



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES**

**" I Z T A C A L A "**

***Determinación de Plaguicidas Organoclorados en Sedimentos y Organismos (moluscos y peces) de Lagunas Costeras en el Sureste de México***

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**B I O L O G O**

**P R E S E N T A :**

**LUCIA RUEDA QUINTANA**



**MEXICO, D. F.**

**1993**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

El presente trabajo se realizó bajo la Dirección del Dr. Gilberto Díaz González, en el Laboratorio de Contaminación Marina del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la U.N.A.M., con la Asesoría del Dr. Alfonso Vázquez Botello, responsable de dicho laboratorio.

A Dios, por permitirme  
ser quien soy.

A la memoria de mis abuelitos  
Juana V. y Pedro R.

A mis padres y hermanos,  
por su apoyo y estímulo  
constante.

Al Dr. Edgar Sampertegui,  
con admiración y respeto.

## A G R A D E C I M I E N T O S

Expreso mi más sincero agradecimiento:

Al DR. Gilberto Díaz González por la acertada dirección y confianza brindada en la realización de este manuscrito.

Al Dr. Alfonso Vázquez Botello por su apoyo durante la elaboración de este estudio, valiosas observaciones y sugerencias al trabajo.

A los integrantes del jurado: Q.F.B. Irma Delfin Alcalá, M. en C. Javier Alcocer Durand, Biól. Alfonso Lugo Vázquez y al Biól. José Luis Muñoz López. Por las observaciones y críticas constructivas para el mejoramiento de esta tesis.

A la M.en C. Guadalupe Ponce Vélez por su invaluable apoyo y estímulo durante la elaboración de este estudio.

Al personal del Centro de Computo del I.C.M. y L., especialmente a Ma. del Carmen Ramos e Ignacio Palomar por su importante y desinteresada ayuda en la impresión.

Al Lic. Julio Blanquel R. (E.R.S.A) por su gran estímulo e invaluable ayuda en la impresión del presente manuscrito.

A mi amiga y compañera Elizabeth Velazquez (E.R.S.A.) por las oportunas sugerencias aportadas.

A mis compañeras del Lab. de Contaminación Marina, por su apoyo y estímulo constante para seguir adelante.

## CONTENIDO

Página

### RESUMEN

1. INTRODUCCION .....	1
1.1 Plaguicidas .....	1
A) Generalidades de plaguicidas organoclorados .....	2
B) Modo de Acción .....	3
C) Destino de los plaguicidas.....	3
D) Plaguicidas organoclorados en agua.....	5
E) Plaguicidas organoclorados en sedimentos.....	5
F) Plaguicidas organoclorados en organismos marinos .	7
2. OBJETIVOS .....	9
3. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO .....	10
Laguna del Carmen, Tabasco. ....	10
Laguna de Machona, Tabasco. ....	13
Laguna de Alvarado, Veracruz. ....	15
4. MATERIALES Y METODOS .....	19
4.1. Colecta del Material .....	19
4.2. Análisis Químico .....	20
A) Extracción y Purificación de Plaguicidas Organoclorados en sedimentos y organismos ...	20
B) Determinación de carbono orgánico total .....	25
5. RESULTADOS Y DISCUSION.....	26
5.1. Laguna del Carmen .....	26
A. Sedimentos .....	26
B. Ostión ( <i>Crassostrea virginica</i> ).....	31
5.2. Laguna de Machona .....	38
A. Sedimentos .....	38
B. Ostión ( <i>Crassostrea virginica</i> ) .....	43
5.3. Laguna de Alvarado .....	51
A. Sedimentos .....	51
B. Ostión ( <i>Crassostrea virginica</i> ) .....	55
C. Peces	
Mojarra rayada ( <i>Eugerres plumieri</i> ) .....	57
Robalo( <i>Centropomus undecimalis</i> ) .....	60
6. CONCLUSIONES .....	69
7. RECOMENDACIONES.....	71
8. LITERATURA CITADA .....	72

Que son  
Importancia

## 1. INTRODUCCION

Las lagunas costeras son cuerpos acuáticos litorales que tienen en su mayoría comunicación permanente o efímera con el mar, y son el encuentro entre dos masas de agua de diferentes características, lo que causa fenómenos peculiares en su comportamiento físicoquímico y biológico.

Así, las lagunas costeras conforman ecosistemas con una alta productividad. Es decir, al recibir un aporte energético considerable unido a los procesos ecológicos fundamentales en estos sistemas, la energía disponible es claramente mayor comparada con la de otros sistemas acuáticos (Contreras, 1985).

También sostienen tramas tróficas delicadas y cortas, lo que en primer lugar ofrece recursos pesqueros de incalculable valor. No obstante, estos ecosistemas están siendo afectados por la actividad humana. Por su propia conformación, las áreas estuarinas son lugares que propician la acumulación de diversos materiales antes de su difusión y dilución en el mar.

En nuestro país los asentamientos humanos en zonas costeras no cuentan generalmente con plantas previas de tratamiento de aguas de desecho, y éstas se vierten directamente sobre ríos y esteros.

Asimismo, la incontrolable expansión de las fronteras agrícolas y ganaderas, característica de una nación exportadora de materias primas, ha alterado poco a poco las zonas costeras, además de los ricos habitats propios del trópico que se interrelacionan con los sistemas acuáticos costeros. Se modificaron cauces de ríos y miles de hectáreas se dedican actualmente al pastoreo, a la agricultura y como consecuencia de ello se emplean cantidades masivas de agroquímicos, entre los cuales encontramos a los plaguicidas organoclorados.

### 1.1. PLAGUICIDAS

En México, el uso de los plaguicidas y fertilizantes tanto para propósitos de agricultura como para la salud pública se inició en el año de 1946.

Actualmente se usan en México alrededor de 900 principios activos de plaguicidas formulados aproximadamente en 60 000 preparaciones comerciales. El país fabrica 36 ingredientes activos para plaguicidas, entre los que se encuentran los plaguicidas organoclorados: DDT, hexaclorobenceno (HCB), toxafeno y endrín. El Catálogo Oficial de Plaguicidas (Diario Oficial de la Federación, 1991), registra 250 ingredientes activos que pueden ser empleados en el país.

Actualmente la superficie agrícola de los municipios productivos abarca más de un millón de hectáreas en la que se siembran algodón, trigo, maíz, frijol, arroz, soya, sorgo y cártamo, diversos frutales como naranja, mango, melón, sandía, piña y plantaciones de café, caña de azúcar, y henequén principalmente.

Con el objeto de evitar pérdidas en la producción agrícola y para la protección de las mismas contra las plagas nocivas, el empleo de los insecticidas, herbicidas y fungicidas es frecuente en todas las zonas agrícolas del país.

Dentro de los plaguicidas más utilizados por la agricultura y salud pública para combatir las plagas, los organoclorados constituyen uno de los grupos de mayor importancia, dadas sus características que les permiten una mayor estabilidad frente a diferentes condiciones climáticas, sufriendo lentas transformaciones que no eliminan por completo sus efectos tóxicos (Almeida, 1982)

#### A. GENERALIDADES DE PLAGUICIDAS ORGANOCORORADOS

Dentro de las propiedades más importantes de los plaguicidas organoclorados se considera su persistencia en el ambiente, tanto biótico como abiótico. La persistencia es la capacidad de una sustancia de permanecer estable, sin modificaciones. Los plaguicidas organoclorados se encuentran en la categoría de persistentes ya que su tiempo promedio de degradación es de 5 años, esto se debe a que sus estructuras químicas son muy estables por lo que se degradan lentamente sólo en condiciones ambientales extremas.

Considerando su estructura los plaguicidas organoclorados se pueden clasificar en 3 grupos principales:

##### 1) Derivados halogenados de hidrocarburos alicíclicos

El principal representante de este grupo es el hexaclorociclohexano, llamado por algunos autores BHC. El BHC técnico es una mezcla en proporciones variables de ocho isómeros y contiene además cantidades menores de subproductos como el heptaclorociclohexano y octaclorociclohexano. Los isómeros difieren en la orientación espacial de los enlaces cloro-carbono, y de ellos sólo el Gamma BHC (lindano), tiene actividad insecticida (Fig. 1).

##### 2) Derivados halogenados de hidrocarburos aromáticos

El compuesto más importante de este grupo es el diclorofeniltricloroetano o DDT. El producto comercial de grado técnico es una mezcla compleja de compuestos, en la que el isómero p,p'-DDT constituye el 72 % aproximadamente. Este compuesto posee propiedades insecticidas importantes.

Las propiedades químicas y bioquímicas del DDT se deben a la presencia de anillos aromáticos clorados y al grupo triclorometilo. El p,p'-DDT es muy estable pero bajo ciertas condiciones, incluyendo la biotransformación, este compuesto se convierte en un derivado conocido como p,p'-DDE, el cual carece de propiedades insecticidas pero es más estable y persistente que el DDT. Las propiedades fisicoquímicas de sus análogos, entre ellos; el p,p'-DDD ó TDE son similares a las del DDT (Fig. 1).

### 3) Derivados halogenados de hidrocarburos ciclodiénicos

La principal característica química de este grupo es la existencia de un puente endometilénico. El aldrín de grado técnico contiene 82 % del isómero endo, exo y es químicamente estable, pero en presencia de peróxidos del ambiente y de organismos, se oxida para transformarse en su epóxido, conocido como dieldrín. Las propiedades fisicoquímicas de éste son similares a las del aldrín pero tiene mayor toxicidad y persistencia. El endrín es el insecticida organoclorado de mayor toxicidad (Fig. 1).

#### B. MODO DE ACCION

Estos compuestos tienen afinidad hacia las membranas, por lo que pueden unirse con las lipoproteínas de la membrana nerviosa y alterar su permeabilidad hacia los iones de sodio y potasio. En mamíferos, peces y algunos insectos los síntomas debidos al contacto con DDT y sus análogos son hiperactividad, temblores y finalmente parálisis; estos síntomas sugieren que existe un efecto sobre los nervios periféricos que provoca una acción muscular involuntaria.

En el caso de los compuestos ciclodiénicos, la configuración estereoquímica de los anillos (endo-exo o endo-endo) tiene gran influencia en la actividad insecticida. Entre los insecticidas ciclodiénicos, el aldrín y el heptacloro se convierten con facilidad en sus respectivos epóxidos: dieldrín y heptacloro epóxido, los cuales también son biocidas y tienen mayor persistencia que sus precursores. Estos plaguicidas son neurotóxicos y actúan preferentemente en los ganglios nerviosos periféricos, a lo largo de los nervios del organismo, probablemente por formación de cargas complejas de transferencia en la membrana presináptica (Albert, 1990).

En otros organismos, los plaguicidas alicíclicos pueden interactuar con los poros de la estructura lipoproteínica de los nervios del organismo y distorsionar la transmisión de los impulsos nerviosos, pudiendo llegar a causar la muerte del organismo.

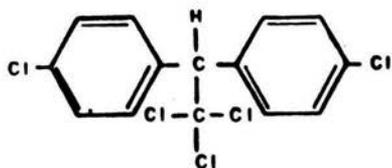
#### C. DESTINO DE LOS PLAGUICIDAS

Los plaguicidas pueden entrar al medio a través de diferentes vías 1) por la aplicación de estos compuestos en las zonas agrícolas, en los distritos y unidades de temporal y de riego, en este caso los compuestos aplicados en los suelos agrícolas, son transportados finalmente a través de drenes, escurrimientos y ríos a las lagunas costeras y de ahí al ambiente marino (Albert, 1990), 2) por aplicación directa a los sistemas acuáticos para el control de larvas, algas y otras malezas acuáticas, 3) por transporte atmosférico de partículas, constituyendo esta última una de las principales vías de entrada de dichos agroquímicos hacia los sistemas costeros y marino (Goldberg, 1979).

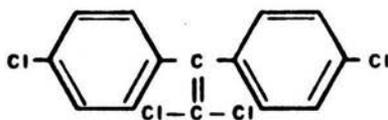


BHC (Lindano)

A.

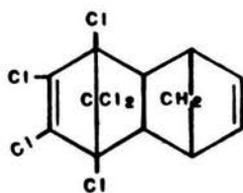


p,p'-DDT

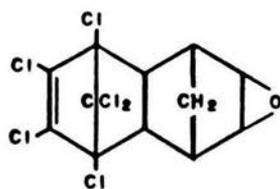


p,p'-DDE

B.



ALDRIN



DIELDRIN

C.

Fig. 1. ESTRUCTURA DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS, A) ALICICLICOS B) AROMATICOS Y C) CICLODIENICOS.

El destino y los efectos de los plaguicidas dependen de sus características fisicoquímicas, dinámica del área, la frecuencia de los aportes continentales, el tipo y concentración del plaguicida, las características biológicas del ambiente y de los demás organismos, así como de la presencia de otros xenobióticos (Rosales, 1979).

Los residuos de plaguicidas organoclorados pueden encontrarse en el aire en forma de vapor, aerosol, o bien, asociados con partículas sólidas. Una vez en el aire, estos compuestos se encuentran sujetos a transformaciones químicas y fotoquímicas debidas a la presencia de agentes oxidantes y catalíticas, a la luz solar y a otros reactantes (Fig. 2).

La tasa de entrada y la distancia a la cual se mueven los plaguicidas dependen de sus características fisicoquímicas (presión de vapor, coeficiente de partición octanol-agua), características químicas y de las condiciones meteorológicas del área. En el ambiente los plaguicidas se transforman en otros compuestos, algunas veces más tóxicos que el compuesto original.

#### **D. PLAGUICIDAS ORGANOCORADOS EN AGUA**

Los plaguicidas organoclorados sufren procesos de transformación como la oxidación. Muchos plaguicidas y sus productos de transformación presentes en el aire y en el suelo se transportan a los ecosistemas acuáticos. En el agua, los plaguicidas pueden ser degradados, permanecer sin cambios, regresar a la atmósfera por volatilización o bioconcentrarse en los organismos de dichos ecosistemas.

Los efectos de estos compuestos sobre los ecosistemas acuáticos no solo dependen de las características del tóxico y de su concentración, sino de la naturaleza y biología del ecosistema.

Los factores limitantes para la oxidación fotoquímica son el oxígeno y la luz, siendo el primero uno de los más importantes en el inicio de la degradación de los plaguicidas. Sin embargo, estos factores no son limitantes en las lagunas costeras, la degradación de DDT produce el metabolito p,p'-DDE por medio de microorganismos o reacciones fotoquímicas (Patil *et al.*, 1972).

#### **E. PLAGUICIDAS ORGANOCORADOS EN SEDIMENTOS**

Una parte considerable de los hidrocarburos clorados que llegan al mar se deposita rápidamente en los sedimentos costeros (Goldberg, 1979). Las partículas suspendidas en las aguas costeras pueden ser eficaces para sustraer los residuos de DDT disueltos y transportarlos a los sedimentos. La adsorción puede producirse tanto sobre partículas orgánicas como minerales (Weber, 1972).

La persistencia de los hidrocarburos organoclorados en sedimentos es variable, ya que cada tipo de sedimento es un complejo sistema con características determinadas por su origen, el rango de



tamaño de partícula y el contenido de materia orgánica y material coloidal; así como el tipo de flora y fauna que estén presentes en el sedimento. Se ha encontrado que la adsorción de DDT en los sedimentos aumenta en función de la cantidad de humus presente en la materia orgánica.

#### F. PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS EN ORGANISMOS MARINOS

Los plaguicidas organoclorados son altamente persistentes en el medio y poseen capacidad para bioconcentrarse, bioacumularse y biomagnificarse y producir de esta manera una toxicidad aguda sobre organismos acuáticos (Johnson, 1968).\*

Algunos plaguicidas son particularmente tóxicos al zooplancton, larvas de insectos y poblaciones de peces (destrucción de las branquias). Los efectos de estos compuestos pueden ser letales o subletales, o bien alterar ciertos procesos biológicos en los organismos; tales como la tasa de crecimiento y de sobrevivencia.

Existe un mecanismo de concentración progresiva de algunos plaguicidas organoclorados en las aguas superficiales marinas y su transferencia en la cadena trófica, por lo que se considera de interés valorar la importancia de los organismos de los diferentes niveles tróficos en la contaminación de la biomasa marina (Brown, 1978).

Según Conell y Miller (1984) los niveles de residuos de plaguicidas organoclorados dependen de las tasas de captación (absorción) y pérdida de los contaminantes (excreción), más que de la posición del organismo en la trama alimenticia.

Estos compuestos tienen un efecto negativo sobre el crecimiento de los organismos y aumentan la mortalidad más allá de cierto umbral: su fijación en el fitoplancton parece ser extremadamente rápida.

La concentración de compuestos organoclorados se realiza por dos vías: una rápida, por efecto del baño (difusión) y la otra más lenta a través de la cadena trófica (alimento). La concentración es mayor cuanto menor es la talla y ello corresponde al predominio de la concentración por absorción directa.

Son escasos los estudios de datos fisiotoxicológicos relativos a los invertebrados marinos, en particular en el caso de las intoxicaciones crónicas.

Estos productos no sólo causan la muerte a los peces, sino que tienen además otros efectos que provocan una disminución en sus poblaciones, como la bioconcentración en órganos específicos (sobre todo hígado, riñones y sistema nervioso), inhibición de las tasas de crecimiento, alteración de la gametogénesis y la fecundación, eliminación de especies sensibles, desfasamiento en tiempos de desove, teratogénesis con mortandad final, inhibición de la madurez sexual e inhibición enzimática y de la síntesis proteínica (Alpuche, 1991), así como pérdida de apetito, reacción

más lenta a estímulos externos, baja resistencia a las enfermedades, daño al sistema nervioso central que da como resultado la inestabilidad, dificultades respiratorias y movimientos lentos o inactividad (Botello y Paez, 1986).

Entre otros autores que han reportado niveles de concentración de plaguicidas en organismos del medio acuático se tienen los siguientes trabajos: Marcus y Renfrow (1990) detectaron concentraciones de DDT con valores en un intervalo de 14 a 15.6 ug/kg en *Crassostrea virginica*, de 7.69 a 372 ug/kg en *Callinectes sapidus* en Carolina del Sur, U.S.A. Por otro lado, Mugachia et al. (1992) encontró valores promedio de p,p'-DDT en un intervalo de 0.011 a 2.67 mg/kg en el Río Athi, Kenya.

En tanto que para las lagunas costeras del Golfo de México se tienen los trabajos realizados por Rosales y Alvarez (1979) quienes detectaron niveles de DDT que oscilaban entre 0.32 y 2.28 ppb para sedimentos en la laguna del Carmen-Machona y de 0.2-17.2 ppb para bivalvos en las áreas mencionadas. En lo que respecta a la laguna de Alvarado se tienen los reportes de Rosales, 1979 quien encontró valores promedio de 1.3 ppb para sedimentos y 9.3 ppb para organismos.

En general, el daño biológico de estos compuestos orgánicos (hidrocarburos organoclorados) o sus productos de degradación es mucho más grave si el contaminante se presenta en una zona costera o un ambiente estuarino; la zona intermareal es la más afectada, pues en ella hay mayor diversidad y abundancia de especies, así como también existen ahí los estadíos juveniles de muchas especies oceánicas (Botello y Paez, op. cit.).

Las observaciones y datos anteriores permiten visualizar la importancia de la realización de un diagnóstico ambiental a corto plazo en relación a los derivados organoclorados, cuyos resultados permitan la identificación de las diversas fuentes de origen, la concentración actual, la liberación y dispersión de contaminantes orgánicos, para poder así determinar el posible impacto que estos compuestos tendrán sobre las poblaciones biológicas que en las zonas costeras se desarrollan.

## 2. OBJETIVOS

- 2.1. Identificar y determinar los niveles de hidrocarburos organoclorados presentes en 1) sedimentos recientes, 2) peces de importancia comercial (*Centropomus undecimalis* y *Eugerres plumieri*) y 3) ostión (*Crassostrea virginica*), durante dos periodos estacionales en las lagunas costeras de Carmen-Machona, Tabasco y Alvarado, Veracruz.
- 2.2. Determinar si existen diferencias temporales en la concentración de hidrocarburos organoclorados, en sedimentos recientes, peces y ostión en el área de estudio.
- 2.3. Determinar si existe alguna relación entre los plaguicidas organoclorados detectados en organismos con los encontrados en sedimentos
- 2.4. Determinar si existe una relación entre la concentración de hidrocarburos organoclorados y la cantidad de carbono orgánico total (COT) presente en los sedimentos.

### 3. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

#### 3.1. LAGUNA DEL CARMEN, TABASCO.

Se localiza en el norte de Tabasco, en el litoral del Golfo de México, entre los paralelos  $18^{\circ} 14'$  y  $18^{\circ} 18'$  latitud Norte y los meridianos  $93^{\circ} 45'$  y  $93^{\circ} 53'$  longitud Oeste. (Fig. 3 y 4).

La Laguna del Carmen tiene una extensión aproximada de 8,800 ha. con una profundidad media de 1.80 m; posee comunicación permanente con el mar en su extremo poniente a través de un canal natural denominado "Barra de Santa Ana". Esta barra varía en forma y profundidad a través del tiempo. Presenta profundidades en el canal natural hasta de 4m. Desde el aire se observan claramente bajos que impiden la libre circulación del agua y forman una barra interior en la cual se aprecia la invasión de arenas hacia el interior de la laguna.

El clima del área es cálido húmedo con lluvias en verano (García, 1973). La temperatura media anual es de  $26^{\circ}\text{C}$ . La precipitación pluvial es de 1,500 mm/año. Los vientos dominantes proceden del NE o del SE con velocidad media de 5 a 8 Km/h.

El clima de la región se caracteriza por ser tipo Am(f)w<sup>(1)</sup>, con vientos dominantes del Noreste. Se trata de la región hidrológica 29, cuyas características principales son:

	Mínima	Máxima	
Evaporación	916	2021.7	mm anual
Precipitación	379	5394	mm anual
Temperatura	2	48	$^{\circ}\text{C}$
Gasto máximo	9000		m <sub>3</sub> /seg

En cuanto a su origen, Lankford (1977) la clasifica dentro del tipo II-A; Carranza-Edwards *et al.* (1975) en la unidad morfotectónica III.

Este cuerpo acuático forma parte del sistema estuarino-lagunar Carmen-Machona; lagunas que se comunican entre sí por un canal de nombre Pajonal. El sistema tiene un par de lagunas asociadas y de menor tamaño: La Palma con 11 km y la Redonda con 6 km; la primera es producto de inundación, y la segunda tiene un origen similar a la del Carmen y la Machona.

En el extremo Noreste de la laguna del Carmen, está la punta "El Caballito", y frente a ésta se localiza el Campo Arjona, comprendido en el cordón litoral y el cual separa las lagunas del mar. De esta zona hacia el Este se encuentra la laguna que intercomunica el Carmen con la Machona y que tiene área aproximada de 9 km. Esta laguna de intercomunicación se extiende desde la zona "Del Caballito" en el Carmen hasta la punta conocida como "De Sishal", la cual ya se halla en la Machona. (Fig. 4).

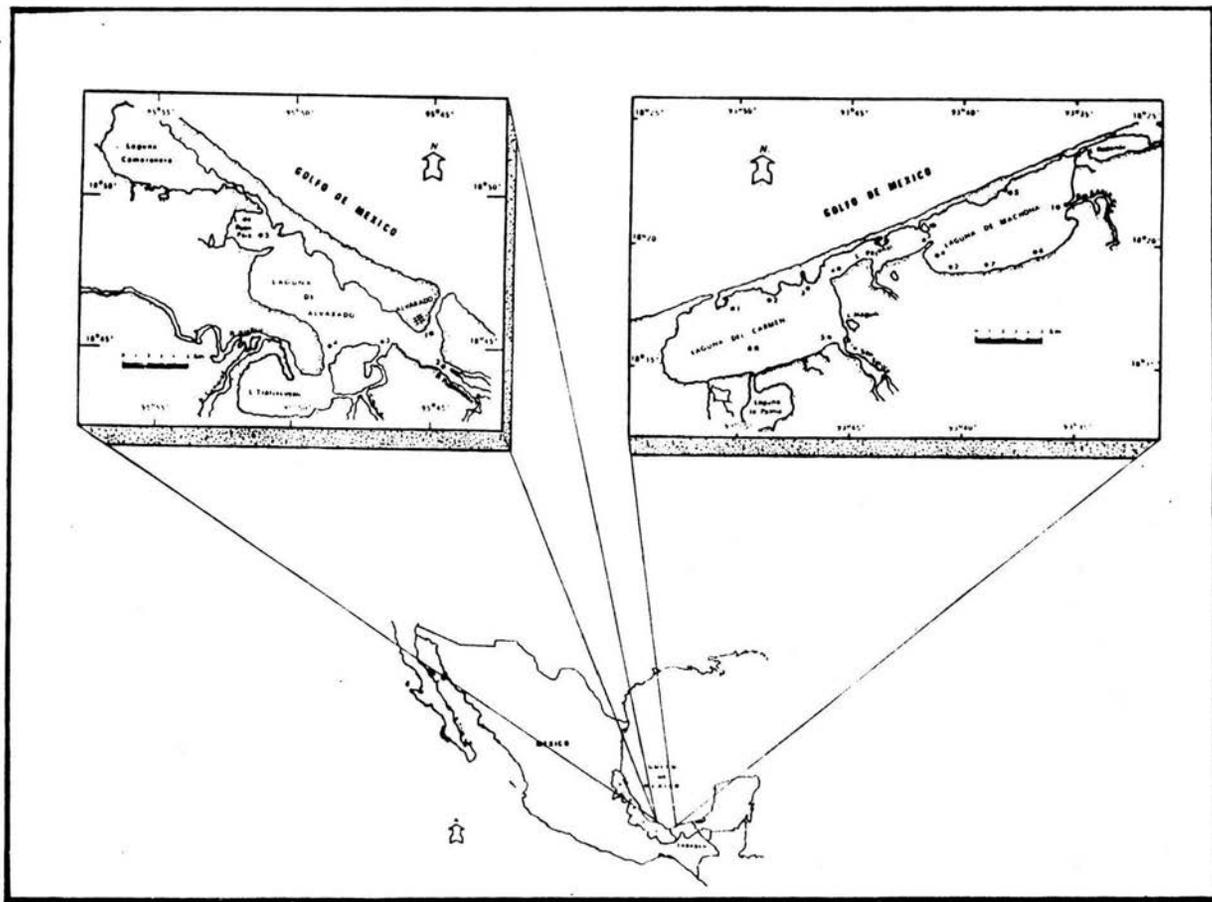


Fig. 3. AREA DE ESTUDIO

En la actualidad las lagunas del Carmen y Machona están casi separadas en su parte media; ésta segmentación se debe principalmente a procesos de sedimentación y de crecimiento orgánico, asociados con el oleaje, la marea y las corrientes (Gutiérrez et al., 1978).

Los sedimentos son principalmente limo-arcillosos y limo-arenosos. La Laguna del Carmen se rodea de mangle (*Avicennia nitida*) y en su interior crecen importantes bancos ostrícolas de la especie *Crassostrea virginica* (Medina, 1981).

Los bancos de ostión comprenden amplias áreas en especial hacia el NNE de la laguna el Carmen donde son abundantes y están cubiertos por materiales finos; la profundidad es de 0.60 a 1.0 m.

#### Hidrología

	Mínima	Máxima
Temperatura	23.80	31.80 °C
Salinidad	1.50	36.70 o/oo
Oxígeno disuelto	1.40	5.70 ml/l
N-NH <sub>4</sub>	1.40	90.80 µg-at/l
P-PO <sub>4</sub>	0.40	6.90 µg-at/l
Clorófila a	0.10	73.80 mg/m <sup>3</sup>
Productividad primaria bruta	0.0	164.20 mgC/m <sup>3</sup> /hr

La composición planctónica de la laguna del Carmen se da principalmente por algas, dentro de estas se encuentran grandes comunidades de diatomeas *Skeletonema*, *Rhizosolenia*, *Biddulphia* y densas poblaciones de dinoflagelados (*Ceratium*, *Peridinium*, *Goniaulax* y *Dynophysis*). Los integrantes zoo-planctónicos de éste sistema son principalmente temporales, como estados larvarios de algunos crustáceos decápodos, por ejemplo, la larva zoea de cangrejo azul o jaiba (*Callinectes sp.*) y larvas de *Crassostrea virginica*. El zooplancton permanente se caracteriza por foraminíferos, copépodos y ostrácodos (CECODES, 1981).

La ictiofauna consta de los siguientes géneros: *Mugil cephalus* (lisa), *Lutjanus sp.* (tronadores), *Centropomus sp.* (robalo), fam. Gerridae (mojarras), *Trachinotus sp.* (pampano).

El de Carmen-Machona en comparación con otros sistemas estuáricos del Golfo de México, presenta las más altas concentraciones de contaminantes. Tanto en organismos como en los sedimentos. Estas lagunas sufrieron un impacto ambiental por la ruptura de la Barra de Alacrán a partir de finales de 1975 y principios de 1978, lo cual pudo causar la baja que se registró durante los años posteriores en las pesquerías del ostión; además, provocó un cambio hidrológico (Rodríguez, 1982).

### 3.2. LAGUNA MACHONA, TABASCO.

Pertenece al municipio de Cárdenas, Tabasco; se ubica entre los 18°20' con 18°24' latitud Norte y los 93°45' y 93°55' longitud Oeste. (Fig. 3 y 4).

La Laguna el Carmen y la Machona son paralelas a la línea de costa actual. Estas se encuentran unidas entre sí por la Laguna Pajonal, cuerpo lagunar angosto de 9.0 Km de longitud y 1.0 Km de anchura media.

El área total cubierta por las lagunas es de 190 Km<sup>2</sup>, aproximadamente, sin incluir a las pequeñas lagunas La Palma y La Redonda. Las áreas mínimas estimadas son: La Laguna el Carmen, 90,0 Km<sup>2</sup>, Laguna Pajonal, 14 Km<sup>2</sup> y la Laguna la Machona, 84.0 Km<sup>2</sup>.

Presenta una superficie aproximada de 8500 ha con una profundidad de 2.50 m. La comunicación del estuario con el Golfo de México se realiza a través de la artificial Boca de Panteones.

El clima es del tipo Am (f)w"(i)g, con vientos dominantes del Noreste y la región hidrológica es la 29.

De acuerdo con Lankford (op cit), el origen de éste sistema acuático es del tipo II A; Carranza-Edwards et al., (op cit) ubican este en la unidad morfotectónica III.

La Machona guarda una forma bastante redondeada; además, posee menor superficie que la del Carmen. Por su margen Este, desemboca el río Santa Ana. En las riberas de la Laguna se localizan algunas pequeñas rancherías. En el extremo Noreste de la Machona se divisa un canal profundo (50 m de ancho y 4 m de profundidad), que se comunica a la Laguna del Arrastradero con la Machona. Esta ocupa una superficie de 4.5 km<sup>2</sup>. (Fig. 4).

La vegetación que circunda a la laguna es típica de las zonas tropicales lluviosas y está caracterizada por los bosques tropicales de manglar, con árboles de mangle negro (*Rizophora germinans*) y de mangle rojo (*Rizophora mangle*), de hasta 4 m. de altura, que se extienden hacia los ríos y lagunas adyacentes; la distribución de este tipo de vegetación está controlado por la influencia de la marea (Phleger y Ayala-Castañares, 1972), por la disponibilidad de agua dulce, por la insolación, por la temperatura ambiental y por la textura de los sedimentos.

En la ribera sur de ambas lagunas (Carmen-Machona) hay crecimientos aislados de pantanos de manglar, de escaso desarrollo y expuestos a la erosión causada por el oleaje lagunar. La vegetación circundante se constituye principalmente de vegetación de pantano (mucalería y popalera) (Medina, 1981).

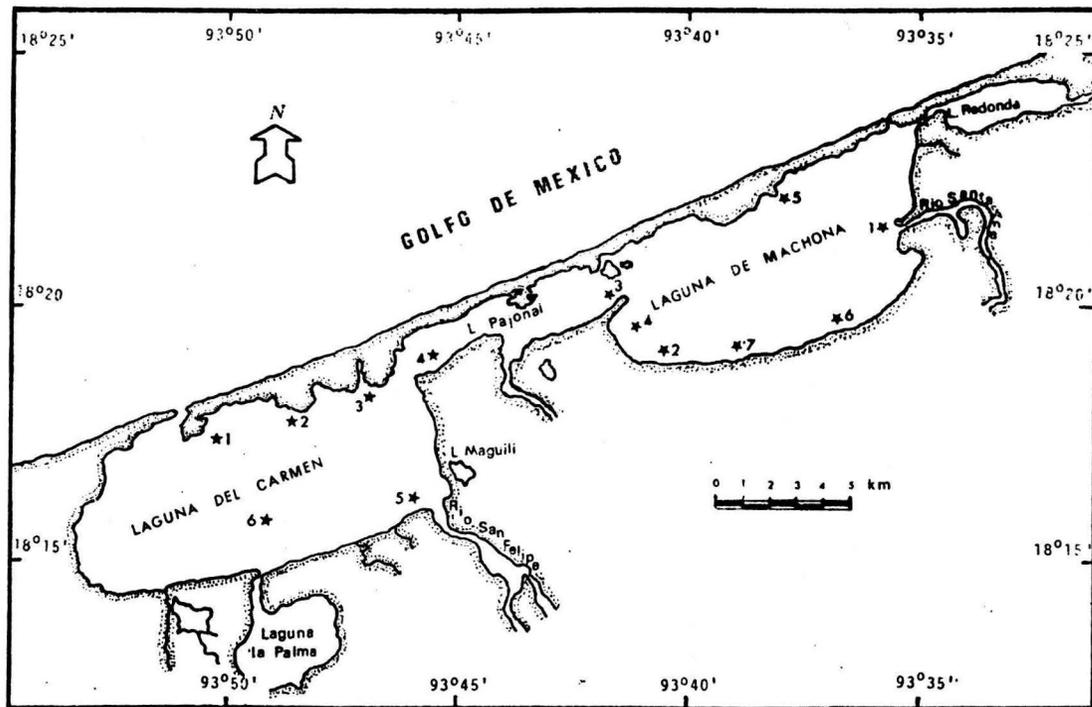


Fig. 4. LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN EL SISTEMA LAGUNAR CARMEN-MACHONA, TABASCO. MEXICO.

## Hidrología

	Mínima	Máxima
Temperatura	23.80	32.50 °C
Salinidad	2.70	36.90 o/oo
Oxígeno disuelto	1.70	5.30 ml/l
N-NH <sub>4</sub>	0.70	37.40 µg-at/l
P-PO <sub>4</sub>	0.20	18.20 µg-at/l
Clorófila a	0.00	57.50 mgC/m <sup>3</sup> /hr
Productividad primaria bruta	0.0	401.20 mgC/m <sup>3</sup> /hr.

La flora planctónica de la laguna Machona se forman por algas, dentro de las cuales dominan las diatomeas, como los géneros de *Rhizosolenia*, *Coscinodiscus*, *Chaetoceros*, *Nitzschia* y *Navicula*; dentro de los dinoflagelados solo se muestran los géneros de *Goniaulax*, *Ceratium* y *Peridinium*. Entre el zooplancton se localizan estados larvarios de ostión y de crustáceos decápodos, además de foraminíferos, ostrácodos y copépodos (CECODES, 1981).

Los bancos de ostión en esta laguna se sitúan principalmente hacia el NNW a igual profundidad que en la Laguna el Carmen. En la porción media de la laguna Pajonal hay un extenso banco ostrícola parcialmente cubierto por sedimentos finos.

La presencia de hidrocarburos derivados del petróleo en los sedimentos recientes y en *Crassostrea virginica* de las lagunas del Carmen y la Machona, confirma la suposición de que estos cuerpos de agua se ven afectados por la exploración y la explotación petrolera realizadas en las áreas adyacentes y cuyos desechos se descargan en la columna de agua (Alvarez *et al.*, 1982). En el sistema Carmen-Machona, se detectaron 62 especies de peces pertenecientes a 29 familias.

### 3.3. LAGUNA DE ALVARADO, VERACRUZ:

Se ubica en la planicie costera del área central del estado de Veracruz, entre los paralelos 18°46' y 18°42' de latitud Norte y los meridianos 95°34' y 95°58' de longitud Oeste. (Fig. 3 y 5).

El sistema estuarino-lagunar de Alvarado, se forma por la laguna del mismo nombre, por Buen País y Camaronera. Se extiende longitudinalmente en dirección Este-Oeste a lo largo de aproximadamente 17 km. Se introduce en tierra hasta 5 km con un ancho aproximado de 4.5 km. Su comunicación con el mar tiene un ancho de 400 m y está orientada ligeramente hacia el norte. La superficie de la Laguna de Alvarado es de 6,200 ha.

De acuerdo con García (1973), el clima es de tipo Aw'' (i); la región hidrológica es la 28. Lankford (1977) la clasifica en dos tipos: I-D y II-B; Carranza-Edwards, *et al* (1975), la ubican en la unidad morfotectónica II.

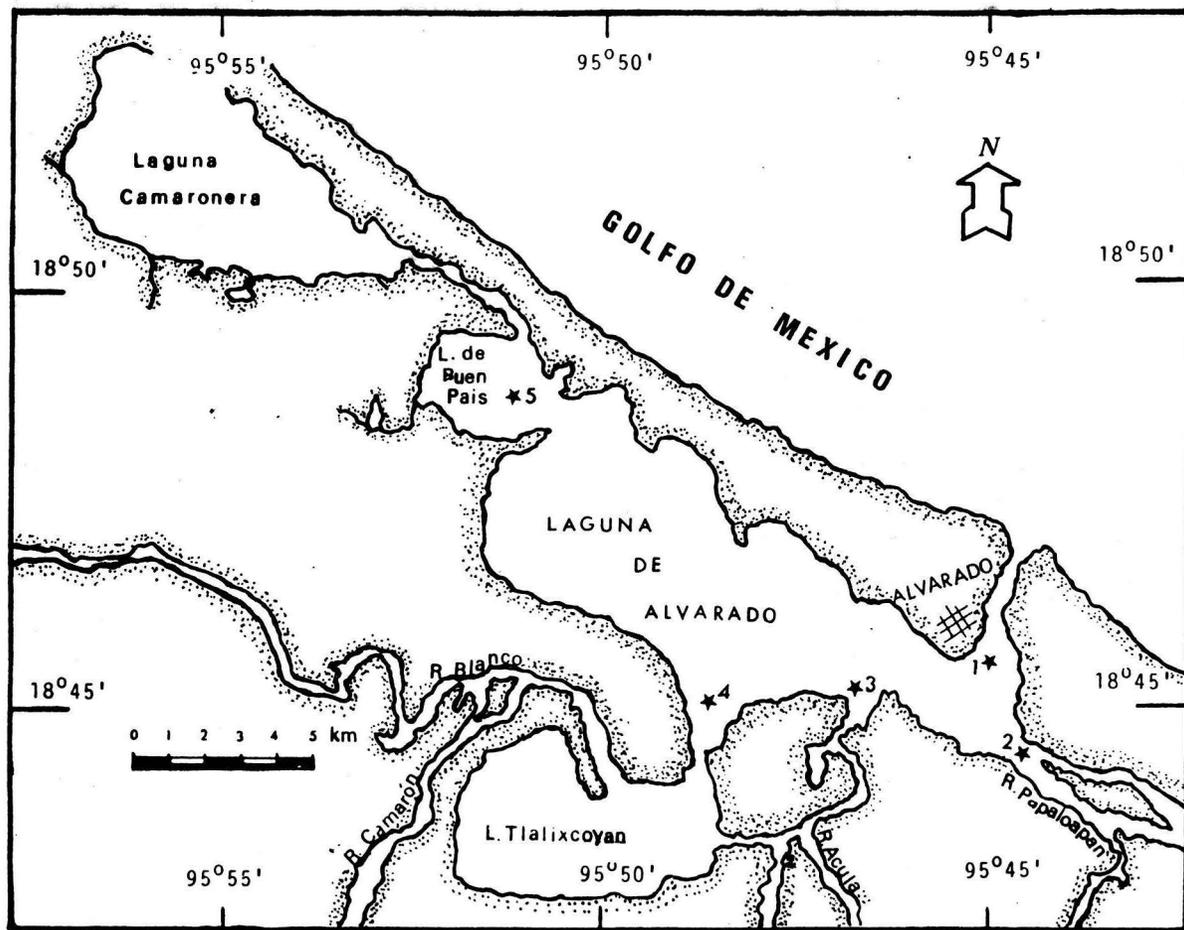


Fig. 5. LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN LA LAGUNA DE ALVARADO, VERACRUZ. MEXICO.

El principal río que desemboca en el complejo lagunar por el Suroeste es el Papaloapan. Este río tiene la particularidad de vencer siempre las barreras provocadas por la marea y tener un balance positivo de gasto: el río siempre aporta agua a la laguna, en un promedio diario aproximado de 40 millones de metros cúbicos.

Acerca de las características hidrodinámicas de la desembocadura del río Acula, antes de que este arribe a la Laguna, recibe un brazo de agua proveniente de la Laguna de Tlalixcoyan. Esta se une a la de Alvarado por el lado sur y se comunica previamente con el río Blanco (Fig. 5).

Los sedimentos lagunares son terrígenos, arenas cuarzo-feldespáticas, limos o limos arcillosos y biógenos carbonatados, arenas de conchas. La barrera litoral está formada por arenas de grano de medio a fino. El aporte eólico de sedimentos hacia las lagunas no es significativo (Gutiérrez y Galaviz, 1983).

Prácticamente todo el contorno de las lagunas que componen el sistema se rodean de manglares, en pequeños tramos, se divisan pastos halófitos. Entre éstos, hay palmeras y algunos árboles medianos y grandes pertenecientes a la selva pantanosa. En la época de lluvias invade a la laguna el lirio acuático (*Eichornia crassipes*), llamado comúnmente "pantano" por los habitantes.

La vegetación sumergida es fundamentalmente *Ruppia maritima*, la cual forma algunas praderas de pequeña extensión en las cercanías de Barra Vieja.

#### Hidrología

	Mínima	Máxima	
Salinidad	1.87	13.85	o/oo
Temperatura	25.50	31.00	°C
Oxígeno disuelto	2.10	5.60	ml/l
% de saturación de O <sub>2</sub>	37.00	107.00	
pH	8.40	7.70	
N-NH <sub>4</sub>	3.09	20.45	µg-at/l
NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub>	1.41	4.90	µg-at/l
P-PO <sub>4</sub>	0.51	4.48	µg-at/l
Clorófila a	5.93	99.25	mg/m <sup>3</sup>

De acuerdo con la clasificación de Venecia (Perkins, 1974), el sistema de Alvarado en la época de secas podría clasificarse como mesohalina; al iniciarse la temporada de lluvias desciende marcadamente la salinidad y las características de aquel son oligoha-linas; además, se aprecian cuatro zonas:

a) Influencia dulceacuícola, cercana a la desembocadura de los ríos en la que hay un aporte continuo que se incrementa en la época de lluvias;

b) zona de estratificación, ubicada en las regiones de influencia mareal; en ella el agua dulce va por encima de la marina;

c) zona de influencia nerítica, que va del canal de comunicación a la parte sureste de la laguna, y

d) la zona de mezcla o agua estuarina, que domina el resto de la laguna.

De acuerdo con Guadarrama (1977), en Buen País, el zooplancton domina todo el año; en Alvarado existe variación estacional, así que el fitoplancton exhibe su máximo volumen de enero a marzo. Entre los representantes del zooplancton se hallan cladóceros, poliquetos, larvas de peces, moluscos, tintínidos y larvas de crustáceos, anélidos e insectos, así como ctenóforos.

Entre los crustáceos, anélidos y moluscos se cuentan *Crassostrea* sp., *Penaeus* sp., *Penaeus setiferus*, *Callinectes sapidus* y *Macrobrachium acanthurus*. (Villalobos et al., 1975)

En el sistema estuarino-lagunar de Alvarado, el necton se constituye, entre otros, por un buen número de organismos capturables en las actividades pesqueras. Entre las especies de importancia comercial se anotan la almeja prieta, el chucumite, la mojarra blanca, la corvina, el bagre, la lisa y entre otros: el camarón blanco y el camarón prieto; la jaiba y por último el ostión. El número de especies de peces registradas en la laguna es de 60.

#### 4. MATERIALES Y METODOS

##### 4.1. COLECTA DEL MATERIAL

###### A. ORGANISMOS

Se realizaron 2 muestreos en los diferentes bancos ostrícolas en cada cuerpo lagunar, en los meses de Junio y Noviembre de 1990.

Los ejemplares de ostión fueron obtenidos manualmente de los principales bancos ostrícolas y cuando las condiciones climatológicas no permitieron el acceso al cuerpo lagunar las muestras se obtuvieron directamente de las cooperativas de la zona, que actualmente están en producción.

En cada estación se colectaron 10 ejemplares de ostión (*Crassostrea virginica*), los cuales fueron desconchados con material previamente lavado con hexano, posteriormente se colocaron en frascos de vidrio previamente tratados con hexano, sellándose finalmente con papel aluminio para evitar cualquier contaminación y se mantuvieron en congelación (- 20° C) (Clark, 1973) hasta su análisis en el laboratorio de la Cd. de México.

Los peces de importancia comercial; la mojarra (*Eugerres plumieri*) y el robalo (*Centropomus undecimalis*) se obtuvieron directamente de la cooperativa de la zona. Ambas especies se envolvieron con papel aluminio para evitar contaminación y se mantuvieron en congelación hasta su análisis en el laboratorio.

Para la obtención del peso seco, los organismos (peces y ostión) fueron deshidratados en una liofilizadora (24 h) y colocados en desecador, varias veces, hasta la obtención de su peso constante.

###### B. SEDIMENTOS

Los sedimentos se colectaron en una red de estaciones en cada cuerpo lagunar; Carmen-Machona y Alvarado, dichas estaciones fueron establecidas por Botello y Rodríguez (1982), en los primeros trabajos sobre impacto ambiental en dichas lagunas.

Las muestras se obtuvieron empleando una draga Van Veen, la cual proporciona muestras de sedimento superficial, siendo mínima la pérdida por lavado durante su recuperación. Del total de la muestra se tomaron 500 g de sedimento, los cuales fueron almacenados en recipientes de vidrio previamente tratados con hexano y se conservaron en congelación hasta su análisis.

Para la obtención de peso seco, los sedimentos fueron descongelados y colocados en charolas de aluminio y secados a temperatura de 50°C durante 48 horas. Una vez secas las muestras se maceraron en un mortero y el producto se pasó a través de un tamiz con una abertura de malla de 0.250 mm, el cual se empleó para la determinación de plaguicidas organoclorados y el contenido de carbono orgánico total.

## 4.2. ANALISIS QUIMICO

### A. AISLAMIENTO Y PURIFICACION DE PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS EN SEDIMENTOS Y ORGANISMOS

Para la extracción y purificación de los plaguicidas organoclorados en organismos marinos, se empleó el método descrito por la UNEP/FAO/IAEA en 1986, modificado por Díaz, G. y Botello, A. en 1989. (Fig.6) y el propuesto por la UNEP/IAEA en 1982, Met. de Ref. No. 17 para sedimentos marinos (Fig.7).

#### A.1. EXTRACCION

Las muestras (organismos y sedimentos) fueron descongeladas y de los organismos colectados (ostión y peces) se tomaron de 3 a 5 g de tejido en base húmeda en el caso del ostión se realizó un homogenizado de los organismos, en tanto que para los peces se obtuvo músculo de la parte longitudinal del cuerpo para su respectivo análisis. En el análisis de sedimento se emplearon 5 g del sedimento previamente secado, macerado y tamizado.

Las muestras se colocaron en un filtro de celulosa previamente lavado con hexano. Estas se sometieron a un proceso de extracción con 250 ml de hexano (8 hrs.). Simultáneamente se obtuvo el blanco correspondiente extrayendo el papel filtro vacío.

El extracto obtenido (organismos y sedimentos) se concentró en un evaporador rotatorio hasta aproximadamente 1 ml, cuidando que la temperatura del baño no excediera los 30° C.

El extracto de organismos obtenido fue tratado con ácido sulfúrico concentrado con el fin de hidrolizar todos los lípidos presentes en el tejido, obteniéndose al final un extracto incoloro. El extracto de sedimentos se pasó directamente por cromatografía de adsorción.

#### A.2. CROMATOGRAFIA DE ADSORCION

El extracto de sedimentos y organismos (incoloro) fue reducido a 1 ml y se pasó a través de una columna de vidrio de 0.9 a 1.1 cm de diámetro interno y 30 cm de longitud, provista con un tapón de lana de vidrio y conteniendo en suspensión de hexano: 2 g de sílica activada a 200°C (24 h) y desactivada con agua desionizada al 3 %, (organismos) y 13 gramos de florisil activado a 400°C (24 h) y desactivado con agua desionizada al 1.25 % (sedimentos) y sobre cada una de las columnas ya preparadas se agregaron 2 g de sulfato de sodio anhidro.

Posteriormente se agregó cuidadosamente a la columna con la ayuda de una pipeta Pasteur, el extracto concentrado de la muestra. Se dejó que el nivel de la disolución bajara hasta la superficie del sulfato de sodio y se inició el proceso de elución como se indica en los Cuadros 1 (organismos) y 2 (sedimentos).

Cuadro 1. Secuencia de elución para la separación de PCB's y DDT's en organismos marinos.			
Orden de Adición (ml)	Volumen Eluyente (ml)	Eluyente	Fracción Resultante
1	7	Hexano	Fracción 1
2	10	Eter etílico en hexano al 25 % (v/v).	Fracción 2

Cuadro 2. Secuencia de elución para la separación de PCB's y DDT's en sedimentos marinos.			
Orden de Adición (ml)	Volumen Eluyente (ml)	Eluyente	Fracción Resultante
1	60	Hexano	Fracción 1
2	50	Hexano en Eter etílico (9:1)	Fracción 2
3	20	Hexano en Eter etílico (8:2)	Fracción 2

Fracción 1. Contiene PCB's, DDE y algunos otros pesticidas tales como hexaclorobenceno.

Fracción 2. Contiene DDT's, DDD's, la mayoría de los toxafenos y componentes del clordano y algunos otros pesticidas como los hexaclorociclohexanos.

Las 2 fracciones (1 y 2) fueron concentrados a volúmenes apropiados (1-5 ml) utilizando un rotavapor y posteriormente fueron analizadas por medio de cromatografía de gases.

### A.3. CROMATOGRAFIA DE GASES

El análisis de las fracciones se realizó empleando un Cromatógrafo de gases Hewlett Packard 5890 A equipado con un detector de captura de electrones y columnas capilares de 25 m de longitud x 0.25 mm de diámetro interno, con 52  $\mu$ m de grosor de capa (Sílice fundido, fenil metil silicón al 5 %) y de acuerdo con las condiciones de operación indicadas en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Condiciones de operación del cromatógrafo de gases para plaguicidas organoclorados.

Columna:	Capilar 30 m x 0.025 mm ID, 0.25 $\mu$ m de grosor de capa, Sílice fundido, fase Fenil Metil Silicón al 5 %.
Gas Acarreador:	Nitrógeno 1 ml/ min.
Gas Auxiliar:	Nitrógeno 30 ml/ min.
Temperatura Inyector:	260°C.
Temperatura Detector:	300°C.
Programa de Temperatura:	Temp. Inicial: 60°C. Temp. Final: 290°C.  Tiempo Inicial: 2 min. Tiempo final: 10 min. Rampa: 8 grados/min.  Tiempo de purga: 0.5 min. Modo de Inyección: Spletless.

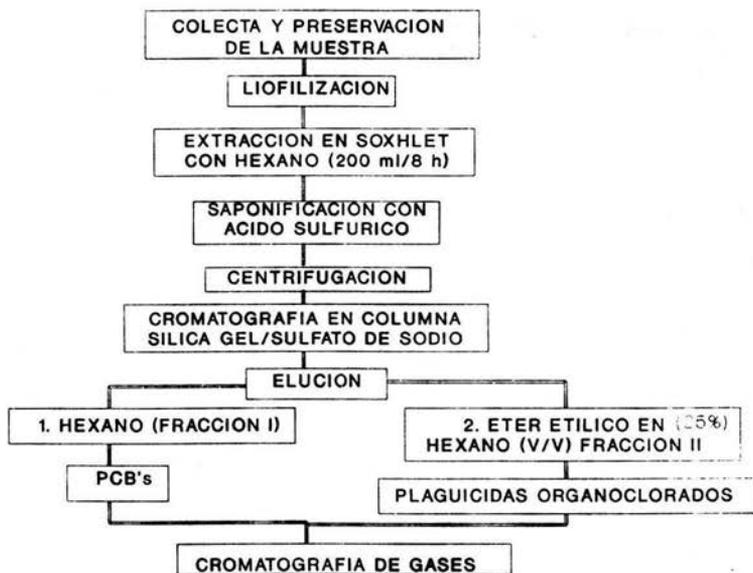
### A.4. IDENTIFICACION Y CALCULO DE RESULTADOS

La identificación y cuantificación de los plaguicidas se realizó en base a los tiempos de retención y el área de los picos comparados con un patrón establecido por los estándares de plaguicidas Cat. 48858 de Supelco, dilución 50/100 en isooctano.

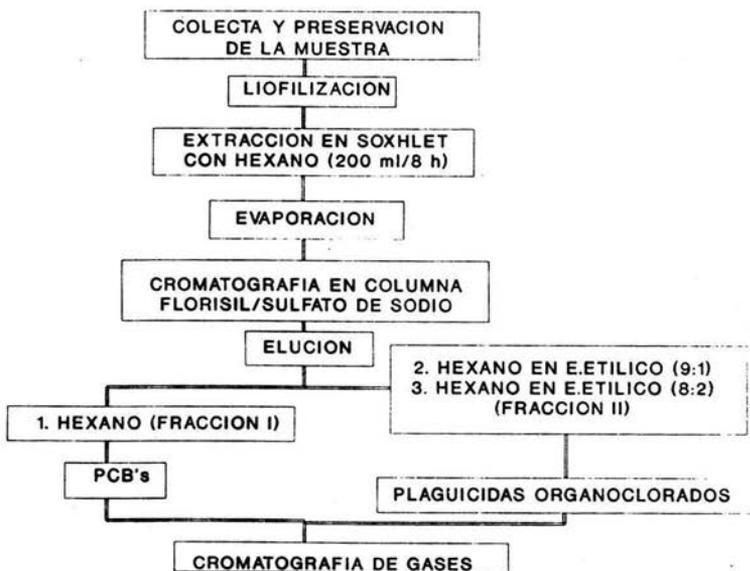
El cálculo de las concentraciones se realizó de la siguiente forma:

$$\text{Concentración (ng/g)} = \frac{h_m/h_e V_e/V_m C_e V_m/W_m}{1000}$$

**FIG. 6. TECNICA DE ANALISIS DE PLAGUICIDAS  
ORGANOCORADOS EN TEJIDO DE OSTION Y PECES  
(UNEP/FAO/IAEA (1986) MODIFICADA POR DIAZ Y BOTELLO (1989).**



**FIG. 7. TECNICA DE ANALISIS DE PLAGUICIDAS ORGANOCORADOS EN SEDIMENTOS MARINOS (UNEP/IAEA, 1982).**



De donde: hm = Area de la muestra (cuentas)  
 he = Area del estándar (cuentas)  
 Ve = Vol. estándar inyectado (ul)  
 Vm = Vol. muestra inyectado (ul)  
 Ce = Concentración del estándar (ug/ml)  
 Vam = Vol. de aforo de la muestra (ml)  
 Wm = Peso de la muestra (g).

#### B. DETERMINACION DE CARBON ORGANICO TOTAL (COT)

Se determinó la materia orgánica en las muestras de sedimento usando la metodología descrita por Gaudette et al. (1974). Se pesaron entre 0.3 y 0.5 g de sedimento seco y tamizado, por medio de la fracción retenida en la malla de 0.2 mm; todo se colocó en un matraz Erlenmeyer de 500 ml, al que se agregó 10 ml de la disolución 1 N de dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) y se mezcló. Después se añadieron 20 ml de ácido sulfúrico concentrado y se mezcló durante 1 minuto, agitando suavemente para la completa mezcla de los reactivos y el sedimento. Se dejó reposar durante 30 minutos; posteriormente se diluyó con agua destilada a 200 ml y se añadieron 10 ml de ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) al 85 %, además de 0.2 g de fluoruro de sodio (NaF) y 15 gotas de indicador de difenilamina ( $C_{12}H_{10}NH$ ). Se tituló con una disolución de sulfato ferroso ( $FeSO_4$ ) 1N. El color cambio de café verduoso a azul y en el punto de equivalencia pasa a verde brillante.

Las muestras se comparan con un blanco de reactivos. Una vez hecha la titulación se calculó el porcentaje de carbono, utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de carbono orgánico} = 10 (1-T/S) (1N (0.003)) (100/W)$$

Donde: T = ml. de sol.  $FeSO_4$  en la titulación de la muestra.

S = ml. de sol.  $FeSO_4$  en la titulación del blanco.

0.003 = 12/4000 = peso equivalente del carbono.

1N = Normalidad del  $K_2Cr_2O_7$  en ml.

W = peso de la muestra de sedimento en gramos.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1. LAGUNA DEL CARMEN, TABASCO.

#### A. SEDIMENTOS

En muestras de sedimento de la Laguna del Carmen, durante la época de lluvias (Junio, 1989) (Tab. 1, Fig 8), se destacaron compuestos ciclodiénicos como el dieldrín, el cual registró el valor promedio más elevado con 6.84 ng/g, siguiéndole el heptacloro con 5.19 ng/g, mismo que mostró una desviación estándar de 4.33 ( $5.19 \pm 4.33$ ) y por último el endrín con 2.73 ng/g  $\pm 2.59$ .

Para este caso los compuestos detectados con los valores más altos correspondieron a aquellos que poseen un coeficiente de adsorción a carbono orgánico alto en comparación con otros de los compuestos organoclorados analizados (Cuadro 4).

Lo anterior coincide con los principales compuestos empleados en las actividades agrícolas en México (Restrepo, 1988) (Cuadro 5); en el caso del endrín en cultivos de carácter industrial y el heptacloro para productos de carácter básico, industrial y algunas hortalizas.

Los compuestos que se encontraron ampliamente distribuidos en el sistema, ya que se identificaron en el 100 % de las estaciones, fueron el gama BHC (lindano), beta BHC, heptacloro, aldrín y endrín.

La amplia distribución de estos compuestos puede explicarse en función de las características fisicoquímicas de estas sustancias, en especial los hexaclorociclohexanos quienes poseen una alta presión de vapor y una baja solubilidad en comparación con otros organoclorados, como el p,p'-DDT (Cuadro 4), lo cual sugiere una intensa evaporación de los compuestos hacia la atmósfera, además que son compuestos muy inertes (Goldberg, 1979), de ahí que gran parte de los compuestos rociados en áreas de cultivo aledañas al sistema sean detectados en estos ecosistemas.

Con la finalidad de inferir en forma indirecta el lapso de tiempo transcurrido desde la última aplicación de los mencionados agroquímicos en áreas aledañas a los sistemas estudiados, se consideraron las concentraciones del compuesto original y sus respectivos metabolitos, obteniendo para cada caso su porcentaje.

En la tabla 2 y figura 9, se destacan compuestos tales como el p,p'- DDT (76.06 %), el heptacloro (99.27 %) y el endrín (93.94 %), para los cuales el mayor porcentaje correspondió al compuesto en su forma original, lo cual indica que estos compuestos fueron aplicados al sistema en fecha reciente al muestreo.

CUADRO 4. Parametros Fisicoquímicos de Plaguicidas Organoclorados						
COMPUESTO	SOLUBILIDAD ppm	P.DE VAPOR mpa	Kow	Koc	BFC peces	REFERENCIA
DDT	-	0.096	-	-	-	A
DDD	-	0.13	-	-	-	A
GAMA BHC	-	17	-	-	-	A
HEPTACLORO	-	40	-	-	-	A
HEPTACLORO E.	-	2.60	-	-	-	A
DIELDRIN	-	1.30	-	-	-	A
ENDRIN	-	0.40	-	-	-	A
ALDRIN	0.37	-	3	-	-	B
DIELDRIN	6.0	-	3.7	-	-	B
ENDOSULFAN I	2.29	-	3.6	-	-	B
ENDOSULFAN II	31.10	-	-	-	-	B
ENDOSULFAN S.	18.14	-	-	-	-	B
DDT	0.0017	0.025	960000	23800	61600	C
GAMA BHC	0.150	5.60	65614	911	325	C
HEPTACLORO	0.030	53	238000	30000	17400	C
ALDRIN	0.013	-	460000	410	10800	C
DIELDRIN	0.022	0.40	305000	35600	5800	C
ENDRIN	0.024	-	218000	34000	4050	C
ENDOSULFAN	-	1.20	-	-	-	C

A.- Wash, 1983.

B.- Turlough and Kennedy, 1992.

C.- Kenaga, 1980.

Asimismo, para el endosulfán, quien registró el mayor porcentaje en su forma más degradada (endosulfán sulfato) con un porcentaje de 76.05 %, se visualiza un mayor lapso de tiempo transcurrido desde la última aplicación del compuesto original y puede hablarse de un uso constante, ya que este compuesto es ampliamente utilizado para el control de insectos (Turlough y Kennedy, 1992) en los cultivos algodoneros (Restrepo, 1988).

Del grupo de los hexaclorociclohexanos, el beta BHC fue el que presentó el mayor porcentaje con 63.29 %, siguiéndole el gama BHC con 37.63 % y el alfa BHC con 6.07 %. En este caso, la proporción más baja correspondió al alfa BHC, lo cual indica una apreciable degradación, ya que en la formulación original (Díaz, 1992) (60% del alfa BHC, 28 % del beta BHC y 12 % del gama BHC), la mayor proporción corresponde al alfa BHC.

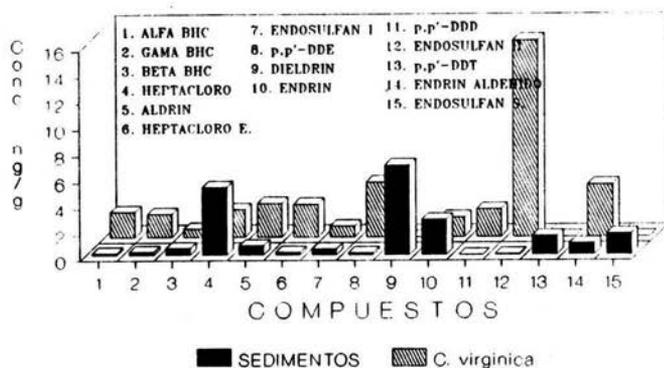


Fig. 8. Niveles Promedio de Plaguicidas Organoclorados en la Laguna del Carmen, Tabasco.

TABLA 1. Concentraciones promedio de Plaguicidas Organoclorados de la Laguna del Carmen, Tabasco.

COMPUESTOS	SEDIMENTOS (1M)		C. virginica (1M)	
	X	± D.E.	X	± D.E.
1. ALFA BHC	0.12	0.08	1.94	-
2. GAMA BHC	0.24	0.11	1.75	-
3. BETA BHC	0.50	0.25	0.62	0.45
4. HEPTACLORO	5.19	4.33	2.10	2.86
5. ALDRIN	0.71	0.53	2.56	2.95
6. HEPTACLORO E.	0.19	-	2.49	-
7. ENDOSULFAN I	0.45	-	0.83	-
8. p,p'-DDE	0.15	0.07	4.17	-
9. DIELDRIN	6.84	-	N.D	-
10. ENDRIN	2.73	2.59	1.50	1.30
11. p,p'-DDD	N.D	-	2.11	-
12. ENDOSULFAN II	0.06	-	14.93	6.26
13. p,p'-DDT	1.47	-	N.D	-
14. ENDRIN ALDENIDO	0.88	-	3.96	-
15. ENDOSULFAN S.	1.62	-	-	-

1M.- 1er. muestreo realizado en Junio de 1989.

En este caso, el dieldrín obtuvo el mayor porcentaje del total de la suma (taldrín = aldrín + dieldrín), con un 65.89 %, lo cual es resultado de la degradación del compuesto original debido a las transformaciones microbianas, por lo cual se asume que el tiempo transcurrido desde la última aplicación es considerable, ya que la mayoría del aldrín se transformó en dieldrín, compuesto extremadamente persistente.

CUADRO 5. PRINCIPALES PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS EMPLEADOS EN ACTIVIDADES AGRICOLAS EN MEXICO (Restrepo, 1988)

INSECTICIDAS COLORADOS	HORTALIZAS							BASICOS					FORRAJEROS		INDUSTRIALES					FRUTALES						TOTAL CULTIVOS POR PLAGUICIDAS	
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	1	2	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		6
BHC								X																			1
CLORDANO	X	X	X		X	X		X	X	X						X											9
DDT																X											1
ENDRIN								0	0	0						X	0										5
ENDOSULFAN	X	X	X	X	X	X		X	0	0	0		X	X		X	X	X	X	X	0	X	0	X			20
HEPTACLORO	X	X	X	X				X	X	X	0					X	0										10
TOXAFENO	X	X	X					X	X	X	0					X	0										9

X = Plaguicidas recomendados  
0 = Plaguicidas no recomendados

HORTALIZAS	BASICOS	FORRAJEROS	INDUSTRIALES	FRUTALES
1. Calabacita	1. Arroz	1. Alfalfa	1. Algodonero	1. Mango
2. Chile	2. Frijol	2. Pastos	2. Caña de azúcar	2. Naranja
3. Jitomate	3. Maíz		3. Cártamo	3. Nogal pecanero
4. Melón	4. Sorgo		4. Café	4. Plátano
5. Papa	5. Soya		5. Cacao	5. Papaya
6. Pepino	6. Trigo			6. Vid
7. Sandía				

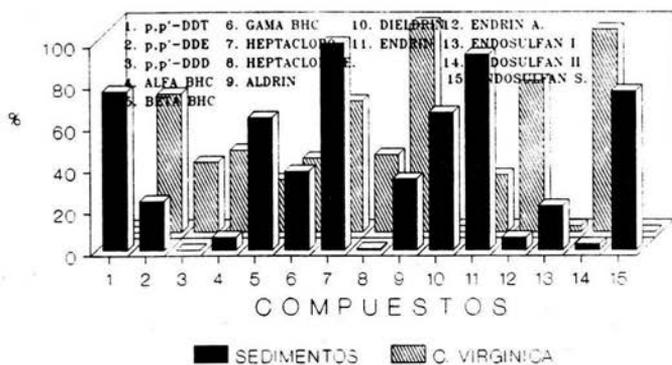


Fig. 9. Plaguicidas Organoclorados Precursor/Metabolitos Laguna del Carmen, Tab

Tabla 2 . Porcentajes de plaguicidas organoclorados en sedimentos de la Laguna del Carmen, Tabasco. (Junio, 1989).					
GRUPO	Compuesto Original	%	Metabolitos	%	Plazo Aproximado de Aplicación
					Reducido Mediano Largo
Aromáticos	DDT	76.06	DDE DDD	23.43 0	X
Alicíclicos	BHC		ALFA BHC BETA BHC GAMA BHC	6.07 63.29 37.63	X
Ciclodiénicos	HEPTACLORO	99.27	H.EPOXIDO	0.72	X
	ALDRIN	34.10	DIELDRIN	65.89	X
	ENDRIN	93.94	E.ALDEHIDO	6.05	X
	ENDOSULFAN		ENDOSULFAN I ENDOSULFAN II ENDOSULFAN S.	21.12 2.81 76.05	X

En la estación 3 (Posillo) y 5 (Ostión Largo) se registraron las concentraciones más altas de plaguicidas organoclorados. La estación 3, se encuentra ubicada al Noreste de la Laguna cerca de la barra arenosa, hecho que asociado con la dinámica de la Laguna y la dirección del flujo de marea (SO-NE) pudo haber favorecido la acumulación de los sedimentos del área en la estación 3, así también gran parte de los sedimentos de la barra arenosa con residuos de plaguicidas pueden constituir una fuente de aporte importante de dichos contaminantes en esta zona. En tanto que para la estación 5 ubicada al sureste de la Laguna, se explican sus altas concentraciones dado que se encuentra bajo la influencia del río San Felipe, mismo que arrastra y transporta todo el material particulado aportado por áreas aledañas. Esto provocó que dichos agroquímicos se incorporaran al sistema y debido a su alto coeficiente de adsorción en carbono orgánico (Koc) y su baja solubilidad (WS) en agua se asociaran principalmente a material particulado (Bakre *et al.*, 1990) que al sedimentarse puedan permanecer ahí incluso durante años dependiendo de las condiciones prevaletientes en el cuerpo acuático.

En este cuerpo lagunar, los valores de carbono orgánico oscilaron en un rango del 1.17 a 1.37 %, presentándose el valor más alto en la estación 3 (Posillo) con 1.37 ng/g y siguiéndole en orden decreciente las estaciones 4 y 5 con 1.30 y 1.29 % respectivamente (Tab. 3 y Fig.10). En este caso se observó una relación estrecha entre el contenido de carbono orgánico total (COT) y la concentración total de plaguicidas donde se obtuvo un coeficiente de correlación de  $r = 0.83$ , comportamiento explicable al considerar que grandes porciones de compuestos clorados (DDT), por sus características fisicoquímicas (solubilidad, coeficiente de partición octanol-agua, presión de vapor, coeficiente de adsorción carbono orgánico), son retenidos en la materia particulada para posteriormente sedimentarse en el sistema. Se conforma así un almacén de compuestos orgánicos debido a las grandes cantidades de materia orgánica y sustancias minerales que ellos pueden contener. Según Tastsukawa y Shinsuke (1990), las partículas biogénicas juegan un papel importante en el transporte de compuestos organoclorados de la superficie a las capas más profundas en la columna de agua.

#### B. OSTION (*Crassostrea virginica*)

En las muestras de *Crassostrea virginica* pertenecientes a la Laguna del Carmen, durante la época de lluvias (Junio, 1989), se registraron las concentraciones promedio más altas para el endosulfán II, el p,p'-DDE y el endrín aldehído con  $14.93 \text{ ng/g} \pm 6.26$ ,  $4.17 \text{ ng/g}$  y  $3.96 \text{ ng/g}$  respectivamente. (Tab. 1 y Fig. 8).

En este cuerpo lagunar el heptacloro registró un valor promedio de  $2.10 \text{ ng/g}$ , con su máximo valor en la estación 3 (Posillo). En tanto el heptacloro epóxido se detectó específicamente en la estación 3 con un valor de  $2.49 \text{ ng/g}$ .

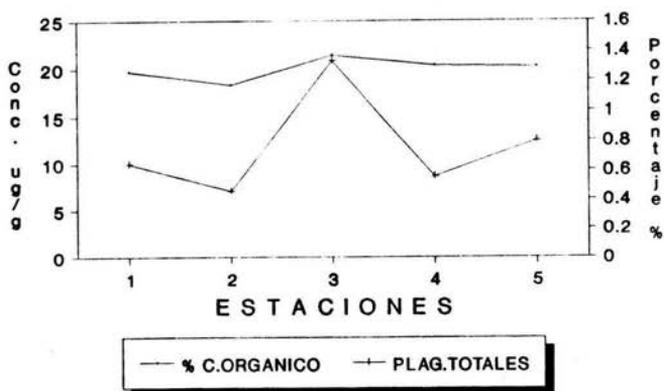


Fig. 10. Plaguicidas Organoclorados vs Carbono Orgánico de la Laguna del Carmen, Tabasco (Junio, 1989).

Tabla 3. Concentración total de plaguicidas organoclorados y carbono orgánico en la Laguna del Carmen, Tabasco (Junio, 1989).			
Estación		Plaguicidas Totales (ng/g)	Carbono Orgánico (%)
Macayo	(1)	10.0	1.26
Yagua	(2)	7.12	1.17
Posillo	(3)	20.82	1.37
Caballito	(4)	8.65	1.30
Ostional Largo	(5)	12.46	1.29
			r= 0.83

Considerando los valores porcentuales de los compuestos aromáticos analizados se destacó el p,p'-DDE con el valor más alto (66.40 %), en tanto el metabolito p,p'-DDD registró un porcentaje de 33.59 % y el compuesto original (p,p-DDT) no fue detectado (Tab. 4, Fig. 9). Esto indicó que ha transcurrido un tiempo considerable desde la última aplicación del DDT; la presencia y proporciones de los metabolitos parecen indicar que el compuesto original está siendo degradado principalmente al metabolito p,p-DDE.

La presencia del p,p-DDE en estos organismos puede ser explicada como resultado de los procesos de degradación de otros organismos, dado que algunos organismos (zooplancton) poseen la capacidad para degradar el p,p'-DDT a p,p-DDE.

En el caso de los hexaclorociclohexanos, se observó que el alfa y gama BHC (lindano) presentaron porcentajes muy similares con 39.35 y 35.49 % respectivamente, la menor proporción correspondió al beta BHC con 25.15 %. Lo anterior sugiere aplicaciones recientes de BHC ya que la mayor proporción corresponde al isómero predominante en la mezcla original.

Cabe señalar que la frecuencia de aparición de ciertos compuestos está influenciada por el empleo o restricción de otros insecticidas tal es el caso del gama BHC, el cual ha sido un importante sustituto desde que fue legalmente restringido el uso del DDT (Hernández *et al.*, 1992).

Dado que la mayor proporción del heptacloro y el aldrín se presentaron en su forma original con 62.83 % y el 100 % , respectivamente (Tab. 4 y Fig. 9), se asume que estos agroquímicos se aplicaron en fecha reciente al sistema y que dadas sus características fisicoquímicas como son su coeficiente de partición octanol-agua (Kow) y baja solubilidad (WS) favorecieron que estos xenobióticos fueran rápidamente concentrados por los organismos.

El endrín, compuesto sumamente tóxico para el ostión, registró un 27.47 % del total, en tanto que su metabolito representó el 72.52 %, lo cual indicó que la aplicación de este compuesto al sistema no fue muy reciente, ya que la mayor proporción se encontró en su forma degradada tal vez como resultado de los procesos de degradación por algunos organismos que conforman el zooplancton, ya que ciertos grupos poseen la capacidad de metabolizar algunos hidrocarburos aromáticos y clorados (Boesch y Rabalais, 1987) y que constituyen su fuente de alimento. Una vez que dichos agroquímicos entran al organismo por difusión o a través del alimento (Cuadro 6) se acumulan en el organismo preferentemente en tejidos con alto contenido de lípidos debido a su alto coeficiente de partición octanol-agua (Kow).

Tabla 4 . Porcentajes de plaguicidas organoclorados en <i>Crassostrea virginica</i> de la Laguna del Carmen, Tabasco. (Junio, 1989).					
GRUPO	Compuesto Original	%	Metabolitos	%	Plazo Aproximado de Aplicación
					Reducido Mediano Largo
Aromáticos	DDT	0	DDE	66.40	X
			DDD	33.59	
Alicíclicos	BHC		ALFA BHC	39.35	X
			BETA BHC	25.15	
			GAMA BHC	35.49	
Ciclodiénicos	HEPTACLORO	62.83	H.EPOXIDO	37.16	X
	ALDRIN	100	DIELDRIN	0	X
	ENDRIN	27.47	E.ALDEHIDO	72.52	X
	ENDOSULFAN		ENDOSULFAN I	2.70	X
			ENDOSULFAN II	97.29	
ENDOSULFAN S.			0		

Cuadro 6 . Rutas de captación y eliminación de compuestos orgánicos en organismos. (Bayne, 1985)					
Tipo de organismo	Rutas de captación			Rutas de pérdida	
	Difusión	Alimento	Agua	Difusión	Metabolismo
Acuático					
Moluscos	+++++	(+)		+++++	
Peces con actividad enzimática	++++	+	+++	++++	++++

Una vez que los compuestos se encuentran dentro del organismo (ostión), pueden ser degradados por actividad microbiana en el intestino o ser metabolizados a través de sistemas enzimáticos complejos (Oxigenasas de Función Mixta (MFO)) principalmente en la fracción microsomal de la glándula digestiva de dichos bivalvos y ser excretados vía nefridio como metabolitos más solubles, aunque algunas veces más tóxicos, que el compuesto original, (Boesch y Rabalais, 1987). Según Stegeman y Teal (1973), éstas pueden ser las posibles causas de los cambios en la estructura de los compuestos que son captados inicialmente por los organismos.

Por otra parte, el ciclodiénico endosulfán, producto técnico que contiene isómeros alfa (endosulfán I) y beta (endosulfán II), se representó principalmente por el endosulfán II con 97.29 % del total y el endosulfán I presentó únicamente el 2.70 %. Lo anterior se explica dado que el metabolito endosulfán II es más persistente en el medio acuático con respecto al endosulfán I y endosulfán sulfato, característica determinada por su solubilidad mayor y su presión de vapor menor con respecto a los otros isómeros (Cuadro 4) (Turlough y Kennedy, 1992), hecho que al considerar su tipo de alimentación (filtración) puede favorecer su bioconcentración.

En las figuras 11 y 12 se muestran los compuestos organoclorados detectados en sedimentos y organismos de la Laguna del Carmen, de los cuales se destacan el beta BHC, el heptacloro y el aldrín, mismos que presentaron un comportamiento similar en ambos componentes; asimismo se denota claramente una mayor distribución de compuestos clorados en *Crassostrea virginica* en contraste con lo observado para sedimentos, lo cual se debe, básicamente, a las características fisicoquímicas que determinan su carácter lipofílico que les permite acumularse preferentemente en los sistemas vivos.

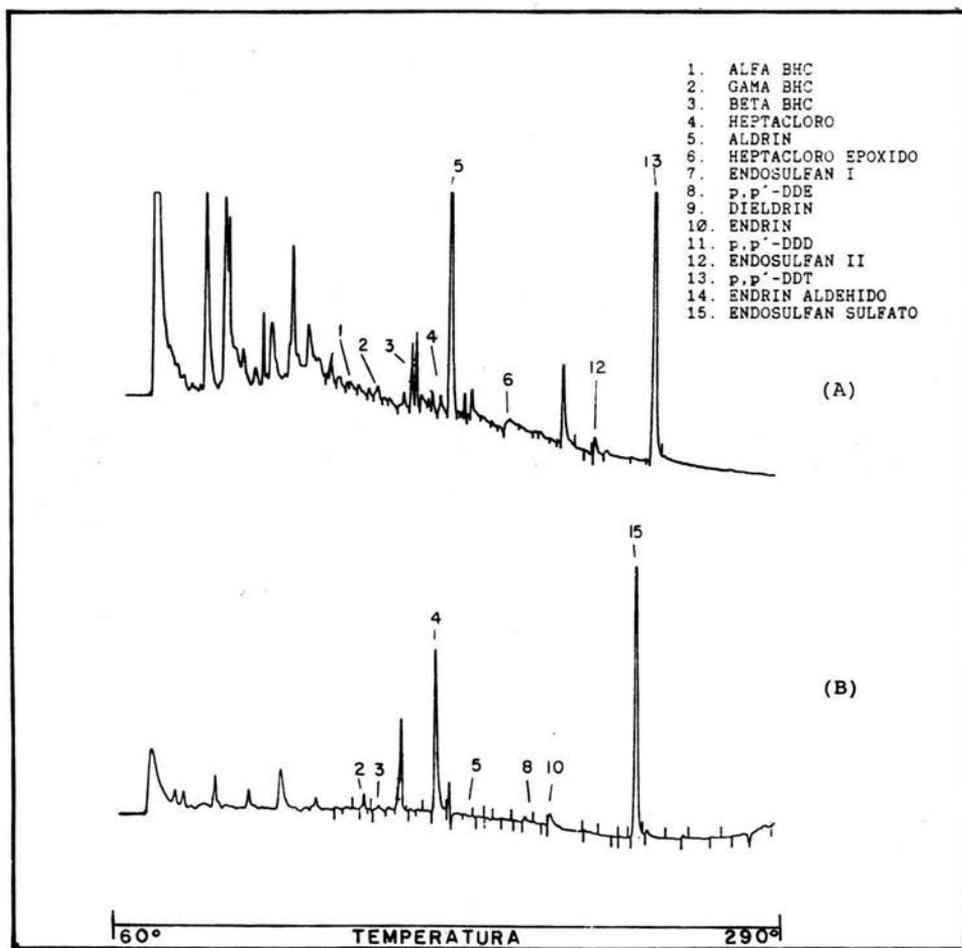


Fig. 11 y 12. Cromatogramas de Plaguicidas Organoclorados en *Crassostrea virginica* (A) y sedimentos (B) de la Laguna del Carmen, Tabasco. (Junio, 1989).

A concentraciones de 0.1 (ng/g) ppb, estos plaguicidas pueden provocar una disminución en el crecimiento de la concha hasta en un 80 % (Restrepo, 1988). Davis (1961), en sus trabajos experimentales sobre efectos del DDT en la sobrevivencia y crecimiento del ostión, señala que concentraciones de 0.05 ppm pueden causar en catorce días de exposición un 90 % de mortalidad de las larvas y detienen por completo el proceso de crecimiento.

## 5.2. LAGUNA DE MACHONA, TABASCO.

### A. SEDIMENTOS

Del análisis de muestras correspondientes a la Laguna de Machona, en la época de lluvias, se destacó el endrín compuesto ampliamente distribuido en el sistema y que presentó valores que oscilaron en un intervalo de 1.93 a 7.82 ng/g con un valor promedio de 4.90 ng/g  $\pm$  2.40 (Tab. 5, Fig. 13).

El valor de desviación estándar registrado para éste compuesto muestra la amplia variación de los valores registrados en cada estación, lo cual presupone una influencia de los plaguicidas organoclorados en forma puntual en los diferentes sitios de este cuerpo lagunar.

El aldrín y el heptacloro, compuestos registrados frecuentemente en las muestras analizadas, mostraron valores promedio de 1.15 y 2.30 ng/g respectivamente. Las concentraciones altas del endrín y el heptacloro con respecto al resto de los plaguicidas clorados se explica al considerar que dichos compuestos se encuentran dentro de los xenobióticos que poseen un coeficiente de adsorción a carbono orgánico (Koc) de 34 000 para el endrín y 30 000 para el heptacloro (Cuadro 4), valores altos con respecto al resto de los compuestos organoclorados (Kenaga, 1980).

El uso de estos compuestos ha sido prohibido en varios países incluyendo México, el aldrín por su riesgo de salud e impacto ambiental adverso, su persistencia y su capacidad para ser bioacumulable en tanto que el heptacloro, además de su riesgo para la salud humana, su persistencia y su bioacumulación, presenta un efecto carcinogénico en animales de experimentación (Cuadro 7) (United Nations, 1987).

Del grupo de los compuestos alicíclicos, el beta BHC fue el que registró el valor promedio más alto con 0.62 ng/g  $\pm$  0.34, siguiéndole en orden decreciente el gama BHC (lindano) con 0.28 ng/g  $\pm$  0.16 y el alfa BHC con 0.09 ng/g  $\pm$  0.04.

Al analizar en forma porcentual las proporciones en que se presentan cada uno de los compuestos con sus respectivos metabolitos ( Tab. 6, Fig. 14), se observó que de los compuestos aromáticos, el p,p'-DDT presentó el porcentaje más alto con 53.01 %, siguiéndole en orden decreciente el p,p'-DDE con 31.32 % y el p,p'-DDD con 15.66 %.

Las proporciones obtenidas para el endosulfán I y endosulfán sulfato fueron muy similares con 52.72 % y 47.27 % respectivamente, lo cual indica que las aplicaciones de éstos compuestos al sistema se realizaron en fecha reciente al muestreo, no obstante es importante destacar que los compuestos de la aplicación anterior a la fecha de muestreo ya se encontraban en su última fase de degradación.

Cuadro 7. PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS CUYO USO Y/O VENTA HAN SIDO PROHIBIDOS, RETIRADOS, SEVERAMENTE RESTRINGIDOS O NO APROBADOS POR LOS GOBIERNOS DE CUATRO O MAS PAISES HASTA 1986 (Restrepo, 1988).

COMPUESTO	RESTRINGIDO O PROHIBIDO EN:	CAUSAS DE LAS RESTRICCIONES ***
ALDRIN	CEE y 29 países (PH)** PAN	Riesgo para la salud e impacto ambiental adverso. Persistencia y Bioacumulación.
DDT	CEE y 33 países (PH)	Riesgo para los ecosistemas. Persistente. Capacidad de biomagnificación. Desarrollo de persistencia en las plagas.
DIELDRIN	CEE y 32 países (PH) PAN	Persistente y bioacumulable. Residuos en alimentos. Riesgo para la salud por ser fenotóxico, teratogénico y oncogénico en animales de experimentación. Toxicidad aguda para los organismos silvestres. Riesgo para las especies en peligro de extinción.
ENDOSULFAN	9 países . PAN	Nocivo para la salud humana y organismos benéficos. Persistente y bioacumulable.
ENDRIN	CEE y 31 países (PH) PAN	Elevada toxicidad aguda para el hombre y animales silvestres. Bioacumulación. Potencial teratogénico.
BCH (mezcla de isómeros)	CEE y 21 países (PH)	Presencia de isómeros diferentes del Gama, debido a que presenta riesgo para la salud y carecen de potencial insecticida. Persistencia. Biomagnificación. Potencial carcinogénico.
GAMA BCH (lindano)	18 países (PH) PAN	Persistencia. Capacidad de Bioacumulación. Riesgos para la salud. La EPA canceló el registro en vista de las pruebas experimentales de carcinogenicidad, teratogenicidad, efectos reproductivos y otros
HEPTACLORO	CEE y 21 países (PH) PAN	Persistencia. Bioacumulación. Riesgo para la salud humana. Toxicidad para las aves. Carcinogénico en animales de experimentación.

\* CEE .- Comunidad Económica Europea

\*\* Productos incluidos en The Pesticide Handbook

\*\*\* PAN.- Pesticide Action Network

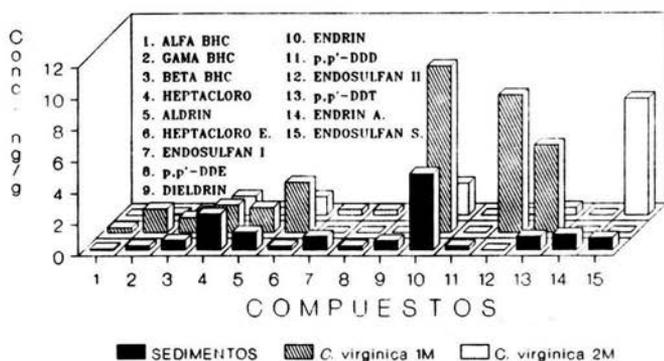


Fig. 13. Niveles promedio de Plaguicidas Organoclorados en la Laguna de Machona, Tab.

TABLA 5. Concentraciones promedio de Plaguicidas Organoclorados de la Laguna de Machona, Tabasco.

COMPUESTOS	SEDIMENTOS (1M)		C. virginica (1M)		C. virginica (2M)	
	X	± D.E.	X	± D.E.	X	± D.E.
1. ALFA BHC	0.09	0.04	0.31	-	N.D	-
2. GAMA BHC	0.28	0.16	1.53	0.46	0.10	0.02
3. BETA BHC	0.62	0.34	0.97	0.99	0.17	0.14
4. HEPTACLORO	2.30	0.44	1.77	1.50	1.24	1.36
5. ALDRIN	1.15	0.29	1.61	2.71	0.51	0.15
6. HEPTACLORO E.	0.27	-	3.24	-	1.21	0.35
7. ENDOSULFAN I	0.87	-	N.D	-	0.36	N.D
8. p,p'-DDE	0.26	0.03	N.D	-	0.35	0.04
9. DIELDRIN	0.59	-	N.D	-	N.D	-
10. ENDRIN	4.90	2.40	10.60	8.96	2.07	1.11
11. p,p'-DDD	0.26	-	N.D	-	N.D	-
12. ENDOSULFAN II	N.D	-	8.78	0.46	0.08	-
13. p,p'-DDT	0.88	-	5.6	-	0.50	0.18
14. ENDRIN ALDENIDO	1.02	-	N.D	-	N.D	-
15. ENDOSULFAN S.	0.78	-	N.D	-	7.45	6.29

1M.- 1er. muestreo realizado en Junio de 1989.

2M.- 2do. muestreo realizado en Noviembre de 1989.

De los compuestos alicíclicos, la forma que presentó el porcentaje más elevado fue el beta BHC (63.11 %), siguiéndole en orden decreciente el gama BHC (lindano) con 29.41 % correspondiendo entonces la menor proporción al alfa BHC con 7.47 %, lo anterior indica el inicio del proceso de degradación de dichos compuestos desde la última aplicación, este hecho se deduce al considerar que los isómeros predominantes en este caso fueron el beta BHC, de lo cual se asume que se han realizado aplicaciones recientes y frecuentes, dado que se detectó el alfa BHC casi en la totalidad de las estaciones.

Al obtener la relación heptacloro: heptacloro epóxido, se observó una mayor predominancia en su forma original con 89.49 %, en tanto que el heptacloro epóxido representó el 10.50 %, lo cual sugirió que el heptacloro había sido aplicado recientemente, ya que la mayor proporción esta en su forma original.

Es importante señalar que la conversión del heptacloro a heptacloro epóxido es de alrededor del 1 % (N.R.C., 1974). Considerando esta aseveración se deduce que, actualmente, se emplea el heptacloro en zonas aledañas al sistema, ya que el heptacloro epóxido es detectado generalmente en zonas donde el compuesto original (heptacloro) es usado en forma extensiva.

De los compuestos ciclodiénicos (Tab. 6 , Fig. 14), se destacaron el aldrín y el endrín , mismos que se presentaron casi en su totalidad en la forma original. El aldrín representó el 90.75 % del total de la suma, en tanto el 9.24 % correspondió a su metabolito dieldrín. En tanto el endrín representó el 95.97 % y su metabolito (endrín aldehído) conformó el 4.02 % del total. Este comportamiento se explica ya que son compuestos que poseen un elevado valor de coeficiente de adsorción a carbono orgánico (Koc) (Kenaga, 1980) (Cuadro 4), parámetro que puede influir la acumulación de un compuesto en el sedimento.

En la Fig. 17. se muestran los compuestos organoclorados detectados en sedimentos en este cuerpo lagunar , de los cuales destacan el endrín, compuesto actualmente prohibido para su fabricación y uso en México (Pesticide Action Network, 1991) (Cuadro 10), y otros países, debido a su elevada toxicidad aguda para el hombre y animales silvestres, su capacidad para bioacumularse y su potencial teratogénico (United Nations, 1987).

De las 5 estaciones analizadas las concentraciones totales más elevadas se observaron en la estación 7 (Chilar) con 14.53 ng/g, siguiéndole en orden decreciente la estación 6 (Coquitos) con 7.44 ng/g, lo cual puede ser debido al tipo de sedimento (limo - arenoso) del área, flujo de marea (NE-SO) y dirección de los vientos dominantes (NE-SO) (Gutiérrez y Galaviz, 1983), lo cual pudo favorecer la acumulación de la mayoría de los compuestos organoclorados en los sedimentos de las estaciones antes mencionadas.

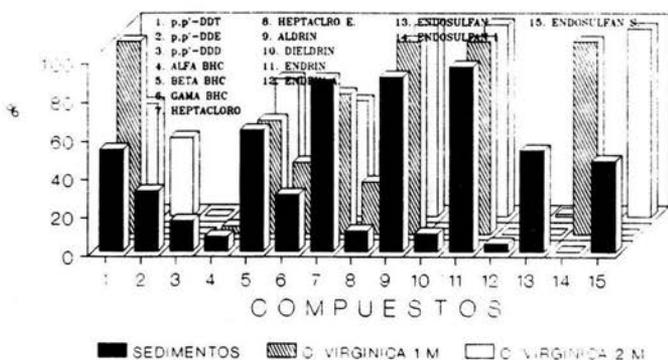


Fig. 14. Plaguicidas Organoclorados  
Precursor / Metabolitos  
Laguna de Machona, Tab.

Tabla 6. Porcentajes de plaguicidas organoclorados en sedimentos de la Laguna de Machona, Tabasco. (Junio, 1989).					
GRUPO	Compuesto Original	%	Metabolitos	%	Plazo Aproximado de Aplicación
					Reducido Mediano Largo
Aromáticos	DDT	53.01	DDE DDD	31.32 15.66	X
Alicíclicos	BHC		ALFA BHC BETA BHC GAMA BHC	7.47 63.11 29.41	X
Ciclodiénicos	HEPTACLORO	89.49	H.EPOXIDO	10.50	X
	ALDRIN	90.75	DIELDRIN	9.24	X
	ENDRIN	95.97	E.ALDEHIDO	4.02	X
	ENDOSULFAN		ENDOSULFAN I ENDOSULFAN II ENDOSULFAN S.	52.72 0 47.27	X

Los valores de carbono orgánico en las estaciones de este cuerpo lagunar presentaron valores que oscilaron en un rango de 0.88 a 1.43 %, con los máximos en las estaciones 6 (Coquitos) y 1 (Sishal). En este caso no se encontró una relación significativa entre ambos parámetros, obteniéndose un coeficiente de correlación,  $r = 0.51$  (Tab. 7, Fig. 15).

#### B. OSTION (*Crassostrea virginica*)

En las muestras de *C. virginica* de la Laguna de Machona, durante la época de lluvias se detectaron las concentraciones promedio más altas para el endrín en un intervalo de valores de 0.34 a 20.26 ng/g con un valor promedio de  $10.60 \text{ ng/g} \pm 8.96$  (Tab. 5, Fig. 13). Las grandes desviaciones observadas en estos valores denota variación puntual de los agroquímicos, en las diferentes áreas del sistema lagunar.

Dentro de los compuestos más ampliamente distribuidos en el sistema se encontraron, además del endrín, el beta BHC y heptacloro, mismos que registraron valores promedio de  $0.97 \text{ ng/g}$  y  $1.77 \text{ ng/g} \pm 1.50$ , lo cual se explica por la alta presión de vapor de estos compuestos que favorece su extensa distribución en áreas aledañas al punto de aplicación.

En los ejemplares de ostión (*Crassostrea virginica*) analizados para la Laguna de Machona, se detectaron compuestos principalmente en su forma original, lo cual se explica debido al bajo nivel de actividad enzimática del sistema de desintoxicación que poseen los bivalvos, consecuencia de ello, el metabolismo de los hidrocarburos no juega un papel importante en la remoción de hidrocarburos clorados de dichos organismos (Boesch y Rabalais, 1987).

El DDT, aldrín y endrín fueron los compuestos que se presentaron en su totalidad (100 %) en la forma original. El heptacloro también registró su mayor porcentaje en su forma original (72.81 %) en tanto que su metabolito (heptacloro epóxido) conformó el 27.18 % (Tab. 8, Fig. 14). En todos estos casos se hace evidente que la aplicación de los compuestos en este sistema fue realizada en fecha reciente al muestreo, puesto que no se detectaron metabolitos en la mayoría de los casos.

De los compuestos alicíclicos (BHC), el isómero que predominó fue el beta BHC con 59 %, siguiéndole en orden decreciente el gama BHC (lindano) con 37.22 % y el alfa BHC con 3.77 %, lo cual denota que existió una degradación considerable y que el lapso de tiempo transcurrido fue amplio, lo anterior se deduce al considerar que la mezcla original está constituida por el 60 % del alfa BHC, 28 % para el beta BHC y el 12 % para el gama BHC, que es el ingrediente activo.

De los compuestos ciclodiénicos, se observó que el endosulfán predominó en su totalidad (100 %) en forma de endosulfán II, mismo que se registró específicamente en las estaciones 1 (Boca del Río) y 4 (Bajadura) con 8.45 y 9.11 ng/g respectivamente. Lo

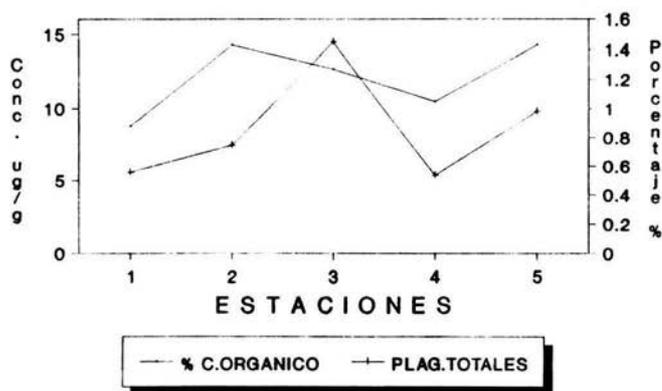


Fig. 15. Plaguicidas Organoclorados vs Carbono Orgánico de la Laguna de Machona, Tabasco (Junio, 1989).

Tabla 7. Concentración total de plaguicidas organoclorados y carbono orgánico en la Laguna de Machona, Tabasco (Junio, 1989).			
Estación		Plaguicidas Totales (ng/g)	Carbono Orgánico (%)
Boca del Río	(1)	9.83	1.43
E. Jiménez	(2)	5.35	1.05
Sishal	(3)	5.57	0.88
Coquitos	(6)	7.44	1.43
Chilar	(7)	14.53	1.27
			r= 0.51

Tabla 8 . Porcentajes de plaguicidas organoclorados en Crassostrea virginica de la Laguna del Machona, Tabasco. (Junio, 1989).

GRUPO	Compuesto Original	%	Metabolitos	Plazo Aproximado de Aplicación	
				%	Reducido Mediano Largo
Aromáticos	DDT	100	DDE	0	X
			DDD	0	
Alicíclicos	BHC		ALFA BHC	3.77	X
			BETA BHC	59.00	
			GAMA BHC	37.22	
Ciclodiénicos	HEPTACLORO	72.81	H.EPOXIDO	27.18	X
	ALDRIN	100	DIELDRIN	0	X
	ENDRIN	100	E.ALDEHIDO	0	X
	ENDOSULFAN		ENDOSULFAN I	0	X
			ENDOSULFAN II	100	
ENDOSULFAN S.			0		

antes mencionado, presupone un lapso de tiempo no muy largo desde la última aplicación, puesto que aún no se hace evidente el endosulfán sulfato como resultado de la degradación final. Así también es importante considerar que después de la aplicación el endosulfán I se disipa en el ambiente más rápidamente debido a su alta tasa de volatilización, lo cual es debido a su baja solubilidad en el agua y a su presión de vapor relativamente alta. Por otro lado, el endosulfán II es más persistente en el agua con respecto al endosulfán I y endosulfán sulfato (Turlough y Kennedy, 1992). Esto favorece que el ostión dado su carácter de filtrador pueda concentrar preferentemente el isómero endosulfán II.

Para la Laguna de Machona, las concentraciones totales de plaguicidas organoclorados más altas fueron detectadas en las estaciones 1 (Boca del Río) y 4 (Bajadura). La estación 1 está influenciada por el Río Santa Ana, mismo que aporta grandes cantidades de residuos domésticos y de actividades agrícolas desarrolladas en áreas aledañas a este sistema fluvial, lo cual se acentúa en la época de lluvias. En tanto las altas concentraciones encontradas en la estación 4, se explican por el patrón de circulación de esta laguna en la época de lluvias y la cual está bajo el predominio de la conducción de los vientos dominantes, dirección y velocidad de las corrientes, así como la influencia fluvial, lo cual contribuye a la remoción, arrastre y acumulación de los sedimentos en ciertas partes de la laguna (Gutiérrez y Galaviz, 1983). Según Weber (1972) gran parte de los compuestos clorados se asocian a partículas orgánicas (húmicas) presentes en las aguas costeras, para posteriormente ser depositados y conformar un reservorio de estos compuestos, los cuales pueden ser bioconcentrados en los tejidos de los organismos que se encuentran en la interfase agua-sedimento.

Para la Laguna de Machona durante la época de nortes (Nov. 1989), los compuestos que se destacaron por sus altas concentraciones fueron el beta BHC, heptacloro, aldrín y endosulfán sulfato, mismos que se registraron distribuidos en el sistema. De los compuestos antes mencionados, los ciclodiénicos endosulfán sulfato y el heptacloro, así como el endrín, registraron los valores promedio más altos con  $7.45 \text{ ng/g} \pm 6.29$ ,  $1.24 \text{ ng/g} \pm 1.36$  y  $2.07 \text{ ng/g} \pm 1.11$  respectivamente (Tab. 5, Fig. 13).

Es importante considerar que debido al carácter lipofílico de los mencionados xenobióticos, los niveles en estos organismos pueden incrementarse, lo cual podría afectar la tasa de crecimiento en los ostiones adultos de la especie *C. virginica*, (Cuadro 8), (Wilbert, 1971).

Los compuestos aromáticos detectados en este caso fueron el p,p-DDT con 58.82 % y el p,p'-DDE con 41.17 % (Tab. 9, Fig. 14) este comportamiento es lógico si se considera que dada la baja solubilidad del p,p'-DDT su potencial para ser fácilmente captado por sistemas biológicos (bivalvos) es mayor (Turlough y Kennedy, 1992), asimismo el p,p-DDE es el compuesto encontrado preferentemente en los organismos, esto como resultado del

proceso de biotransformación en los ostiones, en el cual se involucran sistemas enzimáticos (Oxidasas de Función Mixta, MFO), a través de los cuales los compuestos originales son metabolizados a metabolitos más polares (Brown, 1987), involucrando procesos de alquilación, declorinación, hidrólisis y oxidación principalmente.

De los alicíclicos, el isómero predominante fue el beta BHC con 71.62 %, siguiéndole en orden decreciente el gama BHC con 28.37 %, en tanto el isómero alfa BHC no se registró. Considerando que en la mezcla original el alfa BHC es el isómero predominante, se asume que ha transcurrido un lapso de tiempo amplio puesto que el isómero alfa BHC, ya ha sido degradado en su totalidad.

El endosulfán compuesto de extenso uso para el control de plagas de diversos cultivos (Cuadro 5), se registró principalmente en su forma degradada. Así, el 98.06 % correspondió al endosulfán sulfato, el 0.35 % para el endosulfán II y el compuesto original representó el 1.57 %, lo cual es indicativo que el tiempo transcurrido desde la última aplicación de dicho agroquímico es muy largo.

Para este caso, los compuestos ciclodiénicos presentaron un comportamiento muy similar, ya que la mayor proporción del total correspondió al compuesto en su forma original, tal es el caso del heptacloro, compuesto sumamente volátil, que conformó el 60.25. % del total en tanto su metabolito heptacloro epóxido representó el 39.74 %. Por otro lado el aldrín y endrín, se presentaron únicamente en su forma original (100 %), comportamiento que indica la reciente aplicación de dichos agroquímicos al sistema.

CUADRO .8	
PORCENTAJE DE DISMINUCIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO EN OSTIONES ADULTOS ( <i>Crassostrea virginica</i> ) EN CONCENTRACIONES DE 100 ppb DE COMPUESTOS ORGANOCLORADOS (Wilbert, 1971).	
PLAGUICIDA	(%)
ENDRIN	51
CLORDANO	55
TOXAFENO	64
DIELDRIN	66
HEPTACLORO	83
ALDRIN	95
DDT y DDE	100

La presencia del compuesto original en proporciones altas para la mayoría de los casos indica su uso reciente, dichos compuestos se emplean principalmente en campañas fitosanitarias para el control de vectores transmisores de diversas enfermedades, entre las cuales se tienen la tifo, la fiebre amarilla, el paludismo (Cremlyn, 1982). De ahí, que el uso de estos compuestos todavía se realice en ciertas zonas.

Por otro lado, el patrón de compuestos clorados detectados en sedimentos y el ostión en este cuerpo lagunar fue muy semejante (Figs. 16 y 17). Se observó una relación significativa (B. del Río,  $r = 0.86$ ) (E. Jimenez,  $r = 0.86$ ) entre los compuestos detectados en ambos componentes.

Al comparar las concentraciones de hidrocarburos clorados en organismos de la especie *Crassostrea virginica*, obtenidos en la Laguna de Machona, durante los dos muestreos realizados correspondientes a la época de lluvias (Junio, 1989) y nortes (Noviembre, 1989), se notó que la mayoría de los compuestos organoclorados registrados para el período de nortes, presentaron concentraciones menores a las detectadas para la época de lluvias, siendo muy notorio este comportamiento en el endrín, endosulfán II y el metabolito p,p'-DDT, lo cual se explica si se considera que en los meses de Junio-Agosto, las lluvias son muy frecuentes y provocan el arrastre de los compuestos asociados a material particulado y orgánico, mismos que son incorporados al sistema. También el movimiento de los sedimentos provocado por la descarga de agua que transporta los residuos domésticos e industriales, juegan un papel importante en la reincorporación de compuestos clorados asociados a sedimentos hacia la columna de agua.

Por otra parte, algunos de los compuestos fueron detectados específicamente en la época de nortes, tal es el caso del endosulfán I, el metabolito p,p'-DDE y el endosulfán sulfato, lo que podría estar relacionado con el uso temporal de los mencionados agroquímicos en los diversos cultivos que se realizan en las áreas aledañas.

Sin embargo, también las variaciones presentadas para esta especie en las dos épocas del año, se explican ya que en el período de lluvias (junio), dichos organismos se encuentran en la etapa de desove o postdesove. Esto provoca que gran parte del volumen del ostión se encuentre ocupado por la gónada (Ruiz, 1978), órgano con gran cantidad de lípidos lo cual favorece la acumulación de compuestos orgánicos en este período.



Tabla 9. Porcentajes de plaguicidas organoclorados en *Crassostrea virginica* de la Laguna de Machona, Tabasco. (Noviembre, 1989).

GRUPO	Compuesto Original	%	Metabolitos	Plazo Aproximado de Aplicación		
				%	Reducido	Mediano Largo
Aromáticos	DDT	58.82	DDE	41.17		
			DDD	0	X	
Alifáticos	BHC		ALFA BHC	0		
			BETA BHC	71.62		X
			GAMA BHC	28.37		
Ciclodiénicos	HEPTÁCLORO	60.25	H.EPOXIDO	39.74	X	
	ALDRIN	100	DIELDRIN	0		X
	ENDRIN	100	E.ALDEHIDO	0		X
	ENDOSULFAN		ENDOSULFAN I	1.57		
			ENDOSULFAN II	0.35		
ENDOSULFAN S.			98.06			X

### 5.3. LAGUNA DE ALVARADO, VERACRUZ.

#### A. SEDIMENTOS

En la Laguna de Alvarado, Ver., se destacaron compuestos tales como el endrín, heptacloro, p,p'-DDT, aldrín y dieldrín, mismos que registraron los valores promedio más elevados. Estos compuestos poseen una solubilidad en agua baja, lo cual favorece que se asocien con material particulado (Turlough y Kennedy, 1992).

Dentro de la familia de los ciclodiénicos, el endrín, se detectó en el 100 % de las muestras analizadas, registrándose su valor más alto en la estación 5 (L. de Buen País) con 12.90 ng/g siguiéndole en orden decreciente la estación 1 (La Barra) con 11.82 ng/g. Asimismo el valor promedio obtenido para este compuesto fue de  $7.82 \text{ ng/g} \pm 4.77$  (Tab. 10, Fig. 18).

En este cuerpo lagunar, la concentración más elevada se observó en la estación 1 (La Barra) y 5 (L. de Buen País), lo cual se explica al considerar que la escorrentía a partir de las tierras agrícolas después de la aplicación de insecticidas es una de las fuentes de aporte fundamentales de endrín y otras las constituyen las formuladoras, las cuales vierten a los ríos endrín residual procedente de los procesos de fabricación.

El heptacloro se registró ampliamente distribuido en el sistema (100 % de las estaciones) debido a su baja presión de vapor que le permite ser transportado a lugares lejanos de su aplicación, principalmente por vía atmosférica; éste mostró valores que oscilaron en un intervalo de 0.02 a 14.77 ng/g con un valor promedio de  $3.91 \text{ ng/g} \pm 6.21$ . Por lo que se refiere al heptacloro epóxido se obtuvieron valores de 0.54 a 1.45 ng/g, con el valor más alto en la estación 5 con 1.45 ng/g y un valor promedio de 0.87 ng/g.

Se registró también la presencia de p,p'-DDT, p,p'-DDE y p,p'-DDD, de ellos el que se detectó con frecuencia en el sistema fue el p,p'-DDE, en un rango de valores de 0.10 a 3.50 ng/g y un valor promedio de 1.78 ng/g, presentándose los valores más elevados en las estaciones 5 y 1 con 3.50 y 3.12 ng/g respectivamente.

El aldrín se presentó en el 100 % de las muestras analizadas, con un valor promedio de 2.11 ng/g, con un intervalo de valores de 0.08 a 4.43 ng/g, registrándose los valores más elevados en las estaciones 4 y 5 con 2.91 y 4.43 ng/g respectivamente. El metabolito dieldrín, únicamente se registró en las estaciones 1 y 5 con valores de 2.10 y 2.01 ng/g respectivamente (Tab. 10, Fig. 18).

El endosulfán, el cual es aplicado frecuentemente en los diversos cultivos de carácter básico e industrial (Cuadro 5) (Restrepo, 1988), se registró únicamente en la estación 5 con un valor de 1.22 ng/g, asimismo el metabolito endosulfán II

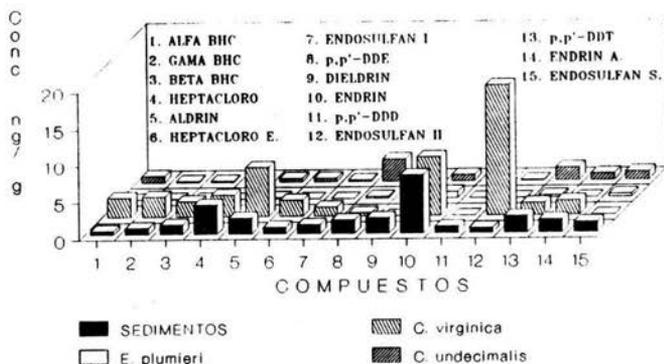


Fig. 18. Niveles Promedio de PLAGuicidas Organoclorados en la Laguna de Alvarado, Veracruz.

TABLA 10. Concentraciones promedio de Plaguicidas Organoclorados de la Laguna de Alvarado, Veracruz.

COMPUESTOS	SEDIMENTOS (1M)		C. virginica (1M)		E. plumieri (2M)	C. undecimalis (2M)
	X	± D.E.	X	± D.E.	X	X
1. ALFA BHC	0.47	0.29	2.62	2.19	N.D	0.89
2. GAMA BHC	0.85	0.63	2.73	0.23	0.09	0.17
3. BETA BHC	1.26	0.60	2.08	1.94	0.07	0.15
4. HEPTACLORO	3.91	6.21	2.91	2.63	0.004	0.42
5. ALDRIN	2.11	1.66	6.62	4.80	0.23	0.45
6. HEPTACLORO E.	0.87	0.45	2.17	2.62	N.D	0.46
7. ENDOSULFAN I	1.22	-	1.22	-	N.D	0.20
8. p,p'-DDE	1.78	1.77	0.42	0.31	0.25	3.01
9. DIELDRIN	2.05	0.06	N.D	-	N.D	0.17
10. ENDRIN	7.82	4.77	7.95	9.70	0.84	0.81
11. p,p'-DDD	0.89	-	N.D	-	-	1.13
12. ENDOSULFAN II	0.67	-	17.65	7.76	N.D	0.10
13. p,p'-DDT	2.24	-	1.64	-	0.32	1.70
14. ENDRIN ALDEHIDO	1.77	-	1.92	0.21	N.D	0.88
15. ENDOSULFAN S.	1.40	-	N.D	-	0.44	1.14

1M.- 1er. muestreo realizado en Junio de 1989.

2M.- 2do. muestreo realizado en Noviembre de 1989.

se presentó únicamente en la estación 5 con un valor de 0.67 ng/g y el endosulfán sulfato se detectó en la estación 3 (R. Papaloapan) con un valor de 1.40 ng/g.

En este cuerpo lagunar se destacaron los compuestos del grupo de los ciclodiénicos, mismos que representaron el mayor porcentaje del total con respecto a los otros grupos de insecticidas analizados, debido a sus características fisicoquímicas (presión de vapor baja en la mayoría de los casos, coeficientes de partición octanol-agua (Kow) altos y baja solubilidad (WS) en el agua que les permiten en el cuerpo acuático asociarse con el material particulado y sedimentarse. De este grupo el endrín, heptacloro y endrín presentaron su mayor porcentaje en su forma original con 95.66 , 84.93 % y 72 % respectivamente (Tab. 11, Fig. 19), hecho que indica que la aplicación de estos agroquímicos al sistema fue en fecha reciente.

El p,p'-DDT representó un porcentaje del 21.81 % del total, el p,p'-DDD el 8.66 % y el p,p'-DDE fue el compuesto que obtuvo el mayor porcentaje con 65.92 %, dado que el compuesto no ha sido degradado hasta su último metabolito, sino que las mayores proporciones se registraron para el p,p'-DDE. Se asume con ello que el lapso de tiempo requerido desde la última aplicación de este agroquímico no es muy grande. El hecho de que la mayor proporción del DDT se haya encontrado en la forma de p,p'-DDE, se explica si se considera que es el principal producto resultado de la hidrólisis del p,p-DDT y que es más persistente en el ambiente que el compuesto original.

De la suma del endosulfán y sus metabolitos, la mayor proporción correspondió para el endosulfán sulfato con 42.55 %, en tanto el endosulfán I y II, registraron porcentajes menores, es decir, 37.08 y 20.36 % respectivamente.

El mayor porcentaje correspondió al endosulfán sulfato, compuesto muy estable y considerablemente más persistente que los isómeros originales (Stewart y Cairns, 1974; Turlough y Kennedy, 1992). Considerando que la vida media de dicho compuesto es de aproximadamente 2 años, tuvo que transcurrir un lapso de tiempo considerable para que el compuesto original haya pasado en una proporción alta a su forma ya degradada (endosulfán sulfato), la predominancia del endosulfán en su forma más degradada (endosulfán sulfato) de este cuerpo lagunar se explica al considerar que los isómeros del endosulfán son susceptibles a la hidrólisis alcalina (Goebel *et al.*, 1982) misma que aumenta conforme se sufre un incremento en el pH. Asimismo, la poca frecuencia y concentraciones elevadas de este compuesto en sitios localizados de la Laguna permite aseverar que dicho compuesto es aplicado en forma esporádica en zonas aledañas, como resultado de las actividades de agricultura realizadas temporalmente o bien de las aplicaciones en las campañas fitosanitarias para la eliminación de insectos (larvas de lepidópteros) (Stewart y Cairns, 1974).

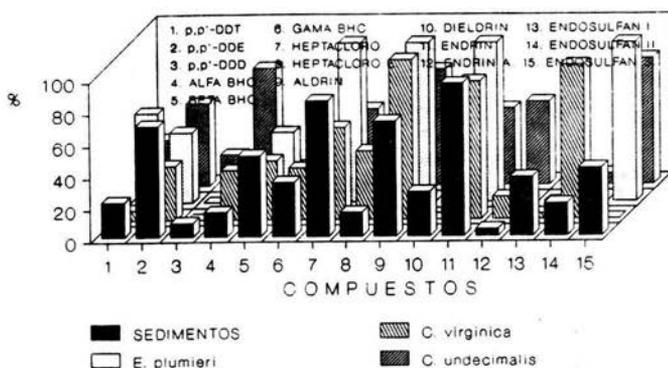


Fig. 19. Plaguicidas Organoclorados  
Precursor/Metabolitos  
Laguna de Alvarado, Veracruz.

Tabla 11. Porcentajes de plaguicidas organoclorados en sedimentos de la Laguna de Alvarado, Veracruz.(Junio, 1989).					
GRUPO	Compuesto Original	%	Metabolitos	Plazo Aproximado de Aplicación	
				%	Reducido Mediano Largo
Aromáticos	DDT	21.81	DDE	69.52	X
			DDD	8.66	
Alifáticos	BHC		ALFA BHC	15.25	
			BETA BHC	50.57	X
			GAMA BHC	34.17	
Ciclodiénicos	HEPTACLORO	84.93	H.EPOXIDO	15.06	X
	ALDRIN	72.00	DIELDRIN	27.99	X
	ENDRIN	95.66	E.ALDEHIDO	4.33	X
	ENDOSULFAN		ENDOSULFAN I	37.08	
			ENDOSULFAN II	20.36	X
ENDOSULFAN S.			42.55		

De los compuestos alicíclicos registrados, el beta BHC representó el mayor porcentaje con 50.57 %, en tanto el gama BHC registró el 34.17 % y el alfa BHC el 15.25 %. Esto sugiere aplicaciones realizadas en un lapso de tiempo no muy grande.

Las concentraciones de plaguicidas organoclorados en sedimentos fueron más altas en la Laguna de Alvarado con respecto a los valores detectados en la Laguna del Carmen y Machona, no obstante no se obtuvieron diferencias significativas, lo cual se comprobó mediante el ANOVA ( $\alpha = 0.05$ ).

Las concentraciones determinadas en los sedimentos son relativamente bajas (menores a 10 ng/g), no obstante cabe resaltar que es importante que las concentraciones presentes en los sedimentos disminuyen debido a que mientras más rápido desciendan los niveles de estos agroquímicos, decrecerá la posibilidad de que los organismos que habitan dichos ecosistemas (principalmente organismos bentónicos), puedan bioacumular y biomagnificar dichos compuestos, de lo contrario y considerando la persistencia de los plaguicidas mencionados pueden persistir en los organismos, aunque las aplicaciones de agroquímicos en el área hayan concluido.

En la Laguna de Alvarado los valores de carbono orgánico oscilaron en un rango de 0.66 a 2.05 %, con el valor más alto en la estación 4 (Boca del Tragadero), siguiéndole en orden decreciente la estación 1 (La Barra) con 1.02 %. En estas mismas estaciones los valores de plaguicidas totales fueron de 28.10 ng/g (Boca del Tragadero) y de 31.24 ng/g (La Barra), en este caso el coeficiente de correlación ( $r = 0.50$ ), demostró que no hay una relación significativa entre ambos parámetros (Tab. 12, Fig. 20). Tal relación ha sido constatada en aquellos sistemas costeros de latitudes templadas sin embargo en estudios realizados en zonas tropicales o subtropicales no se ha presentado.

#### B. OSTION (*Crassostrea virginica*)

Durante la época de lluvias (Junio, 1989), se analizaron 15 plaguicidas organoclorados en muestras de ostión (*C. virginica*) provenientes de la cooperativa de la Laguna de Alvarado.

Las concentraciones promedio más elevadas correspondieron al endosulfán II (17.65 ng/g  $\pm$  7.76), endrín (7.95 ng/g  $\pm$  9.70) y aldrín (6.62 ng/g  $\pm$  4.80), (Tab. 10, Fig.18). Las altas concentraciones del endosulfán II se explican al considerar su alta solubilidad con respecto a los otros 2 isómeros (Turlough y Kennedy, 1992) y su baja presión de vapor, las cuales determinan que éste sea captado preferentemente por el ostión dada su condición de filtrador.

Es importante considerar que a concentraciones del orden de ppb (ng/g), el endrín y el aldrín, compuestos que se encuentran dentro de los que registraron las concentraciones más altas, pueden provocar una disminución en el crecimiento de ostiones

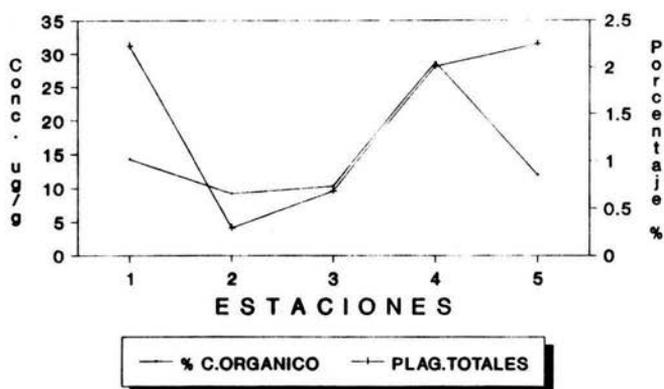


Fig. 20. Plaguicidas Organoclorados vs Carbono Orgánico de la Laguna de Alvarado, Veracruz (Junio, 1989).

Tabla 12. Concentración total de plaguicidas organoclorados y carbono orgánico en la Laguna de Alvarado, Veracruz (Junio, 1989).			
Estación		Plaguicidas Totales (ng/g)	Carbono Orgánico (%)
La Barra	(1)	31.24	1.02
R. Papaloapan	(2)	4.13	0.66
R. Puquita	(3)	9.62	0.74
B. Tragadero	(4)	28.10	2.05
L. de Buen País	(5)	31.49	0.85
			r= 0.50

adultos del 51 % y hasta del 95% respectivamente en *C. virginica* a concentraciones de 100 ng/g (Wilbert, 1971).

Para el ostión, las proporciones detectadas para los alicíclicos fueron muy similares, el alfa BHC representó el 30.89 %, el beta BHC el 36.85 % y el gama BHC ( lindano ) el 32.25 % (Tab. 13, Fig. 19). No obstante al considerar que la mezcla original tiene como isómero dominante al alfa BHC, se asume que ya se ha presentado cierta degradación del isómero alfa, para lo cual tuvo que haber transcurrido un lapso de tiempo medio desde la última aplicación del agroquímico.

Al obtener los porcentajes del compuesto original y sus respectivos metabolitos se observó que el endosulfán I, presentó un 3.34 %, el endosulfán sulfato el 0%, puesto que no fue detectado, siendo el endosulfán II el que conformó casi la totalidad de la suma con 96.65 %. Esto sugiere que el tiempo transcurrido desde la última aplicación del agroquímico no es muy grande, ya que no se ha hecho evidente la aparición del endosulfán sulfato que es el último producto de degradación del compuesto original.

Para el p,p'-DDT, el heptacloro, aldrín y endrín se observó un comportamiento similar, ya que las mayores proporciones correspondieron al compuesto original. El p,p'-DDT representó el 66.12 %, el heptacloro el 57.28 %, el endrín el 86.13 % y el aldrín representó el 100 %, lo anterior sugiere la incorporación reciente de dichos agroquímicos al sistema.

Por otro lado, es importante enfatizar que en la Laguna de Alvarado se detectaron los niveles más altos de compuestos organoclorados, en comparación con las Lagunas de Carmen y Machona, no obstante estas diferencias no fueron significativas (ANOVA,  $\alpha = 0.05$ ). Asimismo, se debe considerar que la zona mencionada constituye una de las principales productoras de hortalizas, café, caña de azúcar y algodón, razón por la cual en la época de cultivos de temporal, se acentúa el uso de diversos agroquímicos, tales como endosulfán, endrín y heptacloro.

Los compuestos organoclorados detectados en el ostión presentaron un comportamiento muy similar al registrado para los sedimentos, no obstante; en el ostión registró un mayor número de compuestos (Figs. 21 y 22), lo cual se explica al considerar el carácter lipofílico de dichas compuestos.

#### C. PECES (*Centropomus undecimalis* y *Eugerres plumieri*)

En este cuerpo lagunar durante la época de nortes (Nov.1989) se colectaron organismos de la especie *Centropomus undecimalis* (robalo) y *Eugerres plumieri* (mojarra rayada).

#### Mojarra rayada (*Eugerres plumieri*)

En la mojarra rayada, las concentraciones más altas correspondieron al endrín con 0.84 ng/g, siguiéndole en orden

Tabla 13. Porcentajes de plaguicidas organoclorados en Crassostrea virginica de la Laguna de Alvarado, Veracruz. (Noviembre, 1989).

GRUPO	Compuesto Original	%	Metabolitos	Plazo Aproximado de Aplicación	
				%	
					Reducido Mediano Largo
Aromáticos	DDT	6.12	DDE DDD	33.87 0	X
Alicíclicos	BHC		ALFA BHC BETA BHC GAMA BHC	30.89 36.85 32.25	X
Ciclodiénicos	HEPTACLORO	57.28	H.EPOXIDO	42.71	X
	ALDRIN	100	DIELDRIN	0	X
	ENDRIN	86.13	E.ALDEHIDO	13.86	X
	ENDOSULFAN		ENDOSULFAN I ENDOSULFAN II ENDOSULFAN S.	3.34 96.65 0	X

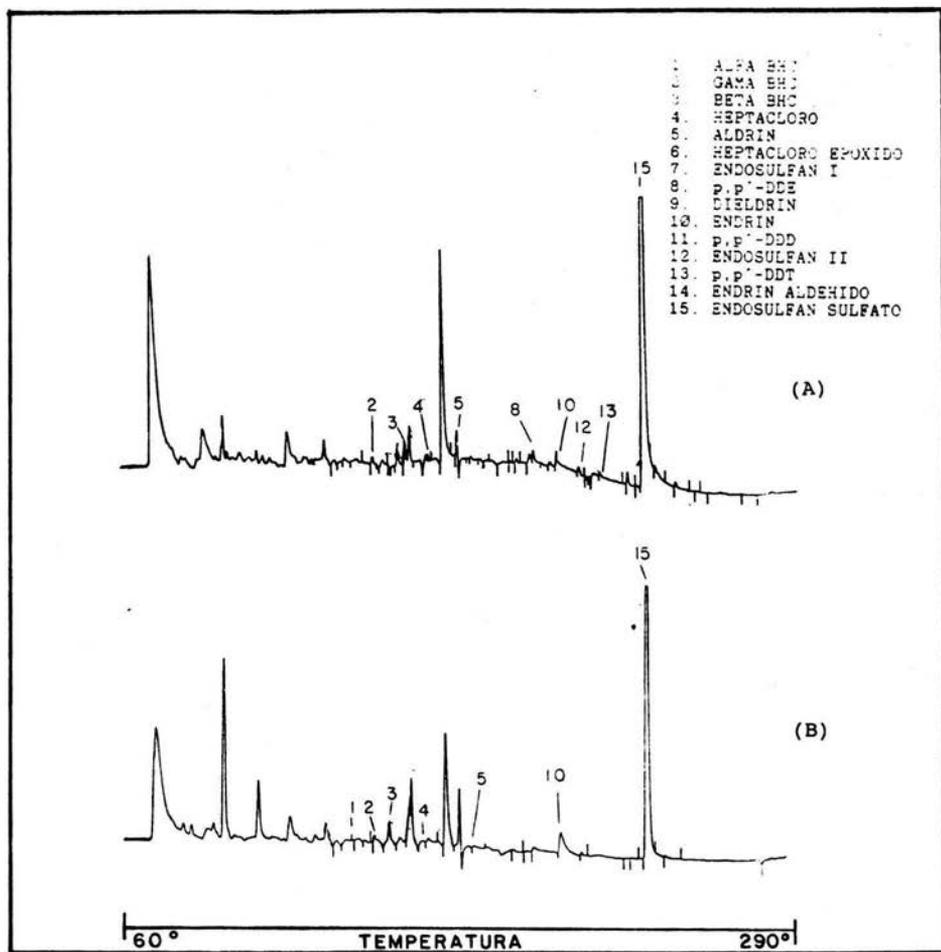


Fig. 21 y 22. Cromatogramas de Plaguicidas Organoclorados en *Crassostrea virginica* (A) y sedimentos (B) de la Laguna de Alvarado, Veracruz. (Junio, 1989).

decreciente el endosulfán sulfato con 0.44 ng/g y el p,p'-DDT con 0.32 ng/g (Tab. 10, Fig. 18). En esta especie las altas concentraciones de endrín se explican al considerar su baja presión de vapor y su relativa solubilidad, lo cual le permite asociarse a material particulado y posteriormente sedimentarse. Asimismo, la mojarra rayada (*E. plumieri*) es una especie omnívora, por lo cual puede introducir junto con su alimento partículas de sedimento que al ser incorporadas en el organismo los residuos de plaguicidas clorados presentes son acumulados preferentemente en el tejido lipídico debido a su alto coeficiente de partición octanol-agua (Kow).

De los compuestos aromáticos detectados en la mojarra rayada (*Eugerres plumieri*), el p,p'-DDT cuantificó el porcentaje más elevado con 56.14 %, sin embargo el metabolito p,p'-DDE mostró un porcentaje muy similar, es decir de 43.85 % (Tab. 14, Fig. 19). Para esta especie no se detectó el p,p'-DDD. Las altas concentraciones del DDT, se explica al considerar que dichas especies (peces) poseen un alto factor de bioconcentración (BCF) para este compuesto (Cuadro 4), lo cual está determinado por sus características fisicoquímicas.

En el caso de los compuestos alicíclicos, el gama BHC mostró un porcentaje de 56.25 %, en tanto el beta BHC representó el 43.75 % del total y no se cuantificó el alfa BHC.

Los compuestos ciclodiénicos mostraron un comportamiento muy similar en esta especie, ya que la totalidad (100 %) de los compuestos tales como el heptacloro, aldrín y endrín se registraron en su forma original, lo cual denota una aplicación muy reciente de estos agroquímicos al sistema. El endosulfán, el cual mostró su porcentaje total (100 %) en la forma más degradada (endosulfán sulfato), se explica al considerar que el principal producto de la oxidación del endosulfán I y II es el endosulfán sulfato, compuesto menos volátil y puede persistir mayor tiempo que los isómeros originales en el mismo sistema. Dado que el endosulfán sulfato es formado en muchos ambientes naturales a través de la oxidación biológica y a que es degradado lentamente, químicamente y biológicamente (Miles y Moy, 1978), puede representar el residuo predominante del endosulfán en ambientes acuáticos aerobios. Así entonces, considerando que los peces pasan grandes volúmenes de agua a través de sus branquias, se explica que puedan encontrarse niveles altos de este compuesto en sus tejidos.

#### Robalo (*Centropomus undecimalis*)

Para esta especie las concentraciones más altas correspondieron al p,p'-DDE con 3.01 ng/g siguiéndole, en orden decreciente, el p,p'-DDT y el endosulfán sulfato con 1.70 y 1.14 ng/g respectivamente (Tab. 10, Fig. 18).

En esta especie, los mayores porcentajes de los compuestos relativos al DDT, correspondieron al p,p'-DDE con 51.54 % y al p,p'-DDT con el 29.10 %, lo cual se justifica considerando que el

p,p'-DDT es un compuesto con una presión de vapor alta y solubilidad baja, lo cual provoca que esté más tiempo en el sistema acuático y pueda ser captado por sistemas biológicos.

Para el heptacloro y el endrín los porcentajes registrados para el compuesto original y su respectivo metabolito en esta especie fueron muy similares, predominando los metabolitos con 52.27 % para el heptacloro epóxido y con 52.07 % para el endrín aldehído (Tab. 15, Fig. 19).

De la suma de ambos compuestos el endrín representó el 47.92 % del total y el endrín aldehído el 52.07 % del total. El endrín es un compuesto altamente tóxico para peces, que puede provocar un incremento en la tasa de ventilación, convulsiones y pérdida de equilibrio, dichas señales indican que el endrín afecta el sistema nervioso central (Wilbert, 1971), compuesto que es captado por el organismo por difusión, del agua y a través del alimento (Cuadro 6).

De los compuestos alicíclicos el que presentó el mayor porcentaje fue el alfa BHC con 73.55 % y con proporciones muy similares para el beta BHC y el gama BHC con 12.39 y 14.04 % respectivamente, lo cual indica que dicho compuesto se aplicó en fecha reciente al periodo de muestreo.

El aldrín registró su porcentaje más alto en su forma original (72.58 %). En tanto que el endosulfán mostró un porcentaje de 79.16 % en su forma más degradada (endosulfán sulfato) y el endosulfán I y II registraron porcentajes menores con 13.88 y 6.94 % respectivamente.

La mojarra rayada (*E. plumieri*) presentó una concentración total de plaguicidas organoclorados (2.24 ng/g) inferior a las detectadas para el robalo blanco (*C. undecimalis*) (11.68 ng/g), lo cual puede explicarse en función de los hábitos alimenticios de dichas especies, ya que la mojarra es considerada como una especie omnívora (Chávez y Gregory, 1989) en tanto que el robalo blanco cae dentro de la categoría de especies carnívoras, que se nutren en primer término de peces de menor talla y como complemento de su dieta de otros organismos como crustáceos y moluscos (Carvajal, 1975). Esto es esencial si se considera que una de las principales rutas de captación de estos compuestos es a través del alimento.

Las diferencias en la concentración de plaguicidas entre la mojarra rayada y el robalo fueron estadísticamente significativas (t-student) con un nivel de confianza del 95%. Estas diferencias se aprecian en los cromatogramas sobre la distribución de los compuestos para cada organismo (Fig. 23 y 24).

Las marcadas variaciones en cuanto a la concentración de plaguicidas en ambas especies, pueden ser debidas a las tasas de absorción y de eliminación diferencial para cada especie, lo cual determina si un xenobiótico se bioacumula en el organismo (Najdek y Bazulic, 1988).

Tabla 14. Porcentajes de plaguicidas organoclorados en Eugenes plumieri de la Laguna de Alvarado, Veracruz. (Noviembre, 1989).

GRUPO	Compuesto Original	%	Metabolitos	Plazo Aproximado de Aplicación	
				%	Reducido Mediano Largo
Aromáticos	DDT	56.14	DDE	43.85	
			DDD	0	X
Alicíclicos	BHC		ALFA BHC	0	
			BETA BHC	43.75	X
			GAMA BHC	56.25	
Ciclodiénicos	HEPTACLORO	100	H.EPOXIDO	0	X
	ALDRIN	100	DIELDRIN	0	X
	ENDRIN	100	E.ALDEHIDO	0	X
	ENDOSULFAN		ENDOSULFAN I	0	
			ENDOSULFAN II	0	X
ENDOSULFAN S.			100		

Tabla 15. Porcentajes de plaguicidas organoclorados en Centropomus undecimalis de la Laguna de Alvarado, Veracruz. (Noviembre, 1989).

GRUPO	Compuesto Original	%	Metabolitos	%	Plazo Aproximado de Aplicación	
					Reducido	Mediano Largo
Aromáticos	DDT	29.10	DDE	51.54		
			DDD	19.34		X
Alcíclicos	BHC		ALFA BHC	73.55		
			BETA BHC	12.39	X	
			GAMA BHC	14.04		
Ciclodiénicos	HEPTACLORO	47.72	H.EPOXIDO	52.27		X
	ALDRIN	72.58	DIELDRIN	27.41	X	
	ENDRIN	47.92	E.ALDEHIDO	52.07		X
	ENDOSULFAN		ENDOSULFAN I	13.88		
			ENDOSULFAN II	6.94		X
			ENDOSULFAN S.	79.16		

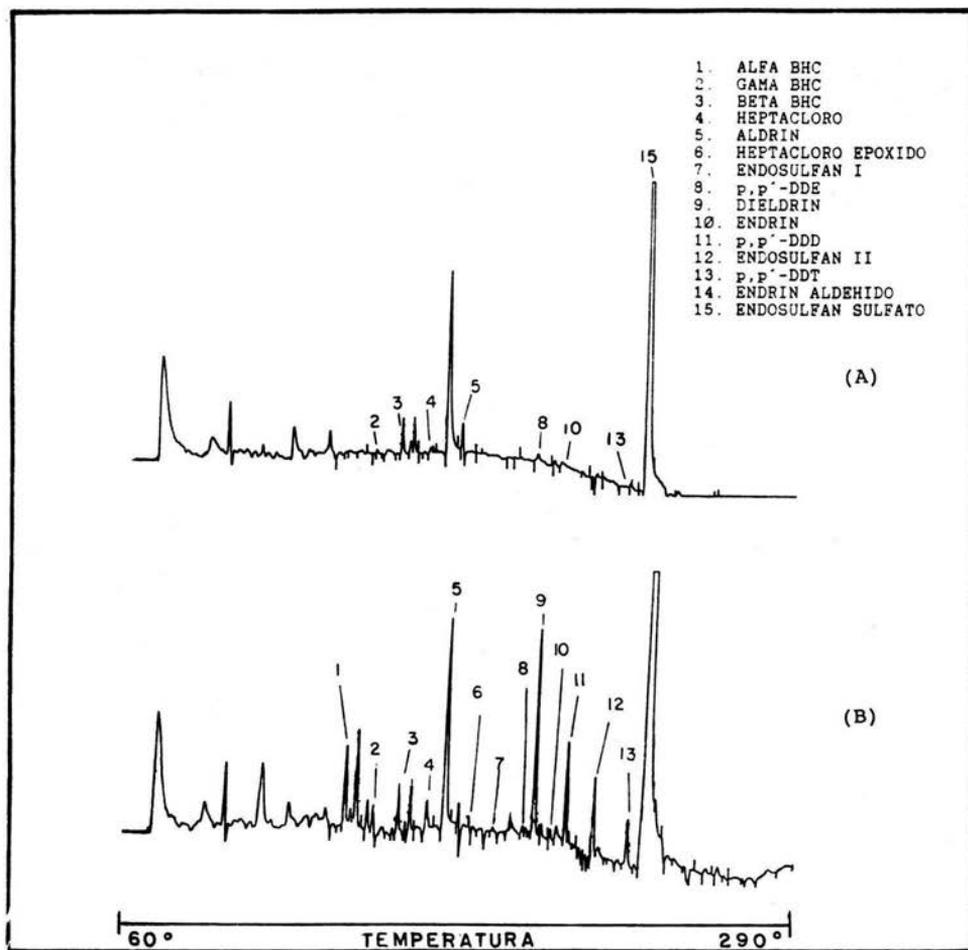


Fig. 23 y 24 . Cromatogramas de Plaguicidas Organoclorados en *Eugerres plumieri* (A) y *Centropomus undecimalis* (B) de la Laguna de Alvarado, Veracruz. (Noviembre, 1989).

En general, la presencia de plaguicidas en algunas especies de peces pueden tener diversos efectos: daño al sistema nervioso central con un resultado de inestabilidad y movimientos lentos o inactividad, disminución en la reproducción, reacción lenta a los estímulos externos, pérdida de apetito, crecimiento restringido y baja resistencia a las enfermedades, entre otros (Murty, 1986).

Las concentraciones de plaguicidas organoclorados detectados en los bivalvos (ostión) fueron mayores con respecto a las detectadas en los peces analizados, lo cual puede explicarse si se considera: 1) el factor de concentración que poseen los bivalvos (70 000), lo cual les permite acumular mayor cantidad de xenobióticos dentro de sus tejidos en comparación con los peces. 2) La baja capacidad que poseen los moluscos para transformar dichos compuestos mediante sistemas enzimáticos complejos involucrando reacciones de oxidación y conjugación, en comparación con los peces (Murty, 1986). y 3) Que la mayor parte de los compuestos clorados captados por peces se encuentren acumulados en otros sitios (branquias, hepatopáncreas, gónadas) y no específicamente en el músculo, tejido analizado en el presente estudio.

De los tres cuerpos lagunares estudiados, las mayores concentraciones de compuestos organoclorados fueron observados en la Laguna de Alvarado, tanto para sedimentos como en ostión, lo cual podría estar indicando un mayor uso y descarga de este tipo de agroquímicos en este sistema y áreas aledañas.

Al comparar los resultados obtenidos en el presente estudio con investigaciones previas (Rosales y Alvarez, 1979) (Cuadro 9) donde los valores promedio no alcanzaban 1 ppb en sedimentos, en este caso se observa un ligero incremento con respecto a los detectados en el presente estudio. No obstante se muestran bajos al compararse con los registrados para la Laguna de Términos y la Laguna de Bojórquez (Díaz, 1992).

En tanto con respecto a los valores registrados para *C. virginica* en el presente trabajo con respecto a las mismas áreas de estudio se consideran bajos (L. Machona y Alvarado) y muy similares a los detectados para la Laguna del Carmen (Rosales y Alvarez, 1979). Como también en lo referente a los peces y la mojarra en este estudio registró valores menores a los detectados en el Arroyo Teapa, Ver. (Botello, 1986). En el robalo los valores reportados, aunque no para la misma especie son menores a los valores registrados para el robalo (*Centropomus robalito*) en la Laguna del Ostión, Ver. (Botello, 1986) (Cuadro 9).

Por otra parte es importante señalar que las áreas de estudio son consideradas como una zona de captura y que numerosas cooperativas están en plena actividad, por lo que es indispensable garantizar que la captura que se comercializa presente niveles de plaguicidas organoclorados que se ajusten a los límites permisibles para consumo humano.

CUADRO 9. NIVELES DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN SEDIMENTOS Y ORGANISMOS EN ZONAS COSTERAS DE MEXICO.

LOCALIDAD	CONCENTRACION SEDIMENTOS	PROMEDIO (ng/g) ORGANISMOS ESPECIE	REFERENCIA
NACIONAL			
GOLFO DE MEXICO			
1. LAGUNA DE PUEBLO VIEJO, VER.	16.2	-	ROSALES y ALVAREZ, 1979.
2. LAGUNA DE TAMPAMACHOCO, VER.	-	1.1 <u>C.virginica</u>	ROSALES y ALVAREZ, 1979.
3. LAGUNA DE ALVARADO, VER.	0.66	9.3 <u>C.virginica</u>	ROSALES y ALVAREZ, 1979.
4. LAGUNA DEL OSTION, VER.	3.6	0.57 <u>R.flexuosa</u>	BOTELLO Y PAEZ, 1986.
5. LAGUNA DEL OSTION, VER.	-	1.46 <u>C. robalito</u>	BOTELLO, 1986.
6. LAGUNA DEL OSTION, VER.	-	1.02 <u>Eugerres sp.</u>	BOTELLO, 1986.
7. ARROYO TEAPA, VER.	-	2.0 <u>E. plumieri</u>	BOTELLO, 1986.
8. LAGUNA DEL CARMEN, TAB.	-	17.2 <u>C.virginica</u>	ROSALES y ALVAREZ, 1979.
9. LAGUNA DE MACHONA, TAB.	-	0.5 <u>C.virginica</u>	ROSALES y ALVAREZ, 1979.
10. LAGUNA DE CARMEN-MACHONA, TAB.*	137.6	-	SALAS, 1986.
11. LAGUNA DE MECOACAN, TAB. *	97.4	-	SALAS, 1986.
12. LAGUNA DE TERMINOS, CAMP.	17.0	17.4 <u>C.virginica</u>	ROSALES y ALVAREZ, 1979.
13. LAGUNA DE TERMINOS, CAMP.	83.32	26.07 <u>T.latifolia</u>	BOTELLO, 1990.
14. LAGUNA DE TERMINOS, CAMP.	-	302.24 <u>Cichlasoma sp.</u>	DIAZ, 1992.
15. LAGUNA DE TERMINOS, CAMP.	-	653.30 <u>Vallinaria sp.</u>	DIAZ, 1992.
16. LAGUNA DE NICHUPTE, Q.ROO.	0.47	3.0 <u>C.virginica</u>	ROSALES y ALVAREZ, 1979.
17. LAGUNA DE BOJORQUEZ, Q.ROO.	58.46	-	DIAZ, 1992.
INTERNACIONAL			
1. ESTUARIO SCHELDT, BELGICA.	2-8	-	DELBEKE et al., 1990.
2. LAGO NATVASHA, KENYA.	-	1.12 Carpa	MUGACHIA, 1992.
4. ESTUARIO DE CAROLINA DEL SUR, E.U.	-	5.18 <u>C. virginica</u>	MARCUS y RENFROW, 1990.

Los efectos de los plaguicidas sobre los diferentes grupos taxonómicos han motivado que diversos países establezcan legislaciones para proteger a las diferentes especies, en especial las más sensibles. En Estados Unidos, Canadá y la mayoría de los países de Europa se ha prohibido el uso de agroquímicos como el heptacloro, DDT, aldrín, dieldrín, endrín, BHC, lindano (Restrepo, 1988; Pesticide Action Network (PAN), 1991).

El Pesticide Action Network (1991) elaboró y editó un catálogo sobre el riesgo para la salud y ambiental de los plaguicidas organoclorados, en el cual se especifican en la mayoría de los países los compuestos que han sido prohibidos (Cuadro, 10).

Cuadro 10. Plaguicidas organoclorados restringidos y prohibidos para su uso en México (PAN, 1991).

COMPUESTOS						
SITUACION	HEPTACLORO	DDT	ALDRIN	DIELDRIN	ENDRIN	HCH LINDANO
PROHIBIDOS	X		X	X	X	
SEVERAMENTE RESTRINGIDOS		X				X X

En México recientemente se editó el Catálogo Oficial de Plaguicidas (Diario Oficial de la Federación, 1991), en el que se señala el uso de los diferentes insecticidas, tipos de compuestos suspendidos, restringidos y prohibidos para su uso en la República Mexicana. No obstante, no se establece un límite de tolerancia específico de estos compuestos en alimentos.

En base en lo anterior, los niveles de plaguicidas organoclorados detectados en organismos se evalúan en función de las regulaciones adoptadas por agencias internacionales, en especial las especificadas por el gobierno de Estados Unidos, las cuales establecen los límites máximos de plaguicidas organoclorados permisibles en alimentos para consumo humano (Cuadro 11).

Cuadro 11. Niveles Permisibles de Plaguicidas organoclorados en alimentos para consumo humano según las regulaciones de diferentes países.

LIMITES DE TOLERANCIA	TIPO DE COMPUESTO	BIBLIOGRAFIA
500 - 700 ng/g	ORGANOCORADOS	U.S.F.D.A., 1979. **
5000 ng/g	ORGANOCORADOS	F.N.I., 1969.
1000 ng/g *	DDT	N.A.S., 1972.
500 ng/g	DDT	Amico <i>et al.</i> , 1979.
100 ng/g	DIELDRIN	Amico <i>et al.</i> , 1979.
5000 ng/g *	DDT	U.S.F.D.A., 1984.
300 ng/g *	CLORDANO	U.S.F.D.A., 1984.
200 ng/g	ORGANOCORADOS	N.F.A., 1992. ***

\* Concentraciones expresadas en peso húmedo

\*\* en Rosales, 1979.

\*\*\* en Mugachia y Kanja., 1992.

Con base en este cuadro se considera que los niveles registrados en el presente estudio para los organismos analizados no sobrepasan el límite establecido por las agencias internacionales considerado como riesgoso para la salud humana. Sin embargo debe considerarse que estos organismos (ostión y peces) son especies que constituyen recursos pesqueros de gran importancia, y que además conforman parte de la dieta del mexicano, razón por la cual pueden provocar en un periodo de tiempo no muy largo efectos adversos en el hombre.

De lo expuesto anteriormente se visualizan 3 aspectos importantes ante el uso de compuestos organoclorados :

1) Repercusión en la industria pesquera por la disminución en la talla y otros efectos negativos en organismos comerciales (ostión y peces).

2) Daño ambiental, por la alteración de los procesos naturales en los sistemas acuático, terrestre y atmosférico con la presencia de estos xenobióticos.

3) Daño de salud pública, dado que son organismos (peces y ostión) que conforman parte de la dieta del mexicano, lo cual puede ser una causa de que este tipo de xenobióticos se haga evidente en la especie humana, lo que podría determinar en un periodo de tiempo no muy largo efectos negativos en el hombre.

## 6. CONCLUSIONES

### A. SEDIMENTOS

Las concentraciones de compuestos organoclorados promedio presentes en sedimentos se mantuvieron en niveles bajos, siendo éstas menores a 10 ng/g, en comparación a los organismos. De los tres cuerpos lagunares estudiados se detectaron las mayores concentraciones de compuestos organoclorados en la laguna de Alvarado destacándose el Endrín, compuesto ampliamente distribuido en los tres cuerpos lagunares estudiados.

En la Laguna del Carmen, se observó una relación significativa entre el carbono orgánico total (COT) y las concentraciones totales de plaguicidas organoclorados, en tanto que para las lagunas de Machona y Alvarado las relaciones entre ambos parámetros no fueron significativas.

Los compuestos presentaron un patrón muy similar en sedimentos en los 3 cuerpos lagunares ya que el grupo de los ciclodiénicos fue el grupo predominante.

Se observó una predominancia de los compuestos en su forma original, indicativo de la aplicación reciente de estos agroquímicos en el sistema.

### B. OSTION (*Crassostrea virginica*)

Las concentraciones más elevadas de plaguicidas organoclorados en *C. virginica* se detectaron en la Laguna de Alvarado. En este caso el compuesto predominante fue el endosulfán II.

En la laguna de Machona se observaron diferencias temporales en los niveles de plaguicidas organoclorados detectados en *C. virginica*, acentuándose las mayores concentraciones en la época de lluvias.

Los compuestos predominantes en *C. virginica* en los 3 cuerpos lagunares fueron los ciclodiénicos y en segundo término, los aromáticos. Así también, se presentaron principalmente en su forma ya degradada (metabolitos).

Las muestras de *C. virginica* analizadas en el presente estudio presentan niveles de plaguicidas organoclorados detectables, sin embargo no sobrepasan los límites permisibles (establecidos por agencias internacionales) considerados como nocivos o peligrosos para la salud humana.

### C. PECES

(*Eugerres plumieri* y *Centropomus undecimalis*)

Para la mojarra rayada, los compuestos predominantes fueron los ciclodiénicos y en segundo término los aromáticos.

En el robalo (*C. undecimalis*) se detectaron las concentraciones más altas y un mayor número de compuestos en comparación con los detectados en la mojarra. Para esta especie, el primer lugar lo ocuparon los del grupo de los aromáticos y el segundo lugar fue ocupado por los ciclodiénicos.

En ambas especies los mayores porcentajes se registraron para compuestos en la forma ya degradada (metabolitos). En general, los niveles de plaguicidas organoclorados en organismos mostraron el siguiente patrón:

*E. plumieri* < *C. undecimalis* < *C. virginica*.

Dadas las características de los plaguicidas organoclorados analizados y registrados en sedimentos y organismos se considera que puede existir un riesgo tanto ambiental como de salud a corto plazo. Lo anterior se deduce al considerar que una parte de los plaguicidas organoclorados detectados (ciclodiénicos) se presentan, preferentemente, en organismos, los cuales por sus características fisicoquímicas se bioacumulan y pueden provocar efectos mutagénicos, teratogénicos y, según pruebas experimentales, efectos carcinogénicos en el hombre.

## 7. RECOMENDACIONES

1) Con base en el comportamiento observado en los sedimentos y en los organismos, controlar el uso de ciertos agroquímicos clorados, principalmente aquellos que dadas sus características fisicoquímicas son rápidamente captados del ambiente por los organismos (ostión y peces) y que pueden representar un riesgo para la salud humana.

2) Realizar programas de control integrado donde el uso de agroquímicos se vea disminuido y/o controlado con el uso alternativo o conjunto de otros medios de control (físico y biológico) de plagas.

3) Realizar programas de evaluación de riesgo en suelo, aire y agua y contar con una mayor información sobre el uso, distribución y destino final de estos agroquímicos en el ambiente, hecho que permita fundamentar las medidas y restricciones del uso de ciertos agroquímicos por las Normas Oficiales Mexicanas que con el apoyo de las instituciones gubernamentales correspondientes verifiquen el cumplimiento de las mismas.

4) Realizar programas de evaluación de riesgo en suelo, agua y aire ante el uso de los plaguicidas clorados para visualizar en un futuro no muy lejano el control o bien métodos de remediación en los sistemas costeros que en la actualidad ya se encuentran impactados con la presencia de estos agroquímicos en sus diferentes componentes en el ambiente.

## 8. LITERATURA CITADA

- ADDISON, R. F., 1976. Metabolism of single and combined doses of Carbon <sup>14</sup> aldrin and triated p,p'-DDT by Atlantic Salmon *Salmo solar fry*. *J. Fish. Res. Board. Can.* 33(9):2073-2076.
- ALBERT, A.L., 1990. *Los plaguicidas y sus efectos en el ambiente y la salud*. CECODES, México. D.F. 331 p.
- ALMEIDA, W., 1982. *Vigilancia sistemática del ambiente, residuos de plaguicidas*. (Taller de adiestramiento en prevención de riesgos en el uso de plaguicidas). San Cristobal de las Casas, Metepec, Mexico. 80 pp.
- ALPUCHE, G. L., 1991. *Plaguicidas organoclorados y medio ambiente*. *Ciencia y Desarrollo. CONACyT. Vol. XVI:(96): 45-55.*
- ALVAREZ, D.C., CELIS, L. G., FLORIUK, E. M. y R. J. P. MEJIA, 1982. *Distribución y concentración de hidrocarburos fósiles en sedimentos y organismos del sistema lagunar Carmen-Machona, Edo. de Tabasco, México*. Rep. de Inv. 27. UAM-I.
- BAKRE, P.P., MISRA, V. y P. BHATNAGAR, 1990. Organochlorine Residues in Water from the Mahala. Water Reservoir, Jaipur, India. *Environmental. Pollution (63): 275:281.*
- BAYNE, B. L., 1985. *The Biological Effects of Marine Pollutants*. Praeger Scientific, New York. U.S.A. 131-150 pp.
- BOEHM, P.D. y J. G. QUINN, 1973. Solubilization of hydrocarbons by the dissolved organic matter in the sea water. *Geochim. Cosmochim. Acta.*, 37: 2459-2477.
- BOESCH, F.D. y N. N. RABALAIS, 1987. *Long-Term Environmental Effects od offshore oil*. Elsevier Applied Science. London, New York. U.S.A. 238 pp.
- BOTELLO, A.V. y S. H. RODRIGUEZ, 1982. *Niveles actuales de compuestos organoclorados, desechos industriales y coliformes en los sistemas lagunares costeros del Estado de Tabasco*. Informe Final presentado a la Secretaría de Pesca de Tabasco. pp. 147.
- BOTELLO, A.V. y O. F. PAEZ, 1986. *El problema crucial : la contaminación. Serie Medio Ambiente en Coatzacoalcos*. Centro de Ecodesarrollo, México. Vol. 1. 177 pp. Acta:22, 2.
- BOTELLO, A. V., 1990. *Impacto ambiental de los hidrocarburos organoclorados y microorganismos patogenos específicos en lagunas costeras de México*. Informe Final del Proyecto OEA-CONACyT. 153 p.

- BROWN, A.W.A., 1978. *Ecology of Pesticides*. Edit. John Wiley and Sons, Inc. USA. pp 499.
- BROWN, A. D.; GOSSETT, W. R. y R. S. MCHUG, 1987. Oxigenated Metabolites of DDT and PCBs in Marine Sediments and Organisms In: *Biological Processes and wastes in the ocean*. Malabar, Florida. Publishin Company. Vol. 1. 256 pp.
- CARRANZA-EDWARDS, A., GUTIERREZ-ESTRADA, M. y T. RODRIGUEZ, 1975. Unidades morfo-tectónicas continentales de las costas mexicanas. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. México*, 2(1):81-88.
- CARVAJAL, R. J, 1975. Contribución al conocimiento de la biología de los robalos *Centropomus undecimalis* y *C. poeyi* en la Laguna de Términos, Campeche. México. *Biol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 14 (1):51-70.
- CENTRO DE ECODESARROLLO (CECODES), 1981. *Las lagunas costeras de Tabasco*. UNAM. México. pp. 92.
- CHAVEZ, H., 1961. Estudio de una nueva especie de robalo del Golfo de México y redescipción de *Centropomus undecimalis* (Bloch) (Psic., Centropom.), *Sobretiro de Ciencia, México*. XXI (2): 75-83.
- CHAVEZ, C. J.C. y H. M. GREGORY, 1989. Dieta de las mojaras, *Gerres cinereus* y *Diapterus perurianus* (pisces:Gerreidae) en la Laguna de Cuyutlán, Colima, México
- CLARK, R.C. and J. S. FINELY, 1973. Techniques for analysis of data to asses oil spill effects in aquatic organisms. En: *Proc. Joint. Conf. on Prev. and Control Oil Spill*, American Petroleum Institute, Washington, D.C. 161-171 pp.
- CLARK, B.R., 1986. *Marine Pollution*. Clarendon. Press Oxford. 211 pp.
- CONNELL, D.W. y G.J. MILLER, 1984. *Chemistry and Ecotoxicology of Pollution*. John Wiley and Sons, Inc. USA., New York.
- CONTRERAS, F., 1985. *Las lagunas Costeras Mexicanas*. CECODES y SEPESCA. México, D.F. 263 pp.
- CREMLYN, R., 1982. *Plaguicidas modernos y su acción bioquímica*. Limusa. Mexico. 356 pp.
- DAVIS, H.C., 1961. Effects of some pesticides on eggs and larvae of oysters (*Crassostrea virginica*) and clams (*Venus mercenaria*). *Commer. Fisheries Review*. 23(12): 8-23.

- DELBEKE, K. ; JOIRIS, C. R. y M. BOSSICART, 1990. Organochlorines in Different Fractions of Sediments and in Different Planktonic Compartment of the Belgian Continental Shelf and Scheldt Estuary. *Environmental Pollution* (66):325-349.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION, 1991. Catálogo Oficial de Plaguicidas. Tomo CDLV No. 13. México, D. F. 1ra y 2da. Sección 128 pp.
- DIAZ, G.G. y A. V. BOTELLO, 1989. Comparación de dos técnicas analíticas para la determinación de plaguicidas organoclorados en organismos. V. Congreso de Química Analítica, Zacatecas, Zac.
- DIAZ, G. G., 1992. Determinación de Hidrocarburos Organoclorados en Sedimentos y Organismos de la Plataforma Continental y Zonas Costeras del Golfo de México. Tesis de Doctorado en Oceanografía Química. U.N.A.M. UACEP y P del CCH. 169 pp.
- FISHING NEW INTERNATIONAL (FNI), 1969. *Pesticides limits applied in U.S.A.* (8):85.
- GARCIA, E., 1973. Modificaciones al sistema Koppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). UNAM. Instituto de Geografía. 246 pp.
- GAUDETTE, H.E.; W.R. FLIGHT, L.TORNER Y D.M. FOLGER, 1974. An expensive titration method for the determination of organic carbons in recent sediments. *Sed. Petrol.* 44:(1):249-253.
- GOEBEL; H.; GORBACH, S. KNAUF, W.; RIMPAU, R. H; y H. HUTTENBACH, 1982. Properties, effects, residues and analytics of the insecticide endosulfan. *Residue Rev.* 83: 1-12.
- GOEL, R. M.; SHARA, A. M. y J. S. STANS, 1988. Induction of Lipid peroxidation by hexachlorocyclohexane, Dieldrin, TCDD, Carbon Tetrachloride and Hexachlorobenzene in rats. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology.* Vol (2): 255-262.
- GOLDBERG, E.D., 1979. *The health of the oceans.* U.N.E.S.C.O. Press. Paris. 172 pp.
- GOPALASWAMY, U. V. y C. K. NAIR., 1992. DNA Binding and Mutagenicity of Lindane and Its Metabolites. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* (49): 300-305.
- GUADARRAMA, M., 1977. Variación estacional de la biomasa fitoplanctónica de la Laguna de Alvarado, Ver. V Congreso Nacional de Oceanografía, Guaymas. Sonora, México.

- GUTIERREZ, E.; GALAVIZ, M.A. y A. CASTRO, 1978. *Fisiografía y sedimentos recientes de las lagunas Carmen-Machona, Tabasco, México. Resúmenes del VI Congreso Nacional de Oceanografía, Ensenada, Baja California Norte.*
- GUTIERREZ, E.M. y S. A. GALAVIZ, 1983. *Morfología y sedimentos recientes de las lagunas del Carmen, Pajonal y la Machona, Tabasco. México, Anales de Centro de Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Vol.10(1): 249-268.*
- HERNANDEZ, L.M.; FERNANDEZ, M. A. y M. J. GONZALEZ, 1992. *Organochlorine Pollutants in Water, Soils, and Earthworms in the Guadalquivir River, Spain Bull. Environ. Contam. Toxicol. (49): 192-198.*
- JOHNSON, D.W., 1968. *Pesticides and fishes. A review of selected literature. Trans. Am. Fish. Soc., (97):398-424.*
- KENAGA, E. E., 1980. *Correlation of Bioconcentration Factors of Chemicals in Aquatic and Terrestrial Organisms with their Physical and Chemical Properties. Health and Environmental Sciences. Vol. 14 (5): 553-556.*
- KERR, S. R. y W. P. VASS, 1973. "Pesticide Residues in Aquatic Invertebrates" In :C. A. Edwards (Ed.). *Environmental Pollution by Pesticides*. Plenum. Press, London. 134 p.
- LANKFORD, R. R., 1977. *Coastal lagoons of Mexico: Their origin and classification. Estuarine Research Federation, Galveston. Texas (EDS) Estuarine Processes. Academic Press, New York. 182-215 pp.*
- MARCUS, M. J. y R. T. RENFROW., 1990. *Pesticides and PCBs in South Carolina Estuaries. Marine Pollution Bulletin. Vol. 21 (2): 96-99.*
- McEWEN, F.L. y G. R. STEPHENSON, 1979. *The use and significance of pesticides in the environment.* John Wiley and Sons, Inc. USA. 538 pp.
- MEDINA, C.A., 1981. *La contaminación mató a la Machona. Diario Excelsior, México, D.F. Septiembre 28, 1-9 pp.*
- MUGACHIA, J.C.; KANJA L. and T. E. MAITHO., 1992. *Organochlorine Pesticide Residues in Estuarine Fish from the Athi River, Kenya. Bull. Environ. Contam. Toxicol. (49): 199-206.*
- MURTY, S. A., 1986. *Toxicity of Pesticides to Fish.* CRC, Press. Inc. Florida, U.S.A., Vol. I, 65 pp.
- MURTY, S. A., 1986. *Toxicity of Pesticides to Fish.* CRC, Press. Inc. Florida, U.S.A., Vol. II, 143 pp.

- NAJDEK, M. y D. BAZULIC, 1988. Chlorinated hydrocarbons in mussels and some benthic organisms from the Northern Adriatic Sea. *Marine. Pollut. Bull.* 19(1):37-38.
- NASH, G. R., 1983. Comparative Volatilization and Dissipation Rates of Several Pesticides from Soil. *J. Agric. Food. Chem.* 31: 210-217.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (NAS), 1975. Petroleum in the marine environment. Workshop on inputs, fates, and effects of petroleum in the marine environment. NAS. Washington, D.C. 107 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC)., 1974. Chlordane: Its effects on Canadian and ecosystems and its chemistry. *Nat. Res. Coun. Can. No. 14094.* 189 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC)., 1975. Endosulfan: Its effects on environmental quality. *Nat. Res. Coun. Can. No. 14098.* 100 p.
- PATIL, K.C ; MATSUMARA, F. y C. M. BOUSH, 1972. Metabolic transformation of DDT, Dieldrin, Aldrin and Endrin by marine microorganisms, *Environ. Sci. Technol.*, Vol. 6. 1061-1063 p.
- PESTICIDE ACTION NETWORK (PAN)., 1991. Demise of Dirty Dozen. Global Pesticide Campaigner. Regional Center. Vol. 1(3): 1-20.
- PERKINS, E.J., 1974. *The biology of estuaries and coastal waters.* Academic Press. New York. 678 p.
- PERKINS, E.J., 1976. The evaluation of biological response by toxicity and water quality assessments. In: *Marine Pollution.* Ac.Press. London 505-585 p.
- PHLEGER, F. B. y A. AYALA-CASTAÑARES, 1972. Ecology and development of two coastal lagoons. *Centro de Ciencias del Mar y Limnología.* 43(1):1-20.
- PHILLIPS, D.J.H., 1977. The use of biological indicator organisms to monitor trace metal pollution in marine and estuarine environments- a review. *Environ. Bull.* 13: 281-317.
- PHILLIPS, D.J.H., 1980. *Quantitative Aquatic Biological Indicators* London: Applied Science Publishers. 65 pp.
- RESTREPO, I., 1988. *Naturaleza Muerta: los plaguicidas en México.* Andromeda. México, D.f. pp 221.
- RODRIGUEZ, E.P., 1982. Impacto en las lagunas costeras Carmen-Pajonal-Machona, Tabasco, México, a partir de la abertura de una boca artificial. Tesis de Licenciatura. Escuela de Geografía. UNAM. 109 p.

- ROSALES, H.L., 1979. Sobre la dispersión de compuestos organoclorados en el medio ambiente marino : nota científica. *An. del Inst. de Cienc. del Mar y Limnol.*, 6 (1): 33-36.
- ROSALES, H.L. y I. R. ALVAREZ, 1979. Niveles actuales de hidrocarburos organoclorados en sedimentos de lagunas costeras del Golfo de México. *An. del Inst. de Cienc. del Mar y Limnol.*, UNAM. 6(2):1-6.
- RUIZ, D.M. F., 1978. *Recursos pesqueros de las costas de México*. Limusa. México, D.F. 131 p.
- SALAS, R., 1986. Estudio hidrologico y nivel de alteración causado por organoclorados en las lagunas Mecoacán y Carm, en-Machona. Tabasco. México. Tesis de Lic. Facultad de Ciencias, UNAM. 56 pp.
- SERICANO, J. L.; ATLAS, L.E.; WADE, L.T. y M. J. BROOKS, 1990. NOAA'S Status and Trends Mussel Watch Program: Chlorinated Pesticides and PCBs in oysters (*Crassostrea virginica*) and Sediments from the Gulf of Mexico, 1986-1987. *Marine Environment Research* (29): 161-203.
- STEGEMAN, J.J. y J. M. TEAL, 1973. Accumulation, Release and Retention of Petroleum Hydrocarbons by Oysters. *Mar. Biol.*, 22: 37-44.
- STEWART, D.K. R. y K. G. CAIRNS, 1974. Endosulfan persistence in soil and uptake by potato tubers. *J. Agric. Food. Chemm.* 22: 984-986.
- TATSUKAWA, R. y T. SHINSUKE, 1990. Fate and Bioaccumulation of Persistent Organochlorine Compounds in the Marine Environment. In: *Physical and Chemical Processes: Transport and transformation*. Malabar, Florida. Vol. 6: 40-51.
- TURLOUGH, F. G. y KENNEDY, R. I., 1992. Distribution and dissipation of endosulfan and Related Cyclodienes in Sterile Aqueous Systems: Implications for Studies on Biodegradation. *J. Agric. Food Chem.* 40: 2315-2323.
- UNEP/IAEA., 1982. *Determination of DDT's, PCB's and other hydrocarbons in marine sediments by gas liquid chromatography*. Reference Methods for Marine Pollution Studies No. 17.
- UNEP/FAO/IAEA, 1986. *Determination of DDT's and PCB's in selected marine organisms by packed column gas chromatography*. Reference Methods for Marine Pollution Studies. No. 14, Rev. 1.

- UNITED NATIONS, 1987. Consolidated list of products whose consumption and/or sale have been banned, withdrawn, severely restricted or not approved by Governments, 2a. Ed., Nueva York, 655 p.
- U. S. FOOD and DRUG ADMINISTRATION (U.S.F.D.A.), 1984. Action levels from chemicals and poisonous substances. U.S. Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service. New York.
- VILLALOBOS, F. A.; GOMEZ, S.; ARENAS, V.; CABRERA, J.; DE LA LANZA, G. y F. MANRRIQUE., 1975. Estudios hidrobiológicos en la Laguna de Alvarado (Febrero- Agosto, 1966). An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México. 46, Ser. Zoología (1):1-34.
- WADE, L.T. y M. J. BROOKS, 1988. Tributylin Contamination in Bivalves from United States. *Coastal Estuaries*. 22(12): 1488-1493.
- WEBER, J.B., 1972. Interaction of organic pesticides with particulate matter in aquatic and soils systems. In: Gouff R. F. (Ed). *Advances in Chemistry Series 111*: 55-120.
- WILBERT, G. CH., 1971. *The biological aspects of water pollution*. Ed. Charles C. Thomas. USA. 296 p.