



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

“DETERMINACION DE LOS NIVELES DE HIDROCARBUROS  
EN EL OSTION Crassostrea virginica DE LA LAGUNA DE  
TERMINOS, CAMPECHE, MEXICO”

T E S I S

Que para optar al Título de

B I O L O G O

p r e s e n t a

NERY DEL CARMEN BECERRA TAPIA

México, D. F.

1984



## **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.

CONTENIDO

RESUMEN..... 1

INTRODUCCION..... 3

LAGUNAS COSTERAS..... 16

    Contaminación de la zona costera en México..... 19

CARACTERISTICAS BIOLOGICAS DE Crassostrea virginica..... 21

ANTECEDENTES..... 28

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO..... 32

MATERIALES Y METODOS..... 40

    Colecta del material..... 40

    Análisis de laboratorio..... 40

    Purificación por cromatografía en columna..... 43

    Cromatografía de gases..... 44

RESULTADOS Y DISCUSION..... 45

    Análisis cromatográfico..... 56

CONCLUSIONES..... 69

RECOMENDACIONES..... 71

BIBLIOGRAFIA..... 73

## RESUMEN

En el presente estudio, se determinaron las concentraciones de hidrocarburos fósiles y biogénicos en tejidos del ostión Crassostrea virginica, proveniente de la Laguna de Términos, Campeche, así como también, la relación que existe con los parámetros morfométricos de la citada especie.

Fueron colectados un total de 1320 organismos, durante los meses de Junio, Agosto y Noviembre de 1981 y Febrero, Mayo y Agosto de 1982, en 4 estaciones localizadas principalmente en la parte Este de la Laguna.

Los hidrocarburos fueron extraídos de los organismos por medio de digestión total con una solución alcalina (KOH) al 25% durante 12 horas, separando la extracción por cromatografía en columna empacada con sílica gel y alúmina, purificando así los hidrocarburos con una elución de hexano, benceno y metanol.

La presencia y la identificación de éstos hidrocarburos fueron determinados por cromatografía de gases.

Los valores obtenidos de hidrocarburos saturados (n-parafinas) se mantuvieron estables a lo largo del ciclo anual, correspondiendo las concentraciones más altas, al mes de Agosto (época de lluvias) en dos de las estaciones cercanas a las desembocaduras de los ríos, en la misma época en que la especie alcanza su talla máxima.

De igual manera se detectaron algunos hidrocarburos aromáticos derivados del petróleo. Sin embargo los niveles de concentración de éstos compuestos, se mantienen a un nivel mínimo.

## INTRODUCCION

En México se ha reportado que existen alrededor de 123 a 125 Lagunas Costeras (Lankford, 1976), cuya característica, entre otras, es estar en contacto permanente con dos ecosistemas naturales: el continental y el marino; este último consta con 10,000 Km de litoral (Cárdenas, 1969) y se considera que tienen una gran importancia ecológica y comercial, ya que dichos cuerpos de agua poseen características muy diversas y representan un potencial biológico importante (Yáñez-Arancibia, 1975).

Alrededor del 80% de los organismos que habitan los litorales, utilizan las Lagunas costeras en alguna etapa de su vida (Yáñez y Nunget, 1977), ya que la diversidad de habitats existentes es muy amplia y en muchas ocasiones redundan en una gran importancia comercial para algunas especies, las cuales se encuentran sujetas a explotación comercial.

En los últimos años las especies marinas del Golfo de México, se han visto afectadas por los diversos procesos de industrialización, principalmente, las actividades petroleras.

La explotación desmedida de algunos organismos de importancia económica, ha sido razón suficiente para llevar a cabo investigaciones que evalúen los métodos que garanticen la preservación de la productividad natural, tanto ecológica como comercial.

Una de las zonas de mayor explotación petrolera en el Golfo de México es la Sonda de Campeche, la cual cuenta con varios centros pesqueros importantes de entre los cuales destaca la Laguna de Términos en el Estado de Campeche; misma que cuenta con un vasto potencial biológico pesquero que comprende principalmente una gran variedad de especies marinas como peces, camarón, caracol y ostión (Yáñez-Arancibia, 1975).

Dichos recursos bióticos a la fecha se encuentran dentro de una fase de explotación intensiva, dadas a las necesidades de consumo regional que en los últimos años se ha incrementado, al igual que las actividades humanas y la industrialización de la mencionada zona.

El manejo y administración de los recursos en esta laguna, primordialmente la captura de organismos bentónicos, no ha sido del todo controlada, no obstante los esfuerzos de las cooperativas de la región, así como la intervención de la Secretaría de Pesca.

Actualmente se cuenta ya con la desaparición de algunos bancos ostrícolas, lo que puede ser correlacionado con las variaciones que provocan los canales de tipo artificial que se han construido recientemente y que se encuentran alterando de manera considerable dicho ecosistema.

La presencia de las comunidades biológicas en ecosistemas costeros como la Laguna de Términos, Campeche, están determinadas por una serie de factores bióticos y abióticos, los cuales son imprescindibles para mantener el equilibrio químico y biológico del sistema. Cuando estos factores son alterados pueden ser considerados como condiciones limitantes para el desarrollo de los organismos, provocando en ellos alteraciones fisiológicas que pueden conducirlos hasta la muerte (Botello, 1979).

Los organismos bivalvos como los ostiones, son de habitats sedentarios y filtradores, lo que ocasiona que los compuestos tóxicos presentes en el agua en forma disuelta y/o particulada, sean bioacumulados en sus tejidos, debido a que no cuentan con sistemas enzimáticos eficientes que degraden compuestos, tales como son los derivados del petróleo.

En estudios de campo y laboratorio se ha observado que los ostiones son capaces de bioacumular hidrocarburos, por lo que se les considera organismos índice de contaminación (Clark y Blumer, 1967; Anderson et al., 1977; Anderson, Neff y Cox, 1977; Farrington y Quinn, 1973). Otros organismos, tales como peces y crustáceos son capaces de metabolizar hidrocarburos aromáticos e inclusive excretarlos (Lee et al., 1972; Corner et al., 1973).

Los análisis detallados relacionados con varias especies marinas, desde microorganismos hasta vertebrados, han demostrado la presencia de hidrocarburos tanto alifáticos como aromáticos,



similares en naturaleza a los reportados en el petróleo y sus derivados. (Botello, 1978a)

La materia orgánica y los detritos provenientes de plantas y animales en ecosistemas estuarinos o de lagunas costeras, - - constituye uno de los más importantes recursos para la diagénesis y la consecuente formación de hidrocarburos biogénicos en ecosistemas costeros y en el fondo de los Océanos.

Sin embargo, estimaciones recientes (NAS, 1975) consideran - que los océanos mundiales reciben además aportes antropogénicos del orden de 6.2 millones de toneladas métricas por año, tomando en cuenta las diferentes fuentes de origen de hidrocarburos como son: Filtraciones naturales en el fondo de los Océanos, Producción y transportación marina, Descarga de los ríos, Aportes atmosféricos y Desechos urbanos e Industriales.

#### Fuentes de hidrocarburos

La presencia de hidrocarburos en el ambiente marino no implica necesariamente un aporte antropogénico, ya que éste puede ser reflejo de otras fuentes que pueden estar dadas por: Actividad Biogénica, siendo ésta la biosíntesis de hidrocarburos por organismos marinos y terrestres, como resultado de la descomposición de plantas y animales, Procesos bio-geoquímicos - como diagénesis en sedimentos y filtraciones submarinas, Incendios en sistemas terrestres, Transformación microbiana, - Intemperización de rocas, Reservorios de carbón y petróleo. (N.A.S., 1975).

Los hidrocarburos derivados del petróleo (fósiles) son introducidos al sistema acuático por varias vías: Filtraciones - - naturales de depósitos petrolíferos del piso oceánico, Operaciones de embarque y desembarque, Lavado de buques-tanques, - Efluentes de refinerías y Descargas municipales e industria - les, las cuales tienen un rango mayor de entrada hacia los - océanos (Gundlach, 1977).

En resumen, podemos decir que en el sistema oceánico existen tres fuentes generales de hidrocarburos del petróleo: los producidos por el hombre, los que sintetizan los organismos y - los hidrocarburos infiltrados de un modo natural por el piso oceánico.

#### Compuestos del petróleo

Los productos derivados del petróleo bruto, constan de un - 50-98% de hidrocarburos y el resto comprenden compuestos que contienen O, N y S (Goldberg, 1976).

El petróleo es una mezcla de compuestos con diferentes propiedades físicas y químicas, las cuales varían de acuerdo a su - origen y contienen diferente peso molecular.

Los hidrocarburos de acuerdo a sus estructura química pueden clasificarse como sigue:

- a) Los alcanos (Parafinas), que se extienden desde el metano ( $\text{CH}_4$ ) hasta compuestos de 60 átomos de carbono o más, tal

como el hexacontano ( $C_{60}H_{122}$ ); no se toman en cuenta los compuestos de bajo peso molecular ( $C_1 - C_5$ ) ya que se pierden fácilmente por su volatilidad.

- b) Los cicloalcanos (naftenos), formados por anillos de 5 a 6 átomos de carbono, tales como los compuestos monocíclicos - (ciclopentano y ciclohexano) y algunos compuestos policíclicos.
- c) Los compuestos aromáticos, estos se encuentran en pequeñas cantidades e incluyen benceno y alquilbencenos como el Tolueno y el Xileno. También se encuentran aromáticos polinucleares como los alquilnaftalenos, bifenilos y nafteno-aromáticos. El petróleo crudo no contiene alquenos (Olefinas), características que lo diferencian de los hidrocarburos de origen biogénico, (Goldberg, 1976).

Algunos derivados del petróleo son ricos en hidrocarburos aromáticos y cicloparfinas tóxicas, las cuales contienen hidrocarburos isoprenoides con un rango que va de  $C_{11}$  a  $C_{22}$  (Blumer et al., 1970).

La porción que comprende a los "residuos", contiene compuestos de alto peso molecular (más de 60 átomos) de carbono, conocidos como "asfaltenos" o "chapopotes" los cuales son los responsables de la formación de breas y alquitranes que se encuentran en las playas o flotando en la superficie del mar.

## Hidrocarburos biogénicos y fósiles

Los hidrocarburos biogénicos se encuentran presentes en organismos terrestres y marinos como resultado de la biosíntesis de los mismos organismos o de haber sido ingeridos con el alimento y alterando después de la ingestión (Goldberg, 1976). El Fitano y el Pristano son compuestos que se encuentran comúnmente en el petróleo, sin embargo en los organismos solo se conoce el pristano que al parecer entra con los alimentos.

Blumer (1972), señala que ocasionalmente, la materia orgánica sometida a procesos de alta energía (Temperaturas pirolíticas), produce hidrocarburos aromáticos (fósiles) a partir de hidrocarburos biogénicos.

Los hidrocarburos fósiles son aquellos que son introducidos al mar, como resultado de actividades antropogénicas y derivados del petróleo crudo.

Los hidrocarburos aromáticos son los que corresponden los llamados hidrocarburos fósiles, estos comprenden una parte importante de extractos acuosos de petróleo (Boylan y Tripp, 1971), los cuales muestran considerable solubilidad en aguas dulces y saladas, según datos de Mac Aulliffe, 1966; Mackay y Wolkoff, 1973 (Botello, 1980b).

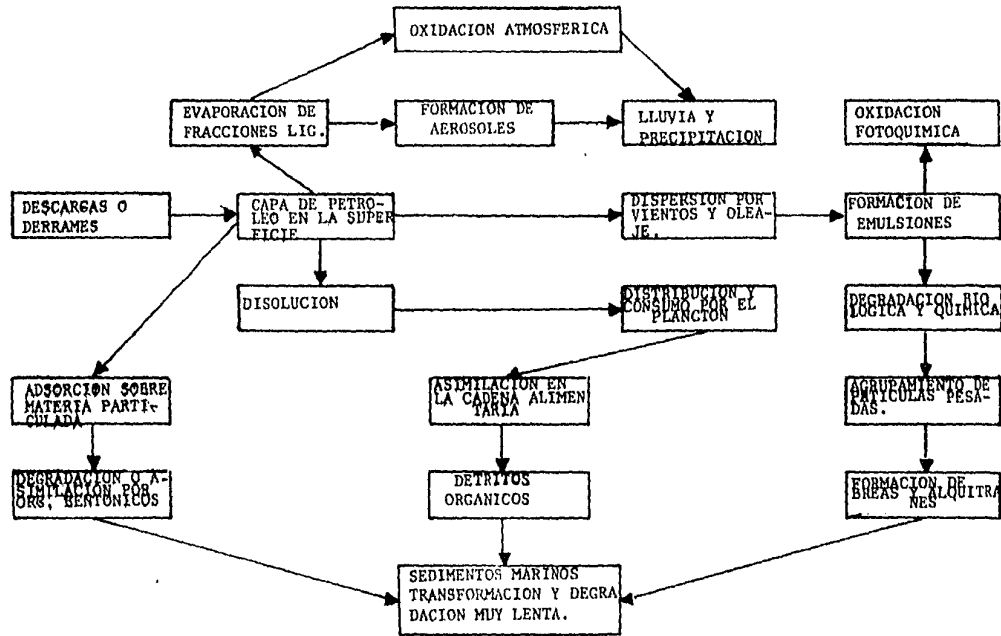
## Dispersión y efectos sobre organismos marinos

Los procesos involucrados en la dispersión del petróleo al ocurrir un derrame se presentan en la fig. 1, en donde intervienen mecanismos físicos y biológicos, que actúan sobre el petróleo vertido. Después de la descarga del petróleo se forma una película delgada en la superficie del mar, la cual se distribuye a través de la columna de agua por la acción del oleaje y vientos (Botello 1979). El esparcimiento puede retardarse si el derrame ocurre en aguas frías, lo cual se agudiza si el petróleo posee una alta viscosidad. Sobre ésta película actúan factores físicos que provocan pérdida por evaporación, la cual va a depender fundamentalmente de las temperaturas, velocidad del viento, intensidad de los rayos solares y las propiedades físicas del petróleo, (Sivaider y Mikolaj, 1973).

La emulsificación, es la mezcla del petróleo y agua. Pequeñas cantidades de petróleo se adicionan al agua en forma de suspensión diluída, la cual va a estar en función de la temperatura, composición del petróleo, viscosidad, peso específico y la acción de mareas. Dependiendo de su estabilidad, una emulsión puede perdurar y constituir terrones de asfaltos, después de su dilución (Goldberg, 1976).

La degradación microbiana va a depender de la disponibilidad de nutrientes como Nitrógeno y Fósforo; encontrándose que los niveles de biodegradación están en relación con la abundancia

# PROCESOS INVOLUCRADOS EN EL DESTINO DEL PETROLEO EN EL MAR



\* Según Botello, (1979).

FIG. 1

de los microorganismos responsables de éste proceso (bacterias, levaduras y mohos). La descomposición del petróleo por los microorganismos, se puede ver limitada al carecer de sustrato orgánico para el desarrollo de los mismos (Dugan, 1972; NAS, 1975).

No obstante los cambios y transformaciones de los derivados del petróleo por factores físicos, químicos y biológicos; una gran parte de los componentes permanecen inalterados en el medio marino (Botello, 1979), incorporándose así a las cadenas alimenticias y consecuentemente a los sedimentos.

El proceso de acumulación en sedimentos, ocurre en función del tamaño de las partículas, dependiendo del tipo de sedimento, así como de la actividad de las mareas (Goldberg, 1976). Este proceso puede ser más activo en áreas cercanas al litoral como las bahías, esteros, lagunas costeras y estuarios, en donde la carga de sedimentos en suspensión es elevada (Morris y Butler, 1973).

Los procesos biológicos más importantes como reproducción, metabolismo y alimentación en organismos estuarinos, pueden ser afectados por la presencia de bajos niveles de petróleo y sus derivados (Gilfillan, 1973; La Roche, 1973; Farrington, 1983).

Existen parámetros importantes que hay que tomar en consideración para determinar la acción biológica o bioquímica, siendo los principales: a) Concentración de hidrocarburos que son bioacumulados, b) Tiempo de residencia de los hidrocarburos en el organismos y c) La composición de los hidrocarburos disueltos en el agua y subsecuentemente en los organismos.

Las zonas costeras son las más afectadas en cuanto a la presencia de contaminantes (Farrington y Quinn, 1973), y estos repercuten a gran escala en las comunidades biológicas, especialmente en organismos bentónicos. La bioacumulación de contaminantes ha sido ampliamente estudiada principalmente en organismos bivalvos, peces y algunos crustáceos (Lee et al., (1971), Mackin y Hopkins, (1961); Simpson, (1968); Blumer et al., (1970); Anderson, (1974); Clark y Blumer (1967) y otros investigadores).

El potencial tóxico, varía de forma importante entre los diferentes tipos de petróleos crudos y sus productos de refinación, dependiendo sobre todo del tipo de componentes que posean (Botello, 1981). En organismos zooplantónicos como algunas especies de copépodos, producen efectos letales a concentraciones de 1.0 ppm de derivados del crudo (Mironov, 1969; Mileikovsky, 1970; Dunning y Mayor, 1977), estos organismos juegan un papel importante dentro de la cadena alimenticia, formando parte de la dieta de muchos vertebrados.



Los hidrocarburos pueden tener diferentes procesos de retención y transformación en las distintas partes del organismo - como músculo, plasma sanguíneo, gónadas y branquias (Lee et al., 1972; Mironov, 1969, Blumer et al., 1970). En Peces la distribución de hidrocarburos ha sido detectada en tejido - muscular (Corner et al., 1973). En algunas especies como - Mugil japonicus, han sido detectados algunos hidrocarburos - como el tolueno a nivel de branquias, hígado y músculo (Heitz J. R. 1974). En general los peces en etapa juvenil, son - los más vulnerables a los efectos del petróleo, incidiendo - de una manera directa en sus estadíos de desarrollo. En peces adultos los efectos son de tipo mecánico más que biológico, ya que tienden a cerrar el opérculo, evitando así el - intercambio gaseoso y provocando la muerte por asfixia - - (Mironov, 1970). El grado de toxicidad varía según la especie, pero por lo general a concentraciones de 0.5 a 10 ppm - de crudo alteran la quimiorrecepción y se destruyen las células del epitelio branquial (Botello, 1979).

El ostión americano Crassostrea virginica, se ha observado - que es capaz de eliminar un 90% de hidrocarburos asimilados después de ser transferidos al agua limpia (Stegeman y Teal, 1973). Estos organismos pueden bioacumular niveles altos de hidrocarburos fósiles, sin embargo las dosis letales (LD<sub>50</sub>) de hidrocarburos aromáticos solubles permiten un rango de - acumulación amplio (Castro, 1981; Guillén, 1982).

En algunos organismos se han comprobado malformaciones y marcadas reacciones como en el desarrollo de huevos y larvas de peces y crustáceos, provocando en ocasiones la muerte de muchos organismos (Mironov, 1970).

Los Neftenos, aunque se presentan como productos naturales de la biota marina, pueden interferir y bloquear los procesos biológicos de los organismos, tales como: la búsqueda de alimento, escape de los predadores, selección del habitat y atracción sexual. Las parafinas a concentraciones bajas causan daños celulares y muerte en altas concentraciones. Los hidrocarburos aromáticos como el 3,4 benzopireno y el 1,2 benzantraceno son considerados como cancerígenos.

Existe la posibilidad de causar daños a la salud humana, al ingerir compuestos carcinogénicos, especialmente hidrocarburos aromáticos derivados del petróleo presentes en organismos de importancia comercial como son algunos bivalvos (ostión, ostras y mejillones) y peces que son consumidos por el hombre.

## LAGUNAS COSTERAS

Las lagunas costeras se pueden encontrar a diversas latitudes y en todos los continentes, suelen estar caracterizadas por ser sistemas semicerrados con conexión al mar o separados de éste por alguna barrera fisiográfica.

Diversos autores señalan como características físicas primordiales de las lagunas costeras las siguientes:

- a) Son sistemas semicerrados en conexión con el mar y protegidos por algún tipo de barrera. Su naturaleza semicerrada es importante ya que los efectos oceánicos son minimizados, permitiendo el desarrollo de un medio ambiente con características únicas, (Phleger y Ayala-Castañares, 1971; Lankford, 1976).
- b) Existe un aporte singular de agua dulce, la cual transporta materiales disueltos y suspendidos, siendo éstos el mayor subsidio de energía para el sistema de tal manera que la mayor fuente de nutrientes y sedimentos proviene de los ríos.
- c) Son grandemente afectados por las mareas, las cuales son otra fuente de energía, ejerciendo una profunda influencia sobre la circulación estuarina a través de la mezcla turbulenta que producen, siendo de gran importancia en las interacciones físicas, químicas y biológicas.

- d) La mayoría de estos ecosistemas son someros por lo cual el fondo de ellos es afectado de manera determinante por la turbulencia superficial.
- e) Los patrones de circulación que presentan son por lo general complejos y fuertemente afectados por la acción de los vientos, aporte de ríos y corrientes de mareas, así como por la geomorfología.
- f) Hay presencia en ellos de marcados gradientes de salinidad, tanto horizontales como verticales, debido a la mezcla y difusión de las aguas dulces y aquellas aportadas por el océano.
- g) Se les considera áreas de cambios geomorfológicos relativamente rápidos, lo cual es el resultado de la acción del movimiento de los sedimentos por procesos físicos. Así desde el punto de vista físico, las lagunas costeras y los estuarios son sistemas dinámicos, variables y complejos, los cuales poseen un gran aporte de energía física.

Cuando existen actividades antropogénicas constantes y cercanas a los sistemas costeros como son la construcción de presas, canales, procesos de dragado y transporte portuario, se provocan grandes desequilibrios, entre los cuales Odum (1970) señala las siguientes:

- 1.- Los mecanismos que permiten a los estuarios ser trampas -  
eficientes de nutrientes, también contribuyen como trampas -  
pas de contaminantes.
- 2.- La destrucción de las áreas de detritus en un estuario, -  
como los pastos de pantano y pastos marinos, reducen drásti-  
ticamente la productividad del estuario y limitan directamen-  
te su potencial para producir especies de importancia  
comercial.
- 3.- Las cadenas alimenticias en los estuarios son particular-  
mente susceptibles a la interferencia del hombre.
- 4.- Muchos organismos estuarinos viven cerca del límite de -  
sus rangos de tolerancia y pueden ser extinguidos por - -  
cualquier presión ecológica adicional, como la causada -  
por la introducción de contaminación o decremento en la  
concentración de oxígeno, resultante de operaciones de -  
dragado.
- 5.- La estabilización de los sedimentos es importante en un -  
estuario para el ciclo normal de nutrientes, pues previene-  
el exceso de turbidez en la columna de agua y posibilita  
ta el crecimiento extensivo de plantas.
- 6.- En los estuarios normalmente existe un estado natural de  
eutroficación, por lo cual son vulnerables a cualquier -  
proceso que resulte en un decremento de la concentración ,  
de oxígeno.

- 7.- La zona más productiva y de mayor valor en muchos estuarios es la región intermareal, la cual parece ser la más afectada por la acción de dragado o rellenado durante la construcción de Puertos.
  
- 8.- El influjo de agua dulce es necesario para que los estuarios funcionen normalmente, así la región de baja salinidad de un estuario es importante para la protección de peces juveniles, invertebrados y producción de ostras. La construcción de presas, diques o el desvío de los cauces naturales, llegan a eliminar este aporte con lo cual desaparecen muchas especies.

#### Contaminación de la zona costera en México

En México se pueden señalar diferentes fuentes de contaminantes que están afectando las zonas costeras, éstas pueden ser: contaminación por desechos de las aguas residuales, municipales (domésticas, públicas y comerciales), el desarrollo por estuario y principalmente la industria petrolera que en los últimos años se ha incrementado de manera considerable, siendo afectadas las áreas donde prevalecen los yacimientos petroleros, tales son los Estados de Tabasco, Campeche, Veracruz y Chiapas, ocasionando graves deterioros ecológicos desde la perforación de los mismos (Botello, 1982).

Como consecuencia de las actividades petroleras que se desarrollan en el Estado de Campeche, se ocasionó un derrame petrolero en Febrero de 1976 en el área de la Laguna de Términos. Estudios previos habían demostrado solamente la existencia de hidrocarburos biogénicos en organismos marinos y sedimentos (Botello, 1980a); sin embargo, después del derrame se notó la presencia de hidrocarburos provenientes del petróleo crudo, en sedimentos y pastos marinos, principalmente (Botello y Castro, 1980). En 1979 ocurrió el derrame del Pozo Ixtoc-I, también en el Estado de Campeche, lo cual contribuyó a incrementar las concentraciones de hidrocarburos.

Las áreas de mayor impacto al ocurrir éste derrame fueron las Lagunas El Carmen-Machona en el Estado de Tabasco por ser áreas cercanas al sitio del accidente.

Otras de las zonas afectadas por hidrocarburos derivados del petróleo son las Lagunas de Pueblo Viejo y Tamiahua en el Estado de Veracruz, reportándose los niveles más altos de estos compuestos en organismos (Crassostrea virginica) y sedimentos, como reflejo de las actividades petroleras establecidas en estas áreas. (Botello, 1978b).

## CARACTERISTICAS BIOLOGICAS

Crassostrea virginica (Gmelin, 1971) es uno de los invertebrados estuarinos que mayores beneficios aporta a la economía del país, como producto pesquero. La especie en estudio pertenece a la familia Ostreidae de la clase bivalvia.

### Distribución geográfica

Esta especie está ampliamente distribuida a lo largo de las costas en el Atlántico. En nuestro país se encuentra en las Lagunas costeras y estuarios del Golfo de México, donde se asientan pesquerías de importancia comercial. Al NE del país se localiza una que principia en Tuxpam en el Estado de Veracruz y termina al S de Tamaulipas, la cual abarca la Laguna de Pueblo Viejo, la de Tamiahua y Tampamachoco. En el SE existe otra pesquería que comprende la Laguna Machona, la del Carmen y Mecoacán en el Estado de Tabasco y en el Estado de Campeche la Laguna de Términos. (Fig. 2).

### Anatomía externa

La concha la constituyen dos valvas unidas en su extremo anterior por el ligamento charnelar (carácter distintivo de la clase), la cual está constituida por tres capas: el periostracum, la capa prismática y el ostracum o capa interna. La superficie interna de cada valva generalmente es blanca y lisa, la impresión muscular en posición subcentral tienen un tono violá-



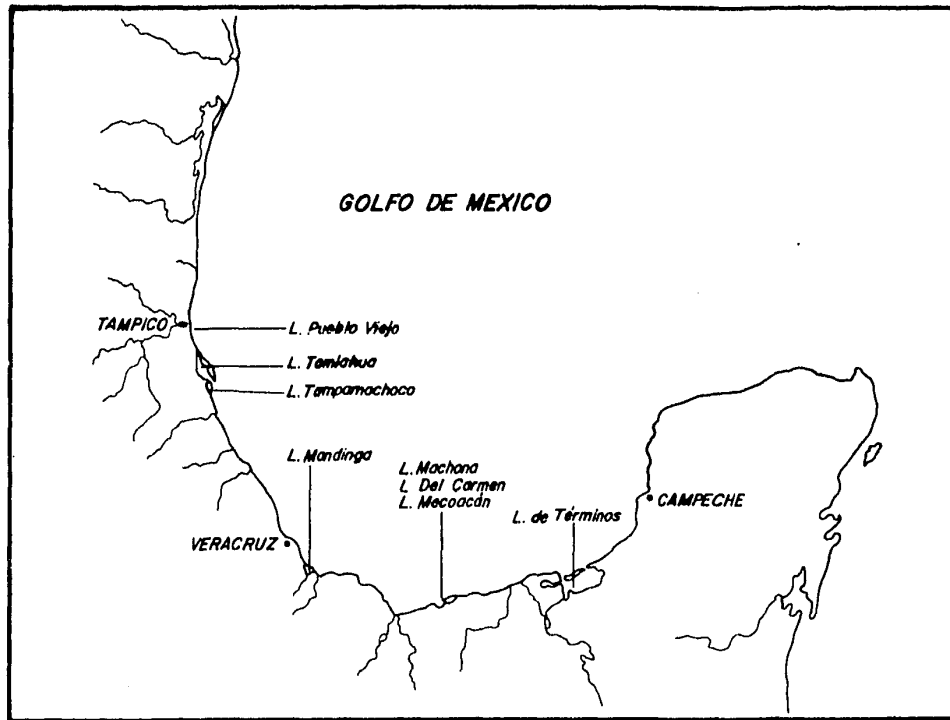


FIG. 2 LOCALIZACION DE LAS PESQUERIAS DE OSTION EN EL GOLFO DE MEXICO

ceo oscuro, las valvas de los organismos que pertenecen a este género son desiguales y elongadas en dirección dorsal-ventral. (Guillén, 1982), (Fig. 3)

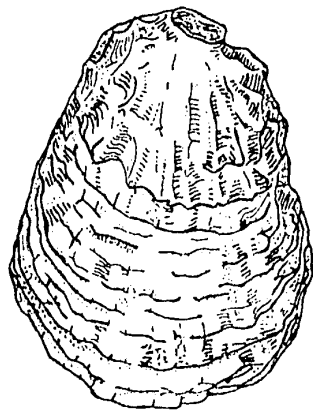
### Anatomía interna

La superficie interna de cada valva la reviste el manto, tejido que envuelve todos los órganos a excepción del músculo - - aductor, el borde está arreglado en tres pliegues; las células especializadas de este tejido secretan las diferentes capas de la concha y del ligamento charnelar; el manto interviene en el proceso de respiración, controlando el flujo de agua que pasa a través de las branquias.

Arriba del músculo se localiza la cavidad pericárdica, donde - se encuentra el corazón, la sangre que es incolora es bombeada a todas partes del cuerpo retornando al corazón vía las bran - quias que son cuatro, en forma de media luna, extendiéndose - desde la boca a más o menos  $2/3$  de la distancia del cuerpo; los cilios de filamentos branquiales siempre en movimiento, producen una corriente de agua que pasa a través de las branquias - renovando el suplemento de oxígeno e intercambio de gases. Los cilios y las células de las branquias secretan un mucus que - atrapa las partículas alimenticias acarrocándolas hacia la boca. El intestino se extiende desde el estómago hacia el extremo - posterior de las branquias, el cual termina en un ano cerca - del músculo (Guillén, 1982), (Fig. 4)

MORFOLOGIA EXTERNA DE *Crassostrea virginica*

VALVA IZQUIERDA SUPERFICIE  
EXTERNA



VALVA DERECHA SUPERFICIE  
INTERNA

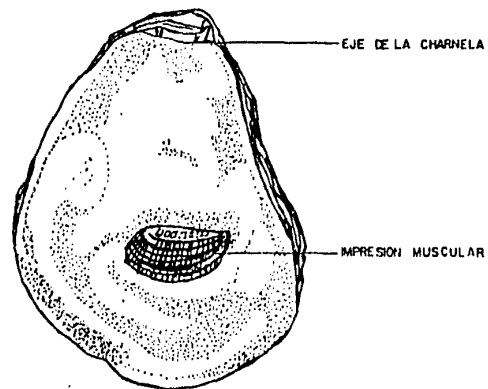


FIG. 3 MORFOLOGIA EXTERNA DE *C. virginica*

## ANATOMIA INTERNA DE Crassostrea virginica

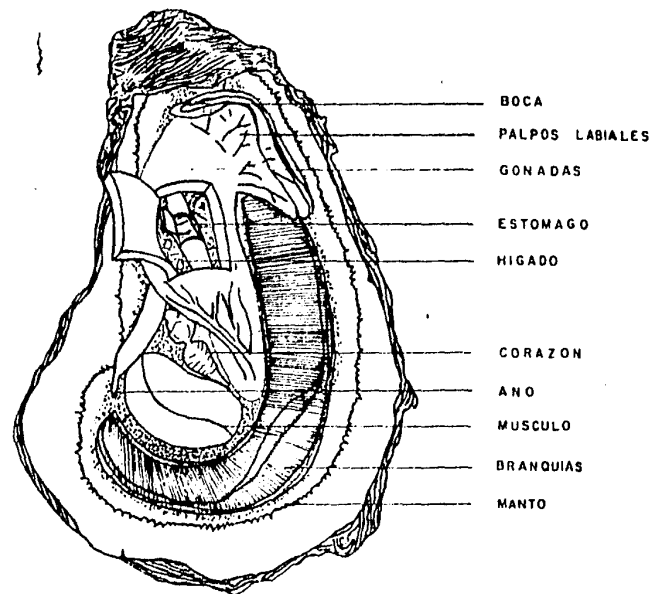


FIG. 4 ANATOMIA INTERNA DE C. virginica

Los órganos reproductivos o gónadas están en la parte anterior del cuerpo recubriendo al estómago, su color y tamaño dependen del grado de madurez. Los ductos de las gónadas se abren dentro de la cavidad paleal, cerca de las branquias y posteriormente expulsadas al medio (hábito sexual distintivo del género (Guillén, 1982).

#### Desarrollo larvario

Son ostras no incubadoras, las cuales liberan sus elementos sexuales en el agua, donde se realiza la fecundación. Sus sexos son separados aunque en raras ocasiones se presenta el hermafroditismo, sus huevos son pequeños y en número de varios millones.

Después de la fertilización pasada 3 a 4 horas, se desarrolla una larva trocófora en un lapso de 24 a 36 horas y pasa rápidamente al estado veliger, hasta alcanzar un estado umbonado, poco después se dirige hacia sustratos adecuados para fijarse finalmente por medio de un pié rudimentario, comenzando así su vida bentónica sedentaria, (Gutiérrez, 1973).

#### Características del habitat

Estos organismos en su mayoría son habitantes típicos de esteros, desembocaduras de ríos y lagunas costeras, (Gutiérrez, 1973). Los factores ambientales para su óptimo desarrollo son:

temperatura, salinidad, oxígeno disuelto pH y turbiedad, y los factores desfavorables pueden ser la sedimentación, contaminación y depredación.

La temperatura es uno de los parámetros que más influye en el crecimiento y desarrollo de las ostras de manera directa. Los valores adecuados tanto para el desove y crecimiento oscila de 20 a 32°C (Galtsoff, 1964). Otro factor importante en la fisiología de los moluscos es la salinidad, ya que por encima de las 21 ‰ las larvas no alcanzan la etapa de fijación (Gutiérrez, 1973), y salinidades por encima de las 32 ‰ también son desfavorables. Galtsoff (1964), citado por Guillén, indica que la temperatura controla el volumen de agua filtrada, la respiración y el estado larvario, siendo limitante para el desarrollo.

La turbidez en el agua (época de crecientes y lluvia) interfiere en los procesos fisiológicos como son la alimentación provocandoles la muerte.

## ANTECEDENTES

En la región costera del Golfo de México, se han llevado a cabo diversos estudios sobre los niveles de contaminación por hidrocarburos derivados del petróleo y sus repercusiones en la biota marina.

De manera importante podemos señalar los Estudios preliminares sobre los niveles de algunos contaminantes como son los hidrocarburos en la Laguna de Términos, Campeche, México - realizados por Botello, Hicks y Mandelli (1976), para los que se encontraron valores normales en invertebrados y - - fanerógamas marinas.

La cuantificación de un derrame petrolero ocurrido en la Laguna de Términos, Campeche, México (Botello, 1980a), reportó - concentraciones altas de n-parafinas y compuestos aromáticos en sedimentos y pastos marinos, mientras que en organismos (C. virginica) el promedio de hidrocarburos se mantuvo estable.

También se ha señalado la presencia de hidrocarburos fósiles en ecosistemas estuarinos del Golfo de México como la Laguna de Carmen-Machona, Tabasco y las Lagunas de Pueblo Viejo y - Tamiahua, Veracruz, reportándose las concentraciones más altas de hidrocarburos fósiles en organismos y sedimentos. Estas - áreas están cercanas a complejos petroquímicos, (Botello, - - 1978b).

Otros estudios que se enfocan más a la detección de los niveles de hidrocarburos en el ostión Crassostrea virginica, fueron realizados por Castro (1981), en la Laguna de Mecocacán en el Estado de Tabasco, confirmando la bioacumulación selectiva de ciertos compuestos aromáticos como los Naftalenos.

En pruebas recientes de laboratorio, principalmente bioensayos, se han determinado los niveles de bioacumulación, el flujo y el destino final de los hidrocarburos en la especie - Crassostrea virginica (Blumer et al., 1970; Stegeman y Teal, 1973).

Guillén en 1982 determinó el comportamiento de la fracción soluble del petróleo crudo del Pozo Ixtoc-I sobre Crassostrea virginica, proveniente de los bancos ostrícolas de la Laguna de Mecocacán en el Estado de Tabasco, por haber sido una de las áreas más impactadas por la presencia de petróleo proveniente del derrame del mencionado pozo.

El objetivo del presente trabajo fué determinar la concentración de hidrocarburos fósiles y su posible bioacumulación en organismos de las especies: Crassostrea virginica y Crassostrea rhizophorae, presentes en la Laguna de Términos, Campeche, ya que ésta es una de las áreas más cercanas a las instalaciones petroleras marinas y actividades portuarias, así mismo por el creciente grado de industrialización en Ciudad del Carmen.

También se determinaron las características morfométricas en las especies antes mencionadas y correlacionar dichos parámetros con un posible impacto de las actividades humanas sobre estas especies.



En lagunas costeras, los organismos bentónicos, principalmente bivalvos son caracterizados como organismos índice, uno de ellos es el ostión común del género Crassostrea, ya que tienen la capacidad de acumular compuestos contaminantes, por sus características biológicas, tales como: escasa movilidad en la fase larvaria, alimentación por filtración, amplia distribución y capacidad para resistir fluctuaciones del ciclo anual, (Vernberg, 1974; Farrington, 1983).

La especie Crassostrea virginica fué seleccionada para el presente trabajo debido a las siguientes razones:

- 1.- Los bivalvos se encuentran distribuidos de manera cosmopolita, y gracias a ésta característica, los problemas inherentes a la comparación de los datos se minimizan.
- 2.- Debido a que son sedentarios, pueden servirnos como parámetros integradores de contaminación química y biológica en áreas determinadas.
- 3.- Presentan una alta tolerancia a los diferentes tipos de contaminación, lo que no sucede con otras especies.
- 4.- Posee el factor de bioacumulación, lo que hace que las mediciones de los contaminantes se logren más fácilmente en sus tejidos que en el agua o sedimentos que los rodean.
- 5.- Con mediciones periódicas de contaminación en ésta especie, se puede tener una vigilancia continua del fenómeno de la contaminación.

- 6.- En comparación con otras especies los bivalvos muestran una actividad enzimática muy baja, lo cual permite una mínima transformación de contaminantes, como compuestos aromáticos, con lo cual las mediciones que sobre ello se haga dan una mayor certeza del grado y tipo de contaminación.
- 7.- Debido a que son especies biológicamente estables y su reproducción es alta, las poblaciones pueden ser muestreadas y analizadas repetidamente, lo cual nos provee de datos de los cambios temporales a largo y corto plazo de los contaminantes.
- 8.- Por lo general sobreviven bajo condiciones de contaminación severa, los cuales pueden reducir o eliminar por completo a otras especies.
- 9.- Pueden ser exitosamente trasplantados de una área costera a otra, permitiéndonos una repoblación de la especie, así como una expansión en las áreas para ser investigadas.
- 10.- Son especies de alto valor comercial a nivel mundial y por lo tanto, es importante medir el grado de contaminación para aspectos de salud pública. (Farrington, 1983).

## DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

La Laguna de Términos en el Estado de Campeche, está delimitada geográficamente por los meridianos  $91^{\circ} 15'$  y  $92^{\circ} 00'$  de longitud Oeste; y los  $18^{\circ} 25'$  y  $19^{\circ} 00'$  de latitud Norte - - aproximadamente, con una longitud de 70 km y 25 km de ancho, tiene un área aproximada de  $2500 \text{ km}^2$  (Vargas, 1977), estando limitada al Norte por la Isla del Carmen, la cual sirve de barrera, separándola del Golfo de México, (Fig. 5).

Se comunica al mar abierto, mediante dos bocas de acceso, situadas en los lados extremos de la Isla del Carmen, estas bocas están abiertas permanentemente, la Boca de Puerto Real al Oriente, donde existe un flujo neto de aguas marinas, saliendo por la Boca del Carmen al Occidente; manteniéndose así el régimen hidrológico de la Laguna, la cual es somera, con una profundidad de 4.5 m (Phleger y Ayala-Castañares, 1971).

### Sistema fluvial

El sistema fluvio lagunar que vierte sus aguas a la laguna, - - consta de varios ríos, de los cuales los más importantes son: El Candelaria Panlau, Chumpán-Balchacah, Palizada del Este y Pom-Atasta (Fig. 5 y 6).

El río Candelaria es uno de los más grandes alimentadores de la Laguna de Términos, su cuenca se encuentra localizada en la

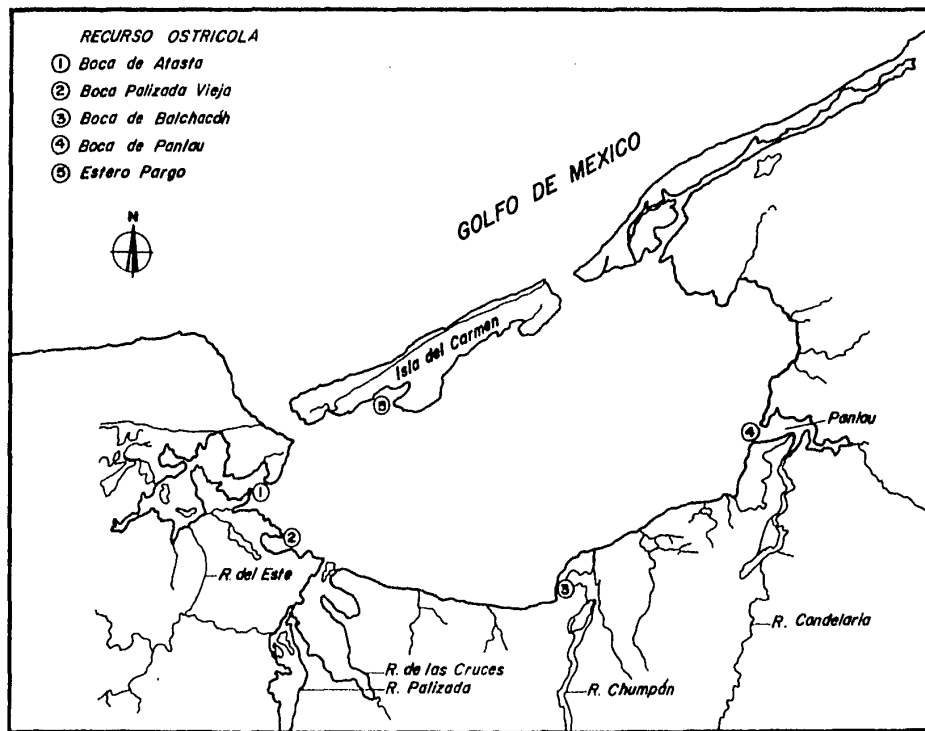


FIG. 5 LOCALIZACION DEL RECURSO OSTRICOLA EN LA LAGUNA DE TERMINOS, CAMP.

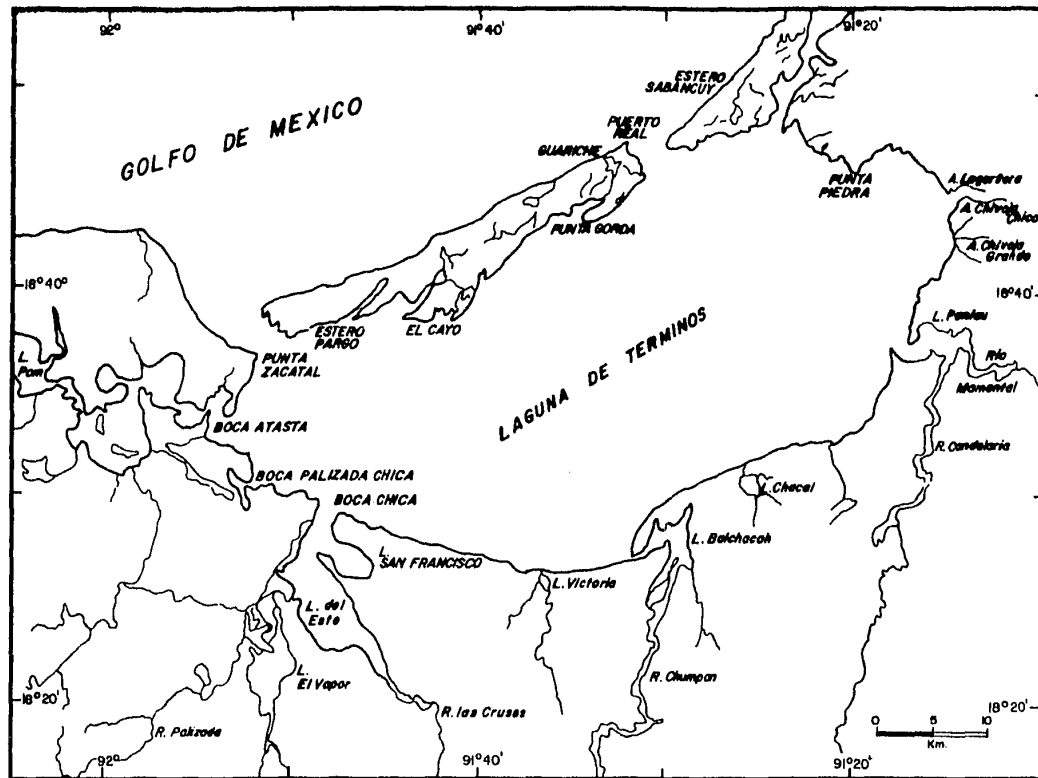


FIG.6 SISTEMAS FLUVIOLAGUNARES DE LA LAGUNA DE TERMINOS, CAMPECHE.

Península de Yucatán y su desembocadura recibe el nombre de Boca de Pargos.

El río Chumpán está formado por la unión de los ríos San Joaquín y Salsipuedes que al unirse con la laguna forma el estero de Balchacah.

El río Palizada da lugar a la formación de pequeñas lagunas como la del Oeste y San Francisco. Su desembocadura a la laguna recibe el nombre de Boca Chica.

El sistema Pom-Atasta, formado por los ríos San Pedro y San Pablo, genera una serie de lagunas interiores interconectadas entre sí, denominadas Pom-Atasta, de cuya localidad proceden las muestras de ostión estudiadas, por ser el área donde se establecen los bancos ostrícolas de mayor magnitud y por tanto las más importantes pesquerías comerciales de este molusco en la región, al igual que Palizada Vieja.

#### Clima

El clima que presenta la Laguna es de tipo cálido-húmedo, con una temperatura que varía de 36°C en verano a 25°C en invierno. Existen tres estaciones climáticas muy marcadas (Botello, 1978c) durante el ciclo anual: a) La época de sequía comprendida entre los meses de Febrero a Mayo, b) De Junio a Septiembre la estación de lluvias que en ocasiones se extiende hasta

Octubre, generalmente acompañados por vientos fuertes huracana dos hasta 60 km por hora, modificando las condiciones climatológicas de la laguna durante ese tiempo y c) La época de Nortes o tormentas de invierno, acompañados algunas veces de lluvias y por vientos fríos del Norte, desde Octubre hasta Febrero.

#### Salinidad

La salinidad de la laguna varía dependiendo de la época; en la de lluvias la salinidad baja hasta 12 ‰ y los valores más altos se localizan en la Boca de Puerto Real que es por donde - - penetran las corrientes del Golfo de México, así pues durante - la época de secas (Mayo), la salinidad aumenta hasta 38 ‰ - (Botello, 1978c). La salinidad decrece gradualmente de la Isla hacia la porción continental, por encontrarse las desembocadu - ras de los aportes fluviales, por lo tanto el agua dulce que es introducida a la laguna a través de esta red, tiende a salir - por la Boca del Carmen, haciendo que la fuerza de reflujos sea - mayor que la del flujo, localizada en la Boca de Puerto Real, - no permitiendo el paso de la marea de flujo a la laguna, fluyendo parte de esta hacia la costa Oeste.

#### Temperatura

La temperatura del área sufre variaciones estacionales, encontrán dose temperaturas elevadas hasta de 36°C en verano y las más bajas de 25°C en invierno.

## Vegetación

La vegetación emergente en los márgenes de la laguna, está - - caracterizada principalmente por manglares como: Rhizophorae mangle (mangle rojo) asociado con Avicenia germinans (mangle - negro) y ocasionalmente se encuentra Laguncularia racemosa - - (mangle blanco) y Conocarpus erectus (mangle botoncillo), - - (Yáñez-Arancibia y Day, 1981), así como cocotales, asociación de hidrófitas emergentes como las Thyphaceae. La vegetación - sumergida está constituida principalmente por la fanerógama ma. rina Thalassia testudinum, la cual se localiza en la porción - Norte de la Laguna en la Boca de Puerto Real y distribuida a - lo largo de la parte interna de Isla del Carmen, aunado a éstas algunas macroalgas del tipo de las Phaeophyceae.

## Selección de las áreas de muestreo

El recurso ostrícola de la Laguna de Términos está constituido por Crassostrea virginica, que se localiza en los sistemas - - fluviolagunares antes mencionados, y en menor escala en Estero Pargo en donde está presente otra especie Crassostrea rhizophorae. Estero Pargo es un pequeño canal sobre el margen interno de la Isla del Carmen que desemboca directamente a la Laguna, con - una profundidad de 2 m por 4.5 km de largo (Ley-Lou, 1979), en la cual fueron colectados los organismos.



Las estaciones de muestreo fueron las consideradas importantes como recurso ostrícola comercial para la región, localizadas al Este de la Laguna, las cuales fueron Boca de Atasta (Banco - - "Liseta" y "Playaso"), Palizada Vieja y Estero Pargo, en éste último se pudieron extraer organismos de Crassostrea virginica y Crassostrea rhizophorae. (Fig. 7)

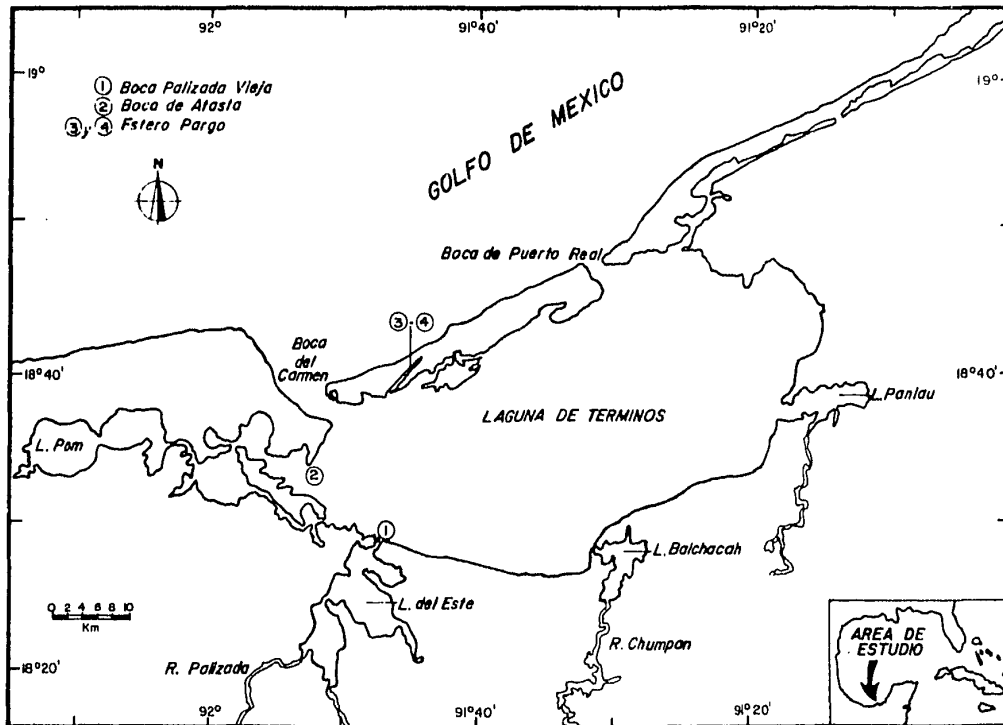


FIG. 7 LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

## MATERIALES Y METODOS

### Colecta del material

Se llevaron a cabo seis muestreos en tres bancos ostrícolas, en los meses de Junio, Agosto, Noviembre de 1981 y Febrero, - Mayo y Agosto de 1982, con la finalidad de poder abarcar un ciclo anual.

En cada estación de muestreo se colectaron aproximadamente de 60 a 100 organismos, siendo extraídos de los Bancos manualmente, ya que la profundidad (1 m) de la zona así lo permitía.

En el laboratorio se limpiaron de lodo y materia orgánica para poder separarlos, retirar las valvas y a cada organismo se le tomaron los siguientes datos morfométricos: Altura, Ancho y - Peso (Fig. 8).

Después de tomar dichos parámetros se colocaron en frascos de vidrio, sellándose finalmente con papel aluminio para evitar cualquier contaminación. Las muestras de los frascos fueron preservados a menos de 10°C para su traslado a la Cd. de México.

### Análisis de laboratorio

Para el análisis de extracción y purificación de los hidrocarburos en organismos marinos, se siguió la técnica propuesta - por Botello (1979), Fig. 9. Los organismos fueron deshidrata-

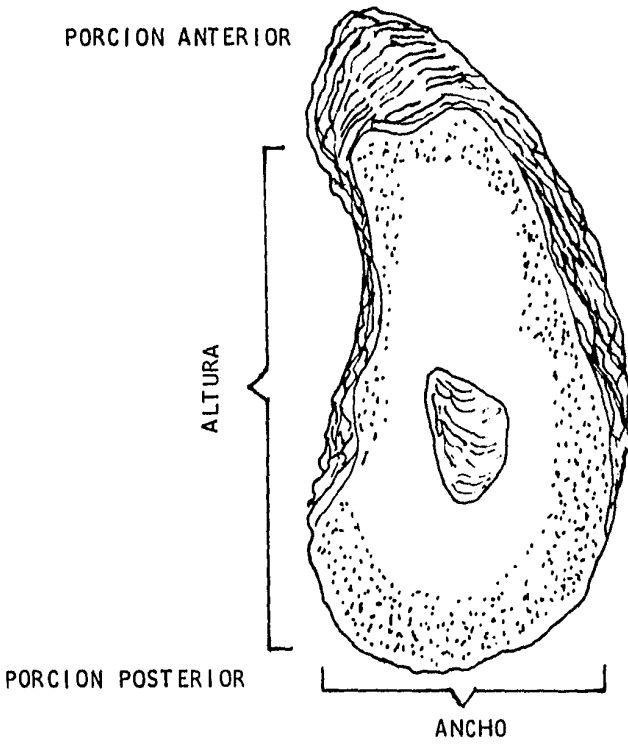
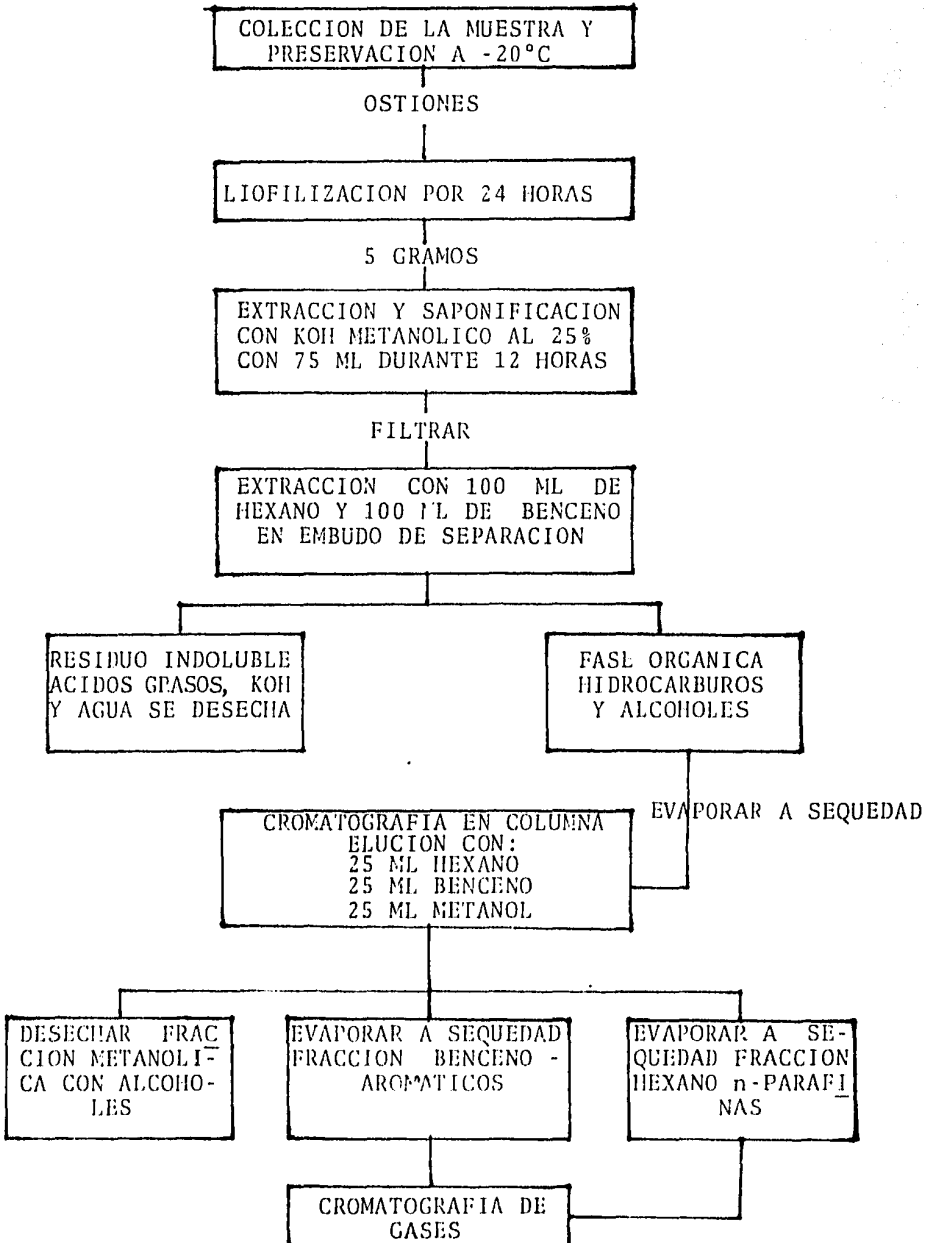


Fig. 8.- *C. virginica*. Sistema de medición de los parámetros morfométricos.

Fig. 9.- Diagrama de flujo para el análisis y purificación de hidrocarburos en organismos marinos. (Botello, 1979).



dos en una liofilizadora durante 24 horas para poder obtener el peso seco de los mismos. Posteriormente se hace una ex - tracción y saponificación con 75 ml de una solución alcalina de hidróxido de potasio (KOH) al 25% durante 12 horas, con el objeto de eliminar los lípidos presentes en 5 g peso seco de tejido.

Inmediatamente después se hace una extracción con 100 ml de - Hexano, 100 ml de Benceno y 50 ml de agua destilada en embu - dos de separación, quedando así separados los productos no - saponificables y desechando la solución alcalina. Las fraccio - nes obtenidas (Hexano-Benceno), fueron evaporadas en un rotoeva - por conectado a una bomba de vacío y baño maría a una tempera - tura no mayor de 70°C, obteniéndose así los hidrocarburos, - entre los cuales se encuentran los saturados y aromáticos.

#### Purificación por comatografía en columna

Las fracciones de hidrocarburos no saponificables, se purifi - can en columna de vidrio de 30 cm de largo por 1 cm de diáme - tro interno empacadas con sílica gel y alúmina en una propor - ción 4:1. La capa de alúmina elimina todos los compuestos - que no sean hidrocarburos y la gel de sílice remueve todos - los compuestos aromáticos y saturados. Las columnas fueron lavadas con 25 ml de hexano, 25 ml de benceno y 25 ml de meta - nol, separando así las fracciones saturadas con la elución de

hexano y las fracciones aromáticas con benceno. Los productos fueron evaporados hasta más o menos 2 ml y en cápsulas de vidrio previamente pesadas y evaporadas a sequedad. La concentración de hidrocarburos aromáticos y saturados se obtiene con el peso de los mismo gravimétricamente en una balanza analítica.

#### Cromatografía de gases

Con la obtención de las muestras de hidrocarburos tanto saturados como aromáticos, se procede al análisis de cromatografía de gases en un cromatógrafo Hewlett Packard modelo 5840 con un detector de ionización de flama y columnas capilares de sílica fundida de 25 m con OV-101 de fase líquida.

El flujo de gas es de 1 ml por minuto y el gas portador es el nitrógeno. La temperatura inicial programada es de 60°C con un incremento de 5°C siendo la velocidad de carta de 0.5 cm por minuto.

Con éste método se separan los diferentes compuestos de hidrocarburos, dependiendo del punto de ebullición y afinidad química de cada compuesto.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En las Tablas I y II, se encuentran reportados los resultados obtenidos de las concentraciones de los hidrocarburos Saturados y Aromáticos (expresados en ppm peso seco) en tejidos del ostión Crassostrea virginica.

Esta forma de expresar los resultados se debe a que se ha podido determinar cierta bioacumulación de hidrocarburos en Crassostrea virginica, lo cual se manifiesta al incrementarse las concentraciones internas en varias órdenes de magnitud en relación con las concentraciones de hidrocarburos presentes tanto en el agua como en sedimentos (Lee et al., 1972; Lee R.F., 1975; Lee R.F., 1977; Castro, 1981; Farrington, 1983).

Analizando los resultados se observa que las concentraciones obtenidas se encuentran por abajo de los niveles reportados para zonas contaminadas por compuestos derivados del petróleo, como son la laguna de Carmen-Machona en el Estado de Tabasco, la Laguna de Pueblo Viejo y Tampamachoco en Veracruz (Botello, 1978b; Castro, 1981; Guillén, 1982).

Durante el ciclo anual analizado, las concentraciones más altas se registraron en los meses de Agosto de 1981 y Agosto de 1982, correspondiendo a la época de lluvias y en las áreas cercanas a la desembocadura de los ríos más importantes de la laguna como son: Palizada y Boca de Atasta (estación 1 y 2 respectivamente), en las cuales el aporte fluvial juega un papel



TABLA 1

CONCENTRACIONES ACTUALES DE LOS NIVELES DE HIDROCARBUROS EN Crassostrea  
virginica (ppm PESO SECO) DE LA LAGUNA DE TERMINOS, CAMPECHE, MEXICO.

Estación	Junio 1981			Agosto 1981			Noviembre 1981		
	S	A	T	S	A	T	S	A	T
1 P. Vieja	1.92	0.44	2.36	0.45	4.96	5.41	OSTIONES MUERTOS		
2 B. Atasta	0.96	ND	0.96	0.49	0.25	0.74	0.32	4.84	5.16
3 E. Pargo C.	0.69	0.53	1.22	0.25	ND	0.25	0.01	6.39	6.40
4 E. Pargo S.	0.49	ND	0.49	0.12	ND	0.12	NO HUBO OSTIONES.		

ppm (PESO HUMEDO) = % (PESO SECO)  $\times 10^3$

ND = NO DETECTADOS

S= SATURADOS

A= AROMATICOS

T= TOTALES

TABLA II

CONCENTRACIONES ACTUALES DE LOS NIVELES DE HIDROCARBUROS EN Crassostrea  
virginica (ppm PESO SECO) DE LA LAGUNA DE TERMINOS, CAMPECHE, MEXICO.

Estación	Febrero 1982			Mayo 1982			Agosto 1982		
	S	A	T	S	A	T	S	A	T
1 P. Vieja	0.41	ND	0.41	0.47	2.62	3.09	1.77	0.27	2.04
2 B. Atasta	0.61	ND	0.61	ND	0.41	0.41	20.25	0.52	20.77
3 E. Pargo C.	0.57	ND	0.57	ND	0.07	0.07	3.53	0.17	3.70
4 E. Pargo S.	0.25	ND	0.25	ND	0.41	0.41	20.73	0.17	20.90

ppm (PESO HUMEDO) = % (PESO SECO) x 10<sup>3</sup>

ND= NO DETECTADOS

S= SATURADOS

A= AROMATICOS

T= TOTALES

importante, debido a que muchos compuestos son arrastrados hacia la laguna y distribuidos dentro de la columna de agua, teniendo como destino final a los organismos bentónicos, plantas y sedimentos.

En el mes de Noviembre, que corresponde a la época de "Nortes", caracterizados por vientos fuertes, lluvias y mareas, en dos de las estaciones 1 y 4 (Estero Pargo y Palizada) los organismos se encontraron muertos con las valvas abiertas (Tabla I), esto puede deberse a la acción de vientos y mareas, lo cual afecta principalmente a Crassostrea rhizophorae, debido a que los organismos de ésta especie se encuentran adheridos a las raíces de los manglares y por lo tanto son los primeros en recibir dichos efectos, lo mismo sucedió en la estación 1 (Palizada), en donde la profundidad de los bancos ostrícolas es de más o menos 50 cm, siendo afectados por el oleaje principalmente.

Las concentraciones de hidrocarburos en los diferentes meses de muestreo, indican el grado paulatino de su bioacumulación en los organismos bivalvos (Blumer et al., 1970) y en algunos se nota que el porcentaje encontrado es mínimo o bien no detectable. (Tabla I y II).

Las diferencias entre las concentraciones de los hidrocarburos varían mucho, y pueden deberse a las condiciones de bioacumulación y bioconcentración de éstas especies, así como a

la capacidad de depuración, tamaño del organismo, contenido de material lipídico, sexo y a los factores físicos como vientos y mareas, los cuales ocasionan cambios en la temperatura y salinidad principalmente, (Tablas I y II).

A pesar de estos mecanismos, el metabolismo de los hidrocarburos no está totalmente entendido, pero se ha inferido que éstos involucran oxidazas y otras enzimas altamente específicas, las cuales son importantes en la degradación y transformación de los compuestos aromáticos y parafínicos.

Algunos autores (Farrington y Quinn, 1973; Farrington, 1983) sugieren la existencia de posibles mecanismos de biomagnificación, incluyendo la asimilación del petróleo por niveles tróficos inferiores de la biota marina, además de sus posibles rutas de transferencia a través de la cadena alimenticia. Al fenómeno de biomagnificación por lo general lo acompañan otros dos mecanismos como bioacumulación y bioconcentración, los cuales son diferentes entre sí.

La bioconcentración es la capacidad de un organismo o una población de organismos del mismo nivel trófico para concentrar en sus tejidos un contaminante que esté presente en el medio que lo rodea, (Botello, 1982).

En tanto la biomagnificación se refiere al incremento de un contaminante en niveles tróficos sucesivos dentro de un ecosistema, por ejemplo los organismos predadores que contienen una

concentración de un cierto contaminante que aquellos organismos de los que se alimentan. Este proceso ha sido ampliamente estudiado en especies marinas como Crassostrea virginica, principalmente para algunos hidrocarburos clorinados como el dieldrin y el DDT, (Botello, 1982).

En peces marinos el fenómeno de bioconcentración ha sido comprobado (Botello, 1982); en tanto que el de la biomagnificación se establece como un planteamiento teórico. De igual manera, no hay una evidencia contundente que demuestre la biomagnificación de un ecosistema marino con referencia a hidrocarburos del petróleo, en tanto la bioconcentración se ha observado en organismos de niveles tróficos superiores principalmente peces, ésta parece ser una función de su capacidad para concentrar hidrocarburos a partir de la columna de agua y no de su posición en la red alimenticia. (Lee, R.F. 1977).

Los parámetros morfométricos (altura y ancho) fueron tomados a un total de 1320 organismos que se colectaron a lo largo del año. En el histograma de la Fig. 10, se muestra la distribución total de la altura de Crassostrea virginica. En esta se observa que la distribución en tallas promedio es unimodal, lo cual indica que hay una estabilidad en el recurso.

En la Fig. 11 se observa que la distribución total de la longitud promedio se acerca a una distribución de Gauss, donde la moda se encuentra entre más o menos 4 cm, y en la Fig. 10 se

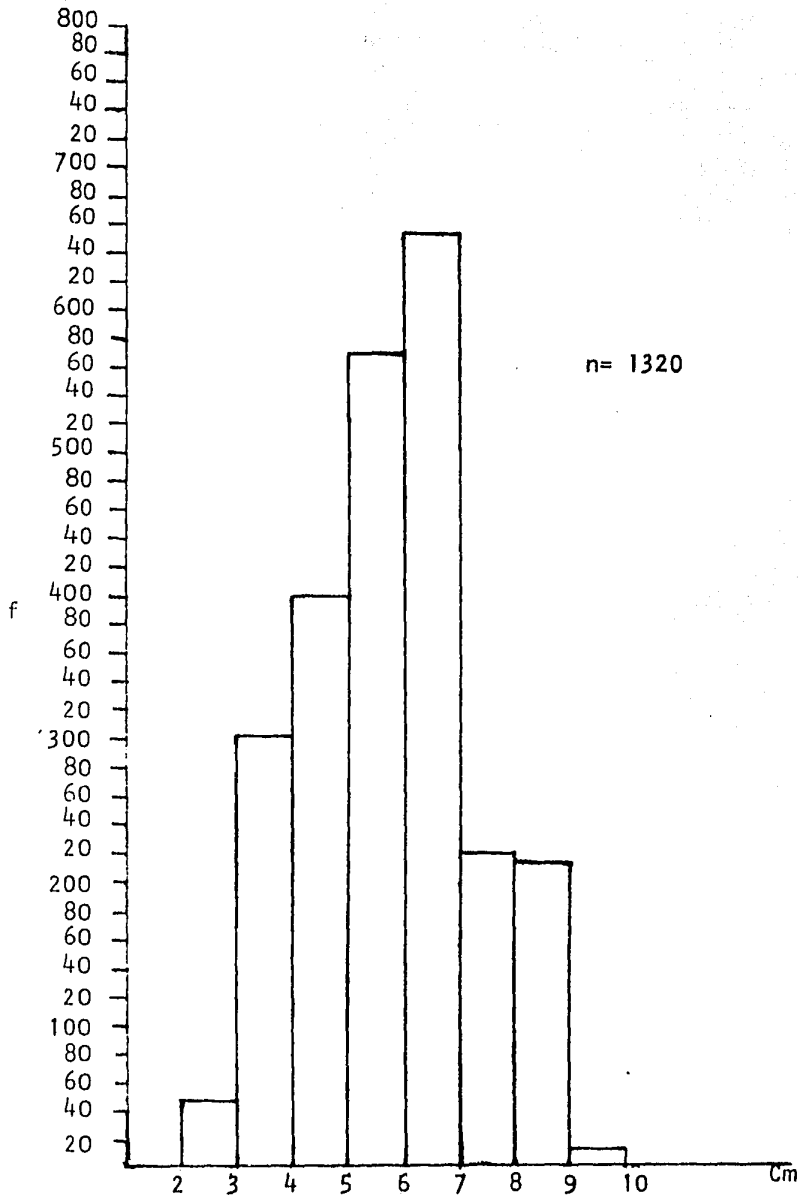


Fig. 10 Distribución total de la altura de Crassostrea virginica en la Laguna de Términos, Campeche.

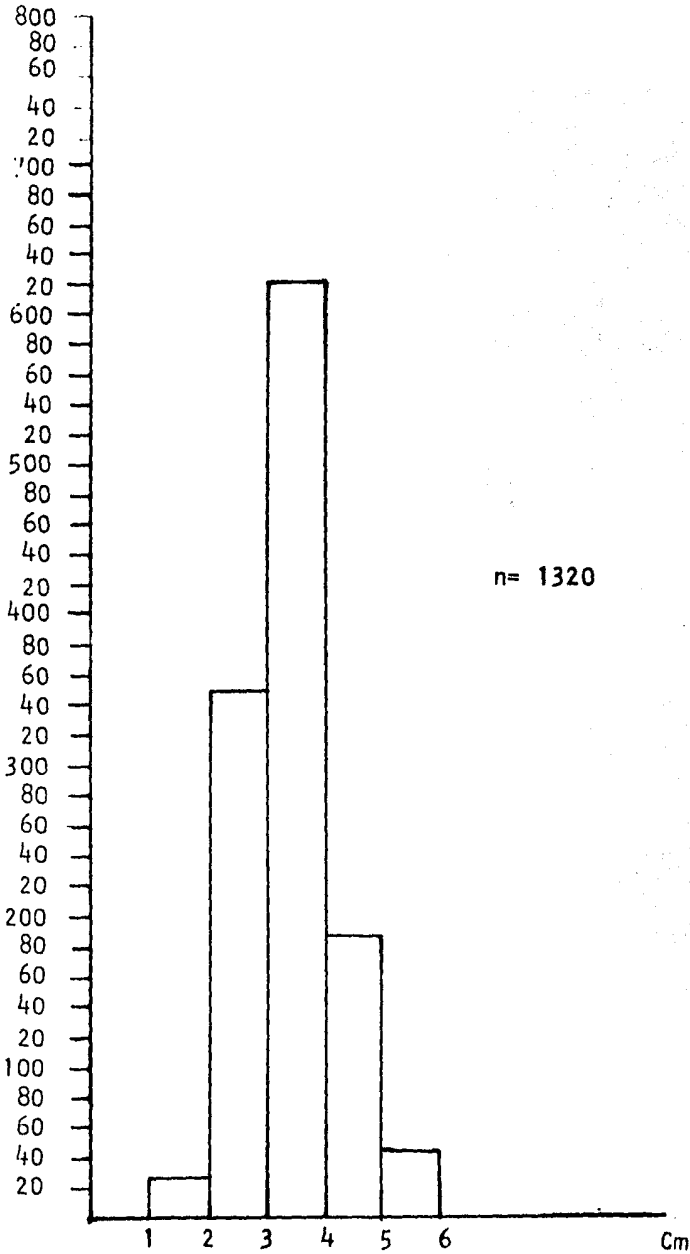


Fig. 11 Distribución total del ancho de Crassostrea virginica en la Laguna de Términos, Campeche.

muestra la distribución total de la altura promedio que oscila entre 6 y 7 cm, esto indica que el recurso ostrícola en esta área permanece más o menos estable, teniendo en cuenta que la talla de captura establecida es de 8 cm.

En las Figuras 12 y 13 se observa la relación de los parámetros morfométricos por mes, en ellos se puede notar que las tallas más altas se obtuvieron durante los meses de Agosto y las más bajas en Noviembre y Febrero, mismas que son comparables con los resultados de las concentraciones de los hidrocarburos para los mismos meses, lo cual puede estar indicando un gran contenido de lípidos y por lo tanto una mayor bioacumulación, relacionado quizá con el estado de madurez gonádica de los organismos.

La bioacumulación de un contaminante se refiere no sólo a la capacidad de concentrarlo, sino incorporarlo a sus tejidos a través de fenómenos metabólicos, de tal modo que en un cierto tiempo la concentración de contaminantes es mayor que la del medio que rodea al organismo. (Botello, 1982).

Una vez que los hidrocarburos son incorporados por los organismos, estos pueden ser excretados sin ninguna alteración, ser metabolizados o almacenados en sus tejidos por cierto tiempo.



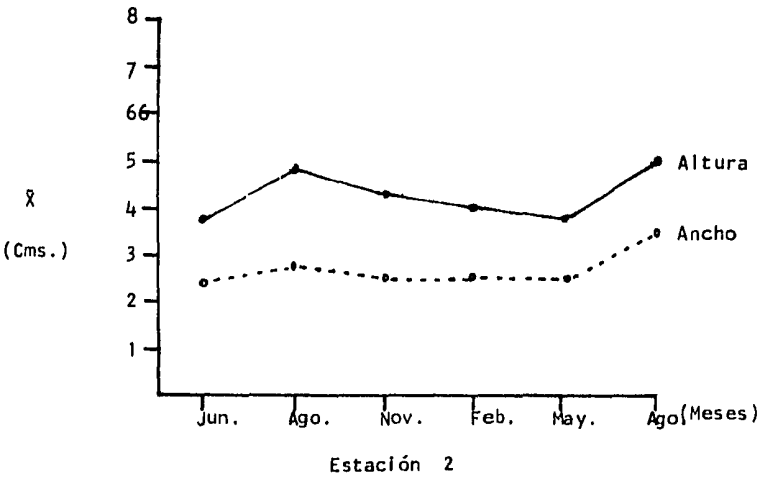
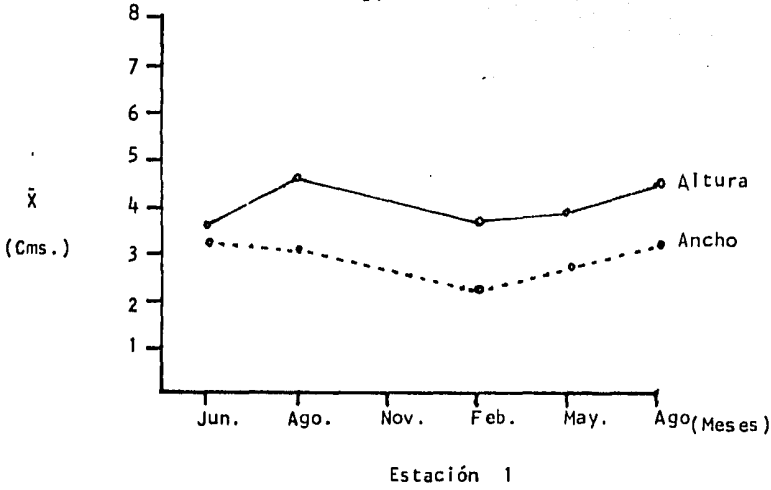
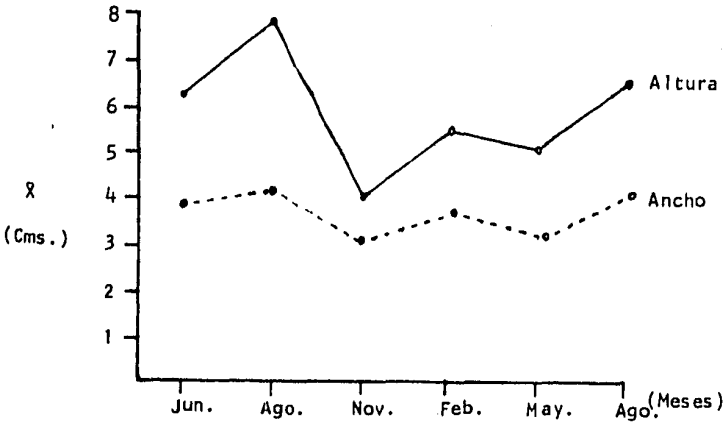
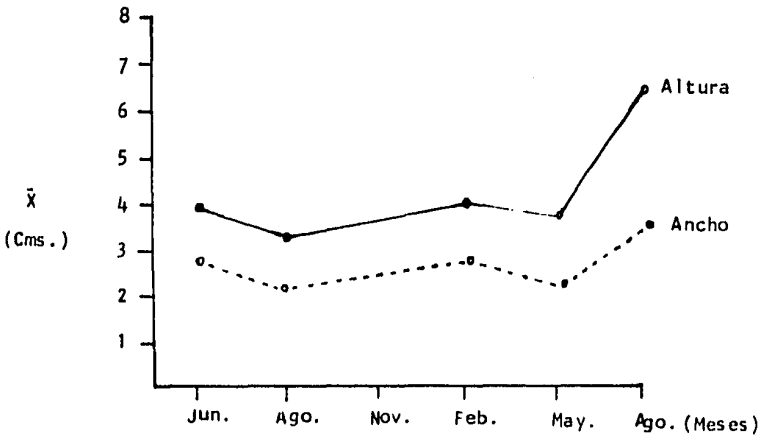


Fig. 12 Variación de los parámetros morfométricos a lo largo del año de Crassostrea virginica, en las estaciones 1 y 2 en la Laguna de Términos, Campeche, México.



Estación 3



Estación 4

Fig. 13 Variación de los parámetros morfométricos a lo largo del año de *C. rhizophorae virginica* y *C. rhizophorae* en las estaciones 3 y 4 en la Laguna de Términos, Campeche, - - México.

### Análisis cromatográfico

La aplicación de la técnica cromatográfica es de gran ayuda para la identificación de algunos compuestos orgánicos, entre los que se encuentran los hidrocarburos, ya que las concentraciones por sí solas (a menos que sean demasiado altas) no siempre pueden indicar que existan aportes de hidrocarburos derivados del petróleo debido a la complejidad de los mismos.

Todas las muestras fueron analizadas por este método, obteniéndose los cromatogramas correspondientes para cada muestreo y representando en ellos a cada uno de los compuestos (picos) de las fracciones aromáticas y saturadas.

En los cromatogramas de las Figs. 14, 15 y 16, se observa la fracción saturada, los compuestos identificados son n-alcános de cadena impar que van desde  $C_{16}$  a  $C_{28}$  (hexadecano y octadecano), así como los isoprenos pristano y fitano, por lo tanto no es difícil inducir que dichos compuestos isoprenoides sean de origen biogénico.

Durante el segundo muestreo llevado a cabo en el mes de Agosto de 1981 corresponden a los cromatogramas de las Figs. 17, 18 y 19, en donde todavía es más notable la presencia de n-alcános, predominando los compuestos de  $C_{16}$ , y  $C_{24}$ .

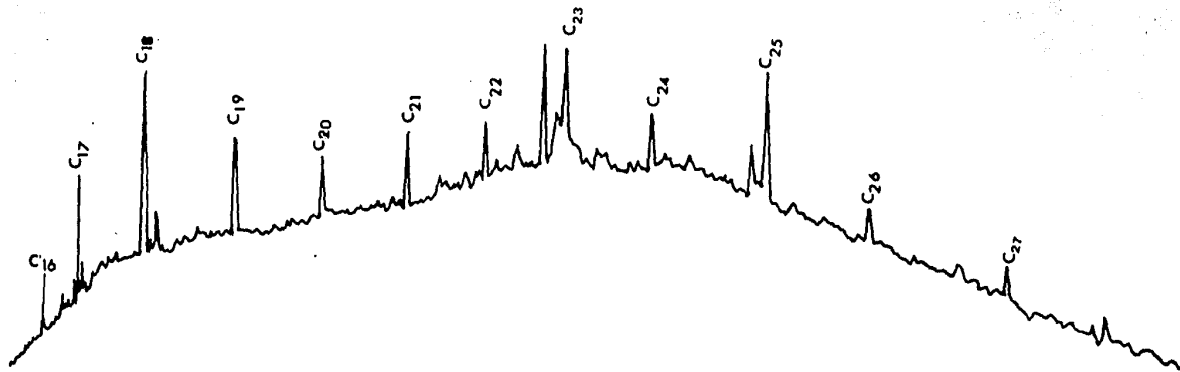


Fig. 14 Cromatograma de la distribución de n-parafinas en Crassostrea rhizophorae de la estación de muestreo No. 4 en la Laguna de Términos, Campeche, México. (1er. muestreo).

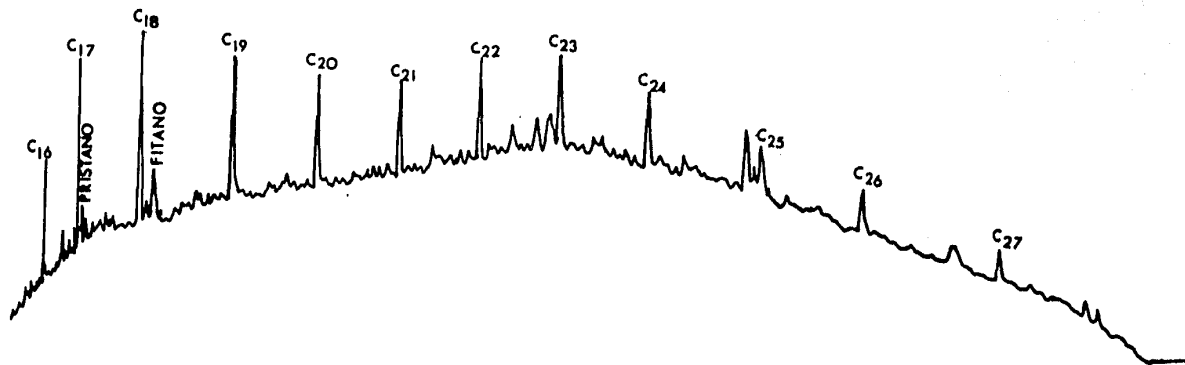


Fig. 15 Cromatograma de la distribución de n-parafinas en C. virginica de la estación de muestreo No. 3 en la Laguna de Términos, Campeche, México. (1er. muestreo).

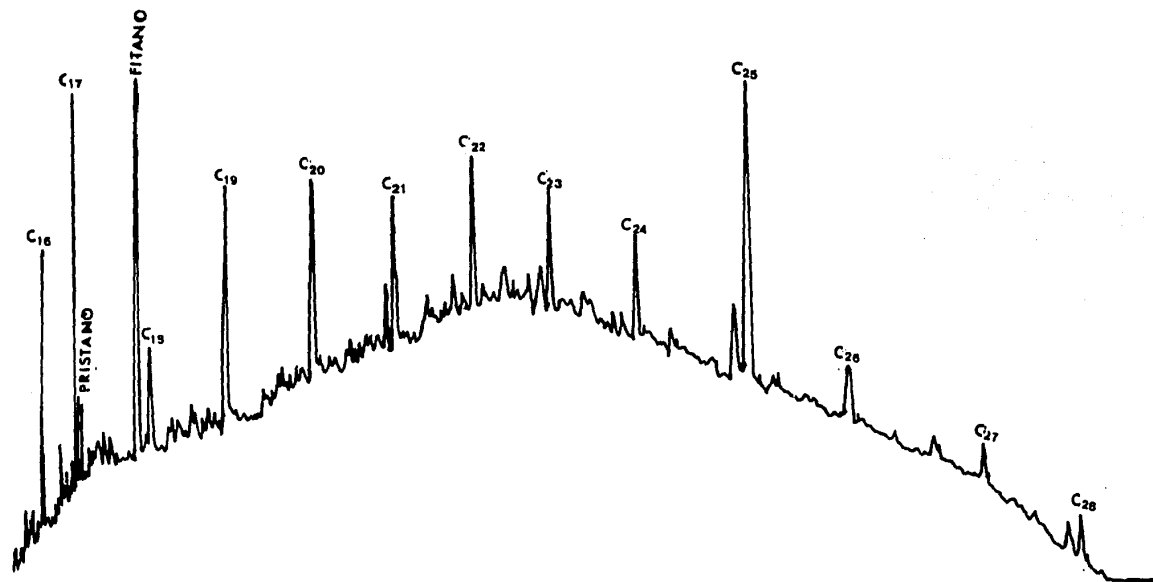


Fig. 16 Cromatograma de la distribución de n-parafinas en C. virginica de la estación de muestreo No.1 en la Laguna de Términos, Campeche, México. (1er. muestreo)



Fig. 17 Cromatograma de la distribución de n-parafinas en C. virginica, correspondiente al segundo -- muestreo de la estación No. 3 en la Laguna de Términos, Campeche, México.

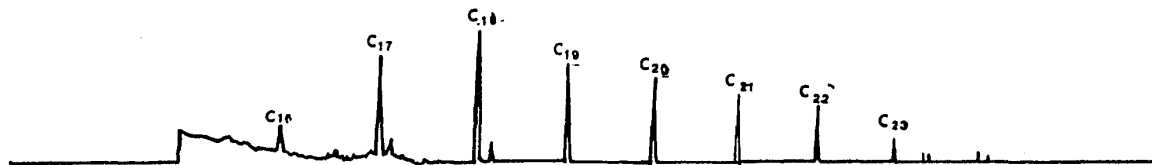
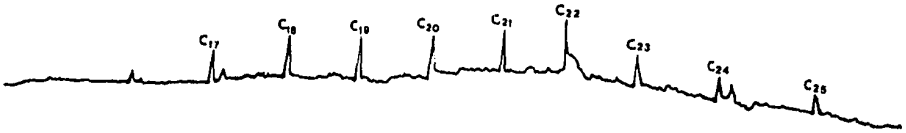


Fig. 18 Cromatograma de la distribución de n-parafinas, presentes en tejidos del ostión C. virginica de la estación No. 1 correspondiente al segundo muestreo en la Laguna de Términos, Campeche, México.



Estación No. 4



Estación 2

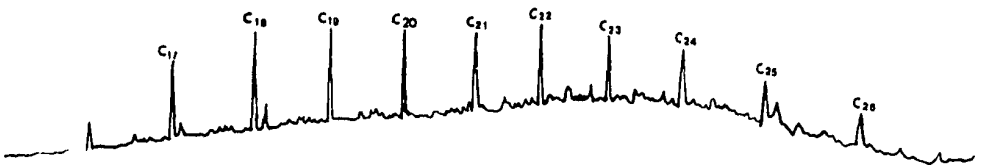


Fig. 19 Cromatogramas de la distribución de n-parafinas en *C. rhizophorae* y *C. virginica* de las estaciones de muestreo 4 y 2 en la Laguna de Términos, Campeche, México. (2do. muestreo).

En los cromatogramas de las Figs. 20, 21 y 22 de la fracción aromática, se identificaron algunos compuestos de núcleo benecénico como el fenantreno, criseno, fluoranteno y los isómeros pristano y fitano, lo cual indica una mezcla de hidrocarburos biogénicos y fósiles, ya que se encuentran presentes el  $C_{20}$  y  $C_{21}$  en la estación de muestreo 1.

Asimismo, para los cromatogramas de las Figs. 23 y 24 se encuentran casi en la misma proporción las concentraciones de n-alcenos, tanto para Crassostrea virginica como para Crassostrea rhizophorae.

Anderson y Neff (1977) demuestran que los hidrocarburos que se bioacumulan en mayores concentraciones en ostiones y almejas son los Naftenos, principalmente el dimetil-naftaleno, in dependientemente del petróleo con que sean contaminados.

Sin embargo, en el presente trabajo, después del análisis cromatográfico no se logró identificar ninguno de estos compuestos, pudiendo inferirse esto a procesos de solubilización de dichos compuestos en la columna de agua o bien a una pérdida rápida de ellos por efectos de evaporación, tal y como sucede en áreas tropicales como resultado de altas temperaturas y alta radiación solar, lo cual hace que su tiempo de residencia sea mínima y su tiempo de intemperismo sea muy elevado (Boteillo y Castro, 1980).

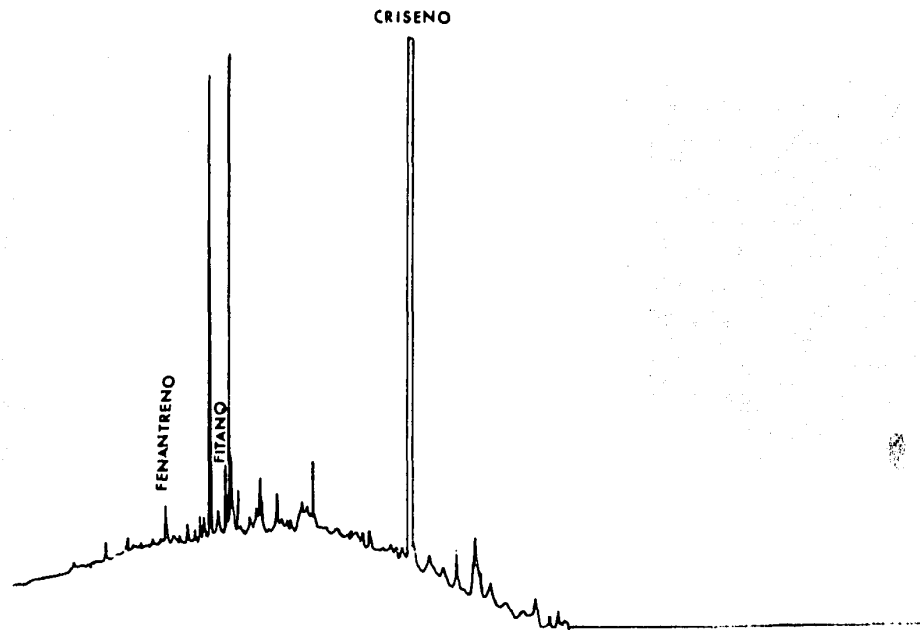


Fig. 20 Cromatograma de la distribución de Compuestos aromáticos presentes en Crassostrea virginica, de la estación de muestreo No. 3 en la Laguna de Términos, Campeche. (3er. muestreo).

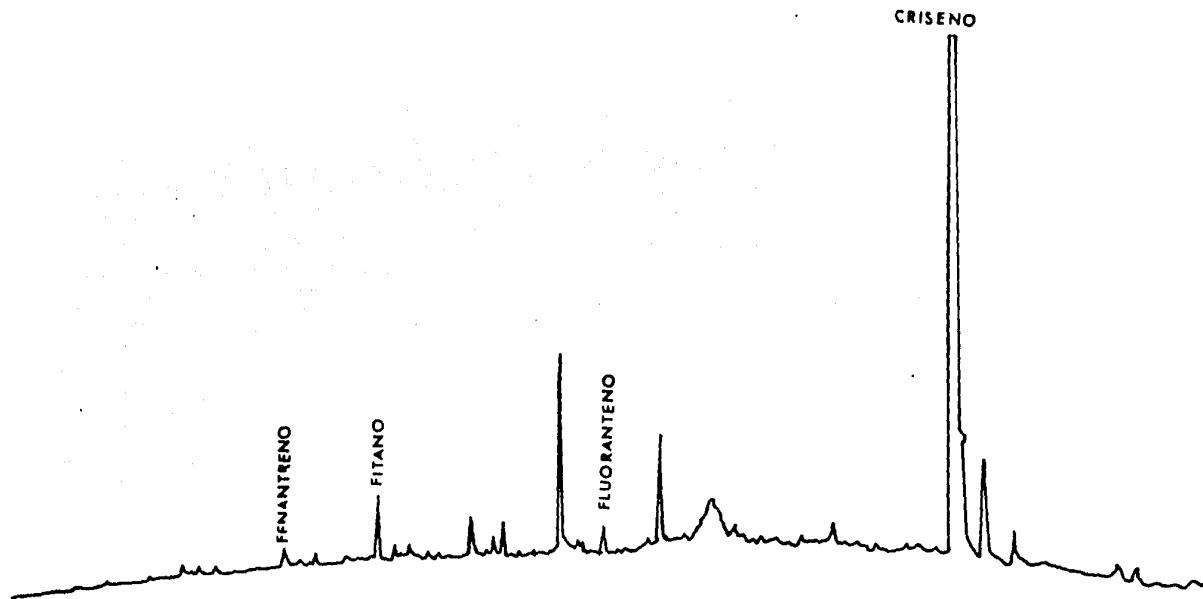


Fig. 21 Cromatograma de la distribución de compuestos aromáticos, presentes en tejidos del ostión *C. virginica* de la estación No. 1, correspondiente al segundo muestreo, en la Laguna de Términos, Campeche, Méx.

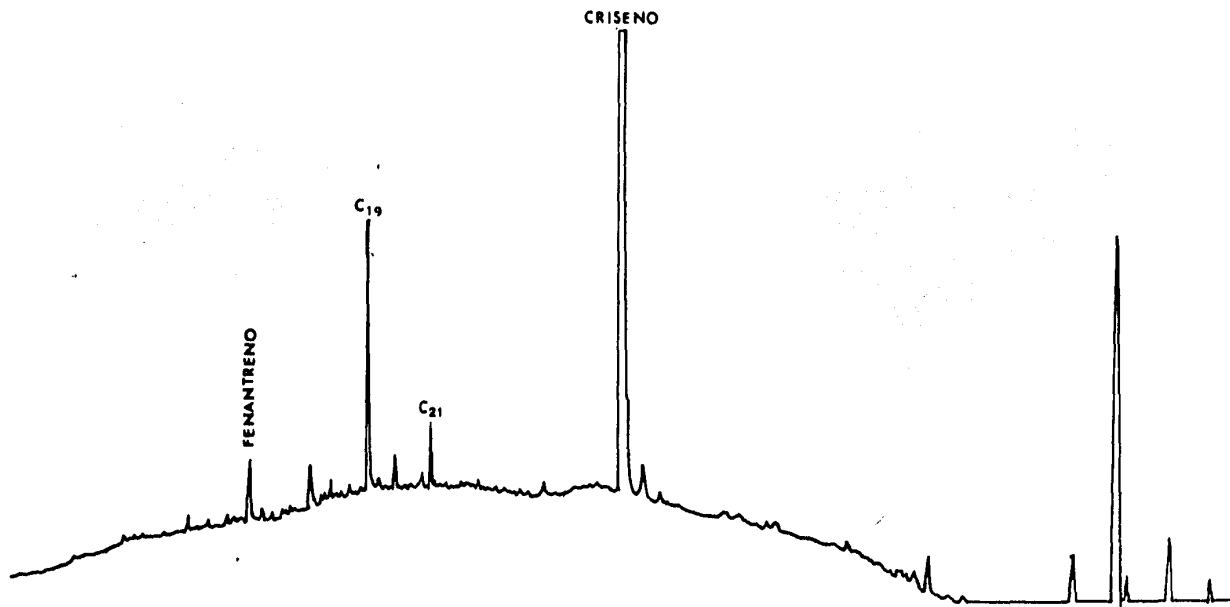
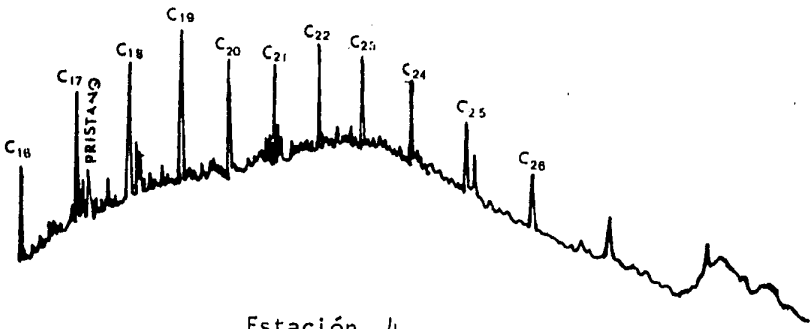
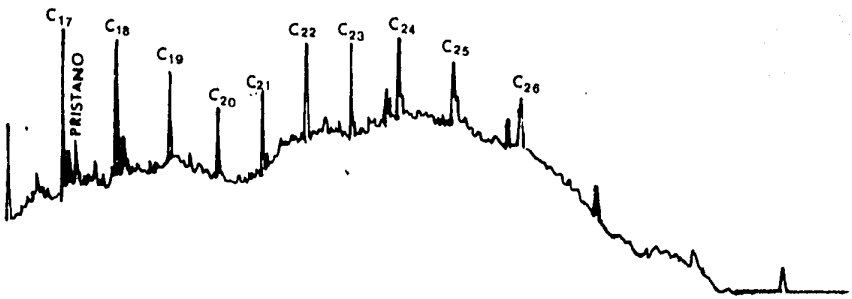


Fig. 22 Cromatograma de la distribución de compuestos aromáticos presentes en tejidos del ostión C. virginica de la estación No.2 correspondiente al segundo muestreo, en la Laguna de Términos, Campeche, México.

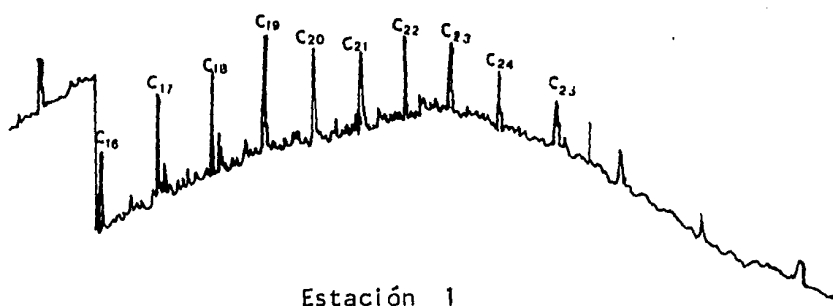


Estación 4



Estación 3

Fig. 23 Cromatogramas de la distribución de n-parafinas en C. rhizophorae y C. virginica, correspondientes al cuarto muestreo de las estaciones 4 y 3 en la Laguna de Términos, Campeche, México.



Estación 2

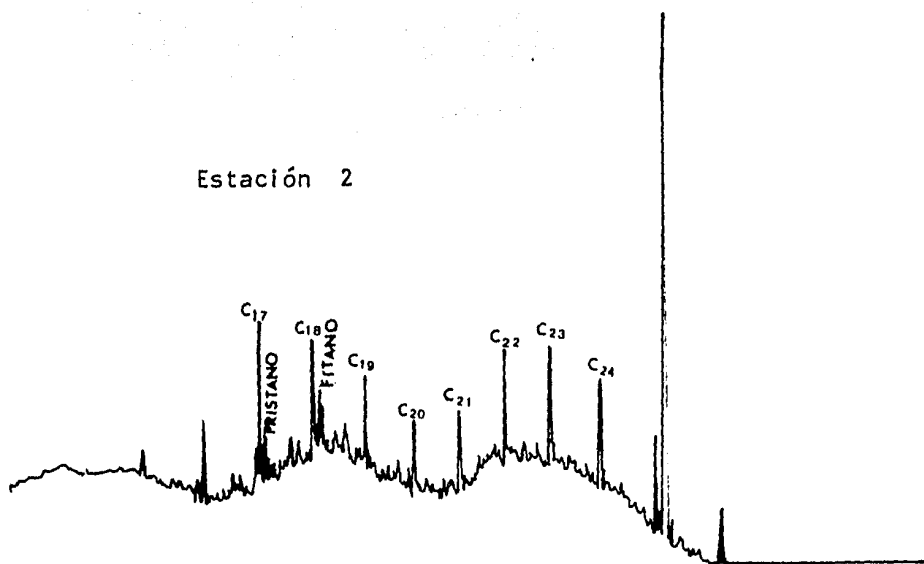


Fig. 24 Cromatogramas de la distribución de n-parafinas en C. virginica, correspondientes al cuarto muestreo en la Laguna de Términos, Campeche, México

## CONCLUSIONES

Los organismos analizados provenientes de la Laguna de Términos, Campeche, no presentan contaminación por hidrocarburos fósiles, ya que a través del análisis cromatográfico sólo se identificaron hidrocarburos biogénicos.

- Según los resultados de esta investigación, los hidrocarburos fósiles existentes, se encuentran en concentraciones menores a las reportadas en la literatura para áreas costeras contaminadas (Botello, 1978a; Castro 1981; Guillén, 1982).
- Existe una relación directa entre los parámetros morfométricos de la especie y su concentración de hidrocarburos. Las mayores concentraciones de n-parafinas se encontraron en el mes de Agosto, en el cual los organismos estudiados alcanzan sus tallas máximas, esto debido a una mayor concentración de tejido lipídico y a la acción lipofílica de los hidrocarburos.
- Aparentemente, los hidrocarburos no biogénicos están siendo aportados a la laguna, a través de la red fluvial como consecuencia de las actividades antropogénicas que se desarrollan en las cercanías del área de estudio. Esto se deduce del hecho que en la temporada de lluvias (Agosto), los ríos alcanzan su mayor cauce y por lo tanto su mayor aporte, fué en la época que se encontraron las concentraciones más altas de n-parafinas y fué determinada la presencia de algunos hidrocarburos fósiles.



- La presencia de hidrocarburos aromáticos en Crassostrea - -  
virginica reportados por Botello (1980) han desaparecido a  
la fecha, debido al alto dinamismo de factores bióticos y -  
abióticos que se presenta en la Laguna de Términos como son:  
mareas, corrientes, oleaje, intemperismo y procesos de - -  
detoxificación de la especie.

## RECOMENDACIONES

La Laguna de Términos es un área que a pesar del intenso desarrollo industrial y petrolero, permanece aún sin signos de contaminación por hidrocarburos del petróleo, si es que se compara con otras áreas costeras del Golfo de México tales como la Laguna de Carmen-Machona, en el Estado de Tabasco, Tamiahua y Tampamachoco en el Estado de Veracruz, en donde los bancos ostrícolas han sido afectados de manera decisiva por la presencia de hidrocarburos petrogénicos, por lo cual es necesario controlar los desechos de las actividades petroleras y demás industrias circundantes al área.

Se deben tomar medidas que permitan establecer lineamientos para el desarrollo correcto de las industrias, ya que son las que aportan grandes cantidades de desechos, entre los que se incluyen diversos contaminantes, mismos que van a dar a la laguna y al mar. La Isla del Carmen carece de sistemas de alcantarillado adecuado, lo cual da como resultado una enorme acumulación de desperdicios que de no evitarse o tomar las medidas necesarias para eliminarlos, provocarán la alteración del medio ambiente y su capacidad para mantener los recursos bióticos, de los cuales vive un 40% de la población.

De igual manera, el área de la Laguna de Términos puede ser empleada en un futuro como un sitio de repoblación de la especie, a diferencia de otras en donde el impacto ambiental las ha llevado a su total extinción.

Es necesario llevar a cabo estudios de vigilancia permanente, sobre la concentración de contaminantes en las áreas costeras, incluyendo la Laguna de Términos, con lo cual se puede detectar:

- El incremento en el grado de contaminación de las diferentes áreas costeras.
- Que áreas son las que están siendo más afectadas.
- Si la contaminación va en aumento, se mantiene estable o decrece.
- La detección y determinación de la velocidad de cambio en la zona costera por efectos de contaminación.

BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, J. W., 1974. Uptake and depuration of Specific Hydrocarbons from Fuel Oil by the Bivalves Rangia cunneata and Crassostrea virginica. En Background papers for a workshop on inputs, Fates and Effects of petroleum. pp. 690-708. National Academic of Sciences, Washington, D. C.
- ANDERSON, J. W., J. M. NEFF & B. A. COX., 1977. The Effects of oil pollution on Estuarine animals; Toxicity, Uptake and depuration and Physiology of marine organisms. Academic Press, New York.
- ANDERSON, J. W., 1977. Responses to Sublethal Levels of petroleum on Estuarine animals: Toxicity.
- ANDERSON, J. W., R. C. CLARK. & STEGEMAN, 1974. Petroleum Hydrocarbons, En: Marine Bioassays Workshop Proceedings, sponsored by API, EPA and Marine Technology Soc. Published by MTS, Wash. D. C., 308 p.
- BLUMER, M., G. SOUSA & J. SASS., 1970. Hydrocarbons Pollution of edible shellfish by an Oil Spill. Mar. Biol., 5: 195-202.
- BLUMER, M. GUILLARD., R. R. L. & T. CHASE., 1971. Hydrocarbons of marine phytoplankton. Mar. Biol., 8: 183-189.
- BLUMER, M., 1972. Oil Pollution: Persistence and Degradation of spilled Fuel Oil. Science 176: 1120-1122.
- BOTELLO, A. V., 1975. Utilización y degradación del petróleo crudo por dos especies de camarón: Penaeus duorarum y Penaeus aztecus. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México., 2(1): 67-72.

- BOTELLO, A. V., E. HICKS., 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.
- BOTELLO, A. V., 1978a. Presencia de Hidrocarburos Fósiles en Ecosistemas Estuarinos del Golfo de México. Rev. Biol. Trop., 26 (Supl. 1): 135-151.
- BOTELLO, A. V. y E. F. MANDELLI., 1978b. Distribution of n-paraffins in Seagrasses, Benthic Algae, Oysters and Recent Sediments from Términos Lagoon, Campeche, México. An. Centro de Cienc. del Mar y Limnol., U.N.A.M., 19 (2): 162-170.
- BOTELLO, A. V., 1978c. Variación de los Parámetros Hidrológicos en la Epoca de Sequía y Lluvias (Mayo y Noviembre de 1974) en la Laguna de Términos, Campeche, México. An. Centro Ciencias del Mar y Limnología., U.N.A.M., 5 (1)
- BOTELLO, A. V., 1979. Presencia é importancia de Hidrocarburos Fósiles en el Medio Ambiente Marino: Nota Científica. An. Centro de Cienc. del Mar y Limnol., U.N.A.M. 6 (1): 1-6.
- BOTELLO, A. V., 1980a. Cuantificación de un derrame Petrolero ocurrido en la Laguna de Términos, Campeche, México. 1976. An. Centro de Cienc. del Mar y Limnol., U.N.A.M., 7 (1): 169-176.
- BOTELLO, A. V., 1980b. Determinación de los Niveles Actuales de Hidrocarburos fósiles en los sistemas lagunares del Estado de Tabasco, México. Informe Técnico. Centro de Ciencias del Mar y Limnología., U.N.A.M. 50 p.

- BOTELLO, A. V., & S. CASTRO, 1980. Chemistry and Natural Leathering of various crudes oil fractions from the Ixtoc-I oil spill, Symp. Ixtoc-I. Researcher/Pierce Cruise, NOAA, Miami, Florida, May, 1980.
- BOTELLO, A. V., & S. A. MACKO, 1980. Presencia de Hidrocarburos Fósiles (n-parafinas) en sedimentos recientes de Lagunas Costeras en el Pacífico de México. An. Centro de Cienc. del Mar y Limnol., U.N.A.M. 7: (1): 159-178.
- BOTELLO, A. V., 1982. Cuantificación de Hidrocarburos Fósiles y Metales Pesados en sedimentos y organismos marinos de la Sonda de Campeche, México. An. Centro de Cienc. del Mar y Limnol., U.N.A.M.
- BOTELLO, A. V. y S. A. MACKO, 1982. Oil Pollution and the Carbon isotope ratio in organisms and recent sediments of coastal lagoons in the Gulf of México. Oceanol. Acta. Proceedings International Symposium on coastal lagoons, SCOR/UNESCO, Bordeaux, France, September, 1981, 55-62.
- BOTELLO et al., 1983. Levels of Organic Pollution in Coastal Lagoons of Tabasco State, México; 1: Petroleum Hydrocarbons. Bull. Environ. Contam., Toxicol. 31., 271-277.
- BOYLAN, D. B. y B. W. TRIPP, 1971. Determination of Hydrocarbons in Sea Water extracts of crude oil and crude fractions. Nature, 230: 44-47.
- BRAVO, H., S. SALAZAR., A. V. BOTELLO y E. P. MANDELLI, 1978. Polyaromatic hydrocarbons in Oysters from Coastal Lagoons along the Eastern Coast of the Gulf of México. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 19 (2): 171-178.

- CARDENAS, F. M., 1969. Pesquerías en las Lagunas Litorales de México. En: Ayala-Castañares A. y F. B. Phleger - (Eds.) Lagunas Coseteras un Simposio. Mem. Simp. Inter. Lagunas Costeras UNAM-UNESCO, Méx., Nov. 28-30, 1967: 645-652.
- CASTRO, G. S., 1981. Determinación de los niveles de Hidrocarburos en sedimentos recientes y en el ostión - - Crassostrea virginica de la Laguna de Mecocacán, - Tabasco, México. Tesis Profesional, Fac. de Ciencias. U.N.A.M.
- CLARK, R. C. y M. BLUMER, 1967. Distribution of n-parafinas - in Marine organisms and Sediments. Limnol. Oceanogr., 12: 79-87.
- CLARK, R. C., FINLEY J. S., 1973. Techniques for analysis of - data to asses oil spill effects in acuatic organisms. En: Prac. Joint Cont. on Prev. and Control Oil - - Spill, Amercian Petroleum Institute, Washington, D. C. 161-171.
- CORNER et al., 1973. Qualitatives studies on the metabolism of naphtalene in Maia squinado, J. Mar. Biol. Assoc. - UK., 53, 819-832.
- DUGAN, P. R., 1972. Biochemical Ecology of Water Pollution. - Plenum Press. New York. 159 pp.
- DUNNIN, A. y C. W. MAYOR, 1977. The Effect of Cold Seawater - Extracts of Oil Fractions Upon the Blue Mussel - - Mytilus edulis, En: Pollution and Physiology of - Marine Organims. Academic Press, New York, 349-366 pp.
- EHRARDT, M., 1972. Petroleum Hydrocarbons in Oysters from - - Galveston Bay. Environ. Poll. 3: 257-271.

- FARRINGTON, J. W. y G. 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., 1983. Bivalves As Sentinels of Coastal - - Chemical Pollution: The Mussel (and Oyster) Watch. - Oceanus. Vol. 26 (12): 18-29.
- GALTSOFF, P. S., 1964. The American Oyster Crassostrea virginica (Gmelin). Fish. Bull. of the F.W.S. V.S. 64., 480 p.
- GILFILLAN, E. S., 1973. Effects of Sea Water Extracts of Crude Oil on Carbon Budgets in Two Species of Mussel. Proc. Joint Conf. on Prevent. Control of Oil spill, American Petroleum Institute. Washington, D.C. - - 691-695 pp.
- GOLDBERG, E. D., 1976. The Health of the Oceans. The U.N.E.S.-C.O. Press. Paris. 172 pp.
- GUILLEN, R. L., 1982. Efectos de la fracción soluble del petróleo procedente del Pozo Ixtoc-I sobre el ostión - Crassostrea virginica (Gmelin). Tesis Profesional. Fac. de Ciencias. U.N.A.M.
- GUNDLACH, R. E., 1977. Oil Tanker Diasters. Environment, 19 - (9): 16-27.
- GUTIERREZ, V., 1973. Establecimientos de Elementos Biológicos, para el cultivo del ostión Crassostrea virginica - (Gmelin) en el Sistema Lagunar Carmen-Machona-Redonda, Tabasco. Tesis Profesional. Fact. de Ciencias U.N.A.M.



- HEITZ et al., 1974. The Accute Effects of Empire Mix. Crude Oil on Enzymes in Oysters, Shrimp and Mullet. En: Pollution and Physiology of Marine Organims. - - Academic Press, New York.
- JACOBSON, S. M. y D. B. BOYLAN, 1973. Effects of Sea Water - soluble fraction of keroseno on chemotaxis in a - marine snail, Nature, 214, 213-215.
- LANKFORD, R. R., 1976. Coastal Lagoons of Mexico: Their Ori- gen and Classification, pp. 182-215. Estuarine - Research Federation, Galveston. Textas (EDS) - - Estuarine Processes. Academic Press, New York.
- La Roche, G., 1973. Analytical Approach in the evaluation of biological damage resulting from spilled Oil: En: U.S. National Academic of Sciences. Background - papers for a workshop on impots, fates and effects of petroleum in the marine environment, Vol. I - Washington, D. C., 347-374.
- LEE, et al., 1972. Petroleum Hydrocarbons: Uptake and - discharge by the marine Mussel Mytilus edulis. - Science., 177: 344-346.
- LEE, R. F., 1975. Fate of petroleum Hydrocarbons in marine - Zooplankton. En: Proceedings of the 1975. Conferen- ce of prevention and Control of Oil Pollution, - Washington, D.C.
- LEE, R. F., 1977. Acumulation and Turnover of petroleum Hydro- carbons in Marine Organims, pp 60-70 En: Fate and Effects of Petroleum Hydrocarbons in Marine Ecosis- tems and Organisms. Pergamon Press, New York.

- LEY-LOU, F., 1979. Algunos Factores Ecológicos-Abióticos en Es-  
tero Pargo, Campeche. Tesis Profesional. Fac. de  
Ciencias, Univ. Nat. Autón. de México, 39 p.
- MACKIN, J. G. y S. H. HOPKINS, 1961. Studies on Oysters Morta-  
lity in relation to Natural Environments and to -  
Oil Fields in Louisiana. Tex. Pub. Inst. Mar. Sci.  
7: 3-131,
- MOOR, S. F. y R. I. DWYER, 1974. Effects of oil on Marine - -  
organims: A. Critical Assesment of Published Data.  
Water Research, 8: 819-827.
- MORRIS, B. F., J.N. BUTTLER, 1973. Petroleum Residues in the -  
Sargasso Sea and on Bermuda Beaches. Proc. Joint.  
Conf. Prevent. Control Oil Spills., 521-530.
- MILEIKOVSKY, S. A., 1970. The Influence of Pollution on Pelagic  
Larvae of Botton Invertebrates in Marine Nersshore -  
and Estuarine Waters. Marin. Biol. (Berlin) 6: - -  
350-356.
- MIRONOV, O. G., 1969. The Influence of Pollution and Emulsifier  
Cleaning of Shore Life in S.W. Britain, Appl. Ecol.  
5: 350-356.
- MIRONOV, O. G., 1970. The Effects of Oil Pollution on the - -  
Flora and Fauna of the Black Sea. FAO Tech. Conf. -  
Mar, Pell. Rome.
- NATIONAL ACADEMIC SCIENCE, 1975. Petroleum in the Marine - -  
Environment National Academic onf Sicence, Workshop  
on Inupts, Fates and the Effects of Petroleum in -  
the Marine Environment, Washington, D.C.
- ODUM, W. E., 1970. Insiduos Alteration of the Estuarine - -  
Environment Trans. Amer. Fish. Soc., 99 (A):386-847.

- ODUM, W. E., 1972. Fundamentals of Ecology. Saunders. Eds. - Philadelphia, 574 p.
- PHLEGER, y AYALA-CASTAÑARES, 1971. Procces and History of the Términos Lagoon. Méxcio. Am. Soc. Petroleum Geol. Bull. 55 (12): 2130-2140 p.
- RAMIREZ, G. R., 1965. Las Ostras de México (Datos biológicos y Planeación de su cultivo) I.N.D.B.P., S.I.C., C.N.-C.P. Pub. 7., p. 7-100.
- ROGERS, N. D., 1980. Evolución Gonádica y Aspectos pesqueros - de Crassostrea virginica y Rangia cunneata del Sistema Fluviolagunar Atasta-Pom, Campeche, México. Tesis de Maestría. Centro de Ciencias del Mar y - - Limnología. U.N.A.M.
- SIMPSON, A. C., 1968. Oil Emulsifier and Comercial Shellfish. En: The Biological Effects of Oil Pollution on Littoral Communities. pp. 1-91.
- SIVAIDER, H. O. y P. G. MIKOLAJ, 1973. Maesurement of Evaporation rates from Oil Slicks on the open Sea. Procce-dings of the Joint. EPA, API, USCG. Conference on - prevention and Control of Oil Spills. Washington, - D.C. March 13-15, 1973: 475-484.
- SOUSA, G. y SASS, 1970. Hydrocarbons Pollution of Edible - - Shellfish by on Oil Spill. Mar. Biol. (5): 195-202.
- STEGEMAN, J. J. y M. J. TEAL, 1973. Acumulation, Release and - retention of Petroleum Hydrocarbons by Oysters. - - Mar. Biol., 22: 37-44.
- VARGAS, I. M., 1977. Las corrientes y el transporte neto de agua en la Laguna de Términos, Campeche, México. Te-sis Profesional. Fac. de Ingeniería, U.N.A.M. 94 p.

VERNEBERG, J. F., 1974. Pollution and Physiology of marine -  
Organisms. Academic Press. New York. pp. 492.

YANEZ-ARANCIBIA, 1975. Estudios de Peces en las Lagunas - -  
Costeras: Nota Científica. An. Centro de Cienc.  
del Mar y Limnol. U.N.A.M. 5 (1): 285-306.

YANEZ-ARANCIBIA, A. y R. S. NUNGET, 1977. El papel ecológico  
de los peces en estuarios y Lagunas costeras. An:  
Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. de - -  
Méx., 4 (1): 107-114.

YANEZ-ARANCIBIA, A. AND L. W. DAY, 1981. Ecological characte  
rization of Términos Lagoon Estuarine System -  
in the Southern Gulf of México. In: Iscol UNESCO  
1981. Bordeaux France (in Press).