburos al medio marino:

- A) Generados por el hombre (antropogénicos).
- B) Producidos por los organismos marinos (biogénicos).
- C) Producidos por filtraciones del fondo del mar.

Antropogénicos.- Dentro de este grupo se encuentra al petróleo crudo que contiene de 50 a 98% de hidrocarburos y el resto consiste de compuestos de oxígeno, nitrógeno y azufre. Los hidrocarburos pueden ser agrupados en cuatro clases:

1) **Parafinas o alcanos**.- Que abarcan desde el metano hasta compuestos de más de 60 átomos de carbono como el hexacontano. Pueden ser de cadena lineal o ramificada, con una proporción similar entre las cadenas pares e impares o cíclicas. Se encuentran también los isocantanos pristano y fitano en proporciones relativamente abundantes.

2) **Cicloalcanos o Naftenos**.- Son anillos de cinco o seis átomos de carbono como el ciclohexano o ciclopentano, así como algunas otras sustancias policíclicas. Con frecuencia presentan sustituciones por el radical alquil.

3) **Olefinas o alquenos**.- Están generalmente ausentes en el petróleo crudo y se forman durante algunos procesos de refinación, por lo que se hallan en sus productos derivados. No forman anillos y son compuestos insaturados como el pentadieno.

4) **Compuestos Aromáticos**.- Existen en pequeñas cantidades e incluyen benceno y alquilbencenos, como el tolueno y xileno. También hay aromáticos polinucleares como alquil-naftalenos, bifénilos y nafteno-aromáticos. Los derivados metil-sustituidos son más abundantes y tóxicos que los originales ya que entre éstos, están los carcinogénicos.

Biogénicos.- Dentro de este grupo, se encuentran los que son producidos exclusivamente por los organismos marinos y terrestres obteniéndolos a través del alimento o alterados durante la digestión. (Clark, 1966; Blumer, 1967; Lee et al., 1972; Zsolnay, 1974). De éstos, sólo uno o dos predominan, generalmente con un número impar de átomos de carbono (Clark y Blumer, 1967).

México cuenta con enormes yacimientos y reservas probadas de petróleo en el sureste del Golfo de México, en la llamada Sonda de Campeche, donde se lleva a cabo una intensa explotación del recurso. Esto, provoca que el aporte de hidrocarburos al medio marino sea cada vez mayor. Frente a la Sonda y a 60 km de las plataformas, se localiza la Laguna de Términos la cual, posee una probada riqueza pesquera, y en las Áreas adyacentes a la Isla del Carmen, extensos manchones de pastos marinos representados por las especies Thalassia testudinum, Syringodium filiforme y Halodule wrightii (Yañez-Arancibia y Day, 1988).

Su localización permite suponer que la laguna recibe aporte directo de hidrocarburos fósiles. Dichos compuestos al entrar al medio marino presentan diversas transformaciones y rutas de entrada al ecosistema. Pueden permanecer disueltos o dispersos en la columna de agua, que es el medio de transporte y distribución, o adherirse a partículas suspendidas y posteriormente ser depositadas en los

sedimentos, los cuales, son considerados el destino final (Fig. 1).

La existencia de sustancias ajenas al sistema afecta también a los organismos, lo que repercute en todos los niveles, por esto, es importante conocer la dinámica de las lagunas costeras además del comportamiento, distribución y acumulación de los contaminantes con el propósito de evitar daños irreversibles a la ecología del lugar. La alteración de estos ecosistemas puede acarrear graves consecuencias encontrándose, entre otras, la destrucción de las áreas productoras de detritos como son los pastos marinos, lo cual reduce drásticamente la productividad de los sistemas donde se desarrollan, limitando directamente su potencial para sostener especies de importancia comercial.

I.2 Generalidades sobre Pastos Marinos e Impacto Ambiental.

En estos sistemas existen organismos que debido a sus hábitos pueden servir como "índices" o indicadores del grado de contaminación, siendo los bentónicos los más adecuados, entre éstos, se encuentran los pastos marinos.

Ecológicamente hablando, estas comunidades, son altamente productivas, ricas en fauna y habitats importantes debido a que por su estructura representan un amplio espacio físico, además de ofrecer protección contra depredadores a gran cantidad de peces e invertebrados, lo cual resulta en áreas

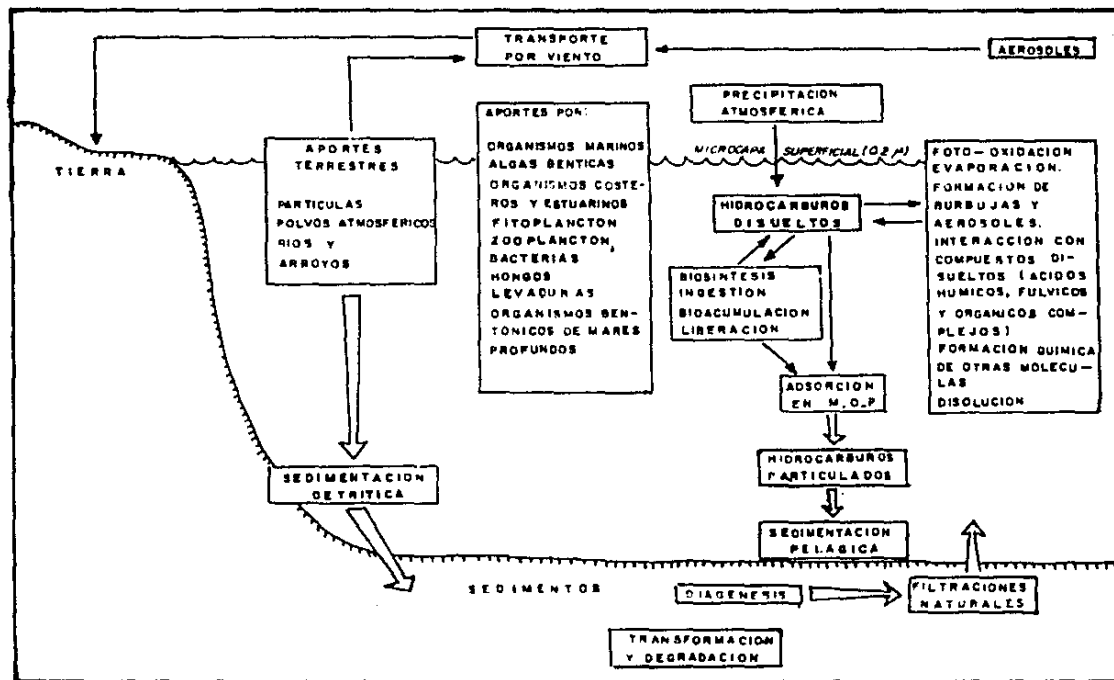


Fig 1. Procesos físicos, químicos y biológicos que modifican la distribución y efectos de los hidrocarburos en los ecosistemas (Tomado de Cells et al., 1987)

de crianza y alimentación en las aguas costeras (Zieman, 1982).

Los pastos marinos ocurren generalmente, en grandes cantidades formando "camas" que cubren extensas áreas de las aguas costeras en mares trópicos y subtropicales y son una de las comunidades más conspicuas de la costa (Den Hartog, 1977). Su alta productividad se debe a diversos mecanismos ecológicos del sistema y adaptaciones morfofisiológicas del propio pasto marino. Esto repercute en aspectos muy importantes de la estructura trófica, en la cual existen dos rutas de entrada de energía al sistema: Pastoreo directo (5%) y Vía detritos (95%) (Zieman, 1982).

Las angiospermas marinas, comúnmente conocidas como "pastos marinos", pertenecen a dos familias de plantas acuáticas: Hydrocharitaceae y Potamogetonaceae, del orden de las Helobiales (Den Hartog, 1970).

De acuerdo con Arber (1920) y Den Hartog (1970), las plantas terrestres necesitan cinco condiciones para colonizar el medio marino:

- 1) capacidad para vivir en un medio marino
- 2) capacidad para funcionar completamente sumergidas
- 3) un sistema de anclaje bien desarrollado
- 4) capacidad para llevar a cabo su ciclo reproductivo completamente sumergidas

5) capacidad para competir con otros organismos en el medio marino.

La densidad de las praderas varía en un intervalo amplio y depende de las condiciones de luz, temperatura, salinidad y sustrato. La temperatura y salinidad óptimas son diferentes para cada especie, aunque de manera general oscilan entre 20° y 30° C y 24 a 35‰, un sustrato suave, aguas someras y cierta intensidad luminosa (Zieman, 1982). Para Thorne (1954) el factor más importante en la distribución de los pastos marinos en el Golfo de México, es la intensidad luminosa y secundariamente el sustrato, se encuentran en aguas someras hasta los 10 m. Para Phillips (1960) y Moore (1963), los factores limitantes de Thalassia testudinum en las costas de Estados Unidos son: temperatura, profundidad, salinidad, turbidez y acción de las olas.

En la República Mexicana existen ocho géneros de fanerogamas marinas que forman "ceibadales". En el Golfo de México se encuentran cuatro géneros y cinco especies (Lot-Helgueras, 1971), Thalassia testudinum, Halophila engelmani, Halophila decipiens, Halodule wrightii y Syringodium filiforme. T. testudinum es la que presenta la distribución más amplia.

Los ecosistemas de pastos marinos pueden ser afectados por diversas actividades humanas, Lot-Helgueras (1977), cita las siguientes:

- 1.- Desechos urbanos liberados directamente y sin ningún control al sistema.
- 2.- Contaminación industrial.
- 3.- Construcción de puertos.
- 4.- Actividades de exploración y explotación petroleras.
- 5.- Dragado regular de canales.

Mc Nulty (1961) estudió el efecto de los desechos domésticos sobre Thalassia testudinum en la Bahía Biscayne en Florida. Los lechos no sobrevivieron en el área inmediata a la descarga, Halodule y Halophila fueron las menos afectadas, mientras que Thalassia solo creció a cierta distancia.

De manera general, el dragado y otras actividades que perturben la dinámica sedimentaria causan un daño severo a las poblaciones de pastos marinos, ya que, además de incrementar el material suspendido, aceleran la deposición de los sedimentos y cambian el pH de los mismos, lo cual produce una reducción notable en la densidad de los lechos (Thayer, et al., 1975). Odum (1963), estudió el efecto ecológico del dragado en los lechos de Thalassia y Halodule, a consecuencia de éste, la intensidad de la penetración lumínica disminuyó en gran medida, lo cual a su vez, repercutió en la productividad y contenido de clorofila de los pastos.

Los metales pesados están considerados fisiológicamente necesarios para los pastos, como por ejemplo el Zinc,

(Burrell y Schubel, 1977), los estudios realizados por Parker (1962 y 1966) muestran que los sedimentos y el pasto marino Thalassia testudinum, constituyen los mayores reservorios para cantidades liberadas de Zn 65, en un cuerpo de agua seleccionado para ésto, dándose un flujo rápido de intercambio entre la planta y el sedimento.

Se sabe también que los aportes de agua dulce representan un daño potencial, no solo por la disminución de la salinidad sino por la variación en los nutrientes que son introducidos a los estuarios en el agua dulce (Thayer, et al., 1975).

Los efectos de la contaminación por petróleo parecen ser los que más daño físico causan a estos sistemas. En Puerto Rico las praderas de Thalassia testudinum, fueron severamente afectadas por la presencia de petróleo crudo durante varios meses; debido a la formación de agregados de petróleo-sedimentos, se removieron aproximadamente 3000 m³ de arena por efecto de las corrientes, dejando al descubierto los rizomas (Zieman, 1975 b; Diaz-Piferrer, 1962). El derrame en Santa Bárbara, USA en 1969, cubrió las hojas de Phyllospadix torreyi, matando aquéllas que se encontraban en contacto con el aire. Las que estaban cubiertas por 10 cm de agua no presentaron daño alguno. Después de la remoción del crudo, las plantas afectadas presentaron crecimiento de hojas nuevas (Neushul, 1970). Los lechos de Zostera, que fueron cubiertos por el crudo del

derrame del Amoco Cadiz, perdieron sus hojas inicialmente, pero produjeron nuevas, después de la remoción del contaminante (Jacobs, 1980).

Las consecuencias ecológicas de la destrucción de los lechos de pastos marinos son graves, más si se toma en cuenta la cantidad de funciones que éstos habitats cumplen en el sistema del cuál forman parte importante, como son la de protección y áreas de crianza para organismos marinos, estabilización de sedimentos, disminución de la corriente, entre otros (Wood, et al, 1969).

1.3 Objetivos

En consecuencia, el presente trabajo consistió en una evaluación y tipificación de los hidrocarburos presentes en las hojas de Thalassia testudinum, sedimentos y columna de agua en tres localidades distribuidas a lo largo del margen interno de la Isla del Carmen. Se planteó también un estudio sobre la estructura de las praderas de la fanerógama marina, para evaluar si ésta, se ve influenciada por los hidrocarburos. El motivo por el cual se eligieron estos tres sustratos fue debido a que en el caso de los hidrocarburos disueltos/dispersos en el agua, éste es el medio de transporte y distribución, en el caso de los sedimentos, el análisis es importante debido a que son considerados el destino final de los contaminantes. En lo concerniente al estudio del pasto, éste se consideró

adecuado por tratarse de un organismo bentónico, además de ser poca la información existente en lo que se refiere a las concentraciones que se llegan a alcanzar de hidrocarburos del petróleo en plantas acuáticas.

De éste modo con los niveles de contaminación, en los tres sustratos, se puede hacer un análisis del grado de contaminación por hidrocarburos fósiles en el sistema, en torno a los siguientes objetivos específicos:

1.- Evaluar el desarrollo y densidad de las praderas del pasto marino Thalassia testudinum a lo largo de un ciclo anual. Definir en el Área de Estero Pargo, El Cayo y Ensenada si existe influencia de la salinidad y temperatura sobre la longitud foliar y densidad de las camas del pasto marino.

2.- Análisis cuantitativo y cualitativo de hidrocarburos en las hojas de Thalassia testudinum, así como, estimar si la presencia de hidrocarburos fósiles afecta la estructura de las praderas de la fanerogama marina.

3.- Análisis cuantitativo y cualitativo de hidrocarburos en sedimentos recientes.

4.- Análisis cuantitativo de hidrocarburos disueltos/dispersos.

1.4 Antecedentes:

Existen diversos estudios referentes a la Laguna de Términos; químicos, físicos, geológicos y biológicos. Como antecedentes de investigaciones previas sobre diferentes aspectos en I. testudinum, útiles para plantear los objetivos del presente trabajo están los realizados por: Horneles (1975), en el cual realizó un análisis de los parámetros morfométricos y de densidad en las praderas de I. testudinum en la laguna; Botello y Mandelli (1978 y 1979) evaluaron la presencia de las n-parafinas impares en las hojas del pasto marino; Botello (1980), cuantificó los hidrocarburos fósiles en la laguna debido a un derrame de petróleo ocurrido en ésta; Botello y Gallegos (1981), combinan los aspectos químicos y ecológicos anteriormente realizados; llevaron a cabo análisis de la proporción de carbono isotópico, estructura de las poblaciones y bromatología de las praderas y Solís y Carreno (1986), Ibanez y Solís (1986) y Fernández (1985) que realizaron evaluaciones faunísticas de poliquetos y crustáceos teniendo como sustrato las praderas de Thalassia.

Otros estudios, también relacionados directamente, con las praderas del pasto marino en cuestión son los llevados a cabo por Yanez-Arencibia (1981), quien llevó a cabo un análisis de la estructura trófica de las comunidades de peces en las praderas de I. testudinum en la Boca de Puerto Real; Day et al. (1982) hicieron un análisis de la

producción primaria en la Laguna de Términos; Stevenson et al. (1988) evaluaron la tasa de fijación de nitrógeno en las praderas de la fanerógama marina de la localidad de El Cayo; Hopkinson et al. (1988) determinaron los flujos de nitrógeno orgánico e inorgánico en sedimentos, agua y biota en el sistema de pastos de El Cayo; Kemp et al. (1988) estudiaron las tasa de regeneración de amonio en los sedimentos de la comunidad de L. testudinum; Moore y Hetzel (1988) estimaron la distribución y productividad de los pastos marinos en la laguna.

II. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

La Laguna de Términos ha sido estudiada desde diversos puntos de vista y diferentes objetivos. La mayoría coincide en considerarla como un Área con un alto potencial pesquero y gran variedad de habitats.

Se encuentra localizada en el litoral del Golfo de México, entre los meridianos 91°15' y 92°00' de longitud oeste y los paralelos 18°25' y 29°00' de latitud norte. Tiene una longitud de 70 km y 30 km de ancho (Mancilla y Vargas, 1980), está limitada al norte por la isla del Carmen y presenta dos bocas permanentes que la comunican con el mar, El Carmen y Puerto Real. Los vientos predominantes causan un flujo neto hacia adentro en la boca de Puerto Real y un flujo hacia afuera por la boca del Carmen, el cual crea alta salinidad y condiciones de agua clara en el sector nororiental de la laguna (Yañez-Arancibia y Day, 1982) (Fig. 2).

En general presenta escasa profundidad y se localiza en el límite de una zona de sedimentación de carbonato de calcio biogénico en la parte este y una zona de deposición de detritos terrígenos aportados por ríos y sus tributarios en la parte oeste (Phleger y Ayala-Castañares, 1971). Su perfil batimétrico es bastante homogéneo, ya que se encuentra saturado por la gran cantidad de terrígenos aportados (Mancilla y Vargas, 1980). Las zonas más

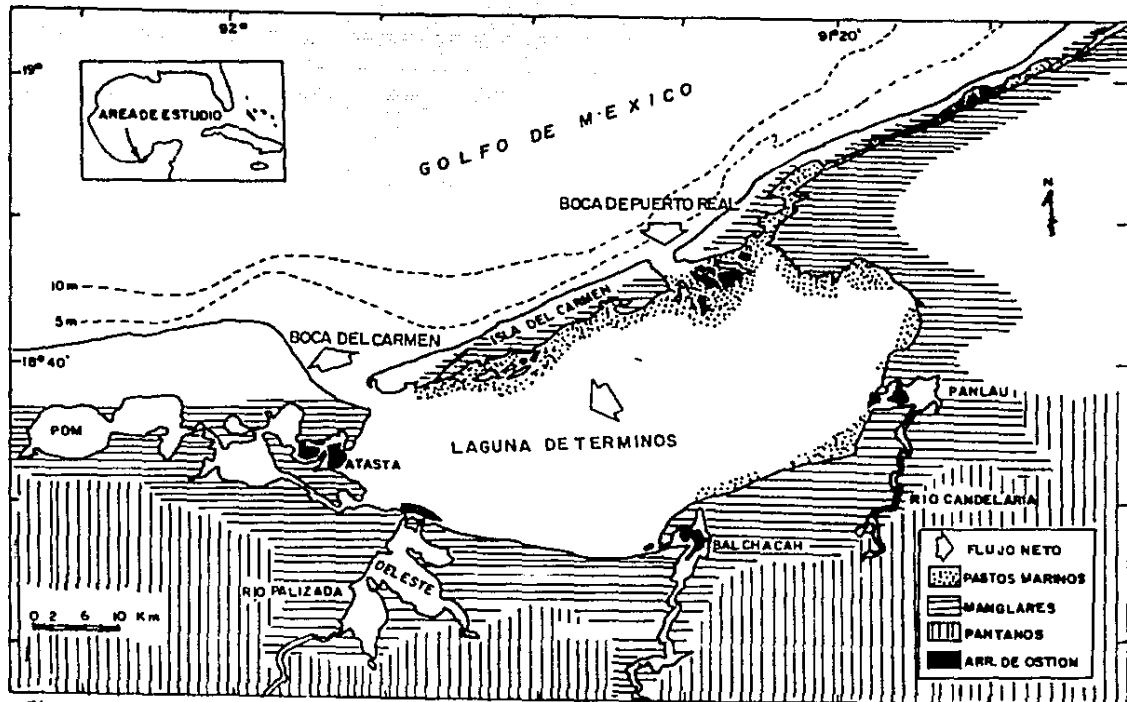


Fig.2 Principales subsistemas ecologicos de la Laguna de Terminos. (Tomado de Yañez-Arancibia y Day, 1988)

profundas son las bocas; así, entre la Punta Xicalango y la Boca del Carmen, se registran hasta 12 y 15 m. En la Boca de Puerto Real, entre la Isla del Carmen e Isla Aguada, de 8 a 10 m. En promedio la profundidad es de 2 a 3 m, al centro de la laguna hay 4 m y disminuye paulatinamente hacia la periferia donde existen fondos muy someros de unos 0.3 m (Amezcuca-Linares y Yañez-Arancibia 1980).

Clima

De acuerdo con García (1973) el clima de la Laguna de Términos es Amw, cálido húmedo isotermal con una estación lluviosa durante los meses de abril a octubre y una estación de vientos "nortes" secos e intermitentes de noviembre a marzo que son generados por el desplazamiento hacia el sur de las masas de aire frío (Mancilla y Vargas, 1980).

Se registra una temperatura máxima de 36°C y una mínima de 17°C durante los meses de invierno (Ayala-Castañares, 1963).

Las precipitaciones pluviales alcanzan, entre 1200 y 2000 mm anuales; de julio a noviembre se registran lluvias y en menor grado de noviembre a enero; la más baja sucede al final del invierno y principios de primavera.

Hidrografía.

Tres ríos de importancia descargan sus aguas a la Laguna de Términos: el Río Candelaria y el Río Chumpán en el extremo nororiental que se localizan en la provincia carbonatada y aportan el 25% del agua dulce a la laguna. El Río Palizada que forma parte del sistema Grijalva-Usumacinta, el cual aporta el 70% del agua dulce y está situado en el extremo suroccidental de la laguna, en la provincia de sedimentos terrígenos (Vera-Herrera *et al.*, 1988). La descarga promedio anual, de los tres ríos se estima en 6×10^9 m³/año (Phleger y Ayala-Castañares, 1971).

Debido, a que la principal descarga de ríos ocurre en el sector suroccidental de la laguna, se crean condiciones de baja salinidad, alta turbidez y mayor concentración de nutrientes. Un delta de mareas se está formando en la parte interna de la laguna frente a la boca este. Los principales procesos biológicos incluyendo asociaciones de poblaciones bentónicas y de peces están fuertemente influenciados por este gradiente (Yañez-Arancibia y Day, 1988).

Salicidad.

Las características químicas están determinadas por la circulación y el flujo de los ríos en la laguna (Yañez-Arancibia y Day, 1982). Esto trae como consecuencia

que las salinidades presenten un amplio intervalo. De acuerdo con Botello (1978 a) la salinidad de la laguna va de condiciones marinas en la sección sur (34 a 36 ‰) hasta salobres en las secciones este y oeste (30-32 ‰) considerando a la región central como un Área de transición (34 ‰).

La salinidad también presenta variaciones de acuerdo con la época de lluvias o secas. La mínima es de 12 ‰ y usualmente los más altos se registran en la Boca de Puerto Real 38.2 ‰ en mayo (Botello, 1978 a).

Phleger y Ayala-Castañares (1971) registraron de 25 a 36.5 ‰ en la parte noreste cerca de la Boca de Puerto Real y de 28 ‰ en las partes oeste y sur.

Ley-Lou (1979) observó 40 ‰ en áreas protegidas; Amezcua-Linares y Yañez-Arancibia (1980) desde 0 hasta 28 ‰ en los sistemas fluviolagunares.

Vegetación.

La distribución de la vegetación parece estar estrechamente ligada con la transparencia del agua y el contenido de carbonato de calcio del sedimento. En las zonas protegidas de Estero Pargo y los Bajos del Cayo se observan aguas claras con vegetación sumergida formando praderas de Thalassia testudinum, Halodule wrightii y Syringodium filiforme, siendo la primera la más abundante y

posiblemente la más significativa geológicamente, al menos por su papel como acumuladora de sedimentos (Ayala-Castañares, 1963).

La vegetación circundante está constituida por manglar, con plantas bien adaptadas a aguas de salinidad elevada, representados en áreas protegidas por: Rhizophora mangle (mangle rojo) y Avicennia germinans (mangle negro), y ocasionalmente se encuentra Lequocularia racemosa (mangle blanco) y Conocarpus erectus (mangle botoncillo), así como cocotales y asociaciones de hidrofítas emergentes como las Thyphaceae. (Vargas-Maldonado, et al., 1981)

III METODOLOGIA

Metodología de campo

Se eligieron seis estaciones de colecta localizadas en la parte interna de la isla, en las localidades conocidas como Estero Pargo, El Cayo y Ensenada; con dos puntos de muestreo en cada sitio. La elección de éstos, se hizo con base en la densidad de los manchones de Thalassia testudinum, profundidad y tipo de sustrato (Fig. 3).

Los sitios, fueron denominados de la siguiente manera: Estero Pargo 1, Estero Pargo 2, Cayo 1, Cayo 2, Ensenada 1 y Ensenada 2. Los muestreos se llevaron a cabo, tratando de cubrir un ciclo anual durante las siguientes fechas:

14 y 15 de marzo de 1984: muestreo I

15 y 16 de mayo de 1984: muestreo II

23 y 24 de julio de 1984: muestreo III

25 de septiembre de 1984: Muestreo IV

14 de marzo de 1985: muestreo V

En cada localidad se tomaron muestras de sedimento, agua y pastos para la extracción de hidrocarburos. El conteo de los grupos foliares y número de hojas se llevó a cabo con la ayuda de un marco de aluminio de 1 m x 1 m dividido en cuadrantes de 25 cm x 25 cm, lanzado al azar en cada localidad. Una vez hecho el conteo se procedió a desenterrar los grupos foliares, en un número aproximado de

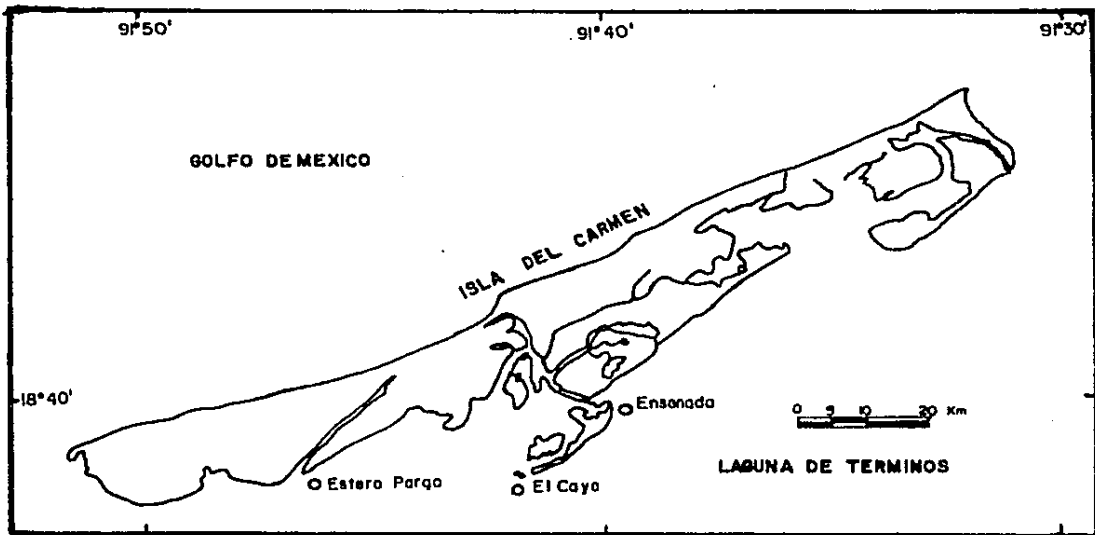


Fig.3 Localizacion de las estaciones de muestreo

36 (lo necesario para el análisis químico). Las hojas se lavaron con el agua del sitio de la colecta y se guardaron en bolsas de plástico. Los sedimentos se colectaron manualmente y se almacenaron en frascos de vidrio (previamente tratados), con 100 ml de metanol y se congelaron hasta su análisis en el laboratorio.

Las muestras de agua para el análisis de hidrocarburos se tomaron directamente con la ayuda de un frasco de vidrio ámbar, con capacidad aproximada de 3.5 l, previamente tratado. La extracción del material disuelto/disperso se llevó a cabo a bordo de la lancha, con 100 ml de hexano en dos porciones. Los extractos se almacenaron en frascos de 125 ml de capacidad, de color ámbar y se congeló hasta el análisis en laboratorio.

Las muestras de agua para salinidad se tomaron directamente en frascos de plástico de 125 ml de capacidad.

La temperatura se midió con la ayuda de un termómetro de cubeta.

En lo concerniente al aspecto ecológico del estudio se llevó a cabo la determinación de los siguientes parámetros morfométricos por grupo foliar: hoja más larga, hoja más corta y ancho máximo; además de la obtención de algunas variables indicadoras de densidad: número de hojas por metro cuadrado (h/m^2), número de grupos foliares por metro cuadrado (gf/m^2), número de hojas por grupo foliar (h/gf)

e índice de área de hoja (IAH), éste fue obtenido a partir del largo y ancho de las hojas. Estas variables, fueron obtenidas de las mismas muestras usadas en el análisis químico.

Metodología de laboratorio

La extracción, separación, purificación y cuantificación de los hidrocarburos en los sedimentos se hizo con la técnica desarrollada por Botello (1978 b) que se muestra en la figura 4. La técnica fue empleada de manera general con ligeras modificaciones para cada sustrato. Esta consiste de una extracción de los compuestos orgánicos y a continuación se hace una saponificación de la matriz. Se separa la porción saponificable de la no saponificable mediante una extracción de la solución alcalina, la cual se desecha. El siguiente paso fue concentrar los compuestos de la porción no saponificable; separar y purificar los hidrocarburos por cromatografía en columna, empacadas con gel de sílice y alúmina. La técnica hasta aquí descrita, permite la obtención gravimétrica (ppm, peso seco) de las fracciones saturadas y aromáticas.

El siguiente paso fue la cromatografía de gases, en donde, los compuestos se identifican por comparación con el tiempo de retención de un estándar analizado previamente; la abundancia de cada componente se determinó por el área bajo la curva correspondiente a cada pico en el

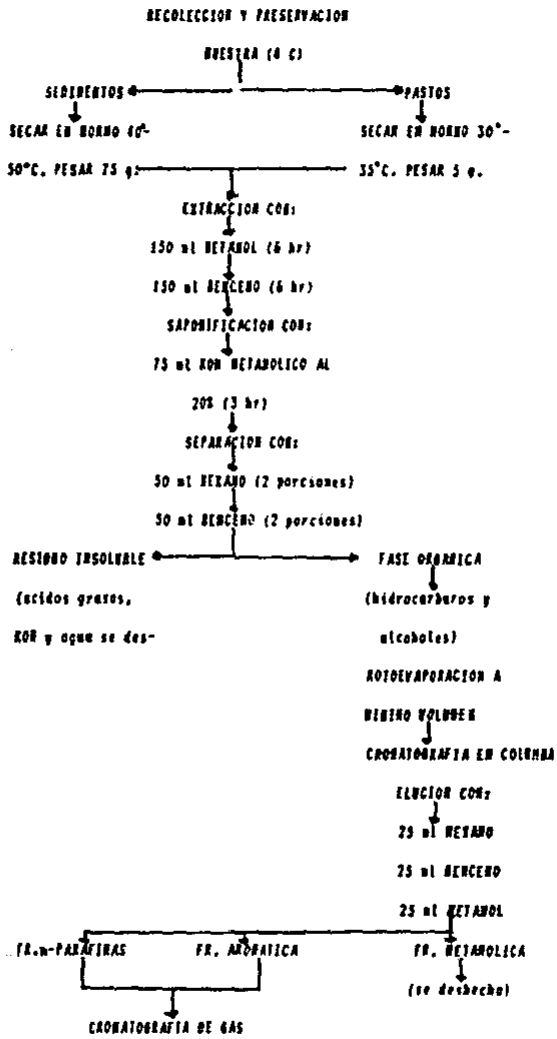


FIG. 4 TÉCNICA PARA LA EXTRACCIÓN DE HIDROCARBUROS (BOTELLO, 1970 b)

cromatograma. Se empleó un cromatógrafo de gases Hewlett-Packard 5890 A, con detector de ionización de flama, programador lineal de temperatura, integrador y columna capilar de sílica fundida tratada con metil silicon y 30 m de longitud, usando nitrógeno como gas acarreador.

Fueron seleccionadas seis muestras de sedimento y pasto marino, con sus dos fracciones, con base en la concentración gravimétrica de hidrocarburos totales tratando de que fueran las más altas y más bajas para cada localidad. Las muestras analizadas y la manera en que fueron denominadas es la siguiente:

Estero Parqo 2 (II).

Cayo 2 (II).

Ensenada 1 (II).

Ensenada 1 (IV).

Cayo 1 (IV).

Estero Parqo 2 (V).

El número romano entre paréntesis indica el número de muestreo.

Extracción y Cuantificación de hidrocarburos Disueltos/Dispersos--

El método empleado es el utilizado en el programa Comité IOCARIBE-CARIPOL (1980) y el Manual IOC-UNESCO, No. 13

(1964). Este método es un procedimiento relativamente sencillo y se lleva a cabo al momento de tomar la muestra.

El análisis en el laboratorio consistió en concentrar los extractos obtenidos en campo, aforar a un volumen conocido y proceder al análisis fluorométrico. Se usó un blanco de reactivos y soluciones estándar de Criseno como patrón de referencia. Se empleó un espectrofluorometro Varian SF-330. El aparato se calibró contra un blanco de n-hexano a una excitación de 310 nm. Se midió la intensidad de la fluorescencia a 360 nm la cual está dada principalmente por bencenos sustituidos y poliaromáticos. La intensidad de la fluorescencia se comparó con la intensidad emitida por las soluciones patrón y se extrapoló la concentración ajustándola al volumen original de agua. La concentración obtenida se expresa en ppb o ug/l de hidrocarburos aromáticos solubles.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION.

IV.1 Pastos Marinos. Aspectos Ecológicos.

Los sitios de muestreo en las localidades denominadas Estero Pargo, El Cayo y Ensonada, presentaron características ambientales diferentes entre si.

En Estero Pargo, los lechos del pasto marino Thalassia testudinum, mostraron una configuración circular, continua y extendida y estuvieron influenciados por la corriente, por lo que, las hojas no contuvieron materia orgánica. Se encontraron dos tipos de asociaciones: rodofitas-Thalassia testudinum y rodofitas-Syringodium filiforme. En mayo se registró la presencia de flores masculinas y femeninas mezcladas en el mismo cuadrante, con una abundancia regular y frutos maduros e inmaduros; en julio solo hubo frutos maduros. En la tabla 1 se muestran las variables ambientales para esta localidad, las cuales fueron homogéneas en ambas estaciones. La temperatura del agua osciló entre los 27° y 31° C, la salinidad de 29 a 34 ‰, la profundidad de 50 a 70 cm y el sedimento en ambas localidades estuvo constituido por arena.

Las praderas de El Cayo, se distribuyeron en forma circular y discontinua. También estuvo presente la asociación de algas rojas- Syringodium filiforme, formando manchones bien definidos, sin mezclarse con los constituidos por I. testudinum. Las hojas se encontraron cubiertas por materia

**TABLA 1 VARIABLES AMBIENTALES REGISTRADAS EN LA LOCALIDAD
ESTERO PARGO DE LA LAGUNA DE TERMINOS.**

ESTERO PARGO 1

VARIABLES	MAR 84	MAY 84	JUL 84	SEP 84	MAR 85
fecha	15/3/84	15/5/84	24/7/84	25/9/84	14/3/85
hora	12:40	13:20	11:20	13:15	10:15
temp.	27°C	29°C	31°C	28°C	28°C
sal.	30%	34.5%	30%	29%	31%
sustrato	arena	arena	arena	arena	arena
prof.	60 cm	50 cm	60 cm	70 cm	50 cm

ESTERO PARGO 2

VARIABLES	MAR 84	MAY 84	JUL 84	SEP 84	MAR 85
fecha	15/3/84	15/5/84	24/7/84	25/9/84	14/3/85
hora	13:15	13:00	10:40	12:40	14:40
temp.	27°C	30°C	31°C	28°C	29°C
sal.	30%	34%	30%	29%	31%
sustrato	arena	arena	arena	arena	arena
prof.	50 cm	50 cm	70 cm	70 cm	50 cm

orgánica debido a la notoria ausencia de corrientes. En septiembre hubo gran cantidad de hojas muertas en el fondo. En la tabla 2 se presentan los parámetros ambientales obtenidos en esta localidad. La temperatura del agua varió entre 27° y 32°C, la salinidad de 29 a 35 ‰ y la profundidad entre 40 y 60 cm. El tipo de sedimento fue limoso.

En la localidad de Ensenada las características generales difirieron de las dos anteriores, se observó que los parches eran de forma circular, bien definida y continua, mezclados con gran cantidad de algas rojas. Los lechos estaban ligeramente influenciados por la corriente (paralela a la parte interna de la isla con dirección este-oeste); en consecuencia las hojas se encontraron libres de materia orgánica y se registraron frutos inmaduros en julio. En la tabla 3 se muestran las características ambientales medidas en esta localidad. La salinidad y temperatura fluctuaron entre 29 y 35 ‰ y 27° y 32°C respectivamente, los sedimentos fueron limo-arenosos, con profundidades entre los 40 y 70 cm.

En general la salinidad y temperatura presentaron variaciones estacionales definidas y abarcan las épocas de secas y lluvias descritas por Yañez-Arancibia y Day (1988). Apparently, esto se refleja en las variables morfométricas y de densidad foliar analizadas, las cuales,

**TABLA 2 VARIABLES AMBIENTALES REGISTRADAS EN LA LOCALIDAD
EL CAYO DE LA LAGUNA DE TERMINOS.**

CAYO 1

VARIABLES	MAR 84	MAY 84	JUL 84	SEP 84	MAR 85
fecha	10/3/84	16/5/84	23/7/84	25/9/84	14/3/85
hora	14:00	11:00	13:10	11:25	12:55
tem.	27°C	30°C	32°C	27°C	28°C
sal.	32‰	35‰	30‰	29‰	32‰
sustrato	limo	limo	limo	limo	limo
prof.	60 cm	60 cm	60 cm	60 cm	50 cm

CAYO 2

VARIABLES	MAR 84	MAY 84	JUL 84	SEP 84	MAR 85
fecha	15/3/84	16/5/84	23/7/84	25/9/84	14/3/85
hora	10:40	12:05	13:50	11:50	13:20
tem.	27°C	30°C	32°C	27°C	28°C
sal.	32‰	35‰	30‰	29‰	32‰
sustrato	limo	limo	limo	limo	limo
prof.	60 cm	60 cm	60 cm	60 cm	40 cm

**TABLA 3 VARIABLES AMBIENTALES REGISTRADAS EN LA LOCALIDAD
ENSENADA DE LA LAGUNA DE TERMINOS.**

ENSENADA 1

VARIABLES	MAR 84	MAY 84	JUL 84	SEP 84	MAR 85
fecha	14/3/84	15/5/84	23/7/84	25/9/84	14/3/85
hora	10:30	10:35	11:25	10:00	11:40
temp.	28°C	28°C	32°C	27°C	28°C
sal.	32‰	35‰	30‰	29‰	32‰
sustrato	li-ar	li-ar	li-ar	li-ar	li-ar
prof.	50 cm	60 cm	70 cm	50 cm	40 cm

ENSENADA 2

VARIABLES	MAR 84	MAY 84	JUL 84	SEP 84	MAR 85
fecha	14/3/84	15/5/84	23/7/84	25/9/84	14/3/85
hora	12:00	12:15	12:15	10:35	12:15
tem.	28°C	29°C	32°C	27°C	28°C
sal.	32‰	35‰	31‰	29‰	32‰
sustrato	li-ar	li-ar	li-ar	li-ar	li-ar
prof.	60 cm	60 cm	60 cm	50 cm	50 cm

presentaron diferencias tanto de una localidad a otra, como entre las dos estaciones de cada área.

En Estero Pargo 1 (Tabla 4) la longitud máxima osciló entre 26.5 y 58.0 cm contra 24.1 a 50.7 de la estación 2. La longitud mínima, presentó también un mayor intervalo en la 1 (5.9 a 23.6 cm) que en Estero Pargo 2 (6.1 a 15.1 cm). El ancho máximo, fue mayor en la estación 2.

En El Cayo, se encontraron las longitudes y ancho máximos del estudio; La estación 1 presentó las menores (26.9 a 58.6 cm) y El Cayo 2 las mayores (32.2 a 68.6 cm), el ancho máximo fue ligeramente mayor en El Cayo 1 (Tabla 5).

Por el contrario, en la localidad Ensenada (Tabla 6), se encontraron las hojas más cortas del estudio, en la estación 1 la longitud máxima osciló entre 18.6 y 32 cm y en la 2 fue de 18.5 a 63.1 cm. Cabe hacer la aclaración que durante el primer muestreo, en esta estación se registró el mayor promedio mensual de longitud máxima (63.1), el cual descendió para mantenerse entre 18.5 y 21.8 cm el resto del año. Las hojas de Ensenada 1 fueron más anchas.

La densidad foliar, presentó mayores diferencias locales y entre las estaciones de cada área que los parámetros morfométricos. En la localidad Estero Pargo, (Tabla 7) la estación 1 fue la que presentó la mayor densidad en el número de gf/m^2 y h/m^2 del estudio. En ésta, fluctuaron entre 180 y 775 contra 317 a 526 gf/m^2 de la 2. Aunque el

**TABLA 4 VARIABLES MORFOMETRICAS (cm) EN LAS PRADERAS DE
Thalassia testudinum DE LA LOCALIDAD ESTERO
 PARGO DE LA LAGUNA DE TERMINOS.**

ESTERO PARGO 1

	MAR 84	MAY 84	JUL 84	SEP 84	MAR 85
L. max.	34.4	28.2	38.0	29.3	26.3
L. min.	23.6	12.8	22.6	5.9	8.4
A. max.	0.9	1.0	1.3	1.3	0.8

ESTERO PARGO 2

	MAR 84	MAY 84	JUL 84	SEP 84	MAR 85
L. max.	37.4	32.5	33.6	24.1	30.7
L. min.	15.1	14.6	13.8	6.1	13.2
A. max.	1.0	1.0	1.3	1.0	1.1

NOTAS:

L. max.: longitud maxima promedio

L. min.: longitud minima promedio

A. max.: ancho maximo promedio

**TABLA 5 VARIABLES MORFOMETRICAS (cm) EN LAS PRADERAS DE
Thalassia testudinum EN LA LOCALIDAD EL CAYO
 DE LA LAGUNA DE TERMINOS.**

CAYO 1

	MAR 84	MAY 84	JUL 84	SEP 84	MAR 85
L. max.	38.6	47.8	53.4	26.9	36.9
L. min.	31.9	25.6	22.0	8.3	16.9
A. max.	1.0	1.2	1.3	1.1	1.0

CAYO 2

	MAR 84	MAY 84	JUL 84	SEP 84	MAR 85
L. max.	61.2	41.7	68.6	32.2	47.8
L. min.	25.6	18.5	30.1	9.4	19.2
A. max.	1.0	1.1	1.2	1.1	1.1

NOTA:

L.max.: longitud maxima promedio

L.min.: longitud minimo promedio

A.max.: ancho maximo promedio

**TABLA 6 VARIABLES MORFOMETRICAS (cm) EN LAS PRADERAS
DE *Thalassia testudinum* DE LA LOCALIDAD
ENSENADA DE LA LAGUNA DE TERMINOS.**

ENSENADA 1

	MAR 84	MAY 84	JUL 84	SEP 84	MAR 85
L. max.	23.5	28.3	32.0	18.6	23.9
L. min.	11.8	14.1	12.5	5.0	9.9
A. max.	0.9	0.9	1.1	1.2	1.0

ENSENADA 2

	MAR 84	MAY 84	JUL 84	SEP 84	MAR 85
L. max.	63.1	18.5	18.6	21.8	19.8
L. min.	29.2	8.8	9.5	7.5	6.5
A. max.	1.0	0.9	0.9	1.1	0.8

NOTAS:

L. max.: longitud maxima promedio

L. min.: longitud minima promedio

A. max.: ancho maximo promedio

**TABLA 7 DENSIDAD FOLIAR EN LAS PRADERAS DE *Thlasia testudinum*
DE LA LOCALIDAD ESTERO PARGO DE LA LAGUNA DE TERMINOS.**

ESTERO PARGO 1

	MAR 84	MAY 84	JUL 84	SEP 84	MAR 85
gf/m ²	180	572	396	428	775
h/m ²	720	2288	1584	2140	3100
h/gf	4	4	4	5	4
I A H	10.4	15.5	24.5	10.4	13.1

ESTERO PARGO 2

	MAR 84	MAY 84	JUL 84	SEP 84	MAR 85
gf/m ²	317	364	497	526	421
h/m ²	1268	1456	1988	2104	2105
h/gf	4	4	4	4	5
I A H	10.8	10.2	17.4	9.7	28.3

NOTA:

gf/m²: grupos foliares por metro cuadrado

h/m²: hojas por metro cuadrado

h/gf: hojas por grupo foliar

I A H: índice de área de hoja (m²/m²)

número de hojas por grupo foliar fue similar en las dos (4 a 5), se obtuvo mayor número de hojas/m² en Estero Pargo 1 (720 a 3100), resultado del mayor número de gf/m². El IAH fue mayor en Estero Pargo 2 (10.2 a 28.3 m³/m²).

En El Cayo 1 se registraron los menores gf/m² y h/m² de las tres localidades (Tabla 8), oscilaron entre 214 a 419 y 642 a 1855 respectivamente. En El Cayo 2 éstos, presentaron una variación entre 205 y 564 gf/m² y 820 a 2820 h/m². El número de h/gf se mantuvo entre 3 y 5 en las dos estaciones. El IAH fue de 7.0 a 18.1 m³/m² en la 1 y en la 2 se registró el mayor del estudio (10.0 a 32.1 m³/m²).

En Ensenada (Tabla 9), la estación 1 registró menor densidad foliar que la 2. En la primera, los gf/m² presentaron un intervalo entre 401 y 492 y las h/m² de 1355 a 2005. El IAH fue de 6.3 a 10.4 m³/m², que fue el menor obtenido de las tres localidades. En Ensenada 2 los gf/m² y las h/m² fluctuaron entre 233 y 619 y de 765 a 2476 respectivamente. El IAH fue de 2.8 a 12.2 m³/m².

En la figura 5 se muestran las variables analizadas en Estero Pargo, en ella se observa, que las estaciones 1 y 2 definieron un comportamiento en salinidad y temperatura, correspondiendo a la primera variable un máximo de 34.5 ‰ que coincide con la época de secas y un mínimo de 29‰ en lluvias (septiembre). La temperatura más alta (31°C) fue durante julio y la menor (27°C) en marzo de 1984; sin

TABLA 8 DENSIDAD FOLIAR EN LAS PRADERAS DE *Thalassia testudinum* DE LA LOCALIDAD EL CAYO DE LA LAGUNA DE TERMINOS.

CAYO 1

	MAR 84	MAY 84	JUL 84	SEP 84	MAR 85
gf/m ²	214	331	325	371	419
h/m ²	642	1324	1500	1855	1676
h/gf	3	4	4	5	4
I A H	7.0	16.9	18.1	11.2	13.5

CAYO 2

	MAR 84	MAY 84	JUL 84	SEP 84	MAR 85
gf/m ²	205	495	467	364	462
h/m ²	820	1980	1828	2820	1848
h/gf	4	4	4	5	4
I A H	10.0	18.6	32.1	20.0	21.1

NOTA:

gf/m²: grupos foliares por metro cuadrado

h/m²: hojas por metro cuadrado

h/gf: hojas por grupo foliar

I A H: índice de área de hoja (m²/m²)

TABLA 9 DENSIDAD FOLIAR EN LAS PRADERAS DE *Thalassia testudinum*
DE LA LOCALIDAD ENSENADA DE LA LAGUNA DE TERMINOS.

ENSENADA 1

	MAR 84	MAY 84	JUL 84	SEP 84	MAR 85
gf/m ²	445	427	492	401	480
h/m ²	1335	1708	1476	2005	1930
h/gf	3	4	3	5	4
I A H	6.3	9.2	10.4	9.1	9.6

ENSENADA 2

	MAR 84	MAY 84	JUL 84	SEP 84	MAR 85
gf/m ²	233	255	389	317	619
h/m ²	932	765	1167	1268	2476
h/gf	4	3	3	4	4
I A H	12.2	2.8	4.8	6.4	7.4

NOTAS:

gf/m²: grupos foliares por metro cuadrado

h/m²: hojas por metro cuadrado

h/gf: hojas por grupo foliar

I A H: indice de area de hoja (m²/m²)

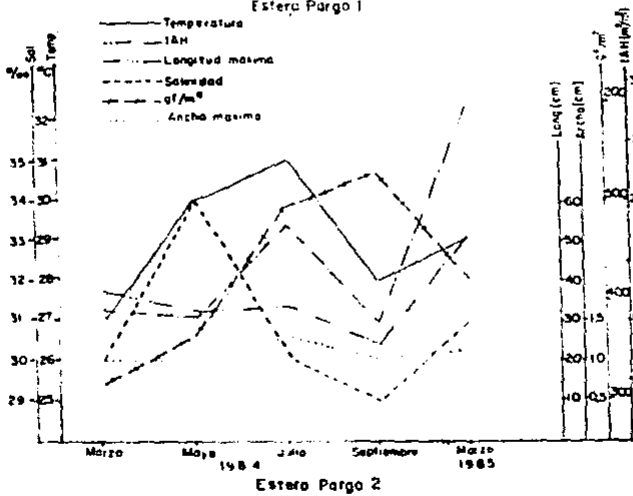
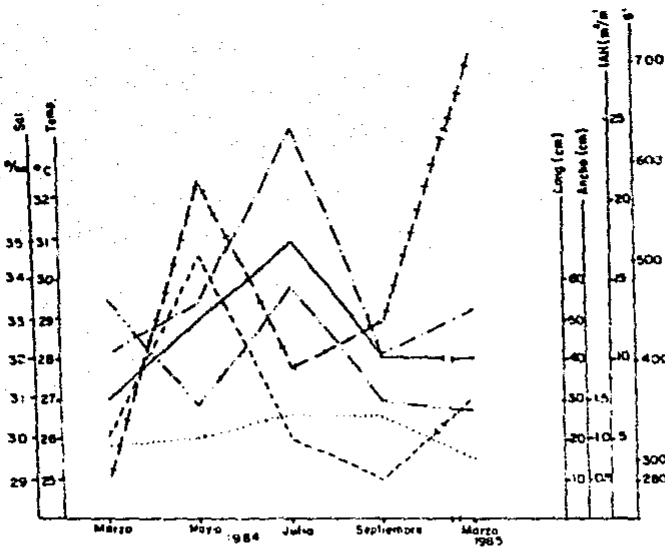
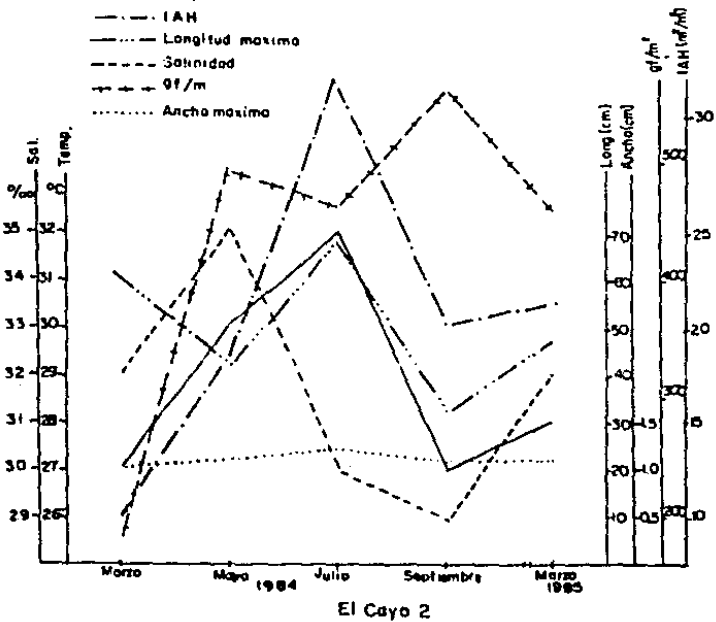
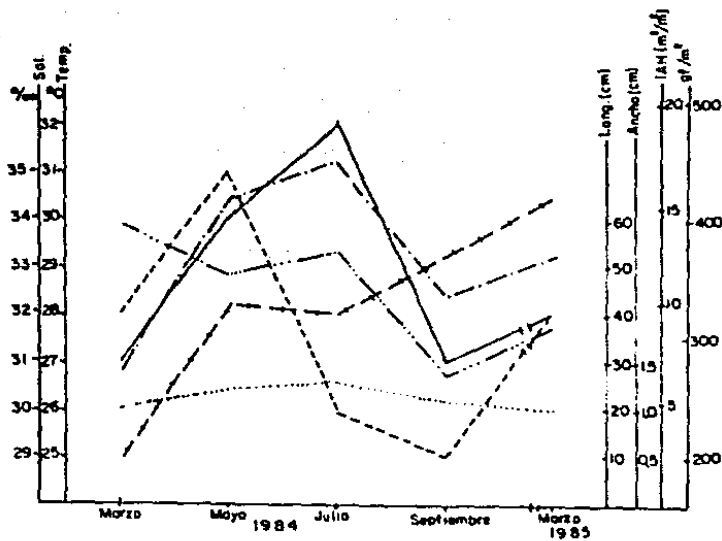


Fig 5 Variables bióticas y ambientales en la localidad Estero Pargo de la Laguna de Terminos

embargo se observaron diferencias morfológicas entre los sitios de colecta. En la estación 1 se presentó un patrón inverso entre la salinidad y la longitud máxima de la hoja y directo con el número de grupos foliares; la longitud y el IAH estuvieron asociados a la temperatura y por ser este último, obtenido a partir de la longitud y ancho máximo de las hojas, guardan una estrecha relación. La longitud máxima alcanzada fue de 67 cm con $24.5 \text{ m}^2/\text{m}^2$ a 31°C y 30% y el mayor número de gf/m^2 de 775, con menor temperatura (28°C) y mayor salinidad (31%).

En Estero Pargo 2 el comportamiento de la planta fue diferente, la longitud máxima no presentó cambios marcados y se mantuvo relativamente constante durante los tres primeros muestreos, presentando un incremento notable de septiembre a marzo de 1985 (a 29°C y 31%) de poco más de tres veces; este, fue el máximo alcanzado (61.5 cm). El mayor IAH fue también durante este mes ($28.3 \text{ m}^2/\text{m}^2$). Los grupos foliares registraron la mayor densidad durante septiembre con 28°C y 29%. Al igual que en la estación anterior, la longitud y el IAH, estuvieron asociados a la temperatura, en cambio, los grupos foliares fueron inversos a la salinidad. En ambas estaciones se registraron cambios asociados a la época de secas / lluvias.

En El Cayo (Figura 6) en ambas estaciones, los máximos de salinidad ocurrieron en mayo (35%) y los mínimos en septiembre (29%); la temperatura fue mayor en julio (32°C)



y menor en marzo de 1984 (27°C). En la estación 1 la longitud máxima varió de una época a otra, en el primer muestreo alcanzó un máximo promedio de 58.6 cm con 32% y 31°C. Los gf/m^2 mantuvieron niveles ascendentes a lo largo del estudio, con el mayor número en marzo de 1985 y un patrón inverso a la longitud de las hojas. El IAH presentó un comportamiento estacional bien definido y guardó una relación directa con la longitud, la mayor superficie fue de $18.1 m^2/m^2$ con 30% y 32°C. Bajo las mismas condiciones ambientales en El Cayo 2, en julio se registró una longitud de 68.6 cm con 30% y 32°C, el IAH también fue alto (32.1 m^2/m^2) y al igual que en las estaciones anteriores, guarda una estrecha relación con la longitud foliar. Los gf/m^2 presentaron una relación inversa con la longitud; el máximo alcanzado fue de 564 durante septiembre, con salinidades y temperaturas inferiores (29% y 27°C).

En la figura 7 se muestran los correspondientes a la localidad Ensenada. La salinidad y temperatura definieron el mismo patrón estacional descrito. En ambas estaciones, la primera variable fue mayor en mayo (35%) y menor en septiembre (29%); la segunda presentó el máximo en julio (32°C) y el mínimo en septiembre (27°C). En la estación 1 la longitud máxima no presentó cambios estacionales marcados, la mayor registrada fue de 42.6 cm, con 28°C y 35%. Los gf/m^2 registraron variaciones definidas con un máximo de 492 en julio a 32°C y 30%, y a diferencia de

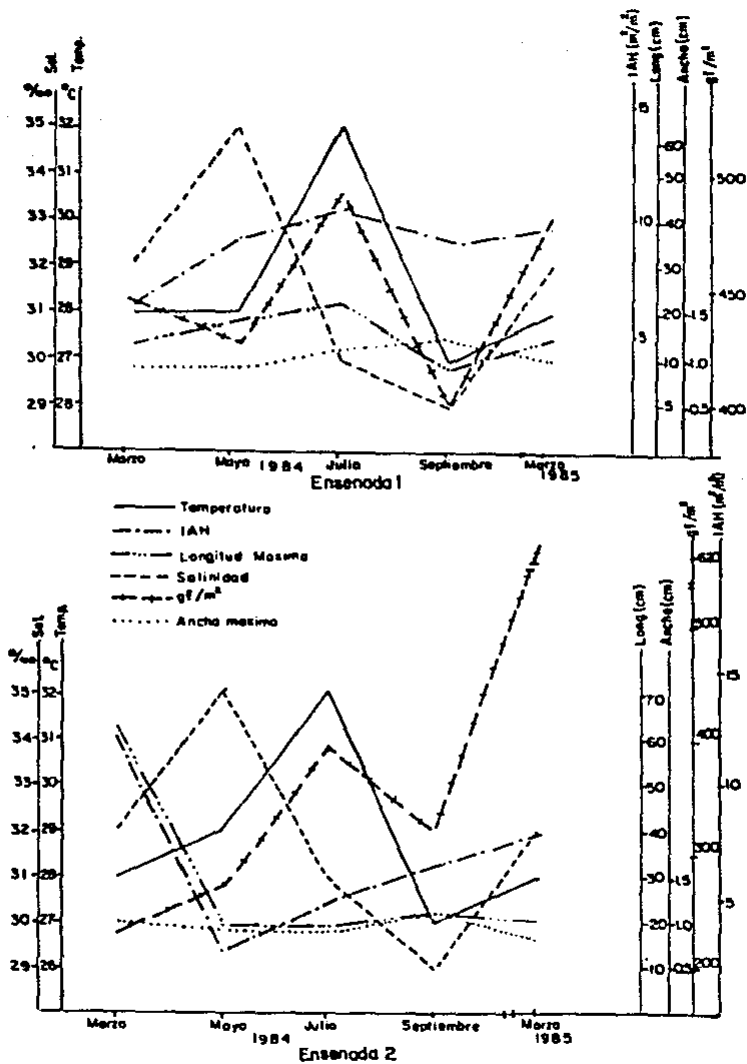


Fig. 7 Variables bióticas y ambientales en la localidad Ensenada

las otras localidades, se pudo observar una estrecha relación con la temperatura. El IAH presentó también un máximo ($10.4 \text{ m}^2/\text{m}^2$) durante este mes. En Ensenada 2 la dinámica, fue diferente, las longitudes registradas durante el primer muestreo alcanzaron un máximo de 63.1 cm con 28°C y 32%. El IAH se comportó de modo similar, y el máximo medido fue de $12.2 \text{ m}^2/\text{m}^2$. El número de grupos foliares casi duplicó el valor de septiembre a marzo de 1985 (619) con las mismas salinidades y temperaturas anteriores; a diferencia de la estación anterior, este parámetro presentó similitud con la temperatura, solo hasta septiembre, para luego comportarse de manera inversa.

La densidad foliar, así como la longitud y ancho máximo de las hojas, reflejan el grado de desarrollo de las praderas de *Thalassia testudinum*; el cual se ve afectado por diversos factores, para Phillips (1960) y Moore (1963), los limitantes en el desarrollo y distribución de *Thalassia testudinum* son: temperatura, salinidad, profundidad y tipo de sustrato, además de, la acción del oleaje. Thorne (1954) sugiere que el más importante es la intensidad luminosa y secundariamente el sustrato.

De acuerdo con Den Hartog (1970) el intervalo de salinidad para *T. testudinum*, está entre 25 y 40 ‰ y la temperatura entre 20° y 35°C .

Zieman (1974 b), encontró que su óptimo desarrollo era a 30°C y 30‰; en la Laguna de Términos, el pasto exhibió un

amplio intervalo: 27° a 32°C y 29 a 32 ‰; con diferencias tanto temporales como locales. Con los resultados antes descritos y de modo general, se puede decir que, en las localidades estudiadas; la temperatura, más que la salinidad, fue la que mayor efecto tuvo sobre los parámetros analizados.

Thalassia testudinum puede colonizar diferentes tipos de sustrato, de acuerdo con Mc Roy y Mc Millan (1977), no existe preferencia por algún tipo en especial, ya que puede crecer tanto en sedimentos lodosos, como arenosos y lodo-arenosos; aunque generalmente se desarrolla en terrenos mixtos con mayor proporción de arenas.

En este trabajo, no se llevaron a cabo análisis granulométricos, sin embargo, Ibañez y Solís (1986) encontraron, en la localidad El Cayo, diferentes proporciones en el tamaño de grano del sedimento predominando el lodo con fragmentos de concha; y básicamente arenoso en la zona de Estero Pargo. Los análisis de Fernández (1985), en Ensenada, indican arenas con gran proporción de lodos. En consecuencia, las tres Áreas presentaron condiciones texturales diferentes, lo cual, aparentemente, no influyó en el desarrollo de los manchones de la fanerogama marina. Sin embargo, de acuerdo con los resultados obtenidos, los cebadales de la localidad de El Cayo (lodo), fueron los que presentaron las mayores longitudes y las menores densidades, en Estero Pargo (arena)

se registraron las mayores densidades con longitudes intermedias y en Ensenada (lodo-arena), se encontraron las menores longitudes con densidades medias, esto indicaría que el tipo de sustrato no fue un factor limitante, ya que, en general, formaron comunidades bien establecidas y densas; en las que, no solo, fue alto el número de grupos foliares por metro cuadrado sino también el promedio de hojas por grupo foliar, que en todas las estaciones fue de cuatro. Patriquin (1973), señala que este promedio, corresponde a zonas con acción del pleaje suave lo cual, coincide con la dinámica observada en las localidades estudiadas.

Phillips (1960), Zieman (1975 a), Heck (1977), Thayer y Phillips (1977), Mc Roy y Mc Millan (1977), Kikuchi y Peres (1977), Heck (1979) y Hutchins (1982), entre otros, señalan que la época de crecimiento de Thalassia testudinum es durante la primavera y verano, mientras que en el invierno se presenta un descenso general en la condición de la planta. En este estudio, el máximo desarrollo y densidad foliar se presentó durante la primavera y verano, esto, coincide con los resultados obtenidos para la laguna por Hornelas (1975); Botello y Gallegos (1981); Solís y Carreño (1986); Ibañez y Solís (1986) y Fernández (1985) los cuales registraron las mayores densidades y longitudes foliares en verano, para las mismas localidades de la Laguna de Términos.

De manera general, el promedio por localidad del número de grupos foliares /m² osciló entre 339 y 447 (Tabla 10), que solo en Estero Pargo fue mayor a lo registrado por dichos autores (215 a 327); en el número de hojas/m², en el presente estudio, se encontró un intervalo entre 1506 a 1869 contra 1169 a 2069, el cual fue mayor en Estero Pargo y menor en El Cayo- Esto es debido al número de hojas por grupo foliar, en el cual, se obtuvo una variación entre 3 y 5, a diferencia de las 3 a 6 hojas mencionadas en la literatura referente al Área estudiada.

La longitud máxima promedio, en este trabajo, difiere a lo registrado por distintos autores (tabla 11), los cuales obtuvieron una longitud máxima promedio entre 25.1 y 30 cm, mientras que en el presente estudio, fueron de 26.8 a 47.5 cm. Para Tomlinson (1972), las hojas con una longitud mayor a 30 cm pueden ser consideradas plantas con buen crecimiento, de acuerdo con esto, los promedios mensuales de longitud registrados para la Laguna de Términos, muestran que el 64 % de las plantas estudiadas presentaron buen crecimiento.

De acuerdo con Zieman (1974 b) el promedio del ancho de la hoja en *Thalassia testudinum* es un reflejo del crecimiento de la raíz y de la salud de la comunidad. El patrón de comportamiento del ancho máximo, en las localidades estudiadas, mostró variaciones estacionales definidas. En general este parámetro estuvo asociado a las tallas más

**TABLA 10 CUADRO COMPARATIVO DE LAS DENSIDADES FOLIARES (promedias)
DE *Thalassia testudinum* EN LA LAGUNA DE TERMINOS**

LOCALIDAD	gf/m ²	h/gf	h/m ²	I A H	FUENTE
ESTERO P.	327	3	1276	-----	BOTELLO Y GALLEGOS (1981)
	215	---	-----	-----	IBAÑEZ Y SOLIS (1986)
	447	4	1869	10.8	ESTE ESTUDIO
EL CAYO	520	6	2609	10.7	HORNELAS (1975)
	163	5	1169	-----	BOTELLO Y GALLEGOS (1981)
	92	---	-----	-----	IBAÑEZ Y SOLIS (1986)
	339	4	1629	16.8	ESTE ESTUDIO
ENSENADA	516	---	-----	-----	FERNANDEZ (1985)
	405	4	1506	7.8	ESTE ESTUDIO

NOTAS:

gf/m² grupos foliares por metro cuadrado

h/gf hojas por grupo foliar

h/m² hojas por metro cuadrado

I A H: índice de área de hoja

**TABLA II CUADRO COMPARATIVO DE LAS VARIABLES MORFOMETRICAS
DE *Thalassia testudinum* DE LA LAGUNA DE
TERMINOS**

LOCALIDAD	l.max.	a.max.	FUENTE
ESTERO P.	----	1.00	BOTELLO Y GALLEGOS (1981)
	30 cm		IBAÑEZ Y SOLIS (1986)
	37.0	1.07	ESTE ESTUDIO
EL CAYO	----	1.07	BOTELLO Y GALLEGOS (1981)
	25.1 cm	----	IBAÑEZ Y SOLIS (1986)
	47.5	1.1	ESTE ESTUDIO
ENSEHADA	23.5 cm	0.73	FERNANDEZ (1985)
	26.8	0.9	ESTE ESTUDIO

NOTAS:

l. max: longitud máxima

a. max: ancho máximo

grandes y al mayor número de hojas por grupo foliar, el mínimo fue obtenido junto con los mayores grupos foliares por metro cuadrado y las tallas más pequeñas; esto, coincide con lo sugerido por Zieman (1974 b, 1975 a) en el sentido de que, los incrementos en el ancho máximo de la hoja unidos a un aumento en la densidad y biomasa de las hojas, indican una expansión de la red de rizomas y madurez en la comunidad y los descensos muestran pérdida de las hojas maduras o que aparecen nuevos vástagos con hojas nuevas y delgadas.

Tomlinson y Vargo (1972) y Den Hartog (1970); señalan un intervalo entre 0.5 y 1.0 cm de ancho máximo. Los promedios mensuales encontrados en el presente estudio (0.8 a 1.3 cm) resultan mayores a los anteriores y muy similares a los de Hornelas (1975) entre 0.6 a 1.2 cm en la localidad El Cayo y Lot (1968) de 0.7 a 1.3 en Veracruz; esto, unido a lo definido por Zieman, indica que las praderas de L. testudinum, estudiadas en la Laguna de Términos, fueron comunidades bien desarrolladas y maduras.

El Índice de Área de Hoja es una estimación de la densidad máxima de las hojas (Evans, 1972), la cual expresa la superficie de sustrato que ofrecen las hojas y sus unidades son m^2/m^2 , (metro cuadrado de superficie de hoja por metro cuadrado de superficie de sustrato). Los datos referentes a este parámetro, en la literatura consultada, son escasos, Hornelas (1975), calculó un intervalo entre 7.9 y 12.08

m^2/m , en la zona de El Cayo; el otro dato corresponde a Colombia con $18.6 m^2 / m^2$ (Gessner, 1971) mientras que, en este trabajo, se encontró entre 2.8 y $32.1 m^2/m^2$. De acuerdo con Golley (1972), los árboles con hojas bien desarrolladas en un bosque tropical lluvioso pueden alcanzar $20 m^2/m^2$ en los pastos marinos, índices mayores a éste, se obtienen en praderas densas.

Los pastos marinos incrementan la superficie del sustrato disponible para organismos epifitos, además de poseer una alta actividad fotosintética y disminuyen la excesiva iluminación formando un microambiente sombreado y protegido (Wood, *et al.*, 1969; Kikuchi y Peres, 1977), de aquí la importancia de conocer este parámetro.

Los resultados obtenidos, muestran un elevado IAH; producto por un lado, de las altas tallas y ancho máximo, así como, de la alta densidad de las praderas. Esto, define la gran capacidad, que en las localidades estudiadas, presentan las praderas del pasto marino estudiado para: dar protección a los organismos contra depredadores, servir como áreas de crianza y alimentación, incrementar el área de fijación para organismos epifitos, reducir el flujo de la corriente y promover la sedimentación (Wood, *et al.*, 1969) .

Las comunidades de El Cayo presentaron la mayor longitud foliar y la menor densidad. De acuerdo con Moore y Wetzel (1988) el incremento en la profundidad produce una disminución en la penetración de la luz, lo que trae como

consecuencia la reducción en la radiación fotosintéticamente activa (RFA), éste es el factor principal que controla la estructura y el crecimiento de la comunidad. Por lo que, existe un aumento en la longitud de las hojas y una disminución en la densidad. Por otro lado, la penetración de la luz y la turbiedad, provocada por la suspensión de sedimentos finos, presentan una relación inversa.

Con base en lo anterior se sugiere que en el Cayo, el decremento en la penetración de la luz, debida al predominio de lodos, produce la reducción en la RFA por lo que la planta responde a esto incrementando la longitud de las hojas y disminuyendo la densidad foliar.

Por lo que respecta a las localidades Estero Pargo y Ensenada, el patrón de desarrollo observado es similar al registrado por otros autores, antes mencionados.

En las tres localidades se observaron variantes regionales (tipo de sustrato, grado de exposición a las corrientes locales, proporción de epifitas y materia orgánica adherida, entre otros) que pudieron influir en los cambios morfométricos y de densidad, de la comunidad de Thalassia testudinum; bajo estas condiciones es posible que otros factores, no estudiados aquí, determinen dichos cambios.

IV-2. Pastos Marinos y Sedimentos. Aspectos de Contaminación.

Los estudios sobre la presencia de hidrocarburos en los tejidos de los organismos marinos son reducidos debido a la naturaleza compleja del contaminante y a las dificultades en la verificación de los análisis. Sin embargo se han podido detectar alteraciones en los procesos de desarrollo por interferencias en la quimio-recepción, reduciendo la capacidad reproductiva o inducción de carcinomas (Johnston, 1976).

De acuerdo con Botello *et al.* (1976), 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 en los ecosistemas acuáticos. Esto también ayuda a:

- a) establecer niveles naturales (estudios de línea base), antes de la entrada del contaminante por actividades humanas.

b) saber si el área fue impactada por la presencia de algún derrame.

c) conocer si el área en cuestión se encuentra sujeta continuamente a la entrada del contaminante (IOC, 1982).

Existen diferencias químicas entre los hidrocarburos indígenas y los derivados del petróleo, lo cual permite identificar a cada uno de ellos. En los sedimentos, se refleja la composición de los organismos que han contribuido con materia orgánica y entre éstos, se presenta una marcada predominancia de n-alcenos caracterizados por poseer un número impar de carbonos (Clark y Blumer, 1967; Bray y Evans, 1961).

El contenido de hidrocarburos en los sedimentos varía en un amplio intervalo de concentraciones; en sedimentos no contaminados de mar abierto, hay de 1 a 4 ppm (peso seco), menos de 100 ppm para los costeros no contaminados y arriba de 1200 ppm en 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 *et al.*, 1976). En áreas 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 zonas costeras que en las profundas. La composición de los hidrocarburos fósiles en los sedimentos puede ser muy

variada, y está en función del tiempo que tengan en los sedimentos y la composición original del crudo.

En relación a los resultados del análisis químico en las hojas de Thalassia testudinum, sedimentos y agua se pueden hacer las siguientes consideraciones:

En la localidad de Estero Pargo los Hidrocarburos Totales (HCT) presentaron un intervalo entre 760 y 2260 ppm (peso seco) en las hojas del pasto marino y de 40 a 629 ppm en los sedimentos (Tabla 12). En el 40% de las muestras del pasto marino la fracción saturada fue mayor que la aromática y, en los sedimentos, el 50%. En esta localidad, en general se encontró una asociación inversa entre las concentraciones de sedimentos y hojas. Los máximos en las hojas se encontraron en mayo (muestreo II) y julio (muestreo III) y los mínimos en septiembre (muestreo IV) y marzo (muestreo V) de 1985. En los sedimentos las mayores HCT correspondieron a marzo (muestreo I) y los mínimos a mayo (muestreo II) de 1984.

En relación a la localidad El Cayo las concentraciones de HCT en las hojas de la fanerógama marina presentaron una fluctuación entre 240 y 1620 ppm. En los sedimentos la variación fue de 52 a 152 ppm (Tabla 13). En las hojas la fracción saturada fue mayor que la aromática en un 60% y, en el sedimento, en un 66%. Se presentó también un comportamiento inverso entre las concentraciones de hojas y sedimentos. Los niveles más altos en hoja se encontraron en

TABLE 12 CONCENTRACION DE HIDROCARBUROS EN HOJAS DE *Thalassia testudinum* Y SEDIMENTOS

RECIENTES (ppm, peso seco) EN LA LOCALIDAD ESTERO PARRO

DE LA LAGUNA DE TERRINOS

ESTERO PARRO 1	H O J A S			S E D I M E N T O S		
	n-paraf.	aromat.	totales	n-paraf.	aromat.	totales
MAR 84	660	990	1460	32	39	91
MAY 84	1120	660	1780	35	29	60
JUL 84	800	1340	2140	57	24	81
SEP 84	420	1020	1440	24	36	60
MAR 85	320	260	780	55	29	80
ESTERO PARRO 2						
MAR 84	300	900	1200	574	55	629
MAY 84	1600	660	2260	16	40	60
JUL 84	840	360	1200	32	40	60
SEP 84	320	440	760	13	60	73
MAR 85	720	360	1280	53	36	107

n-paraf. = n-parafinas

aromat. = aromaticos

**TABLA 23 CONCENTRACION DE HIDROCARBUROS EN HOJAS DE Thalassia testudinum Y SEDIMENTOS
 RECIENTES (ppm, peso seco) EN LA LOCALIDAD EL CAYO
 DE LA LAGUNA DE TERNEROS.**

CAYO 1	H O J A S			S E D I M E N T O S		
	n-paraf. aromat.		Totales	n-paraf. aromat.		Totales
MAR 84	230	130	360	---	52	---
MAY 84	900	300	1400	24	40	64
JUL 84	860	360	1220	53	19	72
SEP 84	520	1040	1560	99	53	152
MAR 85	460	640	1100	51	31	102
CAYO 2						
MAR 84	140	100	240	29	33	64
MAY 84	1080	420	1500	29	23	52
JUL 84	780	380	1160	56	29	85
SEP 84	620	820	1440	63	51	114
MAR 85	1100	520	1620	51	43	94

n-paraf. = n-parafinas

aromat. = aromáticos

septiembre (IV) y marzo (V) de 1985 y los más bajos en marzo de 1984 (I). En los sedimentos los mayores corresponden a septiembre (IV) y los menores a mayo (II).

En la localidad Ensenada (Tabla 14) los HCT en la hoja variaron entre 310 y 4074 ppm y, en los sedimentos, de 36 a 172 ppm. En el 70% de las muestras de L. testudinum la fracción saturada fue mayor a la aromática, este porcentaje es considerablemente menor en los sedimentos (40%). En general, los sedimentos y hojas presentaron, al igual que en las localidades anteriores, una relación inversa en las concentraciones. En la fanerógama marina los máximos niveles se registraron en septiembre (IV) y los menores en marzo (I). En los sedimentos, los mayores fueron en marzo (I) y septiembre (IV) mientras que los mínimos fueron en mayo (II).

El contenido de hidrocarburos, en general, fue más alto en las hojas del pasto marino que en los sedimentos; esto se debe a que se cuantifica también una mayor cantidad de compuestos orgánicos propios de la planta (carotenos, ácidos grasos de cadena larga, lípidos no saponificables, etc), que no se logran separar mediante la técnica empleada, y que, debido a su afinidad química, se incorporan a las fracciones de hidrocarburos, preferentemente a la porción aromática.

De acuerdo con NAS (1985), en las zonas donde el aporte de hidrocarburos del petróleo es reciente, las concentraciones

TABLA 14 CONCENTRACION DE HIDROCARBUROS EN HOJAS DE *Thalassia testudinum* Y SEDIMENTOS RECIENTES (ppm, peso seco) EN LA LOCALIDAD ENSEADA DE LA LAGUNA DE TERRINOS

ENSEADA 1	H O J A S			S E D I M E N T O S		
	n-paraf. aromat.	totales		n-paraf. aromat.	totales	
MAR 84	370	510	920	17	19	36
MAY 84	1280	180	1820	24	13	37
JUL 84	1160	360	1520	39	27	66
SEP 84	280	720	1000	53	76	131
MAR 85	3370	704	4074	56	44	100

ENSEADA 2	H O J A S			S E D I M E N T O S		
	n-paraf. aromat.	totales		n-paraf. aromat.	totales	
MAR 84	70	240	310	35	137	172
MAY 84	1240	670	1860	27	28	53
JUL 84	420	400	1220	24	84	105
SEP 84	860	380	1240	40	33	93
MAR 85	170	460	1280	53	48	97

n-paraf. = n-parafíneos

aromat. = aromáticos

de la fracción saturada sobrepasa a la de aromáticos, así se encontró que del total de muestras analizadas en la planta, en el 63% la fracción n-parafinas fue mayor que la aromática. El intervalo gravimétrico en la fracción saturada, está entre 70 y 3370 ppm con un promedio de 801 ppm, que resulta casi ocho veces mayor a lo encontrado por Botello y Mandelli (1979) en las hojas de este mismo patto (110 ppm) de la Laguna de Términos y ligeramente mayor a las indicadas por Echániz (1988), también en las hojas de esta misma especie (767 ppm), provenientes de tres islas arrecifales de Veracruz. Con respecto a la fracción aromática, las concentraciones oscilaron entre 100 y 1340 con un promedio de 557 ppm. Estos contenidos, resultan menores a los de las islas arrecifales de Veracruz (887-1273 ppm). Con respecto a los sedimentos, en el 53% de las muestras, la fracción saturada fué mayor, lo cual, tomando como base lo anterior, indica que el tipo de contaminación es reciente. Esta relación es similar a la encontrada por Botello y Villanueva, (1987) en el Río Calzadas, Veracruz.

De acuerdo con Blumer y Bass (1972) y NAS (1975), los niveles de hidrocarburos totales en zonas costeras no contaminadas son hasta de 70 ppm; con base en esto, se encontró que el 70% de las muestras de sedimentos presentan una concentración mayor a las 70 ppm; de las cuales el 33% fué mayor a 100 ppm, que de acuerdo con Macko *et al.*, (1981), corresponde a zonas que presentan un aporte crónico

de hidrocarburos. Así se tiene que, la laguna recibe aporte continuo y reciente de hidrocarburos.

La época de lluvias, en la Laguna de Términos, es de junio a octubre que coincide con los registros más altos de HCT en las localidades El Cayo y Ensenada; esto, puede ser resultado, del mayor aporte fluvial y por consiguiente, del aumento de material terrígeno.

En Estero Pargo, en cambio, los valores más altos se registraron en marzo, lo que, puede ser efecto de la época de "nortes" durante la cual, hay una mayor remoción de sedimentos por efecto de corrientes. Además, la circulación de la laguna; presenta un flujo neto de entrada por la Boca de Puerto Real y un flujo neto de salida por la Boca del Carmen (Mancila y Vargas, 1977) y el mayor aporte fluvial en esta zona (Vera-Herrera et al. 1988); en consecuencia, habría una mayor acumulación de materia orgánica y sedimentos provenientes de la parte continental de la laguna. Esto, se apoya con la presencia de aportes terrígenos y el porcentaje de carbono orgánico en este mes, lo cual se discute posteriormente, o bien, puede deberse a un aporte reciente del contaminante, debido a las altas concentraciones registradas durante este mes, de hidrocarburos disueltos.

Sin embargo, el análisis gravimétrico no es concluyente, debido a que además de hidrocarburos también se cuantificaron otros compuestos orgánicos (ácidos grasos,

lipidos, ésteres, pigmentos, etc.) que no se logran separar mediante la técnica empleada por lo que es necesario un análisis más fino como el de cromatografía de gases, los resultados fueron los siguientes:

La composición porcentual de las n-parafinas identificadas en las hojas de la fanerógama marina en las tres localidades, mostró la presencia de cadenas lineares de n-parafinas en un intervalo de 13 a 34 átomos de carbono, dominando en la mayoría los pares 14, 16 y 18 (tabla 15). Se advierte, también, en menor concentración a los biogénicos 19, 17 y 21 (en orden decreciente). En la figura 8 se muestra en histograma, lo anteriormente expuesto, y se observa que, las mayores concentraciones corresponden a los carbonos de bajo peso molecular (13 a 21); dentro de los cuales el n-C 18 fue el compuesto que mayor abundancia relativa presentó, tanto en Ensenada como en el Cayo. En la localidad Estero Pargo el n-C 19 fue el dominante. Esto confirmaría el hecho de que ésta, por su ubicación, presenta mayor cantidad de compuestos de tipo biogénico y menor de antropogénicos.

La proporción de los carbonos impares difiere de los resultados de diversos autores (Tabla 16), referentes al carbono que predomina: por ejemplo Attaway *et al.* (1970), registraron el n-C 21; Botello y Mandelli (1978 y 1979), el n-C 17; Echániz (1988), al n-C15, mientras que en este estudio fué el 19.

TABLA 15 COMPOSICION PORCENTUAL DE n-PARAFINAS EN HOJAS DE *Thalassia testudinum* DE LAS LOCALIDADES ESTERO PARGO, EL CAYO Y ENSENADA DE LA LAGUNA DE TERMINOS.

No. C	EP2 (II)	C2 (II)	E1 (II)	E1 (IV)	C1 (IV)	EP2 (V)
13	---	8.5	*31.6	---	---	---
14	---	*21.3	22.3	---	---	1.3
15	4.4	18.7	12.1	---	---	5.2
16	9.4	12.2	6.1	---	7.0	7.6
17	13.9	7.7	5.0	12.6	12.6	12.6
18	*17.7	9.7	5.0	*26.8	*23.5	7.5
19	14.3	6.1	4.5	18.4	15.7	*14.1
20	6.2	3.3	2.1	15.1	10.5	4.1
21	9.4	3.8	3.5	5.8	9.1	9.6
22	5.3	1.9	1.0	5.8	4.9	3.5
23	4.0	1.6	1.3	---	3.8	3.9
24	2.6	1.1	0.7	---	4.2	3.4
25	3.3	1.9	2.3	---	5.9	7.0
26	2.5	0.9	0.5	---	2.4	4.1
27	1.4	0.6	0.6	---	---	3.1
28	1.2	---	0.4	---	---	3.3
29	0.9	---	---	---	---	2.5
30	0.5	---	---	---	---	2.4
31	0.9	---	---	---	---	---
32	0.6	---	---	---	---	2.1
33	---	---	---	---	---	---
34	0.4	---	---	---	---	1.8

* CARBONO DOMINANTE, EL No. ENTRE PARENTESIS INDICA No. DE MUESTREO

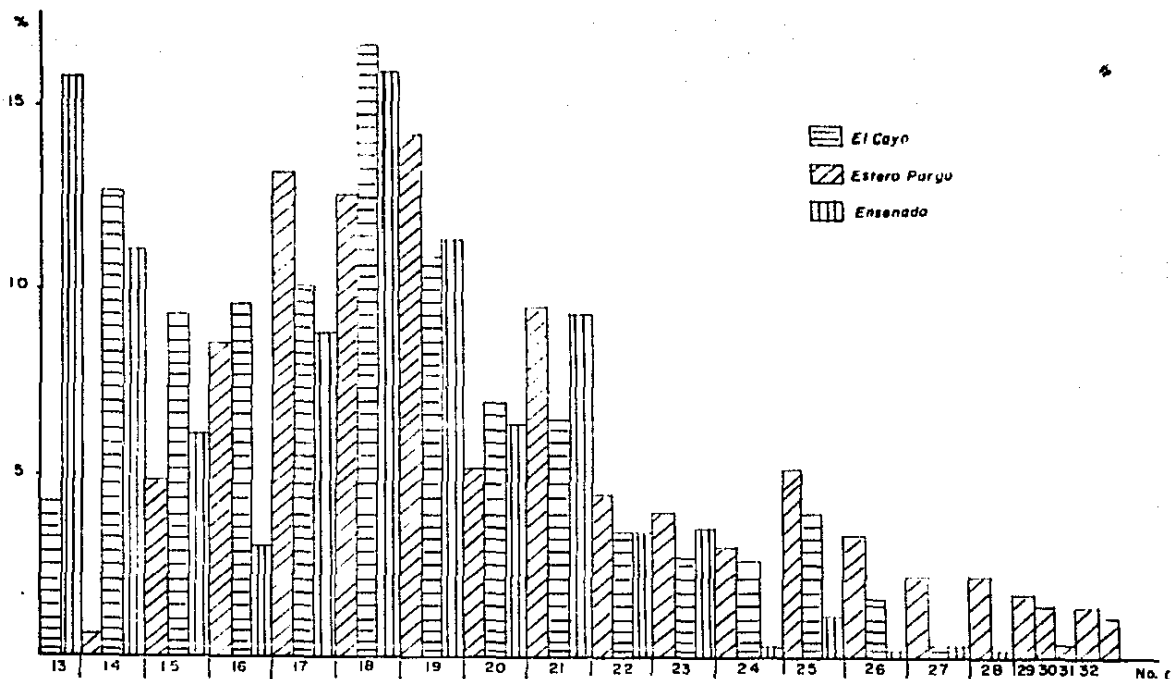


Fig. B. Composición porcentual de las n-parafinas identificadas en hojas de *Thalassia testudinum* en las localidades de Estero Pargo, El Cuyo y Ensenada de Laguna de Terminos.

TABLA 16 CUADRO COMPARATIVO DE LAS COMPOSICIONES PORCENTUALES DE n-PARAFINAS IMPARES

EN HOJAS DE Thalassia testudinum

n-C 15	n-C 17	n-C 19	n-C 21	n-C 23	n-C25	REFERENCIA
---	9.2%	11.4%	* 33.3%	26.2%	5.7%	Attaway, et al, (1970) Redfish Bay
---	* 20.0%	3.2%	3.3%	17.1%	6.3%	Botello y Handollé (1970) Laguna de Términos
6.7%	* 36.0%	11.3%	7.4%	6.3%	10.5%	Botello y Handollé (1979) Laguna de Términos
* 16.0%	9.0%	8.0%	6.0%	2.0%	4.0%	Echániz (1997) Islas Arrecifes, Ver.
6.7%	10.7%	* 12.1%	8.0%	3.4%	6.6%	Este estudio (1989) Laguna de Términos

* Carbono dominante

En los sedimentos, se identificaron n-alcános con 12 a 34 átomos de carbono, en la tabla 17 se muestra la composición porcentual; en tres de las estaciones el de mayor abundancia relativa fué el n-C 25, con concentraciones altas de los impares n-C 17, 21 y 23. En las estaciones Ensenada 1 (II) y Estero Pargo 2 (V) el más abundante fue el n-C 18. La estación Cayo 1 (IV) presentó un comportamiento diferente, predominando los compuestos de bajo peso molecular (n-C 14, 15 y 16, en orden decreciente) y el n-C25; esto, puede observarse en la figura 9. Predominan los compuestos de bajo peso molecular (n-C 14 a 25) con concentraciones máximas en los impares 15 a 27, además de, altos niveles de los pares n-C 14, 16 y 18. Estas proporciones, de acuerdo con Koons (1965), Han y Calvin (1969); se deben tanto a la presencia de compuestos del petróleo como de organismos marinos, lo cual de alguna manera, indica un tipo de contaminación reciente.

Los patrones de distribución en las n-parafinas varió tanto de una localidad a otra como, en los sustratos analizados. En Estero Pargo, las hojas mostraron una predominancia de los biogénicos 19, 17 y 21 mientras que en los sedimentos lo fue el n-C 18, aunque, se encontraron niveles considerables de los impares 17 y 21. En el Cayo, en las hojas se encontró mayor abundancia relativa de los carbonos pares 18 y 14 y en los sedimentos el n-C 25 fue el más alto con proporciones menores de n-C 15, 17 y 21. La

**TABLA 17 COMPOSICION PORCENTUAL DE n-PARAFINAS EN SEDIMENTOS RECIENTES
 EN LAS LOCALIDADES ESTERO PARGO, EL CAYO Y ENSENADA DE LA
 LAGUNA DE TERMINOS**

No. C	EP2 (II)	C1 (II)	E1 (II)	E1 (IV)	C1 (IV)	EP2 (V)
12	1.8	--	--	--	--	--
13	4.7	--	--	--	--	--
14	4.7	2.0	1.0	1.6	* 14.5	2.2
15	3.7	4.0	3.7	4.8	13.5	6.7
16	2.9	4.7	8.6	6.9	10.7	10.0
17	5.3	7.2	10.3	10.3	10.7	12.3
18	9.8	6.6	* 12.3	10.7	9.7	* 12.6
19	6.1	4.7	8.5	5.7	6.2	6.2
20	5.3	3.5	5.7	3.7	3.7	4.8
21	5.2	6.6	6.9	15.5	9.1	4.3
22	5.4	4.4	4.9	2.9	1.7	6.4
23	4.1	5.7	4.5	3.3	2.5	6.4
24	0.9	4.8	3.9	2.0	1.0	3.9
25	* 11.3	* 8.4	5.2	* 16.6	10.1	5.8
26	4.0	3.3	3.5	2.2	0.7	3.6
27	3.1	4.6	3.3	4.9	1.3	2.3
28	3.0	3.7	2.9	1.9	1.2	2.1
29	3.6	3.3	2.9	0.7	3.9	1.6
30	2.1	3.0	2.4	1.1	--	1.4
31	2.6	4.2	3.3	--	--	1.5
32	2.0	2.6	2.0	0.5	--	1.0
33	1.9	4.1	2.3	--	--	1.0
34	1.5	3.2	1.7	--	--	0.9

* CARBONO DOMINANTE. EL No. ENTRE PARENTESIS INDICA No. DE MUESTREO

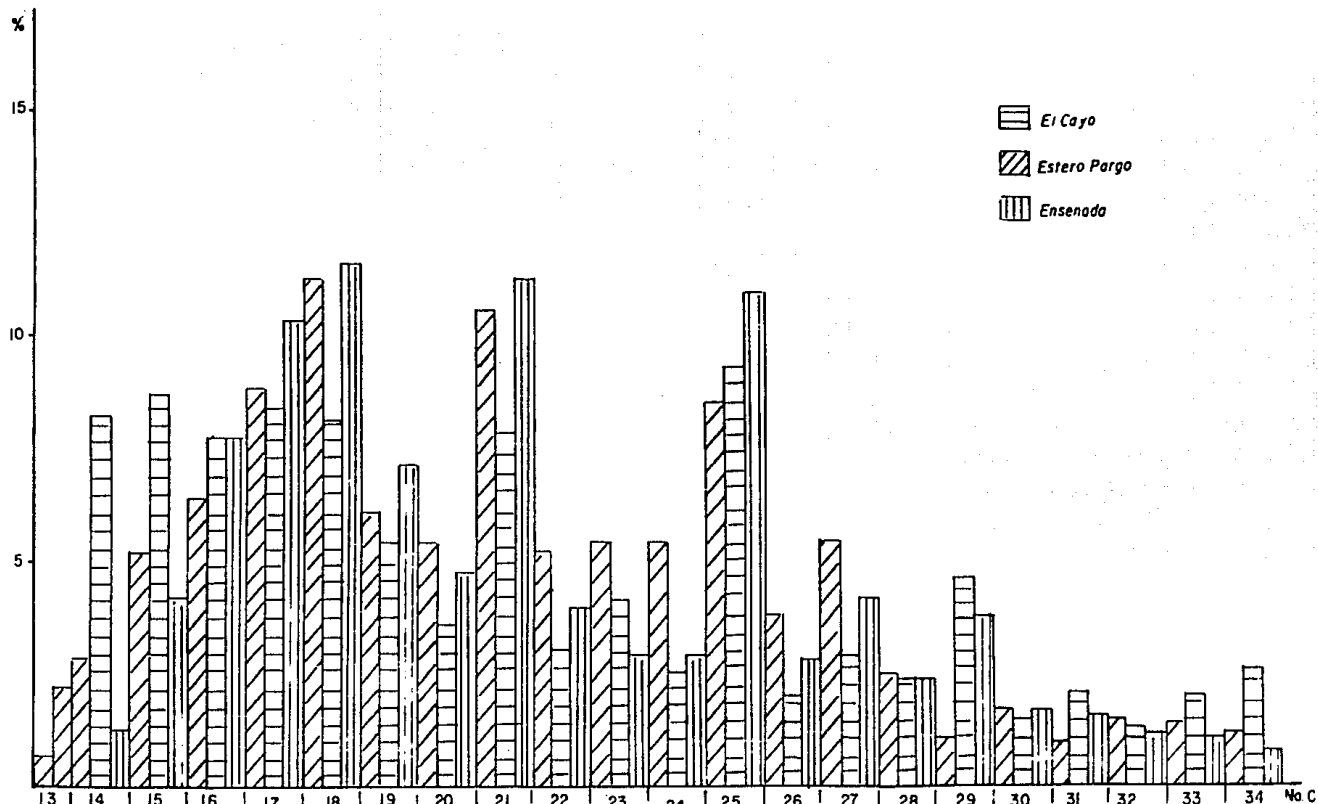


Fig. 9 Composición porcentual de los n parafinas identificadas en sedimentos recientes de las localidades Estero Pargo, El Cayo y Ensenada de la Laguna de Terminos

concentración medida del n-C 18 en esta localidad, presentó la mayor de las tres áreas en las hojas y la menor en los sedimentos. En Ensenada el comportamiento fue diferente, ya que, tanto en las hojas de I. testudinum como en los sedimentos, el n-C 18 dominó, con proporciones altas de los impares 21 y 25.

De acuerdo con lo anteriormente señalado la localidad que presentó mayor abundancia de compuestos provenientes del petróleo (carbonos con número par de átomos), fue Ensenada, le sigue El Cayo y por último Estero Pargo; si se asume que la laguna recibe aporte de hidrocarburos fósiles provenientes del área de plataformas en la Sonda de Campeche y que a ésta, penetran por la Boca de Puerto Real, una posible explicación al gradiente encontrado es que, a la localidad Estero Pargo (que se encuentra más alejada de la boca del flujo de entrada) lleguen menor número de compuestos.

Si se comparan los histogramas de la composición porcentual de la fracción saturada en ambos sustratos, se advierte, que la presencia de los impares (17,19 y 21) en los sedimentos provienen del aporte biogénico de las hojas de Thalassia testudinum en las cuales dominan dichos carbonos.

La existencia de n-C 16 es rara en organismos y sedimentos, en zonas libres de aporte de hidrocarburos petrogénicos, por lo que normalmente este compuesto es asociado a la presencia de éstos. (Botello y Mandelli, 1979). El n-C18 en

los pastos, es bajo o no existe (Ataway et al., 1970), así la presencia de éste, en concentraciones relativamente altas tanto en los sedimentos como en las hojas del pasto marino es probablemente el resultado de contaminación por petróleo.

Botello y Mandelli, (1979) registraron la presencia de éstos dos compuestos en las hojas del pasto de la laguna y Botello (1980) detectó pequeños derrames de petróleo adyacentes a la Laguna de Términos, que penetraron, cubriendo los lechos de pastos. Los resultados encontrados en el presente estudio fueron mayores a los registrados con anterioridad por dichos autores.

Los carbonos n-C 21, 23 y 25 son considerados provenientes del aporte de terrígenos y plantas superiores, en el caso de la laguna, pueden ser el resultado del aporte de los pastos marinos y manglar (Ataway et al., 1970; Han y Calvin, 1969; Lytle y Sever, 1973; Sever et al., 1972). El 15 y 17 son aportados por plancton, algas bénticas y peces (Han y Calvin, 1969; Lee y Loeblich, 1971; Parker et al., 1972; Blumer et al., 1971; Mackie et al., 1974). En el caso de los sedimentos y hojas de I. testudinum de la Laguna de Términos se aprecia tanto el aporte de organismos marinos y detrito terrígeno.

Para poder definir la contaminación derivada del petróleo se calcularon diferentes proporciones o "índices" que son

usados como indicadores de contaminación (Blumer y Saas, 1972; Geariny et al., 1976; Farrington y Tripp, 1977; Keizer et al., 1978; Van Vleet et al., 1984). En las Tablas 18 y 19 se presentan dichas proporciones, para hojas de Thalassia testudinum y sedimentos, y de esta manera discriminar interferencias por otros compuestos.

La diferencia entre las ppm obtenidas por gravimetría y por cromatografía de gases fue considerable; cromatográficamente en las hojas el intervalo osciló entre 12 y 366 ppm, con un promedio de 160, valor que resulta mayor al obtenido por Echániz (1988), de 122 a 144 ppm, resultados más fidedignos por la técnica. En los sedimentos, los niveles gravimétricos oscilaron entre 16 y 99 ppm, mientras que los cromatográficos fluctuaron entre 1 y 21 ppm. Estas diferencias son debidas al tipo de componentes aislados en cada sustrato.

-El CPI (índice de preferencia de carbonos) es la razón entre los n-alcenos de número impar de carbonos y los n-alcenos con número par dentro de un intervalo dado (Bray y Evans, 1961). Su valor varía en ambientes naturales desde menos 1 hasta más de 10. La utilidad de esta proporción es determinar el origen de los hidrocarburos alifáticos de una muestra en donde los n-alcenos de origen biogénico están dominados por cadenas con número impar de carbonos y en los provenientes del petróleo este valor tiende a la unidad, debido a que se encuentran en concentraciones

**TABLA 10 INDICES DE CONTAMINACION EN HOJAS DE *Thalassia testudinum* EN LAS
 LOCALIDADES ESTERO PARDO, EL CAYO Y ENSENADA DE LA**

LAGUNA DE TERRIBOS

MUESTRA	ppm (g)	ppm (c)	C	P	I	PRIS/FIT	C17/PRIS	C18/FIT	C17/C18	C*
14-26 20-32										
ESTERO PARDO 2 II	1600	122	1.5	1.2	1.3	2.0	5.1	0.7	10	
CAYO 2 II	1080	98	1.0	1.4	1.6	2.4	5.2	0.7	10	
ENSENADA 1 II	1200	566	1.0	1.0	1.5	3.2	5.0	1.0	13	
ENSENADA 1 IV	280	12	-	-	-	-	-	0.8	10	
CAYO 1 IV	520	29	1.1	1.1	0.9	2.5	4.4	0.5	10	
ESTERO PARDO 2 V	720	131	1.0	1.3	1.5	2.6	2.8	1.6	19	

NOTAS:

ppm (g) partes por millón gravimétrica

ppm (c) partes por millón cromatográfica

C P I índice de preferencia de carbono

PRIS/FIT proporción pristano/fitano

C17/PRIS proporción C17/pristano

C18/FIT proporción C18/fitano

C17/C18 proporción C17/C18

C* carbono dominante

TABLA 19 INDICES DE CONTAMINACION EN LOS SEDIMENTOS RECIENTES DE LAS
LOCALIDADES ESTERO PABO, EL CAYO Y ENSEADA DE LA

LAGUNA DE TERRIBOS

ESTERIA	ppm (g)	ppm (c)	C	P	I	PRIS/FIT	C17/PRIS	C18/FIT	C17/C18	C+
14-26 20-33										
ESTERO PABO 2 II	16	11	2.1	1.2	0.8	2.3	3.9	0.3	23	
CAYO 2	17	29	1	1.2	1.7	2.8	1.8	2.8	1.0	25
ENSEADA 1 II	24	1	1.0	1.3	1.3	2.2	3.6	0.8	18	
ENSEADA 1 IV	35	18	1.9	3.7	2.5	1.2	3.3	0.9	23	
CAYO 1 IV	99	21	1.4	4.0	6.7	0.6	4.4	1.0	14	
ESTERO PABO 2 V	31	17	0.9	0.9	1.5	2.6	2.8	0.9	18	

NOTA:

ppm (g) partes por millón gravimétrica

ppm (c) partes por millón cromatográfica

C P I índice de preferencia de carbono

PRIS/FIT proporción pristano-fitano

C17/PRIS proporción C17/pristano

C18/FIT proporción C17/fitano

C17/C18 proporción C17/C18

C+ carbono dominante

similares. En el presente trabajo, fue calculado en el intervalo de 14 a 26 y 20 a 32 átomos de carbono; en las hojas, las proporciones fueron cercanas a la unidad (1.0 a 1.3), en el CPI de 14 -26 a excepción de la estación Estero Pargo 2 (V) donde se obtuvo 1.8, lo cual indica que dominan los impares, aunque en la mayoría de las estaciones el n-C 18 es el compuesto con mayor abundancia relativa. En el caso de los carbonos 20 a 32 fluctuaron entre 1.1 a 2.0. Estos resultan similares a los observados en las islas arrecifales de Veracruz (Echániz, 1988) cuyo intervalo osciló entre 1.25 y 1.30 y considerablemente menores al registrado por Botello y Mandelli (1978, 1979) y por Botello (1980) para las hojas de T. testudinum de esta misma laguna, que varió entre 2.07 y 6.16. Estos niveles muestran la mayor predominancia de los compuestos sintetizados por los organismos y mucho menor proporción de los provenientes del petróleo.

En los sedimentos, este índice varió notablemente; como fue en el caso de la estación Cayo 1 (IV), que presentó un valor de 1.1 en el intervalo de 14 a 26 y de 4.0 para el de 20 a 32, esto, indica que los carbonos que predominaron fueron los de alto peso molecular, que provienen del aporte terrígeno y plantas superiores. Con excepción de la estación Estero Pargo 2 (V) que mostró en ambos intervalos un CPI menor a la unidad (0.9), todas las demás registraron valores mayores a la unidad, lo que denota una clara predominancia de compuestos de origen biogénico, aunque en

algunas estaciones el carbono con mayor abundancia relativa haya sido el n-C18 y 14. Los resultados obtenidos muestran tanto la presencia de compuestos del petróleo como un fuerte aporte de hidrocarburos biogénicos, que viene a corroborar la mezcla de constituyentes antes mencionada.

-La proporción Pristano/Fitano, que en los petróleos crudos, tiende a mantenerse en un valor cercano a la unidad (Keizer *et al.*, 1978); puede servir como indicador de contaminación. Este parámetro resulta importante en aquellas regiones donde no se han presentado derrames de petróleo, pero se encuentran sujetas a actividades antropogénicas importantes. Son útiles también para tener datos de los niveles base con fines comparativos antes y después de la influencia antropogénica en un ambiente. Ambos compuestos son terpenoides derivados del isopreno, que es precursor de una gran variedad de moléculas vegetales y animales (Tissot y Welte, 1978).

El pristano (2,6,10,14-tetrametilpentadecano), es producto de la conversión de la molécula de clorofila. Es abundante en copepodos (Blumer *et al.*, 1963) zooplancton carnívoro, tiburones y ballenas (Blumer *et al.*, 1964). Se puede encontrar en concentraciones traza en el fitoplancton, en algunas especies de rodofitas y feofitas (Clark y Blumer, 1967). De acuerdo con Han y Calvin (1969) es abundante en bacterias anaeróbicas y aeróbicas.

El fitano por su parte (2,6,10,14-tetrametilhexadecano), no se encuentra en organismos marinos o terrestres ni en

cantidades traza. Es producto de degradación del fitol. El origen biológico se atribuye a bacterias aeróbicas y anaeróbicas, aunque, en cantidades menores al pristano (Han y Calvin, 1969).

En las hojas del pasto marino esta proporción mostró un intervalo entre 0.9 y 1.6, el más bajo se registró en la estación Estero Pargo 2 (V), lo cual indica la presencia de compuestos derivados del petróleo. En los sedimentos las proporciones encontradas oscilaron entre 0.8 y 6.7, de las seis muestras analizadas solo la estación Estero Pargo 2 (II) obtuvo un valor cercano a la unidad que de acuerdo con lo anteriormente mencionado, significa que existe aporte de compuestos derivados del petróleo y biogénicos.

-Las razones n-C 17/ Pristano y n-C 18/ Fitano, también son indicadoras de contaminación por petróleo cuando son menores o cercanas a la unidad, debido a que estos isoprenoides son comunes en los crudos (NAS, 1975). También sugieren de manera indirecta la tasa de degradación por microorganismos. En las hojas del pasto fluctuaron entre 2.4 y 3.2 en el n-C17/pris y 2.4 a 5.0 en el n-C 18, lo cual indica el bajo nivel de los isoprenoides en relación a las n-parafinas. En los sedimentos oscilaron entre 0.6 y 2.6 para el pristano, los valores más bajos (0.6 y 1.0) fueron registrados en la zona del Cayo. En el caso del n-C 18 / Fitano se presentó un intervalo de valores entre 2.4 y 4.4, lo cual indicó, la mayor abundancia relativa del n-C18,

que es característico de productos petrogénicos; esto, denota la predominancia de sustancias antropogénicas sobre las biogénicas. Sin embargo persiste la mezcla de dichos compuestos tanto en las hojas de la fanerogama marina como en los sedimentos analizados.

El índice $n-C_{17}/n-C_{18}$ tanto en las hojas como en los sedimentos se mantuvo entre 0.5 y 1.0 lo que significa claramente la mayor abundancia relativa del $n-C_{18}$ sobre los aportados biogenicamente a excepción del obtenido en las hojas de la estación Estero Pargo 2 (IV) con 1.6, lo cual indica que el $n-C_{18}$ estuvo en concentraciones mayores al 17.

Con el objeto de confirmar aquéllas localidades impactadas, existe un parámetro, que fue cualificado pero no cuantificado y que también es útil como indicador de contaminación y es el área bajo la curva, UCM (unresolved complex mixture) o HUMP (mezcla compleja de hidrocarburos no resueltos), que está constituida en gran medida por hidrocarburos cíclicos no saturados, olefinas y compuestos aromáticos (Farrington y Quinn, 1973); el cual puede ser observado en los cromatogramas correspondientes. De esta manera se puede observar en la figura 10, los cromatogramas de la fracción n -parafinas de hojas y sedimentos en la estación Estero Pargo 2 (II). En ambos se aprecia la presencia de un UCM de proporciones considerables, particularmente en los sedimentos. En las hojas se advierten

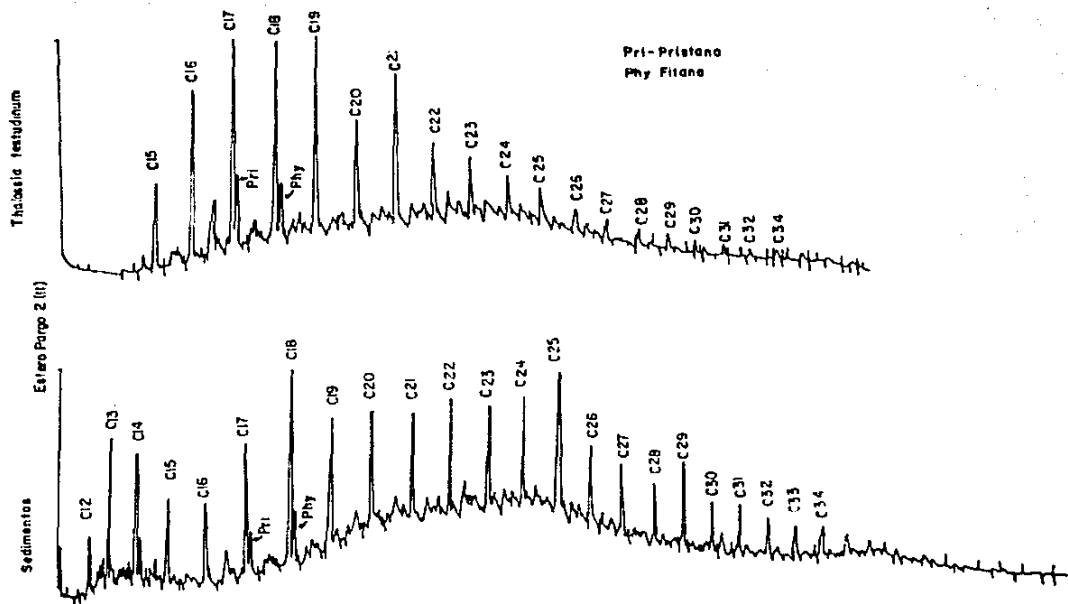


Fig.10 Cromatogramas de la fracción n-parafinas en hojas de *Thalassia testudinum* y sedimentos de la localidad Estero Pargo 2(II) en la Laguna de Terminos.

concentraciones similares de los carbonos 17, 18 y 19 con menor proporción en 16 y 21. En los sedimentos el 18 es el de mayor abundancia relativa, le sigue el 25 y en niveles similares los saturados 19 al 24. Este patrón de distribución indica claramente la existencia de una mezcla de compuestos del petróleo y biogénicos.

La estación Cayo 2 (II) presentó un comportamiento diferente (Fig. 11), en ambos sustratos el UCM estuvo ausente; en las hojas los carbonos que predominaron fueron el 14 y 15, les siguen el 16 y 18 en proporciones similares y en menor concentración los impares 13, 17 y 19. Los sedimentos reflejaron la acumulación del detritos de organismos marinos con los carbonos 17, 21, 23 y 25 en altas proporciones. En menor abundancia se determinaron los provenientes del petróleo (16 y 18).

Los cromatogramas de la localidad Ensenada 1 (II) señalan que en las hojas dominaron los carbonos de bajo peso molecular (13, 14 y 15); del 16 al 28 las concentraciones fueron bajas, con ausencia del UCM (Fig. 12). En los sedimentos se observó un cromatograma típico de compuestos del petróleo con UCM alto y proporciones similares entre los carbonos pares e impares (CPI = 1.0). En esta misma estación pero en el muestreo de septiembre (IV) las hojas mostraron una condición diferente (Fig. 13) se registró un área bajo la curva alta y sólo se logró la identificación de los carbonos 17 a 23, dentro de los

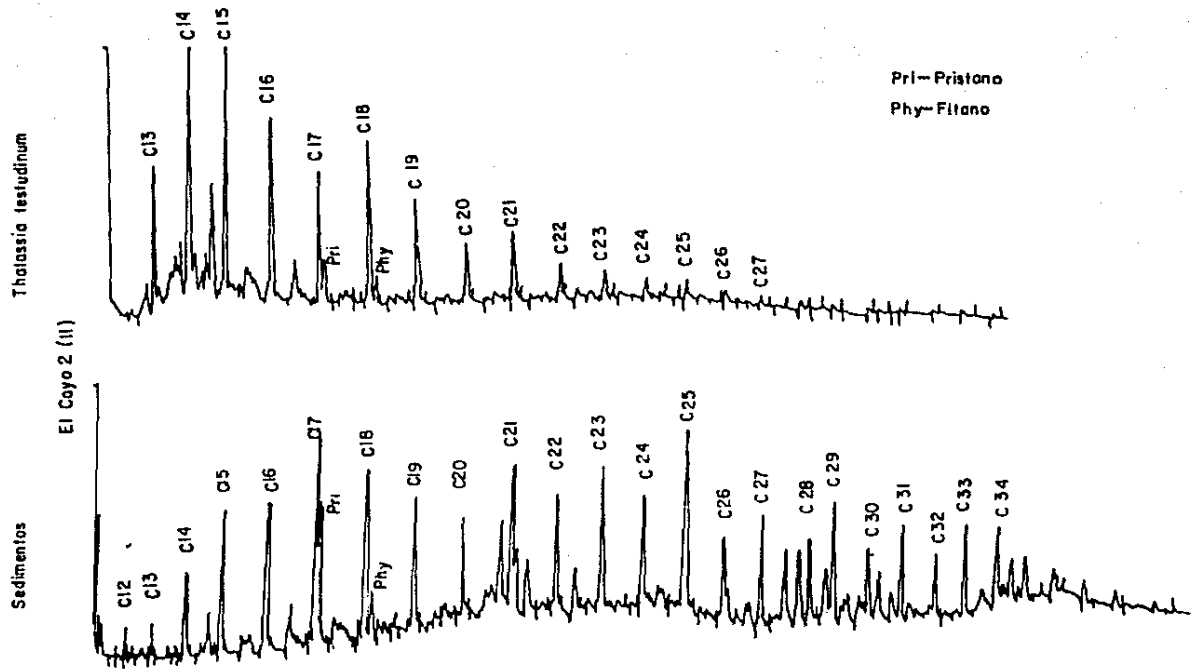


Fig.11 Cromatogramas de la fracción n-parafinas en hojas de *Thalassia testudinum* y sedimentos de la localidad Coyo2(II) en la Laguna de Términos.

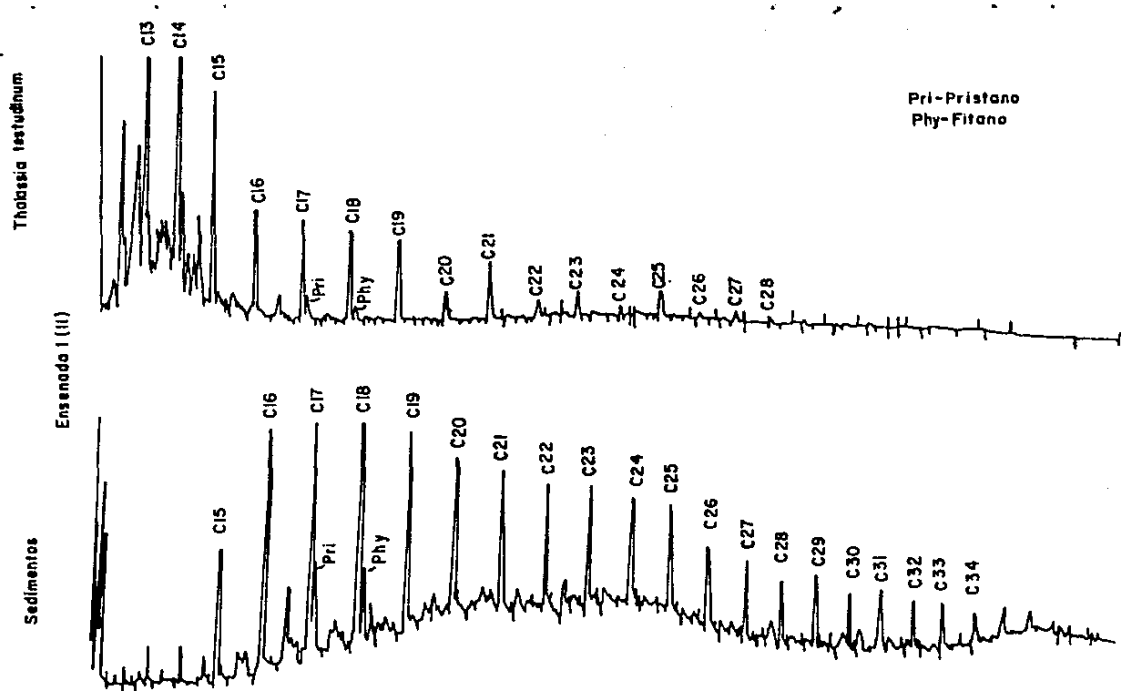


Fig.12 Cromatogramas de la fracción n-parafinas en hojas de *Thalassia testudinum* y sedimentos de la localidad Ensenada I (II) en la Laguna de Terminos.

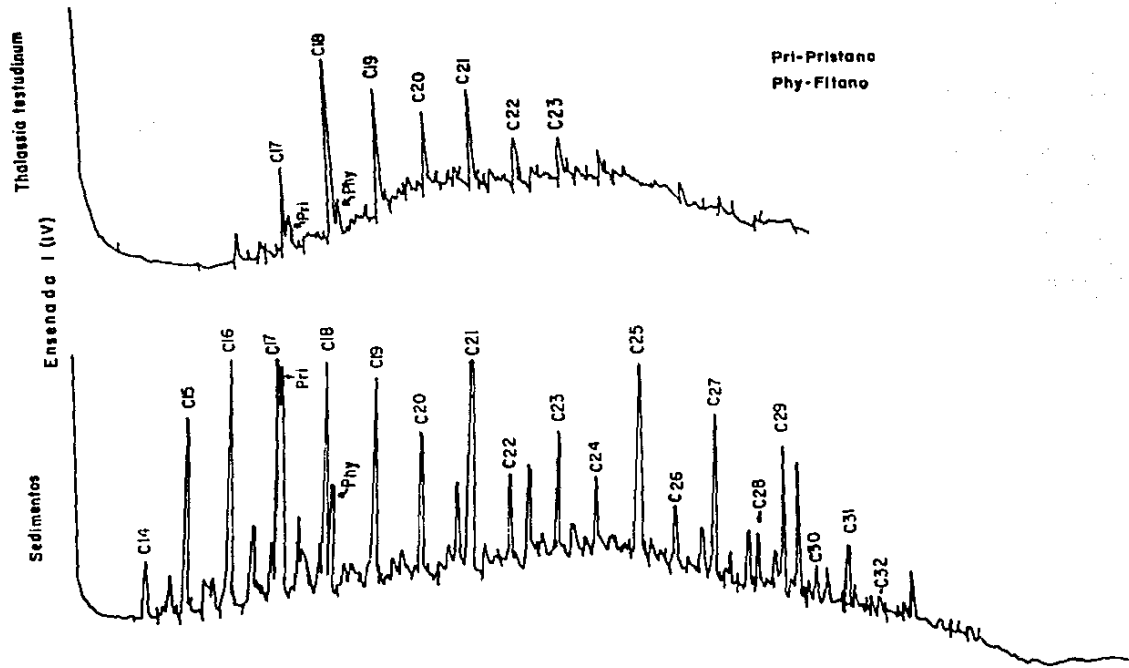


Fig.13 Cromatogramas de la fracción n-parafinos en hojas de *Thalassia testudinum* y sedimentos de la localidad Ensenada I (IV) en la Laguna de Terminos.

cuales el 18 fue el de mayor abundancia relativa. En los sedimentos, se determinó también un UCM alto y los carbonos 16 y 18 en proporciones altas, predominando los impares (15, 17, 19, 21, 23 y 25) lo que se refleja en el CPI (1.9); con esto, nuevamente, se puede constatar la mezcla del aporte biogénico y antropogénico al sistema.

En la estación Cayo 1 (IV), en las hojas (Fig.14) el carbono 18 dominó de manera considerable sobre los biogénicos 17, 19 y 21, el área bajo la curva fue muy baja. Los sedimentos por el contrario presentaron una clara dominancia de los impares 15, 17, 21 y 25 y el UCM está totalmente ausente, aunque los n-C 16 y 18 mostraron proporciones similares a los biogénicos.

Por último en la estación Estero Pargo 2 (V), se observa en las hojas de Thalassia testudinum un cromatograma que puede ser considerado como típico de este pasto, se advierten claramente los biogénicos 17, 19 y 21 aunque existen los pares 16 y 18. El área bajo la curva que se encontró de los carbonos 22 a 34 puede ser el resultado de compuestos orgánicos complejos así como, al aporte de terrígenos más que de productos del petróleo. A diferencia de esto, en los sedimentos se advierte un comportamiento totalmente opuesto: el CPI (0.9) fue típico de los productos derivados del petróleo y el UCM presentó una proporción considerable (Fig. 15).
Esto corrobora la

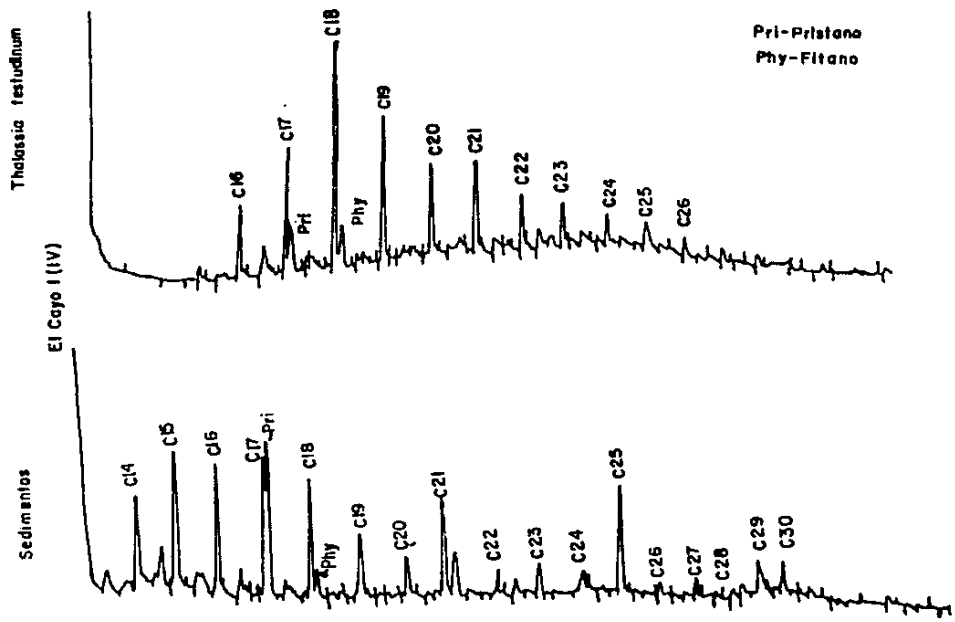


Fig 14. Cromatogramas de la fracción n-parafinas en hojas de *Thalassia testudinum* y sedimentos de la localidad Coyo I (IV) en la Laguna de Terminos.

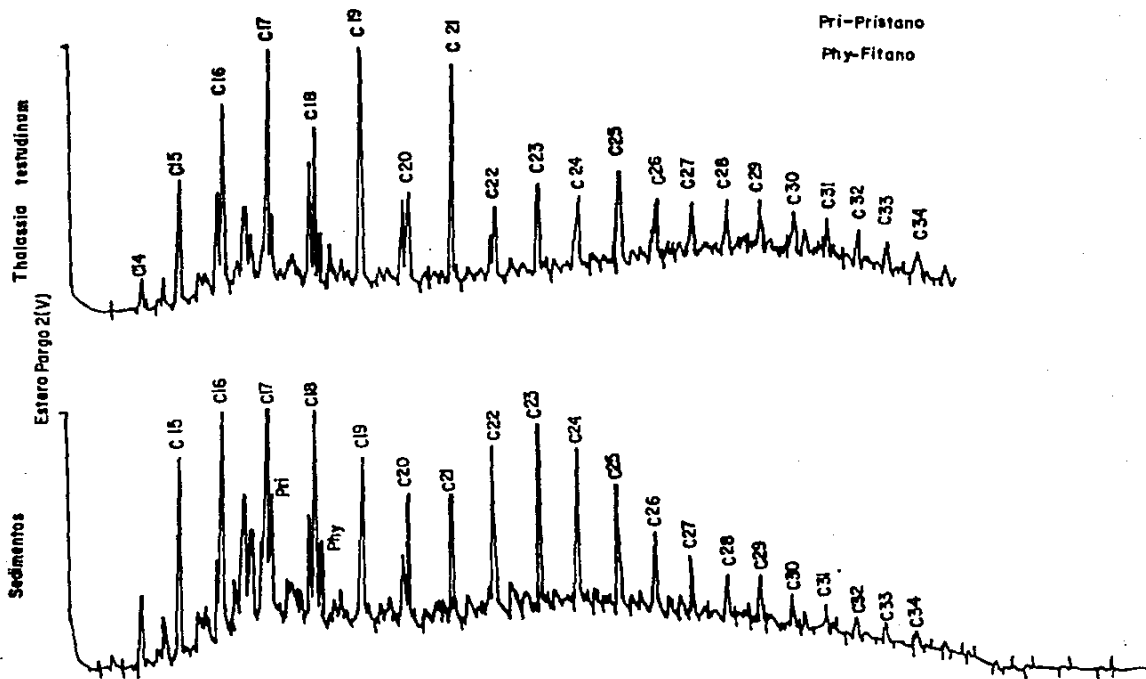


Fig.15 Cromatogramas de la fracción *n*-parafinas en hojas de *Thalassia testudinum* y sedimentos de la localidad Estero Pargo 2(V).

relación inversa entre la planta y los sedimentos, tanto en concentración como en el tipo de compuestos identificados.

Los resultados anteriores, muestran tanto la mezcla de hidrocarburos biogénicos y antropogénicos, como la relación inversa en concentraciones entre las hojas y el pasto. Esto puede deberse a que la planta absorba el contaminante a través de los rizomas y lo acumule o lo deseche a través de las hojas, ya que, de acuerdo con Parker (1962, 1966) los sedimentos y Thalassia constituyen los primeros reservorios de isótopos radioactivos añadidos a un sistema y se presenta un rápido flujo entre entre éstos dos sustratos. De acuerdo con Thorhaug (1981) los pastos marinos absorben indistintamente contaminantes químicos del agua de mar a través de las hojas y del sedimento por medio de los rizomas.

La otra fracción analizada corresponde a los hidrocarburos aromáticos estos, son un constituyente importante del petróleo (aproximadamente del 7 al 34%, dependiendo del crudo, Neff, 1979). Son los compuestos tóxicos que más daño causan a los organismos (Anderson, 1977; Rice et al., 1977; NAS, 1975), debido a que algunos son cancerígenos. Además de los procesos naturales, mediante los cuales son producidos, una parte son generados y liberados al ambiente por actividades humanas, lo cual incrementa la carga ambiental de estas sustancias, que alcanzan el medio acuático a través los efluentes domésticos e

industriales, lixiviado terrestre, deposición de partículas atmosféricas, derrames de petróleo y la combustión de sus productos refinados en los cuerpos de agua, (Neff,1979).

En las hojas se identificaron 10 compuestos, de un total de 24, incluidos en la mezcla de Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (PAH) que se usó como material de referencia. Los PAH presentes en las hojas abarcan los naftalenos mono, di y triarquí sustituidos, dibenzotiofeno, fenantreno y 2-metilantraceno, en un intervalo de 0.04 a 1.3 ppm con un promedio de 0.6, los cuales resultan notablemente menores a los reportados por Echániz (1988), cuyas concentraciones oscilaron entre 13.54 y 45.47 ppm. En los sedimentos se determinaron 12 de los 24, constituidos principalmente por los naftalenos sustituidos, dibenzotiofeno, fenantreno, 2-metilantraceno, pireno y 9,10-dimetilantraceno, las ppm oscilaron entre 0.05 y 2.65. Estas son similares a las señaladas por Botello y Villanueva (1987) en sedimentos recientes del Río Calzadas, con un intervalo entre 0.41 y 1.97, con los naftalenos y metil derivados en mayor concentración.

En la tabla 20 se muestra la composición porcentual de los PAH identificados en las hojas de *Thalassia testudinum*, esto, sólo fue posible en cuatro de las seis muestras analizadas; se detectaron siete aromáticos, ya mencionados, los cuales corresponden al naftaleno y sus alquilderivados,

**TABLA 20 COMPOSICION PORCENTUAL DE HIDROCARBUROS AROMATICOS POLINUCLEARES
EN HOJAS DE *Thalassia testudinum* DE LAS LOCALIDADES
ESTERO PARGO, EL CAYO Y ENSENADA DE LA
LAGUNA DE TERMINOS.**

COMP.	C 2 (II)	E 1 (II)	C 1 (IV)	E P 2 (V)
1	---	---	3.5	---
2	6.7	---	15.5	---
3	11.5	---	18.3	---
4	17.6	---	18.8	22.3
5	18.9	---	32.2	30.1
6	3.5	---	5.7	---
7	---	---	5.7	---
8	---	---	---	13.1
9	12.0	100	---	34.3
10	29.0	---	---	---

COMP: COMPUESTOS

1: NAFTALENO	6: 1,5+1,4+2,3-DIMETILNAFTALENO
2: 2-METILNAFTALENO	7: 2,3,5-TRIMETILNAFTALENO
3: 1-METILNAFTALENO	8: DIBENZOTIOFENO
4: 2,6-DIMETILNAFTALENO	9: FENANTRENO
5: 1,3-DIMETILNAFTALENO	10: 2-METILANTRACENO

No. ENTRE PARENTESIS INDICA No. MUESTREO

en la estación Cayo 1 (IV), y éstos mismos más el fenantreno y 2-metilantraceno en Cayo 2 (II). En la estación Estero Pargo 2 (V), se identificaron sólo cuatro compuestos: 2,6-dimetilnaftaleno, 1,3-dimetilnaftaleno, dibencotiofeno y fenantreno, por último en la estación Ensenada 1 (II) sólo se identificó el fenantreno.

En la tabla 21 se presenta la composición porcentual de los PAH en sedimentos de la laguna, en ella se observa que en solo dos estaciones, Ensenada 1 (IV) y Cayo 1 (IV), estuvieron presentes los 13 compuestos. Esto probablemente se deba a que por ser época de lluvias la cantidad de material orgánico fue mayor y por el tipo de sedimentos presentes en estas áreas se da una mayor retención de dichos compuestos. En las otras cuatro localidades el de mayor abundancia relativa fue el 1,3-dimetilnaftaleno, seguido por el fenantreno, que aunque señaló menor proporción fue detectado en cinco de las seis muestras.

La composición porcentual de los PAH en hojas muestra que el fenantreno es el compuesto con mayor concentración, seguido del 1,3-dimetilnaftaleno (Fig. 16). La mayoría de los compuestos pertenecen al grupo de los alquilnaftalenos, igual que en los sedimentos, los cuales se deben a dos fuentes: petróleo no degradado y pirolíticos. (NAS, 1985). El histograma de la composición porcentual de PAH en los sedimentos (Fig-17), resalta una clara predominancia de las series alquiladas del naftaleno (mono, di y

TABLA 21 COMPOSICION PORCENTUAL DE HIDROCARBUROS AROMATICOS POLINUCLEARES EN SEDIMENTOS RECIENTES EN LAS LOCALIDADES ESTERO PARGO, EL CAYO Y ENSENADA EN LA LAGUNA DE TERMINOS.

COMPUESTO	EP 2 II	C 2 II	E 1 II	E 1 IV	C 1 IV	EP 2 V
1	---	---	---	---	---	---
2	---	---	---	12.8	8.4	24.9
3	---	---	---	14.3	11.2	32.6
4	---	---	---	16.3	16.3	17.1
5	---	---	53.1	23.3	28.0	25.2
6	---	---	---	12.6	14.9	---
7	---	---	---	8.0	---	---
8	8.7	21.3	---	3.8	9.3	---
9	---	4.5	---	---	2.0	---
10	24.0	41.5	46.8	4.5	7.0	---
11	28.0	---	---	---	---	---
12	---	11.9	---	2.0	2.4	---
13	40.0	20.5	---	---	---	---

COMPUESTOS:

- | | |
|---------------------------------|----------------------------|
| 1. NAFTALENO | 7. 1,2-DIMETILNAFTALENO |
| 2. 2-METILNAFTALENO | 8. 2,3,5-TRIMETILNAFTALENO |
| 3. 1-METILNAFTALENO | 9. DIBENZOTIOFENO |
| 4. 2,6-DIMETILNAFTALENO | 10. FENANTRENO |
| 5. 1,3-DIMETILNAFTALENO | 11. 2-METILANTRACENO |
| 6. 1,5+1,4+2,3-DIMETILNAFTALENO | 12. PIRENO |
| | 13. 9,10-DIMETILANTRACENO |

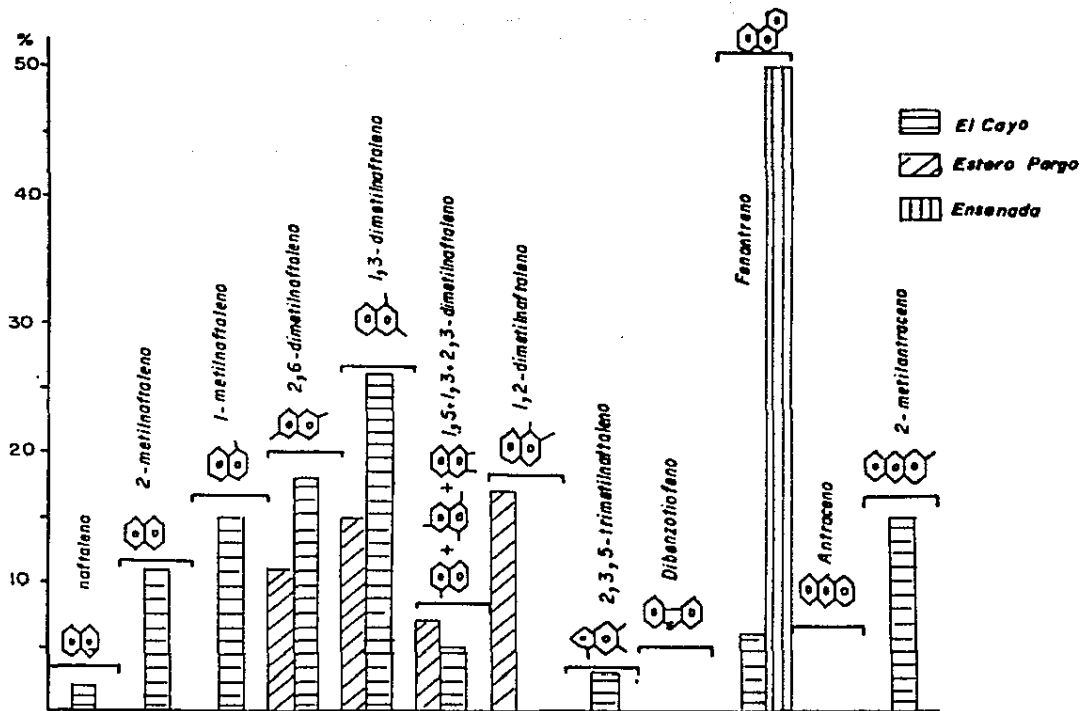


Fig.16 Composición porcentual de hidrocarburos aromáticos polinucleares identificados en *Thalassia testudinum* en las localidades Estero Pargo, El Cayo y Ensenada de la Laguna de Términos.

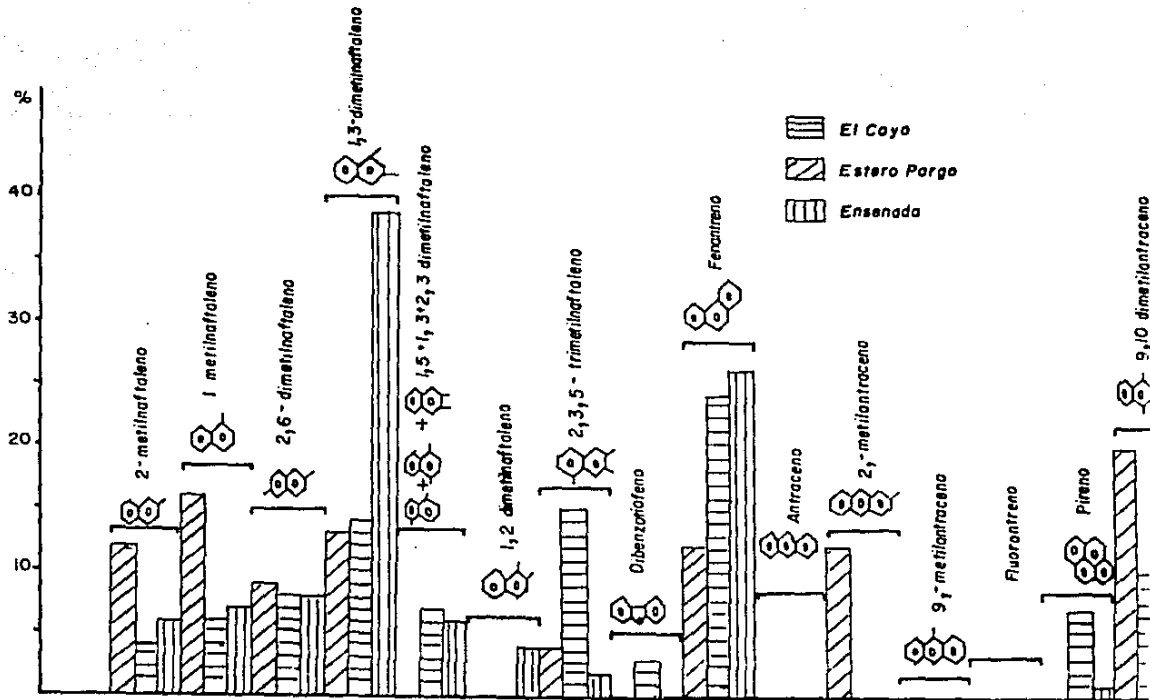


Fig. 17 Composición porcentual de hidrocarburos aromáticos polinucleares identificados en sedimentos recientes de las localidades Estero Pargo, El Coyo y Ensenada de la Laguna de Términos

trimetilnaftalenos) seguidas por el fenantreno, las series alquiladas del antraceno y en menor proporción el pireno.

Estos compuestos, de acuerdo con Youngblood y Blumer (1975) y NAS (1985) provienen de petróleo no degradado o poco intemperizado y el pireno y las series alquiladas del antraceno indican aporte de compuestos aromáticos provenientes de la combustión (pirolíticos) (NAS, 1985; Pancirov y Brown, 1977; Teal et al., 1978).

Más específicamente la fracción aromática en hojas y sedimento, muestra que en la localidad de Ensenada hubo el menor número de compuestos, (Fig. 18); en mayo (II) sólo se encontraron al fenantreno y al 1,3- dimetilnaftaleno y en septiembre (IV) a los derivados alquílicos del naftaleno, más el fenantreno y pireno en los sedimentos; en las hojas no se identificó ningún compuesto.

La zona con mayores concentraciones y número de compuestos aromáticos polinucleares fue la de El Cayo, abarcando casi todos los identificados (Figs. 19 y 20). Esto puede deberse en parte a la dinámica local, ya que resulta ser la más protegida, lo que provoca una mayor sedimentación y acumulación de materia orgánica (Tabla 22), a diferencia de las otras dos, donde por las condiciones ambientales resultan más expuestas, aparentemente.

En la localidad de Estero Pargo (Fig. 21) los PAH, corresponden a los derivados del naftaleno, al fenantreno,

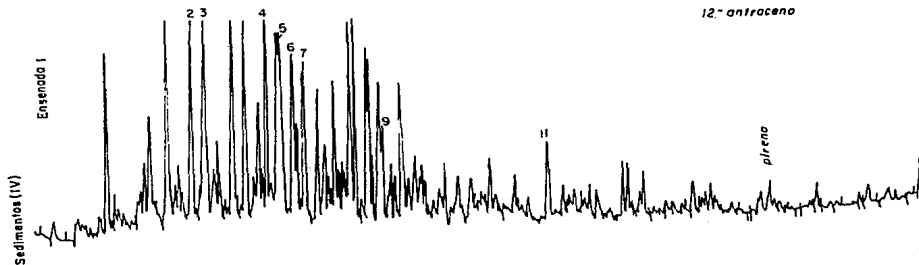
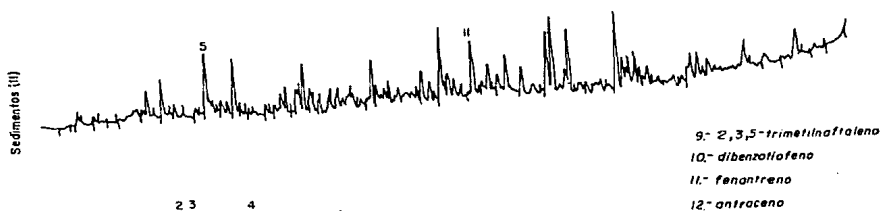
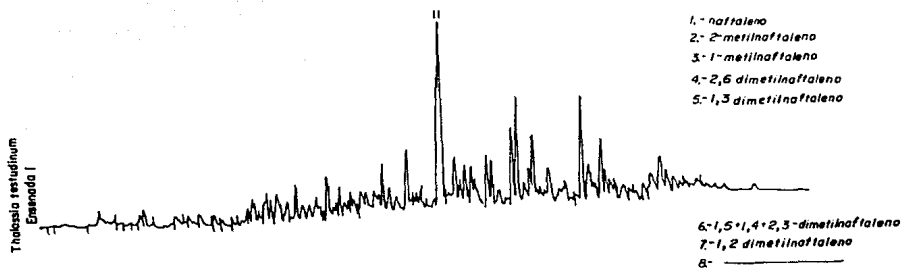


Fig. 8 Cromatogramas de la fracción aromática en hojas de *Thalassia testudinum* y sedimentos de la localidad Ensenada I (II) y sedimentos de Ensenada I (IV).

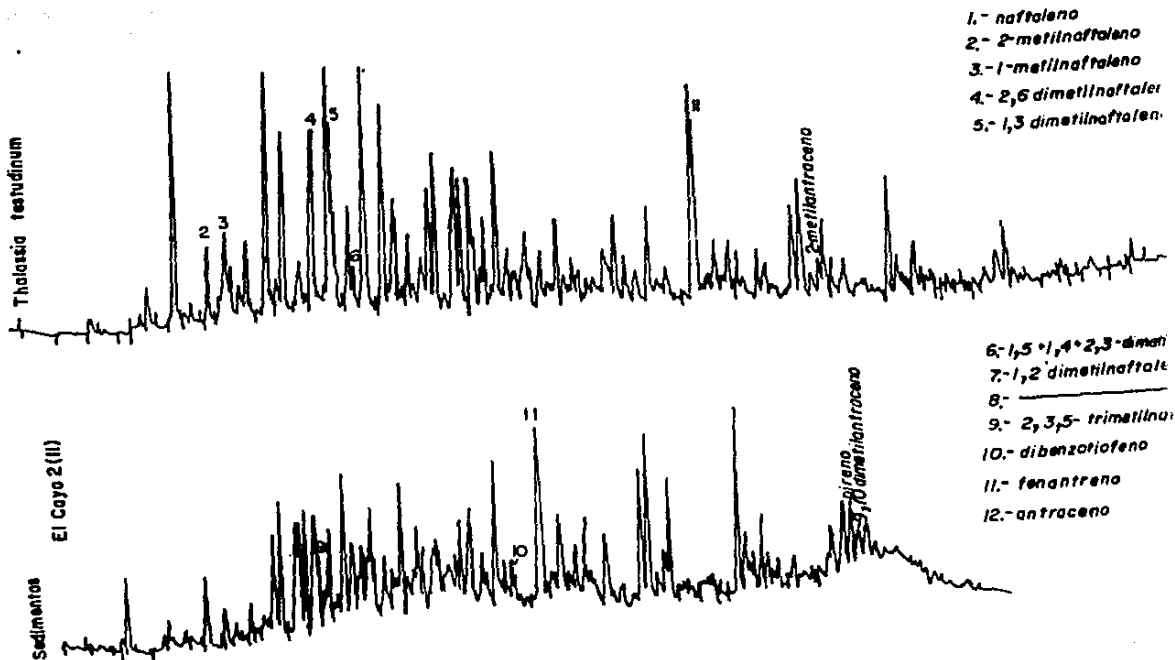


Fig.19 Cromatogramas de la fraccion aromatica en hojas de *Thalassia testudinum* y sedimentos de la localidad Coyo 2 (II) en la Laguna de Terminos

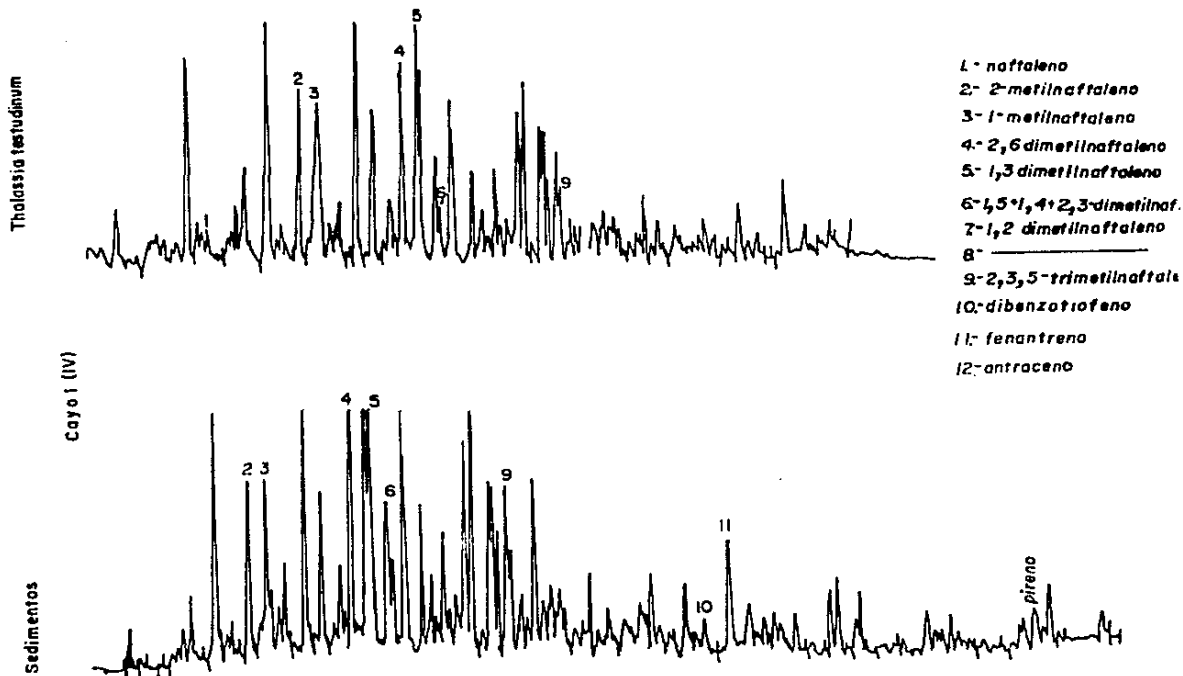


Fig. 20 Cromatogramas de la fracción aromática en hojas de *Thalassia testudinum* y sedimentos de la localidad Cayo I (IV) en la Laguna de Terminos

**TABLA 22. CONCENTRACION PORCENTUAL CARBONO ORGANICO EN
 LAS LOCALIDADES ESTERO PARGO, EL CAYO Y ENSENADA
 DE LA LAGUNA DE TERMINOS.**

LOCALIDAD	MAY 84	JUL 84	SEP 84	MAR 85
ESTERO P.	0.28	0.28	0.34	0.42
CAYO	2.3	1.8	2.1	2.1
ENSENADA	0.37	1.14	2.8	0.44

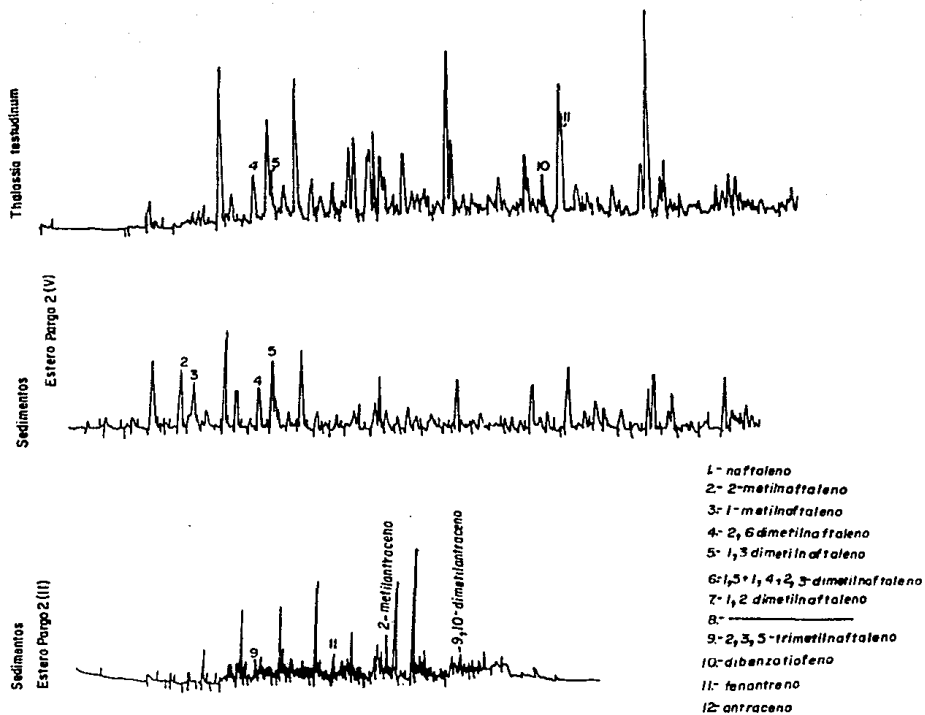


Fig 2| Cromatogramas de la fracción aromática en sedimentos de la localidad Estero Pargo 2(II) y en hojas de *Thalassia testudinum* y sedimentos de Estero Pargo 2(V) en la Laguna de Términos.

dibenzotiofeno y metil sustituidos del antraceno y al igual que en Ensenada, no se registraron contaminantes en las hojas del pasto marino, solo que en este caso fue en mayo (II).

En virtud de lo anterior, la laguna de Términos recibe un significativo aporte continuo y reciente, de hidrocarburos fósiles, como lo indican las hojas de Thalassia testudinum y sedimentos de la Laguna de Términos. Proveniente posiblemente de las plataformas petroleras situadas en la Sonda de Campeche; así como, de compuestos aromáticos de origen pirolítico, producto de la combustión a altas temperaturas del petróleo crudo y combustión interna de motores que circulan en la laguna, la cual se encuentra influenciada por la intensa actividad que se desarrolla en la región..

La heterogeneidad en los resultados confirman que existe tanto aporte de compuestos biogénicos como petrogénicos, en la mayoría de los casos existe mezcla de ambos, lo cual indica por un lado, que la contaminación por hidrocarburos fósiles no ha alcanzado tan altas concentraciones y por el otro que las características encontradas en ese momento señalaron contaminación de tipo reciente.

IV.3 Columna de Agua- Aspectos de Contaminación- Hidrocarburos Disueltos Dispersos (HDD).

Existen tres fases, en las cuáles se pueden encontrar los hidrocarburos fósiles en las aguas (Goldberg, 1976):

- 1) disueltos y dispersos en la columna de agua
- 2) en la microcapa superficial
- 3) flotantes en forma de breas y alquitranes

Los hidrocarburos disueltos comprenden los compuestos más solubles como los gases (1 a 4 átomos de carbono), las parafinas ligeras (5 a 11 átomos de carbono) que son sumamente volátiles y algunos aromáticos (bencenos, naftaleno y poliaromáticos). Los hidrocarburos dispersos están formados por algunas parafinas insolubles (de 20 átomos de carbono en adelante), por asfaltenos (60 átomos de carbono en adelante) y algunos compuestos aromáticos (NAS, 1975). Los niveles reportados van de concentraciones de 0.63 ug/l en el intervalo de 16 a 34 átomos de carbono y de 0.03 a 30 ug/l para el de 1 a 3 (Goldberg, 1976). Los hidrocarburos aromáticos son los más solubles y estables químicamente por lo que sus tiempos de residencia son mayores que los otros. Además se caracterizan por su alta toxicidad en concentraciones de 1 a 100 ppm y algunos son carcinógenos. (Mironov, 1970; Anderson, 1974).

Entre los dispersos o particulados se pueden encontrar desde agrupaciones coloidales pequeñas hasta partículas de mayor tamaño como son las breas y alquitranes flotantes, que contribuyen con fracciones que se disuelven en la columna de agua durante su intemperización (Butler, 1975; Botello, 1980).

Los resultados obtenidos en la cuantificación de HDD, se presentan en la tabla 23. Las concentraciones muestran una amplia variación, desde No Detectable (ND), hasta 319 ppb. Los niveles más altos fueron registrados en marzo de 1984 (136-319 ppb) y los más bajos en marzo de 1985 (5-7 ppb). Los promedios mensuales fluctuaron entre 6 y 231 ppb. Es necesario enfatizar el carácter puntual y local de la presencia de estos contaminantes en la columna de agua, por lo que no resultan muy válidos los promedios debido a que se pueden enmascarar los datos. El patrón de comportamiento fue heterogéneo, los máximos contenidos fueron registrados durante el primer muestreo (marzo 1984) y muy probablemente se debieron a un contenido puntual ("hot spot") del contaminante, por una entrada reciente, esto se apoya con las altas concentraciones medidas en los sedimentos (las mayores del estudio) y los bajos niveles en las hojas de la fanerogama marina.

Del total de muestras analizadas se encontró que el 38 % de ellas fueron menores a las 10 ppb consideradas como las que

TABLA 23 CONCENTRACION DE HIDROCARBUROS DISUELTOS (ppb) EN LAS LOCALIDADES ESTERO PARGO, EL CAYO Y ENSENADA DE LA LAGUNA DE TERMINOS.

LOCALIDAD	MAR 84	MAY 84	JUL 84	SEP 84	MAR 85
ESTERO PARGO 1	136	51	29	-	5
ESTERO PARGO 2	319	-	37	17	7
CAYO 1	212	ND	ND	ND	6
CAYO 2	146	-	15	9	5
ENSENADA 1	295	82	ND	-	6
ENSENADA 1	278	40	21	18	5
PROMEDIO	231	43	17	11	6
MAXIMO	319	82	37	18	7
MINIMO	136	ND	ND	ND	5

ND: NO DETECTABLE

normalmente se encuentran en aguas superficiales no contaminadas (UNESCO, 1976). El 62 % restante rebasó considerablemente estos niveles, lo cual puede deberse entre otras causas a:

- 1) Errores metodológicos.
- 2) Muestreo directo sobre una mancha del contaminante o "hot Spot".
- 3) Altas concentraciones de sustancias orgánicas de origen diferente al petróleo las cuales también fluorescen y son sensibles al método utilizado.

Es importante tener en mente que los HDD se ven además afectados por diversos factores que controlan la distribución y dispersión del contaminante como son: corrientes superficiales, patrones de vientos y circulación, radiación solar elevada que contribuye a la evaporación de los hidrocarburos y a la metabolización de los mismos por los organismos marinos; lo cual provoca que los niveles en la columna de agua de HDD se distribuyan al azar de manera parchada. (Celis *et al.*, 1987)

Las concentraciones registradas en la Laguna de Términos, son mayores a las encontradas en varias lagunas costeras del Golfo de México, (Celis *et al.*, 1987) aún en áreas impactadas o de reconocida actividad humana, como es el caso

del Río Coatzacoalcos o el Puerto de Veracruz. Esto indica que los procesos a los cuales se ve sujeto el contaminante varían para cada lugar. Particularmente, la laguna de Términos, resulta afectada por las actividades petroleras que se desarrollan en la Sonda de Campeche, además de que recibe material orgánico aportado por los ríos que desembocan en ella. (Principalmente el Sistema Grijalva-Usumacinta).

CONCLUSIONES

Con base en los resultados anteriormente expuestos se pueden hacer las siguientes conclusiones:

Los registros de salinidad y temperatura medidos coinciden con las épocas de secas y lluvias ampliamente descritas por otros autores y no presentaron variaciones significativas en las tres localidades estudiadas.

Las variables morfométricas de longitud máxima y mínima y ancho máximo, así como de densidad foliar (gf/m^2 , h/m^2 , h/gf e IAH) mostraron diferencias temporales y espaciales, incluso dentro de una misma localidad. La temperatura fue la de mayor influencia sobre estas variables. La salinidad influyó inversamente sobre los morfométricos y directamente en las densidades foliares.

Las praderas de la fanerogama marina Thalassia testudinum en la Laguna de Términos forman comunidades densas y bien desarrolladas. Esto se apoya en lo siguiente:

El 64% de las plantas medidas, fueron mayores a 30 cm; altura que es considerada como plantas con buen crecimiento. El ancho máximo registrado, fue superior al medido por otros autores y se encuentra en el intervalo considerado para plantas con buen desarrollo (0.8 a 1.3 cm). El IAH fue

considerablemente mayor a los registros anteriores (32.1 $\mu\text{g}/\text{m}^2$), el cual es obtenido en praderas densas y con buen crecimiento. El número de hojas /grupo foliar (4) es considerado propio de praderas densas.

La estructura de la comunidad, definió un patrón estacional con máximo desarrollo durante la primavera y el verano y densidades foliares máximas en la primavera; que coincide con lo expuesto por otros autores en el Área. Dadas las diferentes condiciones ambientales (sustrato, grado de exposición a las corrientes locales, concentración de carbono orgánico entre otros) en las tres localidades; en El Cayo, se observaron las mayores longitudes junto con las menores densidades del estudio, mientras que en Estero Pargo y Ensenada, fueron similares a lo registrado previamente para el Área.

Las máximas concentraciones de hidrocarburos totales (HCT), coincidieron con la época de lluvias en las localidades El Cayo y Ensenada y a finales de la época de nortes en Estero Pargo.

Se detectó contaminación reciente por hidrocarburos fósiles tanto en los sedimentos, como en las hojas del pasto marino Thalassia testudinum, de la Laguna de

Términos, según la relación saturados/aromáticos. En el 63% de las muestras de hojas, fue mayor la fracción saturada y en los sedimentos el 70%. Los compuestos identificados provenientes del petróleo fueron las n-parafinas 16 y 18, así como, los hidrocarburos aromáticos polinucleares, (series alquiladas del naftaleno y el fenstreno principalmente), producto del petróleo no degradado además de los producidos por combustión (pirolíticos). La fuente de estos compuestos es probablemente producto de la intensa actividad petrolera desarrollada en la Sonda de Campeche, así como, de los desechos urbanos de la Isla del Carmen y el tráfico de embarcaciones en la laguna.

La localidad con mayor proporción en las n-parafinas 16 y 18 fue la de Ensenada, le sigue el Cayo y por último Estero Pargo; esto se atribuye al patrón de circulación de la laguna. Esta distribución fue diferente en el caso de los aromáticos donde, el mayor número de compuestos estuvieron en El Cayo, luego Ensenada y por último la de Estero Pargo; esto puede ser resultado de las condiciones someras, morfológicas y de abundancia de materia orgánica de El Cayo, lo cual resulta apropiado para la acumulación de los PAH.

Se determinó también, la presencia de los hidrocarburos biogénicos 17, 19, 21 y 25; producto del aporte de organismos marinos así como, del detrito de plantas superiores (manglar principalmente). El n-C 19 fue el biogénico dominante en las hojas de la fanerógama Thalassia testudinum.

Se observó un patrón de "bombeo" de hidrocarburos entre los sedimentos y Thalassia testudinum, en el cual se transfieren los contaminantes, entre el sedimento y la planta y viceversa, con la posibilidad de que sean bioacumulados.

Las concentraciones encontradas de Hidrocarburos Disueltos /Dispersos, presentaron un comportamiento heterogeneo, con máximos niveles durante marzo de 1984; (48 ppb promedio) que supera a lo registrado en otras áreas. Esto, es atribuido a una entrada reciente del contaminante, dado el alto contenido en los sedimentos durante la primavera.

A pesar de que se detectó la existencia de hidrocarburos fósiles tanto en las hojas del pasto marino, como en los sedimentos y agua, éstos, no parecen afectar por el momento, la estructura de las praderas de Thalassia testudinum, ya que, en El Cayo, se determinó la mayor

cantidad de PAH identificados y las hojas fueron las más largas. Las longitudes máximas fueron mayores a las registradas con anterioridad en la laguna, aunque los niveles de densidad fueron menores. Esto puede deberse a las variaciones estacionales de temperatura y salinidad, más que a la presencia del contaminante.

Sin embargo es necesario tenerlo en cuenta a largo plazo, ya que, por la biomagnificación, a través de la cadena trófica de estos compuestos, se puede causar daños severos a la comunidad de pastos marinos que soportan en gran medida la productividad de la laguna.

VI. LITERATURA CITADA.

- AMEZCUA-LINARES, F. y A. YANEZ-ARANCIBIA, 1980. Ecología de los sistemas lagunares asociados a la Laguna de Términos. El habitat y estructura de las comunidades de peces. An. Centro. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nat. Autón. México., 7 (1):69-118.
- ANDERSON, J.W., 1977. Responses to sublethal levels of petroleum hydrocarbons: Are they sensitive indicators and do they correlate with tissue contamination?. In: Wolfe (Ed). Fate and effects of petroleum hydrocarbons in marine ecosystems and organisms, Pergamon Press. N.Y.: 95-114.
- ANDERSON, J.W. y J.M. NEFF, 1974. Accumulation and release of petroleum hydrocarbons by edible marine animals. In: Proc. of the international symposium, recent advances in the assessment of the health effects of environmental pollution, Paris, Francia. 3: 1461-1469.
- ARBER, A., 1920. Water plants. Cambridge. Univ. Press, 436p.
- ATTAWAY, D.H., P.L. PARKER y J.A. MEARS, 1970. Normal alkanes of five coastal spermatophytes. Cont. Mar. Sci. Univ. Tex., 15: 13-19.
- AYALA-CASTANARES, A., 1963. Sistemática y distribución de los foraminíferos recientes de la Laguna de Términos, Campeche, México. Bol. Inst. Geol. Univ. Nat. Autón. México, 67 (3): 1-130.
- BLUMER, M., 1967. Hydrocarbon in the digestive tract and liver of a basking shark. Science, 156:360-390.
- BLUMER, M. y J.SASS, 1972. Oil pollution: persistence and degradation of spilled fuel oil. Science 176: 1120-1122.
- BLUMER, M., M.M. MULLIN y D.W. THOMAS, 1963. Pristane in zooplankton. Science, 140: 974.
- BLUMER, M., M.M. MULLIN y D.W. THOMAS, 1964. Pristane in the marine environment. Helgol. Wiss. Meeresunters. 10, (1-4): 187-201.
- BLUMER, M., R.R. GUILLARD y T. CHASE., 1971. Hydrocarbons of marine phytoplankton. Mar. Biol., 8: 183-189.
- BOTELLO, A.V., 1978 a. Variación de los parámetros hidrológicos en las épocas de sequía y lluvias (mayo y noviembre de 1974) en la Laguna de Términos, Campeche, México. An. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nat. Autón. México., 5 (1): 159-178.

- BOTELLO, A-V., 1978 b. Presencia de hidrocarburos fósiles en sistemas costeros y estuarinos del Golfo de México. Tesis Doctoral. Ciencias del Mar. Univ. Nat. Autón. México., 155 p.
- BOTELLO, A-V., 1980. Cuantificación de un derrame de petróleo ocurrido en la Laguna de Términos, Campeche, México, 1976. An. Centro. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nat. Autón. México., 7 (1): 169-176.
- BOTELLO, A-V., 1982. La contaminación en el mar. Ciencia y desarrollo CONACYT. No. 43 año VIII: 90-101.
- BOTELLO, A-V. y E.F. MANDELLI, 1978. Distribution of n-paraffins in seagrasses, benthic algae, oysters and recent sediments from Terminos Lagoon, Campeche, Mexico. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 19 (2): 162-170.
- BOTELLO, A-V. y E.F. MANDELLI, 1979. Distribution of normal paraffins in the leaves of Thalassia testudinum from the Gulf of Mexico. Bull. Mar. Sci., 22 (3): 436-440.
- BOTELLO, A-V. y M. GALLEGOS-MARTINEZ, 1981. Estudios ecológicos y químicos sobre praderas de Thalassia testudinum, König en la Laguna de Términos, Campeche, México. Reporte Técnico. Inst. Ciencias del Mar y Limnol. 35p.
- BOTELLO, A-V. Y S. VILLANUEVA, 1987. Evaluación geoquímica del Río Calzadas: Los impactos del petróleo. En: A. Toledo, A.V. Botello y M. Herzig. El pantano una riqueza que se destruye. Serie Medio Ambiente en Coahuacoalcos, México Centro de Ecodesarrollo, Vol. 12: 37-99.
- BOTELLO, A-V., E. HICKS, y E.F. MANDELLI, 1976. Estudios preliminares sobre algunos contaminantes en la Laguna de Términos, Campeche, México. CICICAR II, Symposium on progress in marine research in the Caribbean and adjacent regions, FAO. Fish. Rep., 200: 267-280.
- BRAY, E.E. y E.D. EVANS, 1961. Distribution of n-paraffins as a clue to recognition of source beds. Geochim. Cosmochim. Acta. 22: 2-15.
- BURRELL, D.C. Y J.R. SCHUBEL, 1977. Seagrass ecosystem oceanography. In: C.P. Mc Roy and C. Helfferich (Eds). Seagrass ecosystems a scientific perspective. Marcel Dekker, Inc. N. Y. 195-232.
- BUTLER, J.N., 1975. Evaporite weathering of petroleum residues: The age of pelagic tar. Mar. Chem., 3: 9-21.

- CELIS, L., A-V. BOTELLO, M. MENDELEWICZ y G. DIAZ, 1987. Actividades del proyecto CARIPOL en la zona costera de México: I. Hidrocarburos disueltos. Carib. J. Sci., 23 (1): 11-18.
- CLARK, R.C., 1966. Saturated hydrocarbons in marine plants and sediments. M. S. Thesis, Massachusetts Institute of Technology.
- CLARK, R.C. y M. BLUMER, 1967. Distribution of n-paraffins in marine organisms and sediments. Limnol. Oceanogr., 12: 79-87.
- DAY, J.W., R.H. DAY, M.T. BARREIRO, F. LEY-LOU Y CH. J. MADDEN, 1982. Primary production in the Laguna de Términos, a tropical estuary in the southern Gulf of Mexico, p. 269-276. In: Lasserre, P. and H. Postma (Eds.) Coastal Lagoons Oceanologica Acta, Vol. Spec. 3 (4): 462.
- DEN HARTOG, C., 1970. The seagrasses of the world. North-Holland, Publishing Co. Amsterdam, 275 p.
- DEN HARTOG, C., 1977. Structure, function and classification in seagrass communities. In: C.P. Mc Roy and C. Helfferich (Eds.) Seagrass ecosystems a scientific perspective. Marcel Dekker, Inc. N. Y. 89-122.
- DIAZ-PIFERRER, M., 1962. The effects of oil in the shore of Guanica, Puerto Rico, Deep Sea Res., 11: 853-856.
- ECHANIZ, H. V., 1988. Determinación de los niveles de hidrocarburos en agua, sedimentos recientes y hojas del pasto marino Thalassia testudinum (Konig, 1805) en tres islas arrecifales del Puerto de Veracruz, Ver. Tesis Profesional. Fac. Ciencias. Univ. Nat. Autón. México, 81p.
- EVANS, G.C., 1972. The quantitative analysis of plant growth. Blackwell Sci. Publ. Oxford, 734p.
- ESCOBAR-BRIONES, E.O., 1984. Comunidades de macroinvertebrados bentónicos en la Laguna de Términos Campeche: Composición y estructura. Tesis de Maestría. Inst. Cienc. del Mar y limnol. UACPyP-CCH. UNAM. 191 pp.
- FARINGTON, J.W. y J.C. QUINN, 1973. Petroleum hydrocarbons in Narragansett Bay; Survey of hydrocarbons in sediments and clams. (Mercenaria mercenaria). Estuarine Coastal Mar. Sci. 1: 71-79.
- FARRINGTON, J.W. y B.W. TRIPP, 1977. Hydrocarbons in western North Atlantic surface sediments. Geochim. Cosmochim. Acta 41: 1627-1641.

- FERNANDEZ, M.L., 1985. Estudio comparativo de la epifauna asociada a praderas de Thalassia testudinum, entre los ambientes marino y lagunar en la costa de Campeche, México. Tesis Profesional. Fac. Ciencias. Univ. Nal. Autón. México, 85p.
- GARCIA, E., 1973. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. Inst. Geol. Univ. Nal. Autón. México, 246p.
- GEARING, P., J.N. GEARING, T.F. LYTTLE y J.S. LYTTLE, 1976. Hydrocarbons in 60 northeast Gulf of Mexico shelf sediments: a preliminary survey. Geochim. Cosmochim. Acta 40: 1005-1017.
- GESAMP, 1972. Impact of oil in the marine environment. FAO Reports and studies No. 6.
- GESSNER, F., 1971. The water economy of the seagrass Thalassia testudinum. Mar. Biol. 10: 258-260.
- GOLDBERG, E.D., 1976. The health of the oceans. The UNESCO Press, Paris 172p.
- GOLLEY, F.B., 1972. Energy flux in ecosystems. In: J.A. Wiens (Ed), Ecosystem structure and function. Oregon State Univ. Press. 69-90.
- HAN J. Y M. CALVIN, 1969. Hydrocarbon distribution of algae and bacteria and microbiological activity in sediments. Proc. Natl. Acad. Sci., 64: 436-443.
- HARVEY, G.R., 1987. A personal overview of oil in the marine environment. Carib. J. Sci. 23 (1): 5-9.
- HECK, K.L., 1977. Comparative species richness, composition and abundance of motile macroinvertebrate species in (Thalassia testudinum) meadows Panama. Mar. Biol., 41: 335-348.
- HECK, K.L., 1979. Some determinants of the composition and abundance of motile macroinvertebrate species in tropical and temperate turtle grass (Thalassia testudinum) meadows. Journal of Biogeography, 6: 193-200.
- HORNELAS, O.Y., 1975. Comparación de la biomasa, densidad y algunos parámetros morfométricos de la fanerógama marina Thalassia testudinum, König 1805, en tres diferentes áreas geográficas del Golfo de México. Tesis Profesional. Fac. Ciencias. Univ. Nal. Autón. México, 54 p.

- HOPKINSON, C.S., Jr., S.J. KIPP Y J. C. STEVENSON, 1988. Nitrogen pools and turnover times in a tropical seagrass system, Terminos Lagoon, Cap. 9: 171-180. In: Yanez-Arancibia, A. y J. W. Day, Jr. (Eds.) Ecology of coastal ecosystem in the southern gulf of Mexico: The Terminos Lagoon Region. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM, Coast. Ecol. Inst. LSU. Editorial Universitaria, México DF.
- HUTCHINS, P., 1982. The fauna of Australian seagrass beds. Proc. Linn. Soc. N.S.W., 106 (2): 181-200.
- HUTCHINSON, J. 1959. The families of flowering plants. (Monocotyledons). Oxford University Press. V.2, 792 p.
- IBANEZ-AQUIRRE, A.L. Y V. SOLI-WEISS, 1986. Anélidos poliquetos de las praderas de Thalassia testudinum (Konig, 1805) del noroeste de la Laguna de Terminos, Campeche. Rev. Biol. Trop., 34 (1):35-47.
- IOC-UNESCO, 1982. The determination of petroleum hydrocarbons in sediments. Manuals and Guides No. 11, 38p.
- IOC-UNESCO, 1984. Manual for monitoring oil and dissolved/dispersed petroleum hydrocarbons in marine waters and on beaches. No. 13, 35p.
- IOCARIBE-CARIPOL, 1980. Manual for petroleum pollution monitoring. Secretaria IOCARIBE, Apdo. Postal 4540, San José Costa Rica, Centro América.
- JACOBS, R. P. W. M., 1980. Effects of the "Amoco Cadiz" oil spill on the seagrass community at Roscoff with special reference to the benthic infauna. Mar. Ecol., Prog. Ser., 2: 207.
- JOHNSTON, R., 1976. Marine pollution. Academic Press, N.Y. 729p.
- KEMP, W. M., W.R. BOYTON, J.C. STEVENSON, C. S. HOPKINSON, Jr., J. W. DAY, Jr., Y A. YANEZ-ARANCIBIA, 1988. Ammonium regeneration in the sediments of a tropical seagrass bed (Thalassia testudinum) community, Terminos Lagoon, Cap.10: 181-192. In: Yanez-Arancibia, A. y J. W. Day, Jr. (Eds.) Ecology of coastal ecosystem in the southern gulf of Mexico: The Terminos Lagoon Region. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM, Coast. Ecol. Inst. LSU. Editorial Universitaria, México DF.
- KEIZER, P.D., J. DALE y D.C. GORDON, 1978. Hydrocarbons in surficial sediments from the Scotian Shelf. Geochim. Cosmochim. Acta, 42: 165-172.

- KIKUCHI, T. y J.M. PERES, 1977. Consumer ecology of seagrass beds. In: C.P. Mc Roy y C. Helfferich (Eds). Seagrass ecosystems. a scientific perspective. Marcel Dekker Inc. N.Y. and Basel. 276-288.
- KOONS, L.J., D. DALIL y J.R. HARWOOD, 1965. Normal distribution in marine organisms: posible significance to petroleum origin. Bull. Amer. Assoc. Petro. Geol., 42 (3): 301-316.
- LAWRENCE, G.H.M., 1951. Lexonomy of vascular plants. Mac Millan Co., N.Y. 863 p.
- LEE, R.F. y A.R. LOEBLICH, 1971. Distribution of 2116 hydrocarbon and its relationship to 2216 fatty acid in algae. Phytochem. 10: 593-602.
- LEE, R.F., R. SAUERHEBER Y A.A. BENSON, 1972. Petroleum hydrocarbons: Uptake and discharge by the marine mussel Mytilus edulis. Science, 177: 344-346.
- LEY-LOU, F., 1979. Algunos factores ecológicos en Estero Pargo, Campeche. Tesis Profesional. Fac. Ciencias. Univ. Nal. Autón. México, 39 p.
- LOT-HELOUERAS, A., 1968. Estudios sobre fanerogamas marinas en las cercanías de Veracruz, Ver. Tesis Profesional. Fac. Ciencias. Univ. Nal. Autón. México, 66 p.
- LOT-HELOUERAS, A., 1971. Estudios sobre fanerogamas marinas en las cercanías de Veracruz, Ver. An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México, 42 Ser. Botánica (1): 1-48.
- LOT-HELOUERAS, A., 1977. General status of research on seagrasses ecosystems in Mexico. In: C.P. Mc Roy y C. Helfferich (Eds). Seagrass ecosystems. a scientific perspective. Marcel Dekker Inc. N.Y. and Basel. 233-245.
- LYTLE, T.F. y J.R. SEVER, 1973. Hydrocarbons and fatty acids of Lycopodium. Phytochem. 12: 623-629-71
- MACKO, S. A., P.L. PARKER y A.V. BOTELLO, 1981. Persistence of spilled oil in Texas salt marsh. Environ. Poll. (series b), 2: 119-128.
- MACKIE, P.R., K.J. WHITTLE y R. HARDY, 1974. Hydrocarbons in the marine environment. I: n-alkanes in the Firth of Clyde. Est. Coast. Mar. Sci., 2: 359-374.
- MC ROY, C.P. y C. MC MILLAN, 1977. Production ecology and physiology of seagrasses. In: C.P. Mc Roy y C. Helfferich (Eds). Seagrasses ecosystems. a scientific perspective. Marcel Dekker Inc. N.Y. and Basel: 53-87.

- MC MULTY, J.K., 1961. Ecological effects of sewage pollution in Biscayne Bay, Florida: Sediments and distribution of benthic and fouling organisms. Bull. Mar. Sci. Gulf Carib., 11: 394-447.
- MANCILLA, M. Y M. VARGAS, 1980. Los primeros estudios sobre el flujo neto de agua a traves de la Laguna de Terminos, Campeche. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nat. Auton. Mexico, 7(1): 1-24.
- MIRONOV, O.G., 1970. The effect of oil pollution on the flora and fauna of the Black Sea. FAO Tech. Conf. Mar. Poll. Rome. Paper E-92.
- MOORE, D. R., 1963. Distribution of sea grass Thalassia in the United States. Bull. Mar. Sci. Gulf Carib., 13 (2): 329-342.
- MOORE, K. A. Y R. L. WETZEL, 1988. The distribution and productivity of seagrasses in the Terminos Lagoon, Cap. 12: 207-220. In: Yanez-Arancibia, A. y J. W. Day, Jr. (Eds.) Ecology of coastal ecosystem in the southern gulf of Mexico: The Terminos Lagoon Region. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM, Coast. Ecol. Inst. LSU. Editorial Universitaria, Mexico DF.
- NAS., 1975. Petroleum in the marine environment. National Academic of Science. Washington, D.C. 107 p.
- NAS., 1985. Oil in the sea. Inputs, fates and effects. National Academy Press, Washington, D. C.
- NEFF, J.M., 1979. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment. Sources fates and biological effects. Applied Science Publishers, London.
- NEUSHUL, M., 1970. The effects of pollution on population of intertidal and subtidal organisms in southern California, in Santa Barbara oil spill Symposium, University of California, Santa Barbara, Dec. 16-18.
- ODUM, H.T., 1963. Productivity measurements in Texas turtle grass and the effects of dedging on intracoastal channel. Publ. Inst. Mar. Sci. Texas, 2: 47-58.
- ODUM, W. E., 1970. Insidious alteration of the estuarine environment. Trans. Am. Fish. Soc., 99: 836-847.
- PANCIROV, R.J. Y R.A. BROWN, 1977. Polynuclear aromatic hydrocarbons in marine tissues. Environ. Sci. Tech., 11 (10): 989-992.
- PARKER, P.L., 1962. Zinc in a Texas bay. Publ. Inst. Mar. Sci. Univ. Texas, 8: 75.

- PARKER, P.L. 1966. Movement of radio isotopes in a marine bay: cobalt-60, iron-59, manganese-54, zinc-65, sodium-22. Publ. Inst. Mar. Sci. Univ. Texas., 11: 102.
- PARKER, P.L., E.W. BEHERENS, J.A. CALDER Y D.J. SCHULTZ, 1972. Stable carbon isotope ratio variations in the organic carbon from Gulf of Mexico sediments. Contrib. Mar. Sci. 16: 139-197.
- PATRIQUIN, D. 1973. Estimation of growth rate, production and age of the marine angiosperm Thalassia testudinum König. Carib. J. Sci., 13 (1-2): 111-124.
- PHILLIPS, R.C., 1960. Observations on the ecology and distribution of the Florida seagrasses. Professional papers series. Fla. Bd. Conserv., 2: 1-72.
- PHILLIPS, R.C., 1978. Seagrasses and the coastal marine environment. Oceanus, 21 (3): 30-40.
- PHLEGER, F.B. y A. AYALA-CASTANARES, 1971. Processes and history of Terminos Lagoon, Mexico. Bull. Am. Ass. Petrol. Geol. 55 (2): 2130-2140.
- RAZ-GUZMAN MACBETH, M.A., 1987. Proporción isotópica del carbono orgánico en camarones, sedimento y vegetación de la Laguna de Términos, Campeche. Tesis de Maestría. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UACPyP-CCH. UNAM. 43 pp
- RICE, S. D., J. W. SHORT Y J.F. KARINEN, 1977. Comparative oil toxicity and comparative animal sensitivity. 87-94. In: D-A. Wolfe (Ed.). Fate and effects of petroleum hydrocarbons in marine ecosystems and organisms. Pergamon Press, Inc. N. Y.
- SEVER, J.R., T.F. LYTLE y P. HAUG, 1972. Lipid geochemistry of a Mississippi coastal bog environment. Cont. Mar. Sci., 16: 149-161.
- SOLIS-WEISS, V. Y S. CARRENO-LOPEZ, 1986. Algunos aspectos ecológicos de la macrofauna bentónica de las praderas de Thalassia testudinum de la Laguna de Términos, Campeche. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nat. Autón. México, 13 (3): 201-215.
- STEVENSON, J.C., C. J. MADDEN Y C. S. HOPKINSON, Jr., 1988. Sources of new nitrogen in a tropical seagrass system, Terminos Lagoon, with special reference to N-fixation, Cap. 8: 159-170. In: Yaner-Arancibia, A. y J. W. Day, Jr. (Eds.) Ecology of coastal ecosystems in the southern gulf of Mexico: The Terminos Lagoon Region. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM, Coast. Ecol. Inst. LSU. Editorial Universitaria, México DF.

- 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.
- THAYER, G.W., D.A. WOLFE y R.D. WILLIAMS, 1975. The impact of man on seagrass systems. American Scientist, 63: 288-296.
- THAYER, G.W. y R.D. PHILLIPS, 1977. Importance of eelgrass beds in Puget Sound. Mar. Fish. Rev., 39 (11): 18-22.
- THORHAUG, A., 1981. Biology and management of seagrass in the Caribbean. Ambio, 10 (6): 295-298.
- THORNE, R-F., 1954. Flowering plants of the waters and shores of the Gulf of Mexico. In: Gulf of Mexico, its origin, waters and marine life. US Fish. Wildl. Serv. Bull. 89: 193-192.
- TISSOT, B-P. y D.H. WELTE, 1978. Petroleum formation and occurrence. Springer, Berlin. 538p.
- TOMLINSON, P.B. y G.A. VARGO, 1966. On the morphology and anatomy of turtle grass, Thalassia testudinum (Hydrocharitaceae). I Vegetative morphology. Bull. Mar. Sci., 16 (4): 748-761.
- TOMLINSON, P.B., 1972. On the morphology and anatomy of turtle grass, Thalassia testudinum (Hydrocharitaceae). IV Leaf anatomy and development. Bull. Mar. Sci., 22 (1): 75-93.
- UNESCO, 1976. Guia de procedimientos operacionales para el proyecto experimental de vigilancia de la contaminación del mar. CDI/OMM, No. 7, 48p.
- VAN VLEET, E.S., R.H. PIERCE, R.C. BROWN y S.B. REINHARDT, 1984. Sedimentary hydrocarbons from a subtropical marine estuary. Org. Geochem., 5 (4): 56-67.
- VARGAS-MALDONADO, I., A. YANEZ-ARANCIBIA y F. AMEZCUA-LINARES, 1981. Ecología y estructura de las comunidades de peces en áreas de Rhizophora mangle y Thalassia testudinum de la Isla del Carmen, Laguna de Términos, sur del Golfo de México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nat. Autón. México, 8 (1): 241-266.

- VERA-HERRERA, F., J. L. ROJAS-GALAVIZ, C. FUENTES YACO, L. AYALA PEREZ, H. ALVAREZ-GUILLEN Y C. CORONADO MOLINA, 1988. Descripción ecológica del Sistema fluvio-lagunar-deltaico del Rio Palizada, Cap. 4:51-88. In: Yanez-Arancibia, A. y J. W. Day, Jr. (Eds.) Ecology of coastal ecosystem in the southern gulf of Mexico: The Terminos Lagoon Region. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM, Coast. Ecol. Inst. LSU. Editorial Universitaria, México DF.
- WOOD, E.J.F., W.E. ODUM, y J.C. ZIEMAN, 1969. Influence of the seagrasses on the productivity of coastal lagoons. Mem. Sino- Intern. Lag. Cost. UNAM-UNESCO: 495-502.
- YANEZ-ARANCIBIA, A., 1981. Ecological studies in Puerto Real Inlet, Laguna de Terminos, México: Discussion on the trophic structure of fish communities on Thalassia testudinum banks. Proc. Duke Univ. Mar. Lab. Beaufort N. C., USA. Aug. 1978 (UNESCO-IABO). UNESCO Tech. Pap. Mar. Sci., 33:191-232.
- YANEZ-ARANCIBIA, A., 1982. Usos, recursos y ecología de la zona costera. Ciencia y desarrollo CONACYT. No. 43, ano VIII: 58-63.
- YANEZ-ARANCIBIA, A. y J.W. DAY JR., 1981. Ecological characterization of Terminos Lagoon, a tropical lagoon estuarine system in the southern Gulf of Mexico. p. 431-440. In: Lasserre, P. y H. Postma (Eds.) Coastal Lagoons. Oceanologica Acta Vol. Spec. 5 (4): 462 p.
- YANEZ-ARANCIBIA, A. Y J. W. DAY, 1988. Ecología de los ecosistemas costeros en el sur del Golfo de México: la región de la Laguna de Terminos. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM, Coast. Ecol. Inst. LSU, Editorial Universitaria, México, DF.
- 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.
- ZIEMAN, J.C., 1974 a. Methods for the study of the growth and production of turtle grass, Thalassia testudinum. Konig. Aquaculture, 4: 139-143.
- ZIEMAN, J.C., 1974 b. Seasonal variation of turtle grass Thalassia testudinum Konig, with reference to temperature and salinity effects. Aquaculture, 4.
- ZIEMAN, J.C., 1975 a. Quantitative and dynamic aspects of the ecology of turtle grass, Thalassia testudinum. In: Cronin, E.L. (Ed) Chemistry biology and the estuarine system. Academic Press: 541-563.

- ZIEMAN, J.C., 1975 b., Tropical seagrass ecosystems and pollution. In: E.J. Wood y R.E. Johannes (Eds.) Tropical marine pollution, 12: 63-74. Elsevier Oceanography Series.
- ZIEMAN, J.C., 1982. The ecology of the sea grasses of South Florida: A community profile. U.S. Fish. Wild. Serv., FWS/OBS-82/25, 158p.
- ZSOLNAY, A., 1974. The transport of hydrocarbons by the particulate material in the sea. Prog. Est. Res. Fed., 75 (1): 165-170.