

00361

31
21



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

"EVALUACION DE PLAGUICIDAS
ORGANOCORADOS EN SEDIMENTOS Y
ORGANISMOS DE LOS SISTEMAS LAGUNARES
CHANTUTO-PANZACOLA Y CARRETAS-PEREYRA,
CHIAPAS, MEXICO"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE

MAESTRA EN CIENCIAS (BIOLOGIA)

P R E S E N T A :

BIOL. LUCIA RUEDA QUINTANA

DIRECTOR DE TESIS: DR. ALFONSO VAZQUEZ BOTELLO



MEXICO, D. F.

1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

DEDICATORIA

A Dios por permitirme estar aquí y guiarme en los momentos difíciles.

A mis padres y hermanos por su apoyo y comprensión , en especial a Catalina, Beatriz y Verónica con quienes he compartido momentos muy especiales.

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

A mis abuelitos Virginia A. y Bruno Q. por su sabios consejos y apoyo constante.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero agradecimiento:

Al Dr. Alfonso Vázquez Botello no sólo por compartir su conocimiento y amplia experiencia profesional en la dirección de esta tesis, sino también por su apoyo constante y confianza otorgada para la realización de esta investigación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico a través de la implementación del Proyecto "Impactos biológicos y sociales de la contaminación por plaguicidas en sistemas lagunares críticos de la costa de Chiapas".

A los sinodales Dr. Agustín de Jesús Quiroz Flores, Dra Sonia Sofía Espina Aguilera, Dr. Arturo Carranza Edwards, Dr. Alejandro Jorge Toledo Ocampo, Dra. Sandra Luz Gómez Arroyo y M. en C. Guadalupe Ponce Vélez por sus valiosas observaciones y críticas constructivas para el mejoramiento de esta tesis.

Al Instituto de Historia Natural de Escuintla, Chiapas por su invaluable apoyo en la recolecta de las muestras y en especial a la Biol. Beatriz Burgette también por su valiosa ayuda y orientación para la actualización de los mapas del área de estudio

Al Oceanol. Fernando Ramos por el asesoramiento en el procesamiento de muestras de sedimentos así como por su invaluable ayuda y apoyo desinteresado para la realización de este estudio.

Al personal del Centro de Computo del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, especialmente al Ing. Enrique Piña Ruíz y Blanca Rocío Tafuya Fernández por su ayuda constante durante la realización de este trabajo así como por la facilidades otorgadas para la impresión de este trabajo.

A mis compañeros del Laboratorio de Contaminación Marina del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología M. en C. Guadalupe Ponce Vélez, Quím. Mayra Fabregat Vázquez, Biol Susana Villanueva Fragoso, M en C. Nery del Carmen Becerra Tapia, Biol. Gabriel Nuñez Nogueira y M. en C. Laura Calva Benítez por su apoyo, compañerismo y amistad.

Al M. en C. Pindaro Díaz Jaimés por su ayuda y apoyo incondicional en el manejo de los datos y orientación en las pruebas estadísticas.

Al Matemático Ignacio Palomar por su ayuda incondicional durante la realización de este trabajo.

A Elizabeth Velázquez por sus acertadas observaciones y sugerencias aportadas, las cuales mejoraron sustancialmente este trabajo.

Al Geol. Ricardo Salas por su gran ayuda otorgada en la corrección de mapas que permitieron el mejoramiento este trabajo.

A Emma Luz con toda mi admiración y respeto por toda la ayuda y apoyo brindado.

A mis compañeros y amigos Marcela, Adrián, Ana, Juan Luis, Claudia, Ricardo, Marlen, Alejandro y Lilia por su constante apoyo material y moral.

A todas las personas que de alguna u otra forma ayudaron a la realización y mejoramiento de este trabajo, gracias.

ÍNDICE

RESUMEN	1
SUMMARY	2
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1 Plaguicidas.....	6
A) Generalidades.....	7
B) Plaguicidas organoclorados.....	7
C) Plaguicidas en México.....	9
D) Destino de los plaguicidas.....	12
E) Plaguicidas en sedimentos.....	13
F) Efectos biológicos de los plaguicidas organoclorados.....	13
G) Antecedentes.....	15
2. OBJETIVOS	18
3. ÁREAS DE ESTUDIO	19
3.1 Laguna Chantuto-Panzacola, Chiapas.....	19
3.2 Laguna Carretas-Pereyra, Chiapas.....	21
4. MATERIALES Y MÉTODOS	25
4.1 Plaguicidas organoclorados.....	25
A) Recolecta del material.....	25
B) Obtención del peso seco.....	26
C) Análisis químico: Extracción y purificación de plaguicidas organoclorados en sedimentos y organismos.....	26
4.2 Carbono Orgánico Total (COT) (Materia orgánica).....	28
4.3 Análisis granulométrico.....	30

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
5.1 Laguna Chantuto-Panzacola, Chiapas.....	31
5.1.1 Época de Secas (Abril, 1994)	
5.1.1.1 Sedimentos.....	31
A) Plaguicidas.....	31
B) Metabolitos.....	33
C) Carbono Orgánico Total.....	34
5.1.2 Época de Lluvias (Julio, 1994)	
5.1.2.1 Sedimentos.....	35
A) Plaguicidas.....	35
B) Metabolitos.....	36
C) Carbono Orgánico Total.....	37
5.1.3 Época de Secas (Febrero, 1995)	
5.1.3.1 Sedimentos.....	38
A) Plaguicidas.....	38
B) Metabolitos.....	39
C) Carbono Orgánico Total.....	40
D) Granulometría.....	42
5.1.3.2 Organismos.....	47
5.1.3.2.1 Camarón blanco (<i>Penaeus vannamei</i>).....	47
A) Plaguicidas.....	47
B) Metabolitos.....	48
5.1.3.2.2 Pargo prieto (<i>Lutjanus novemfasciatus</i>).....	49
A) Plaguicidas.....	49
B) Metabolitos.....	50
5.2 Laguna Carretas-Pereyra, Chiapas.....	52
5.2.1 Época de Secas (Abril, 1994)	
5.2.1.1 Sedimentos.....	52
A) Plaguicidas.....	52
B) Metabolitos.....	53
C) Carbono Orgánico Total.....	54

5.2.1.2 Organismos.....	55
5.2.1.2.1 Camarón blanco (<i>Penaeus vannamei</i>).....	55
A) Plaguicidas.....	55
B) Metabolitos.....	56
5.2.2 Época de Lluvias (Julio, 1994)	
5.2.2.1 Sedimentos.....	56
A) Plaguicidas.....	56
B) Metabolitos.....	57
C) Carbono Orgánico Total.....	57
5.2.3 Época de Secas (Febrero, 1995)	
5.2.3.1 Sedimentos.....	58
A) Plaguicidas.....	58
B) Metabolitos.....	59
C) Carbono Orgánico Total.....	60
D) Granulometría.....	62
5.3 Discusión General.....	66
5.3.1 Plaguicidas	66
A) Sedimentos.....	66
B) Organismos.....	67
5.3.2 Carbono Orgánico Total	68
5.3.3 Granulometría.....	70
6. CONCLUSIONES.....	72
7. REFERENCIAS.....	76
8. ANEXOS.....	87

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el grado de contaminación por plaguicidas organoclorados y sus posibles efectos en las pesquerías (camarón y peces) de los sistemas lagunares Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra, Chiapas, México, para lo cual se determinaron las concentraciones de plaguicidas organoclorados y sus metabolitos en sedimentos y organismos (*Penaeus vannamei* y *Lutjanus novemfasciatus*) de los sistemas antes mencionados durante el periodo 1994-1995.

En el sistema lagunar Chantuto-Panzacola, los compuestos más sobresalientes fueron el endosulfán II (250.37 ng/g) y el p,p'-DDE (22.41 ng/g) ambos en la época de secas (abril, 1994 y febrero, 1995); y el epóxido de heptacloro (61.30 ng/g) en el periodo de lluvias (julio, 1995). En la Laguna Carretas-Pereyra, los compuestos más notables en sedimentos durante la época de secas fueron el heptacloro (23.32 ng/g) y el delta HCH (21.79 ng/g) en abril de 1994 y el aldrín (150.72 ng/g) en febrero de 1995, y el heptacloro epóxido (113.13 ng/g) lo fue en lluvias (julio, 1994). La concentración promedio de plaguicidas organoclorados en el sistema lagunar Carretas-Pereyra ($X = 120.43$ ng/g) fue más alta con respecto a la observada en el sistema Chantuto-Panzacola (47.91 ng/g).

Respecto a los organismos, en Chantuto-Panzacola, *Lutjanus novemfasciatus* registró los niveles totales más altos de plaguicidas organoclorados más altos (93 ng/g) en comparación con los registrados en *P. vannamei* (21.42 ng/g). En el camarón blanco (*P. vannamei*) de Carretas-Pereyra se obtuvieron bajas concentraciones en exoesqueleto (2.09 ng/g) y más altas en tejido (6.63 ng/g). Las concentraciones totales de plaguicidas organoclorados encontradas en *Penaeus vannamei* del sistema Carretas-Pereyra (8.72 ng/g) fueron inferiores a las detectadas en la misma especie del sistema lagunar Chantuto-Panzacola (21.42 ng/g).

Con respecto al tipo de sedimentos de las áreas de estudio se observa que en Chantuto-Panzacola predominó el sedimento lim-arenoso mientras que en la Laguna Carretas-Pereyra dominó el de tipo limo-arcilloso.

En ambos sistemas, las correlaciones más elevadas entre el contenido total de plaguicidas y el tipo de sedimento se observaron con el material grueso (arena fina y muy fina) y en el caso del contenido de carbono orgánico los coeficientes de correlación más altos se presentaron con el material fino (limo y arcilla). Sin embargo en la mayoría de los casos los coeficientes de correlación no fueron significativos.

SUMMARY

The main objective of this study was to evaluate the degree of pollution by organochlorine pesticides residues and their possible impacts on the fisheries (shrimp and fish) from the coastal lagoon systems Chantuto-Panzacola and Carretas-Pereyra, Chiapas, Mexico. Also, the concentrations of organochlorine pesticide residues and their metabolites were determined in the organisms (*Penaeus vannamei* and *Lutjanus novemfasciatus*) from these systems during the cycle 1994-1995.

In Chantuto-Panzacola lagoon Chantuto-Panzacola, the predominant compounds were the endosulfan II (250.37 ng/g) and the p,p'-DDE (22.41 ng/g) both in dry season (april, 1994 and february, 1995); and the heptachlor epoxide (61.30 ng/g) during the rains period (july, 1994). For Carretas-Pereyra, the most noticeable compounds in silts during dry season were the heptachlor (23.32 ng/g) and the delta HCH (21.79 ng/g) in april, 1994 and the aldrin (150.72 ng/g) on february, 1995, and the heptachlor epoxide (113.13 ng/g) in the rainy season. The average concentration of organochlorine pesticides for Carretas-Pereyra (120.43 ng/g) was higher than the concentration registered in the sediments Chantuto-Panzacola (47.91 ng/g).

For the organisms analyzed, in Chantuto-Panzacola, *Lutjanus novemfasciatus* had total levels of organochlorine pesticides (93 ng/g) higher than the levels registered in *Penaeus vannamei* (21.42 ng/g). Also in the skeleton of white shrimp (*P. vannamei*) from Carretas-Pereyra were found low concentrations of organochlorine pesticides (2.09 ng/g) compared with the levels detected in muscle (6.63 ng/g). The total concentrations found in *P. vannamei* from Carretas-Pereyra (8.72 ng/g) were lower those detected in the same specie from Chantuto-Panzacola (21.42 ng/g).

Regarding the sediment type, in Chantuto-Panzacola lagoon there is a great prevalence of the silt of type slime-sand and in the Carretas-Pereyra lagoon the sediment that prevailed was slime-clay.

In both lagoons, the highest correlations were founded between the total concentration of organochlorine pesticides with the gross sediments (sand fine and sand very fine) in the case of the organic carbon the highest values of correlations were found with the fine sediments (slime and clay). In the most of the cases the correlation registered were not significatives.

1. INTRODUCCIÓN

La zona costera es un amplio espacio de interacciones del mar, la tierra, aguas epicontinentales y la atmósfera. La transición de estas tres fases incide profundamente en las condiciones y en la dinámica ambiental, a las cuales se agrega la influencia del hombre como agente transformador de primera magnitud (Yáñez-Arancibia, 1986).

La zona costera tiene gran variedad de usos y sirve para diversas actividades humanas relacionadas con la alimentación, la energía, el transporte, la recreación y el urbanismo. Desde los ángulos económico y sociopolítico, la zona costera es extremadamente valiosa.

En esta zona existen importantes pesquerías de ostiones, camarones y peces. Se trata de áreas idóneas de reproducción, crianza y alimentación de diferentes moluscos, peces y crustáceos marinos. Las aves migratorias utilizan intensamente la zona costera y ciertas aves pasan en ella casi toda su vida. También algunas áreas son santuarios para animales en peligro de extinción como los manatíes, los cocodrilos, los hipopótamos y las aves raras.

Los estuarios y lagunas que forman parte de la zona costera constituyen un elevado porcentaje de las costas del mundo. En efecto, del 80 al 90 % de la costa Atlántica estadounidense y de su porción del Golfo de México consiste en estuarios y lagunas costeras, así como entre el 10 y el 25 % de sus costas del Pacífico.

México tiene como parte de su litoral del 30 al 35 % de estuarios y lagunas costeras en el Pacífico, el Golfo de México y el Caribe. Dicho porcentaje es de gran importancia para este país pues representa su principal y más perdurable rasgo geográfico y un patrimonio cultural y económico de trascendencia para el futuro desarrollo socioeconómico de sus estados litorales.

México posee 10 000 Km de litoral, 500 000 Km² de plataforma continental, 1 600 000 hectáreas de superficie estuárica y aproximadamente, 12 500 Km² de lagunas costeras. Todo esto en sus principales unidades oceanográficas que son: el Golfo de California, el Océano Pacífico, el Golfo de México, y el Mar Caribe.

El medio ambiente lagunar-estuarino es un ecotono costero, conectado con el mar de manera permanente o efímera. Estos ecosistemas son cuerpos de aguas someros, semicerrados de volúmenes variables dependiendo de las condiciones locales climáticas e hidrológicas (Yañez-Arancibia, 1986).

Los elementos geológicos costeros que se usan para denominar estuarios o lagunas costeras, incluyen una amplia variedad de sistemas acuáticos costeros y varían desde pequeños cuerpos de agua que se conectan sólo estacionalmente con el océano (bocas efímeras), hasta grandes sistemas permanentes. Las lagunas y estuarios son áreas muy ricas en peces, moluscos y crustáceos, además de ser zonas de intensa actividad humana.

En las lagunas y estuarios existen características ecológicas diversas: fitoplancton, zooplancton, carnívoros superiores, zooplancton herbívoro, peces demersales, microorganismos en los sedimentos, todos juntos participando en complicados ciclos energéticos, minerales y de materia orgánica.

Las lagunas costeras generalmente se diferencian de los estuarios sobre bases geomorfológicas. Un estuario es considerado comúnmente como la boca de un río mientras que una laguna costera es un embahiamiento separado del mar por islas de barrera (Yañez-Arancibia, 1986).

Pritchard define un estuario como “cuerpo de agua costero semicerrado con una conexión libre con el mar y dentro del cual el agua de mar se diluye significativamente con el agua dulce que proviene del drenaje terrestre”. Lankford (1977) define una laguna costera como “depresión de la zona costera por debajo del promedio mayor de las mareas más altas

(MHHW) y que tienen una comunicación con el mar, permanente o efímera pero protegida de las fuerzas del mar por algún tipo de barrera” (Yáñez-Arancibia, 1986).

Desde el punto de vista ecológico sin embargo, las lagunas costeras y estuarios constituyen un ecosistema de tipo similar y se puede hablar de un medio ambiente lagunar-estuarino.

El ecosistema lagunar-estuarino es extremadamente valioso desde el punto de vista económico. Este medio ambiente es importante como área de crianza de una gran variedad de peces marino costeros y camarones. Las aves migratorias utilizan extensivamente las lagunas y estuarios y en estos ambientes se desarrollan santuarios para aves en peligro de extinción, como cocodrilos, hipopótamos, manatíes y aves. Muchas lagunas y estuarios son importantes puertos. Se utilizan para la navegación industrial y turística, por lo tanto, la actividad industrial es variada. Algunos sistemas lagunares-estuarinos son reservorios de desechos urbanos e industriales.

La utilización del medio ambiente lagunar-estuarino por las sociedades modernas, manipulando tecnológicamente el sistema, ha estado acompañado por efectos indeseables como la contaminación por plaguicidas, desechos domésticos y variados contaminantes industriales como metales pesados, hidrocarburos u otros (Yáñez-Arancibia, 1986).

Los ecosistemas que conforman la zona costera han sido severamente dañados por los problemas de contaminación. Dentro de esta problemática, en México se tiene el uso extensivo de plaguicidas para el control de plagas en la agricultura y prácticas sanitarias para controlar enfermedades como el paludismo y dengue.

El control de plagas en la agricultura, los escurrimientos industriales, domésticos y las campañas de salud contra vectores de enfermedades son las principales fuentes de plaguicidas para la zona costera (Benítez, 1992).

1.1 PLAGUICIDAS

Se considera un plaguicida aquella sustancia o mezcla de sustancias que se destina para controlar cualquier plaga, incluidos los vectores de enfermedades humanas y de animales, las especies no deseadas que causen perjuicio o que interfieran con el mejor aprovechamiento de la producción agropecuaria y forestal (almacenamiento y transporte) de los bienes materiales, así como los que afectan el bienestar del hombre y de los animales (Diario Oficial de la Federación, 1991).

El hombre ha utilizado plaguicidas desde épocas remotas (Albert, 1990). El uso de las flores de piretro por sus propiedades insecticidas se remonta alrededor del año 400 A. C. a esta etapa se le suele llamar la “era de los productos naturales”. La era de los productos sintéticos se inicia mediados de la década de 1920. Aunque en 1930 se sintetizaron muchos plaguicidas orgánicos, su uso se extendió hasta después de 1940 (Albert, 1990).

Las propiedades insecticidas de algunos plaguicidas como es el caso del DDT se reconocieron hasta 1939. Durante la Segunda Guerra Mundial, este plaguicida se empezó a emplear en el combate de mosquitos transmisores (vectores) del paludismo, así como para interrumpir la transmisión por los piojos del tifus exantemático o la de otras enfermedades transmitidas por insectos y poco después se empezó a utilizar en la agricultura. (OPS-OMS, 1982; Albert, 1990 y ATSDR-EPA, 1994).

En los trópicos, muchas de las enfermedades más importantes son transmitidas por vectores o huéspedes intermediarios, en particular insectos o moluscos que pueden destruirse con insecticidas o molusquicidas (OMS, 1984). Dentro de las enfermedades vectoriales que pueden combatirse con insecticidas figuran el dengue, la fiebre hemorrágica dengue y la encefalitis japonesa (todas ellas transmitidas por mosquitos).

En 1980 se utilizaron unas 50 000 toneladas de plaguicidas en programas de salud pública de países en desarrollo. Esta cifra representaba aproximadamente el 10% del empleo total

de plaguicidas: el resto se utilizó principalmente con fines agrícolas (Smith y Lossev, 1981).

A) GENERALIDADES

Los plaguicidas se pueden clasificar por : origen, persistencia, modo de acción, uso, tipo de organismo que afectan y composición química.

La principal ventaja de clasificar a los plaguicidas desde el punto de vista químico es que permite agruparlos con un criterio sistemático y a través de este se puede establecer una correlación entre su estructura, actividad, toxicidad y mecanismos de degradación (Albert, 1990).

Dentro de los plaguicidas más utilizados en la agricultura y en las campañas sanitarias, el grupo de los organoclorados constituye uno de los de mayor importancia por su bajo costo y amplio espectro de acción.

B) PLAGUICIDAS ORGANOCORADOS

Los plaguicidas organoclorados son insecticidas de amplio espectro, muy estables químicamente y por lo tanto muy persistentes en el ambiente, con un tiempo de vida media superior a los 10 años (Brown, 1978). Una de las propiedades más importantes de los plaguicidas organoclorados es su persistencia en el ambiente, tanto biótico como abiótico. La persistencia es la capacidad de una sustancia para permanecer estable, sin modificaciones.

La vida media de algunos plaguicidas organoclorados se describe a continuación: aldrín (5 años), DDT (10.5 años), dieldrín (7 años), endrín (10 años), heptacloro (4 años), γ -HCH (2 años) (Albert, 1990).

Todos los plaguicidas de este grupo contienen cloro, carbono e hidrógeno y algunos también oxígeno y azufre, la mayoría de los plaguicidas organoclorados son insecticidas (Diario Oficial de la Federación, 1991).

Las características físicas y químicas de los plaguicidas son importantes para determinar su actividad y efectos eventuales en el ambiente. Si se considera la estructura química, los plaguicidas organoclorados se pueden clasificar en 3 grupos principales (Fig. 1) :

a) Hidrocarburos Alicíclicos

El principal representante de este grupo es el hexaclorociclohexano o HCH. Algunos autores lo llaman BHC (benzenohexacloro), pero químicamente esta nomenclatura es errónea (Albert, 1990).

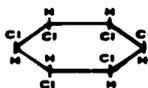
Las propiedades insecticidas del Hexaclorociclohexano (HCH) fueron descubiertas en 1942 por industrias químicas Imperiales en Gran Bretaña y Francia (Cremlyn, 1991).

El hexaclorociclohexano teóricamente puede contener ocho esteroisómeros diferentes y de los cuales cinco están actualmente presentes en el producto crudo. Debido a la orientación espacial de los enlaces cloro-carbono, sólo el isómero gama o lindano tiene poderosas propiedades insecticidas, el cual posee un espectro insecticida similar al del DDT (Cremlyn, 1991; Clark, 1992).

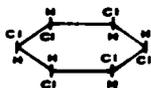
b) Hidrocarburos Aromáticos

El compuesto más sobresaliente de este grupo es el dicloro-difenil-tricloroetano o DDT. Este plaguicida fue preparado por Zeidler (1874) pero sus poderosas propiedades insecticidas no se descubrieron sino hasta 1939 por Müller de la compañía Suiza Geigy y el DDT fue introducido como un insecticida hasta 1942. El producto crudo contiene el 80 % del compuesto para-para (p,p') junto con 20 % del isómero orto-para (o,p') y trazas del

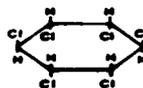
ALICICLICOS



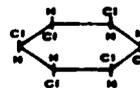
α-HCH



β-HCH

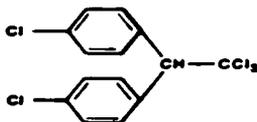


γ-HCH

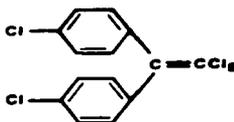


δ-HCH

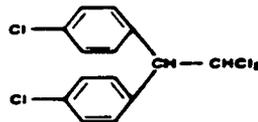
AROMATICOS



p,p'-DDT

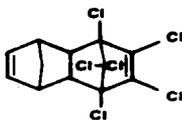


p,p'-DDE

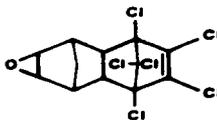


p,p'-DDD

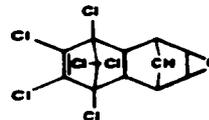
CICLODIENICOS



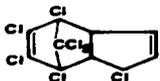
ALDRIN



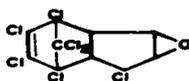
DIELDRIN



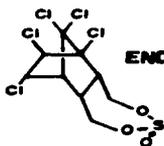
ENDRIN



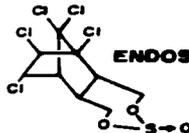
HEPTACLORO



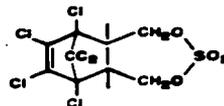
EPOXIDO DE
HEPTACLORO



ENDOSULFAN I



ENDOSULFAN II



SULFATO DE ENDOSULFAN

FIGURA 1. ESTRUCTURA QUIMICA DE PLAGUCIDAS ORGANOCLORADOS.

isómero orto-orto (o,o'), sólo el isómero p,p' tiene propiedades insecticidas importantes (Cremllyn, 1991). La peculiaridad del DDT se debe a la presencia del anillo aromático clorado y al grupo triclorometilo. El p,p'-DDT es muy estable químicamente sin embargo en diversas circunstancias es transformado en un derivado conocido como p,p'-DDE o DDE (dicloro-difenil-etano), el cual carece de propiedades insecticidas pero es más estable y persistente que el DDT (Albert, 1990).

c) Hidrocarburos Ciclodiénicos

Las propiedades insecticidas del clordano fueron descritas en 1945 por Ware (1975). Los compuestos de este grupo fueron preparados a partir del hexacloropentadieno por la reacción Diels-Alder (Cremllyn, 1991). La principal característica de este grupo es la existencia de un puente endometilénico.

Algunos de los más importantes se describen a continuación: el aldrín de grado técnico contiene el 82 % del isómero endo, exo; es químicamente estable, pero en presencia de peróxidos, en el ambiente y en los organismos, se oxida para transformarse en su epóxido, conocido como dieldrín. El dieldrín posee propiedades fisicoquímicas similares a las del aldrín pero es de mayor toxicidad y persistencia. El endrín se sintetiza por oxidación del isodrín y es el isómero endo, endo del dieldrín. Es el insecticida de mayor toxicidad aguda (Albert, 1990). El aldrín, dieldrín y endrín son altamente lipofílicos y persistentes en el medio pero tienen menor acción sistémica que el DDT (Cremllyn, 1991). El heptacloro fue introducido al mismo tiempo que el DDT, sin embargo, hasta fechas recientes que se ha usado extensivamente (Ragsdale y Kuhr, 1987). El heptacloro de grado técnico contiene alrededor del 65 % de heptacloro y 33 % de compuestos relacionados como el α -clordano.

C) PLAGUICIDAS EN MÉXICO

En México, se reporta un total de 311 plaguicidas autorizados para su uso en el país, de los cuales 103 son insecticidas y acaricidas, 73 herbicidas, 76 fungicidas, 8 fumigantes, 12

rodenticidas, 30 coadyuvantes, 4 atrayentes, 1 molusquicida, 3 nematocidas y 1 protector de semillas (CICOPLAFEST, 1996).

Algunos de los plaguicidas organoclorados de gran importancia se encuentran ubicados en la categoría de insecticidas-acaricidas, tal es el caso del endosulfán y lindano (γ -HCH). El endosulfán está autorizado en cultivos de alfalfa, apio, berenjena, brocoli, calabacita, calabaza, cártamo, caña de azúcar, cebada, chabacano, chícharo, chile, ciruelo, col, coliflor, durazno, fresa, frijol, jitomate, lechuga, maíz, manzano, melón, nogal pecanero, ornamentales, papa, pastos, pepino, pera, trigo y vid, en tanto que en el café el empleo de este agroquímico está restringido. El lindano (γ -HCH) se encuentra autorizado para su uso en cultivos de avena, cebada, frijol, maíz, sorgo, trigo, así como para uso industrial y para uso pecuario (CICOPLAFEST, 1996).

En el caso de México, el DDT se produce en el país y sólo se autoriza su venta para que se emplee en los programas de lucha contra el paludismo. Su uso en la agricultura está prohibido aunque se han detectado evidencias de su empleo ilegal para este fin, entre las que se encuentra la presencia de DDT en algunos productos agrícolas y alimentos provenientes de zonas en las que no existe paludismo y, por lo tanto, no se emplea este plaguicidas en el rociado intradomiciliario (INE-SEMARNAP, 1996).

En México, Chiapas es uno de los estados con alta producción y amplio potencial agrícola. En 1992 la superficie sembrada fue de 1, 208, 962.1 ha y se obtuvieron cosechas en 1, 163, 289.4 ha.

La agricultura es una de las 3 actividades primarias que predominan en la zona costera de Chiapas, misma que se desarrolla en la tercera parte hacia el sureste hasta los límites de Guatemala, en la región del Soconusco (Bassols, 1974). En esta zona la agricultura basada en monocultivos comerciales ha alcanzado uno de sus más altos niveles tecnológicos, donde la organización capitalista dedica sus espacios, de acuerdo con los vaivenes del

mercado internacional, a la producción del plátano, café, cacao, caña de azúcar, ajonjolí, soya y tabaco (CECODES, 1994).

Recientemente, el gobierno estatal ha emprendido programas especiales de expansión de las superficies plataneras en los municipios de Huehuetán, Suchiate, Tapachula y Mazatán. La gran mayoría de dichas áreas cuenta con infraestructura de riego o se ubica en los márgenes de algunos ríos, lo que permite prever el potencial de sus descargas contaminantes. La calidad del terreno, el clima cálido-húmedo, la abundancia de lluvias y un gran número de ríos y arroyos han favorecido la producción de café, cacao, algodón y plátano, igualmente se siembra maíz, soya y palma africana.

Dentro de los principales cultivos de la región chiapaneca se tienen el maíz, plátano, café, frijol, caña de azúcar, chile verde, mango, cacao, chocolate, soya, sorgo en grano y otros (Orozco, 1994). La agricultura chiapaneca se realiza en terrenos de temporal en un 96.7 %.

La siembra de los cultivos de exportación (café, algodón, cacao y plátano) se basa en grandes inversiones de capital y el empleo de agroquímicos, maquinaria agrícola, principalmente en la época de cosecha.

A pesar de los grandes beneficios que los agroquímicos han aportado a la humanidad, su uso irracional ha dado origen a diversos problemas ambientales y de salud, especialmente en aquellos países que no poseen el personal calificado y los medios técnicos para controlar, vigilar su distribución y su uso racional (Gánem, 1990).

El control de plagas y enfermedades en el Soconusco ha ocasionado muchos problemas, principalmente a los agricultores que siembran algodón desde hace dos décadas. Como resultado de estas acciones, la superficie de dicho cultivo se redujo debido a los altos costos de producción y bajos rendimientos.

D) DESTINO DE LOS PLAGUICIDAS

La movilización o transporte de plaguicidas organoclorados como el DDT y sus metabolitos de un medio a otro puede ocurrir a través de procesos de solubilización, adsorción, bioacumulación o volatilización. Una vez que los plaguicidas son esparcidos en las zonas de cultivo pueden permanecer en la atmósfera y ser transportados a grandes distancias para luego depositarse en lugares lejanos (ATSDR-EPA, 1994).

Al ser aplicados, los plaguicidas y sus productos de degradación se introducen en las zonas costeras por los ríos, los escurrimientos de las zonas de cultivo, las lluvias o bien son transportados por los vientos en forma de aerosoles (Restrepo, 1995).

Los plaguicidas pueden entrar al medio acuático a través de diferentes vías: 1) por el uso de estos compuestos en zonas agrícolas en los distritos y unidades de temporal y de riego, en este caso los compuestos empleados 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 la aplicación directa a los sistemas acuáticos para el control de larvas, algas y otras malezas acuáticas, y 3) por transporte atmosférico de partículas, esta última constituye una de las principales vías de entrada de dichos agroquímicos hacia la zona costera y marina (Clark, 1992) (Figura 2), compuestos que pueden causar serios trastornos en hábitats críticos (Barcenat *et al.*, 1992).

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), químicas y de las condiciones meteorológicas del área. 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, así como de la presencia de otros xenobióticos (Rosales-Hoz, 1979). La degradación de plaguicidas en sistemas acuáticos es atribuida a ambos: 1) a la acción biológica y 2) a la química (Ferrando *et al.*, 1992). En el ambiente acuático, los

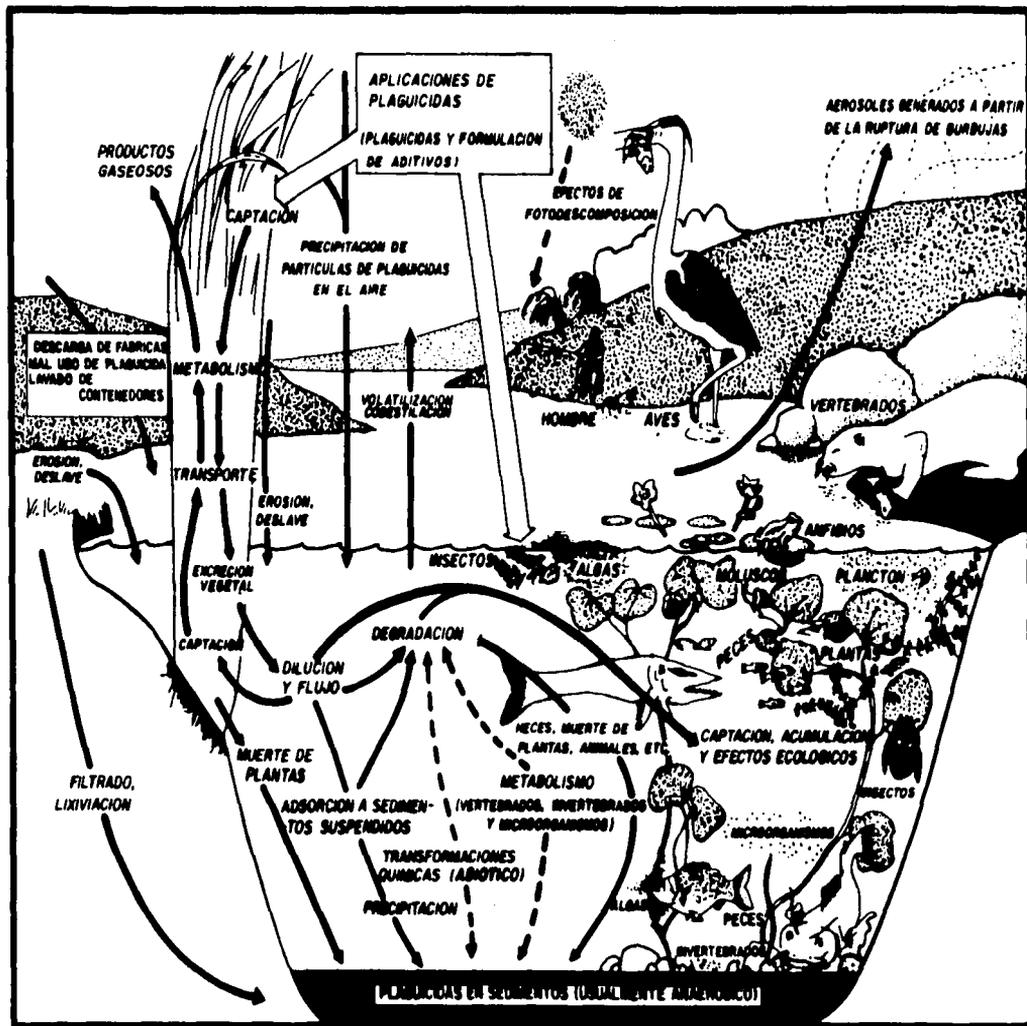


FIGURA 2. PLAGUICIDAS EN EL AMBIENTE ACUATICO (MODIFICADO DE HILL Y WRIGHT, 1978).

hidrocarburos organoclorados pueden experimentar transformaciones en el agua a través de reacciones fotoquímicas y químicas (hidrólisis, oxidación y reducción). Las transformaciones pueden ocurrir también en peces, moluscos, invertebrados y microorganismos.

E) PLAGUICIDAS EN SEDIMENTOS

La persistencia de los hidrocarburos clorados en sedimentos depende de múltiples variables como son: origen del sedimento, intervalo de tamaño de partícula, contenido de materia orgánica y material coloidal, así como del tipo de flora y fauna presentes en el sedimento.

La mayoría de estos compuestos son prácticamente insolubles en agua y muestran una tendencia a ser adsorbidos en la materia particulada, especialmente en sedimentos y material coloidal (Rosales-Hoz y Alvarez-León, 1979). Se ha encontrado que la adsorción de plaguicidas como el DDT en los sedimentos aumenta en función de la cantidad de humus en la materia orgánica contenida en el sedimento (Weber, 1972).

La alta naturaleza hidrofóbica de los plaguicidas favorece la asociación con partículas suspendidas en sistemas acuáticos o con los lípidos en la biota (Philliphs y Rainbow, 1990).

F) EFECTOS BIOLÓGICOS DE LOS PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS

Según Kenaga (1980) los plaguicidas organoclorados poseen elevados coeficientes de partición octanol-agua (Kow) y las más bajas solubilidades en comparación con los organofosforados y carbamatos. Como ejemplo tenemos al DDT el cual posee un coeficiente de partición de 6.19 (ATSDR-EPA, 1994).

Algunos plaguicidas organoclorados son altamente solubles en las grasas y casi insolubles en el agua, por lo cual pueden depositarse y concentrarse en el tejido graso de los organismos. Lo anterior trae como consecuencia, entre otros, que se vayan acumulando a

través de la cadena alimentaria ocasionando la biomagnificación (ATSDR-EPA, 1994), proceso mediante el cual algunas sustancias aumentan su concentración, de manera progresiva, a lo largo de las cadenas alimenticias. La biomagnificación es importante en especial para los organismos de los niveles tróficos elevados, como el hombre y las aves rapaces (Albert, 1990).

Cuando los plaguicidas están almacenados en el tejido adiposo suelen ser inactivos. En las épocas de nutrición deficiente o de relativa inanición, los depósitos de grasa se movilizan y los plaguicidas al liberarse pasan al torrente sanguíneo con posibilidad de producir efectos tóxicos si la concentración alcanza un nivel suficientemente elevado (PNUMA, 1992).

Una cantidad considerable de plaguicidas organoclorados se adsorben en partículas o son captados por microalgas tales como las diatomeas (Clark, 1992). Algunos plaguicidas son particularmente tóxicos al zooplancton, larvas de insectos, crustáceos y poblaciones de peces.

Los plaguicidas organoclorados producen severos efectos adversos en todos los niveles tróficos de los ecosistemas acuáticos: causan inhibición de la actividad bacteriana en los estuarios, lo que implica una disminución en la transformación del carbono; alteran a las poblaciones bentónicas de poliquetos, moluscos y crustáceos; causan la reducción en la tasa fotosintética del fitoplancton; provocan la disminución de las poblaciones zooplanctónicas y son responsables de la pérdida de fertilidad y el retardo del crecimiento de algunos peces. Importantes especies pesqueras, como el camarón, sufren el 50 % de mortandad en sus poblaciones bajo concentraciones de 0.4 µg/l de DDT en el agua (Benítez, 1992).

Los efectos de estos compuestos pueden ser letales o subletales, debido a que pueden alterar los procesos biológicos en los organismos (Singh, 1988; Kocan y Landolt, 1989). Algunos plaguicidas organoclorados como el heptacloro pueden inducir las enzimas microsómicas (oxidasa de función mixta) en el hígado en los animales de experimentación y en las personas expuestas a éste (PNUMA, 1992). Asimismo, compuestos clorados, tales

como el heptacloro y su epóxido son capaces de provocar tumores malignos en mamíferos, debido a su grado de reactividad como moléculas electrofílicas (IARC, 1974).

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 de los organismos.

Un gran peligro que puede surgir del uso de plaguicidas clorados ocurre cuando el agua está contaminada, debido a que muchos organismos acuáticos, entre ellos los peces, tienen la capacidad de absorber el producto químico del agua y concentrarlo en sus tejidos grasos.

Según Conell y Miller (1984), los niveles de residuos de plaguicidas organoclorados dependen de las tasas de captación y pérdida de los contaminantes, más que de la posición del organismo en la cadena alimenticia. En resumen, los efectos de los compuestos clorados sobre los ecosistemas acuáticos no sólo están en función de las características del agente tóxico y de su concentración sino también del ecosistema.

Como resultado de los riesgos que representan para el ambiente, el uso de los insecticidas organoclorados persistentes es severamente restringido y prohibido en diversos países desarrollados que pueden enfrentar los altos costos de los compuestos alternativos (Cremllyn, 1982; PAN, 1991). En países del tercer mundo como es el caso de México se ha prohibido la importación, fabricación, formulación, comercialización y uso del Aldrín, Dieldrín y Endrín (Diario Oficial de la Federación, 1991; PAN, 1991; SARH, 1994) y restringido severamente el uso del DDT y lindano (γ -HCH) (PAN, 1991; SARH, 1994).

G) ANTECEDENTES

Dentro de los trabajos realizados en los ecosistemas costeros mexicanos se encuentran los elaborados por Botello *et al.* (1994) quienes encontraron plaguicidas organoclorados en sedimentos de las Lagunas Carmen-Machona, Tab. y Alvarado, Ver., con valores promedio

de 17.3 ng/g, 10.2 ng/g y 20 ng/g, respectivamente. Rosales-Hoz (1979) encontró insecticidas organoclorados en sedimentos de la Laguna de Yávaros y Huizache-Caimanero, Sin., con niveles promedio de 11.09 y 5.91 ng/g, respectivamente. También, Díaz-González (1992) detectó concentraciones promedio de compuestos clorados de 58.46 ng/g en sedimentos de la Laguna de Bojórquez, Q. Roo, valores altos en comparación con los valores detectados en otras lagunas costeras del Golfo de México.

En organismos, se tienen los trabajos desarrollados por Botello (1990) quien determinó concentraciones promedio de 39.20 ng/g en *Crassostrea virginica* y de 0.53 ng/g en *C. undecimalis* de la Laguna de Alvarado, Ver. También se ha descrito la presencia de plaguicidas clorados en *Cichlasoma* sp., *Vallisneria* sp. y *Typha latifolia* e la Laguna de Términos, Camp. con valores promedio de 302.24, 653.30 y 26.07 ng/g, respectivamente (Díaz-González, 1992). Botello (1993) reportó niveles que oscilaron de 42.73 a 64.31 ng/g (peso seco) en *Penaeus* sp. de la Laguna de la Mancha, Ver.

Específicamente en Chiapas, en el Soconusco no se habían llevado a cabo estudios globales de la contaminación agroquímica. Sólo hasta 1985 la Delegación de SEDUE en Chiapas efectuó un estudio sobre la contaminación por dichos compuestos en los esteros y cuerpos de agua. Los resultados indicaron la presencia de plaguicidas organoclorados tales como el heptacloro, endrín, p,p'-DDD, p,p'-DDT y endosulfán (Restrepo, 1988).

La diversidad de los usos y volúmenes en que se aplican estos compuestos hace necesaria su jerarquización, con el propósito de identificar y determinar aquéllos agroquímicos que debido a sus características fisicoquímicas y toxicológicas resulten críticos para la zona costera.

Las características mencionadas con anterioridad resaltan la importancia de la realización de estudios a corto plazo que permitan la identificación de los diversos contaminantes y su seguimiento a través del tiempo en los sistemas acuáticos, así como sus destinos finales en los ecosistemas marinos.

La identificación de los plaguicidas críticos y la regionalización de los patrones de uso podrá conducir, a corto plazo, a la identificación de las áreas geográficas prioritarias de estudio en la región del Pacífico Mexicano.

2. OBJETIVOS

GENERAL

Evaluar los niveles y el grado de contaminación por plaguicidas organoclorados y sus posibles efectos sobre las pesquerías (camarones y peces de importancia comercial) en los sistemas lagunares Carretas-Pereyra y Chantuto-Panzacola, Chiapas, México.

PARTICULARES

- 1. Determinar las concentraciones e identificar los principales plaguicidas organoclorados y sus metabolitos presentes en sedimentos recientes y organismos (peces y camarones) durante tres periodos estacionales de dos lagunas costeras de Chiapas (1994-1995).**
- 2. Evaluar las diferencias temporales y el comportamiento de los niveles de plaguicidas detectados en los sedimentos recientes y organismos.**
- 3. Determinar el contenido de carbono orgánico total en los sedimentos de las lagunas costeras Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra.**
- 4. Determinar el tipo de sedimento prevaleciente en las lagunas Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra.**
- 5. Determinar la relación existente entre la concentración de compuestos organoclorados, el contenido de carbono orgánico total y el tipo de sedimento presentes en los sistemas lagunares Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra.**

3. ÁREAS DE ESTUDIO

Las áreas de estudio comprenden el sistema lagunar Chantuto-Panzacola y el de Carretas-Pereyra, Chiapas (Fig. 3). Ambas lagunas costeras se ubican dentro de la unidad morfotectónica IX (Carranza-Edwards *et al.*, 1975) la cual se extiende desde Tehuantepec, Oax., hasta los límites con la República de Guatemala.

3.1 LAGUNA DE CHANTUTO-PANZACOLA

El sistema lagunar Chantuto-Panzacola se ubica entre los 92° 45' y 92° 55' de longitud oeste y los 15°09' y 15°17' de latitud norte en la costa del estado de Chiapas. Está conformado por cinco lagunas principales (Chantuto, Campón, Teculapa, Cerritos y Panzacola) una boca de comunicación con el mar conocida como San Juan y un largo cordón estuárico paralelo a la barrera arenosa llamado El Hueyate (Contreras, 1993). En este último lugar se encuentra una ZONA DE RESERVA cuya administración corre a cargo del Instituto de Historia Natural del Estado de Chiapas (INH). La Reserva ecológica "La Encrucijada" se localiza en la planicie costera del Estado de Chiapas en el Municipio de Acapetahua (Fig. 4).

En cuanto al aspecto hidrológico podemos señalar que este sistema se formó por la inundación de depresiones de la planicie costera (SEPESCA, 1990). A este sistema desembocan seis ríos: San Nicolas (Payacal), Ulapa, Cacaluta, Doña María, Cintalapa y Vado Ancho. La extensión total del sistema lagunar se calcula en 18, 000 ha.

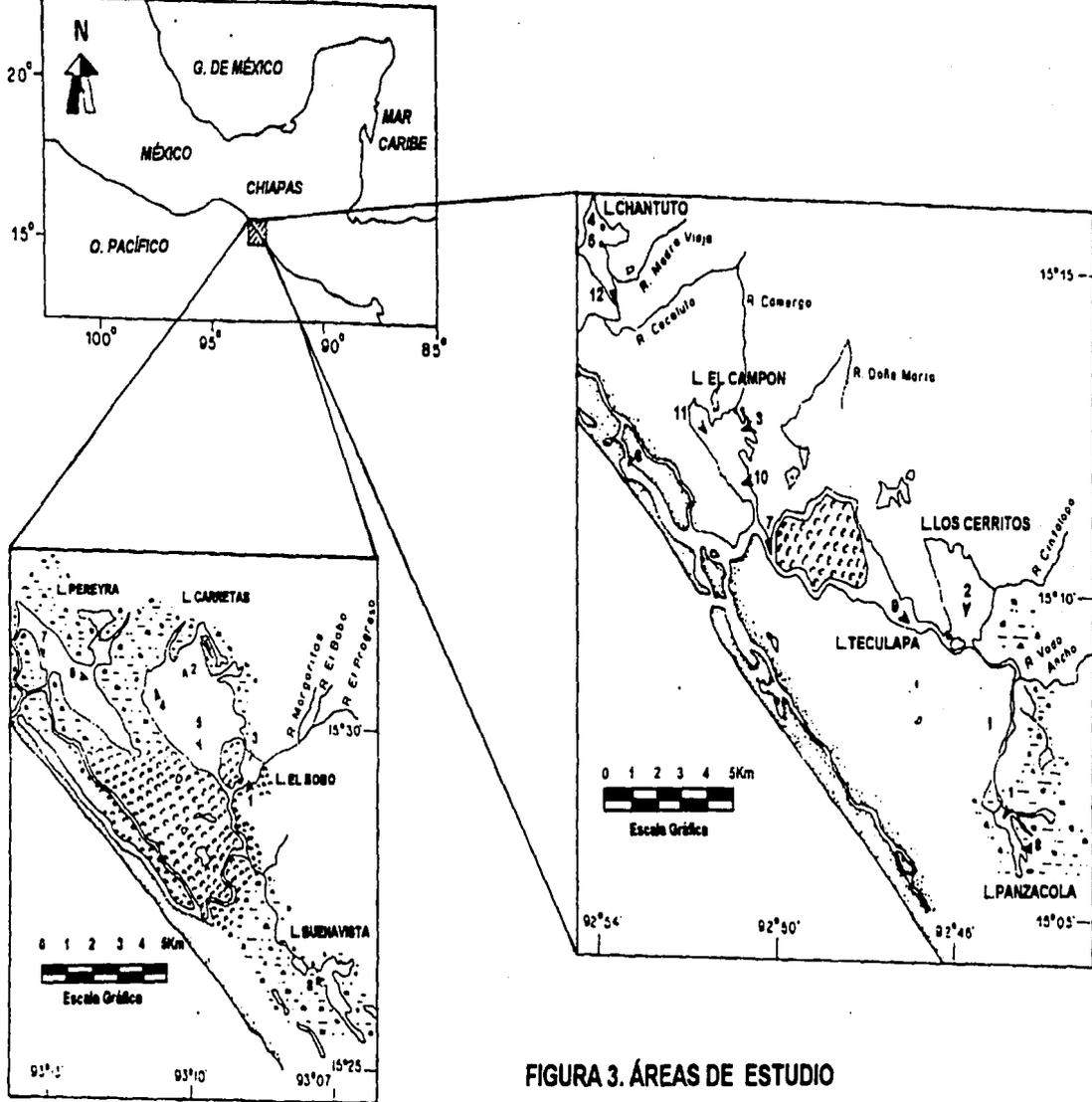


FIGURA 3. ÁREAS DE ESTUDIO

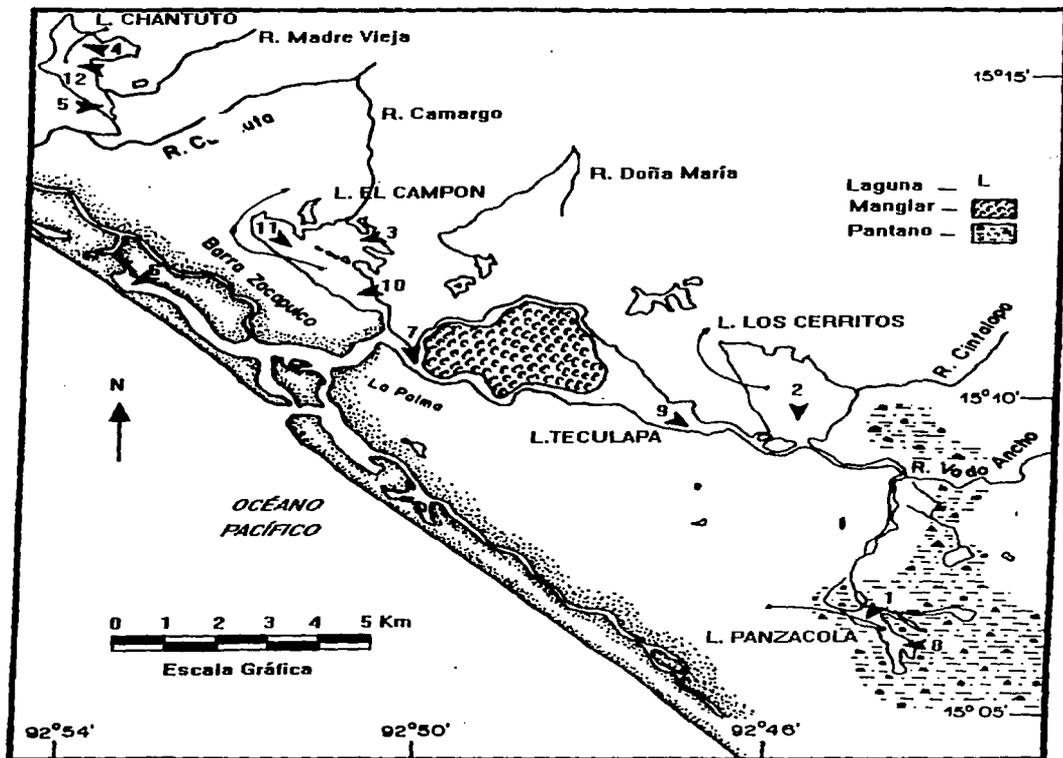


FIGURA 4. LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN EL SISTEMA LAGUNAR CHANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS, MÉXICO.

En este sistema se presenta la comunidad más extensa de manglares de los sistemas existentes en el área (García-Nagaya y Castañeda, 1992). Debido a la gran cantidad de materia orgánica presente en ambos sistemas lagunares (Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra) proveniente de la gran extensión de bosques de manglar, se presentan zonas de refugio, crianza y alimentación que se reflejan en los altos porcentajes de larvas de crustáceos y peces. Una de las más importantes pesquerías de esta zona es la del camarón (Contreras, 1993).

La vegetación circundante está constituida predominantemente por bosques de manglar de una altura considerable, destacando numerosos ejemplares de *Rizophora mangle* que rebasan los 30 m; generalmente es un bosque cerrado y en pocas localidades está perturbado. Algunos sistemas acuáticos como la Laguna de Cerritos durante la época de lluvias es invadida por vegetación sumergida, en donde predominan: *Nymphaea blanda*, *Cabomba* sp., *Pistia stratiotes*, *Salvinia* sp., *Azolla* sp. y *Eichornia crassipes* (Contreras, 1993).

El manglar del sistema lagunar Chantuto-Panzacola se caracteriza fisonómicamente como bosque de tipo ribereño, según la clasificación de Lugo y Snedaker (1975). La altura promedio del manglar es de 35 m (Avelino y López, 1992). Seis especies arbóreas constituyen la composición florística de este manglar: *Rizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus*, *Pachira aquatica*, *Cynometra oxacana* y *Pullinia pinnata* (Ramírez-García y Segura-Zamorano, 1994).

Es importante destacar que este sistema junto con el de Carretas-Pereyra, constituyen áreas de gran interés biológico debido a una elevada biodiversidad (CECODES, 1994).

3.2 LAGUNA CARRETAS-PEREYRA

El sistema lagunar Carretas-Pereyra está situado entre los 93° 06' y 93° 15' de longitud oeste y los 15° 23' y 15° 32' de latitud norte. Posee una extensión total de 3, 696 ha (CECODES, 1994). Las principales corrientes que vierten sus aguas hacia este complejo lagunar son: Río Pijijiapan, Río Grande, Río Margaritas, Río Bobo y Río Progreso (Contreras, 1993) (Fig. 5).

El sistema lagunar-estuarino Carretas-Pereyra está conformado por varios cuerpos de agua someros denominados Pereyra, Carretas, Bobo y Buenavista y un cordón estuárico denominado el Palmarcito. La profundidad del sistema varía desde 0.4 m (SRH, 1975) en el mes de diciembre, hasta 7.2 m en el mes de noviembre (SRH, 1976). Las mayores profundidades se han encontrado en los canales de intercomunicación entre las lagunas que constituyen el complejo.

En estudios realizados por CEDODES (1994) en el complejo lagunar Carretas-Pereyra se encontró una variación de temperatura de 10°C, la temperatura mínima fue de 29°C (enero de 1991) y la máxima temperatura registrada fue de 39.9°C (mayo de 1990). Los meses que registraron los mayores volúmenes de precipitación son mayo, junio, julio, agosto y septiembre disminuyendo apreciablemente en octubre, por otro lado los meses de más alta evaporación se observaron desde enero hasta abril (CECODES, 1994).

Las variaciones de las concentraciones de oxígeno obedecen a factores tanto físicos (temperatura, precipitación), químicos (salinidad), así como biológicos (producción primaria, fitoplancton).

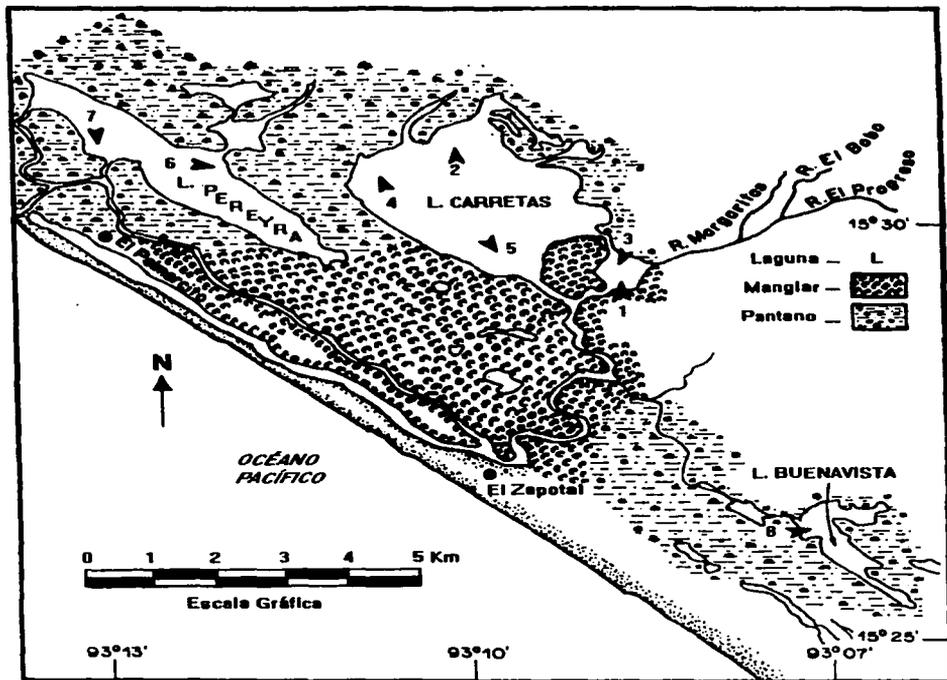


FIGURA 5. LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN EL SISTEMA LAGUNAR CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS, MÉXICO.

En general, las lagunas que forman el complejo lagunar presentaron cantidades más altas de oxígeno disuelto que los canales y esteros de intercomunicación. Temporalmente el complejo lagunar presenta un comportamiento acorde a los cambios estacionales (CECODES, 1994).

Los valores máximos de salinidad se observaron en la Laguna Pereyra (37 ‰). CECODES (1994) atribuye el comportamiento observado a que la laguna Carretas tiene una influencia mayor de corrientes fluviales con respecto a la laguna Pereyra, ya que esta última no tiene prácticamente ninguna influencia dulceacuícola ni marina, lo cual la convierte en una laguna relativamente aislada de los intercambios de agua en la época de secas; los meses que presentaron las condiciones halinas promedio más altas fueron marzo, abril y mayo.

La vegetación circundante al sistema lagunar Carretas-Pereyra está constituida primordialmente por bosques de manglar; este último mantiene un suministro importante de materia orgánica al ecosistema acuático (Contreras, 1993). La zona más densa de manglar se ubica principalmente en los alrededores de la Laguna Carretas.

Según estudios realizados por García-Nagaya y Castañeda (1992) consideran que la laguna Carretas-Pereyra presenta tendencias a la eutroficación debido a los aportes significativos de materia orgánica proveniente de las extensas zonas de manglar.

En la zona de manglares donde predominan *Rizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* se registran las siguientes especies: *Acacia cornígera*, *Randia* sp., *Cardiospermum halicacabum*,

Sabal mexicana, *Ditaxis* sp., *Smilax* sp., *Enterolobium cyclocarpum*, *Solanum* sp., *Mellampodium* sp., *Stemmademia* (CECODES, 1994).

La presencia del zooplancton en la laguna está en función de las condiciones hidrológicas prevaletientes en las épocas de estiaje y lluvias. En la primera, los grupos dominantes los constituyen los copépodos y decápodos así como larvas de cirripedios y pterópodos. En el periodo de lluvias los cladóceros se vuelven los dominantes, los cuales junto con las cianobacterias son especies indicadoras de procesos de eutroficación.

Las principales especies que se explotan en la Laguna Carretas-Pereyra son: camarón blanco (*Penaeus vannamei*), camarón cristalino (*Penaeus bravirostris*), camarón café (*Penaeus californiensis*) y camarón azul (*Penaeus stylirostris*), así como también la mojarra (*Cichlasoma* sp.), bagre (*Bagre marinus*), robalo (*Centropomus nigrecens*) y lisa (*Mugil cephalus*) principalmente.

Dentro de los reptiles que se encuentran en el sistema está el pululo caimán (*Crocodylus chiapasus*), el cocodrilo de río (*Crocodylus acutus*) y con respecto a los quelonios destacan la tortuga paulama (*Chelonia mydas*), la tortuga laud (*Dermochelys coriacea*), entre otras (CECODES, 1994).

Las especies de aves que se presentan en grandes cantidades de forma temporal son el pato ahuja (*Anhinga anhinga*), la garza blanca (*Casmerodius albus*) y la garza rizada (*Egretta thula*).

El sistema lagunar Carretas-Pereyra es de gran importancia puesto que alberga a aves que están en peligro de extinción, como es el caso del águila pescadora (*Haliaeetus*), la cotorra común (*Aratinga canicularis*), el cigüeñón (*Mycteria americana*) principalmente (IHN, 1991).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS

A) RECOLECTA DE MATERIAL

Para la obtención de muestras se realizaron tres muestreos; dos en la época de secas (abril de 1994 y febrero de 1995) y uno en el periodo de lluvias (julio de 1994), durante los cuales se recolectaron sedimentos y organismos (peces y camarones) de los sistemas lagunares Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra.

SEDIMENTOS

Las muestras de sedimentos se recolectaron con una draga Van Veen con la cual se obtuvieron 500 g de sedimento y se almacenaron en recipientes de vidrio previamente tratados con hexano y se mantuvieron a una temperatura de -4°C hasta su posterior análisis en el laboratorio.

ORGANISMOS

Peces

Los peces se recolectaron solamente en febrero de 1995, estos se capturaron como fauna de acompañamiento del camarón blanco (*Penaeus vannamei*) en el sistema Chantuto-Panzacola, Chiapas. La identificación de los ejemplares se realizó en los laboratorios de Farmacología Marina (sección crustáceos) y en el de Ictiología y Ecología Costera del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM con la utilización de claves específicas para camarones (Pérez, 1970) y peces (Amezcuca, 1990).

Camarón

Los camarones se obtuvieron de los dos sistemas lagunares (Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra) con ayuda de los pescadores del lugar utilizando como arte de pesca la atarraya. Los organismos (peces y camarones) una vez recolectados, se envolvieron en papel aluminio y se almacenaron en bolsas de polietileno conservándose en congelación (-4°C) hasta su proceso en el laboratorio.

B) OBTENCIÓN DEL PESO SECO

Para el análisis de plaguicidas en los camarones (30 ejemplares) recolectados se separó el tejido del resto del cuerpo y se realizó un homogeneizado el cual se empleó para las determinaciones químicas y la obtención del peso seco.

C) ANÁLISIS QUÍMICO

Los análisis de sedimentos y organismos se realizaron en base húmeda; se obtuvo por separado y de manera simultánea el peso seco de cada una de las muestras y se calculó la relación peso húmedo/peso seco, la cual fue empleada en el cálculo final de los resultados.

Para la extracción y purificación de los plaguicidas organoclorados en organismos se empleó el método descrito por la UNEP/FAO/IAEA (1986) modificado por Díaz-González y Botello (1989) (Fig. 6) y para sedimentos se utilizó el propuesto por la UNEP/IAEA (1982) (Fig. 7).

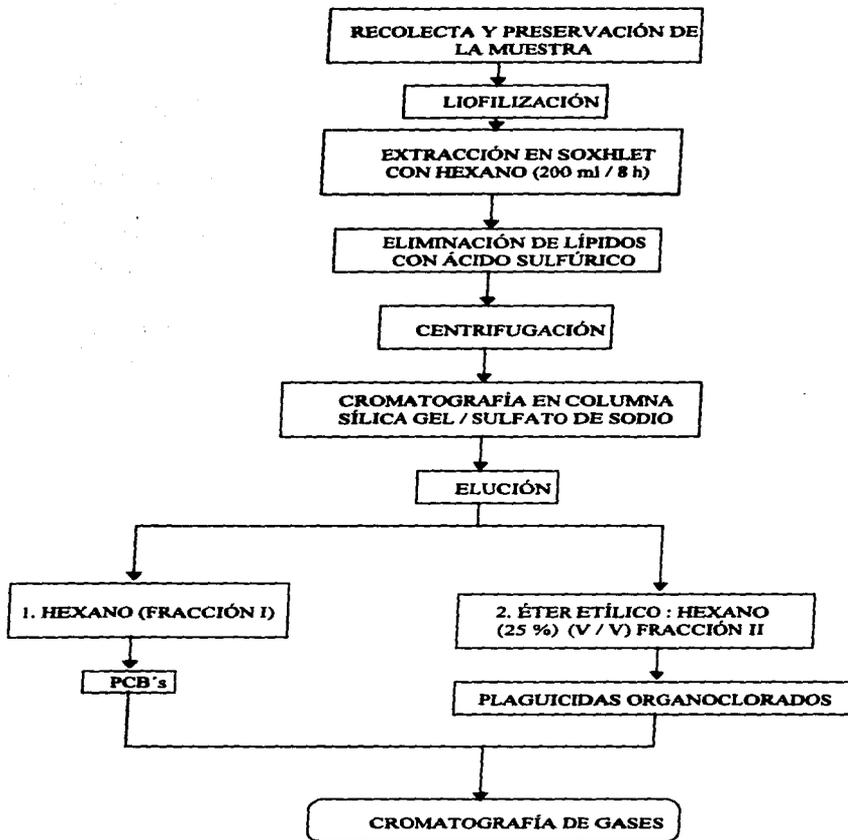


FIGURA 6. TÉCNICA DE ANÁLISIS DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN TEJIDOS DE ORGANISMOS MARINOS (UNEP/FAO/IAEA, 1986).

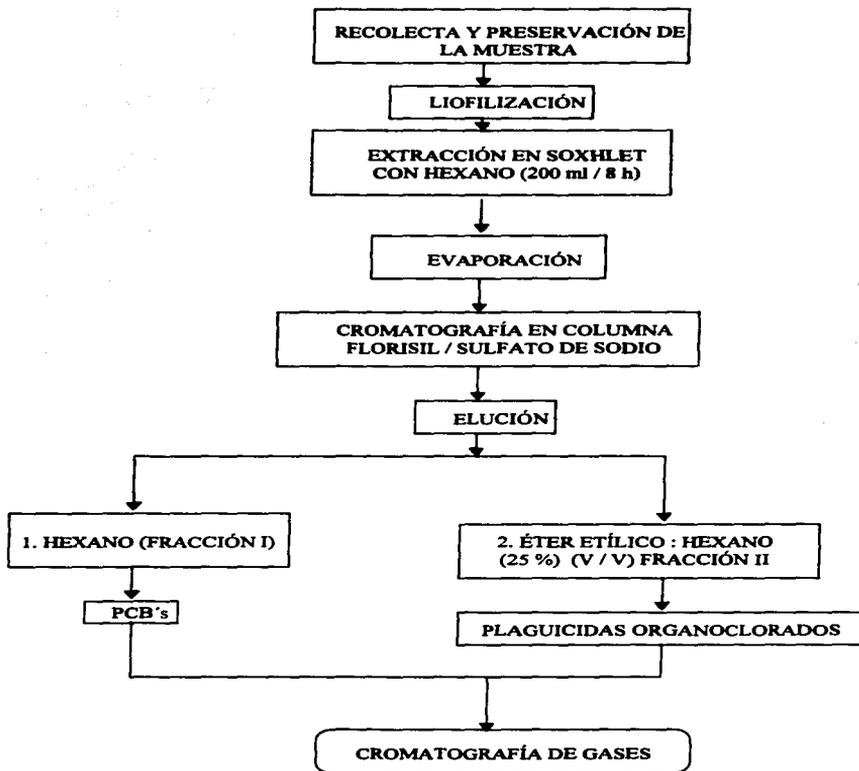


FIGURA 7. TÉCNICA DE ANÁLISIS DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN SEDIMENTOS MARINOS (UNEP/IAEA,1982).

Extracción:

Las muestras de sedimentos (5 g) y de organismos (tejido 5 g, exoesqueleto 3 g) se colocaron en un filtro de celulosa previamente lavado con hexano y se sometieron a un proceso de extracción con 250 ml de hexano (8 h) en un aparato Soxhlet, y se obtuvo de manera simultánea el blanco correspondiente para cada lote de muestras (cinco). El extracto obtenido se concentró a 1 ml en un rotavapor cuidando que la temperatura del baño no excediera los 30°C. En el caso de los organismos, el extracto fue tratado con ácido sulfúrico concentrado con el fin de hidrolizar los lípidos presentes en el tejido y se obtuvo al final un extracto incoloro.

Cromatografía en Columna:

El extracto (1 ml) se pasó a través de una columna de vidrio empacada con 2 g de sílica activada a 200°C durante 24 h y desactivada al 3 % con agua desionizada (organismos) y para sedimentos se utilizaron 13 g de florisil activado a 400°C durante 24 h y desactivado al 1.25 % con agua desionizada. Sobre cada una de las emulsiones se agregaron 2 g de sulfato de sodio anhidro. Se eluyó con hexano (Fracción I), después con una mezcla de éter etílico en hexano al 25% (v/v) (Fracción II) para organismos y para sedimentos con hexano (Fracción I), después con una mezcla hexano en éter etílico (9:1) seguida de una mezcla de hexano en éter etílico (8:2) (Fracción II), las dos fracciones se concentraron a volúmenes apropiados y se inyectaron en el cromatógrafo de gases.

Cromatografía de Gases:

El análisis de las fracciones se realizó con un cromatógrafo de gases Hewlett Packard modelo 5890 A, equipado con un detector de captura de electrones y columnas capilares de sílice fundida de 30 m de longitud x 0.25 mm de diámetro interno y un recubrimiento de 0.25 µm de fenil metil silicón al 5 %; como gas acarreador se empleó Helio con un flujo de 1 ml/min, la temperatura del horno se programó de 90°C a 300°C con un incremento de

8 °C/min, la temperatura del inyector a 260°C y la del detector a 320°C. Se utilizó una mezcla estándar de referencia (Cat. 4-8858 Supelco Inc.).

Identificación y cálculo de resultados:

La identificación y cuantificación de los plaguicidas organoclorados se realizó con base en los tiempos de retención y el área de los picos comparado con un patrón establecido por un estándar de plaguicidas (Fig. 8) de una concentración de 20 ng/ml El cálculo de las concentraciones se efectuó de la siguiente manera:

$$\text{Conc (ng/g)} = (\text{hm}/\text{he}) * (\text{Ve}/\text{Vm}) * (\text{Ce}) * (\text{Vam}/\text{Wm}) * 1000$$

En donde : hm = Área de la muestra (cuentas)

he = Área del estándar (cuentas)

Ve = Volumen del estándar inyectado (μl)

Vm = Volumen de la muestra inyectado (μl)

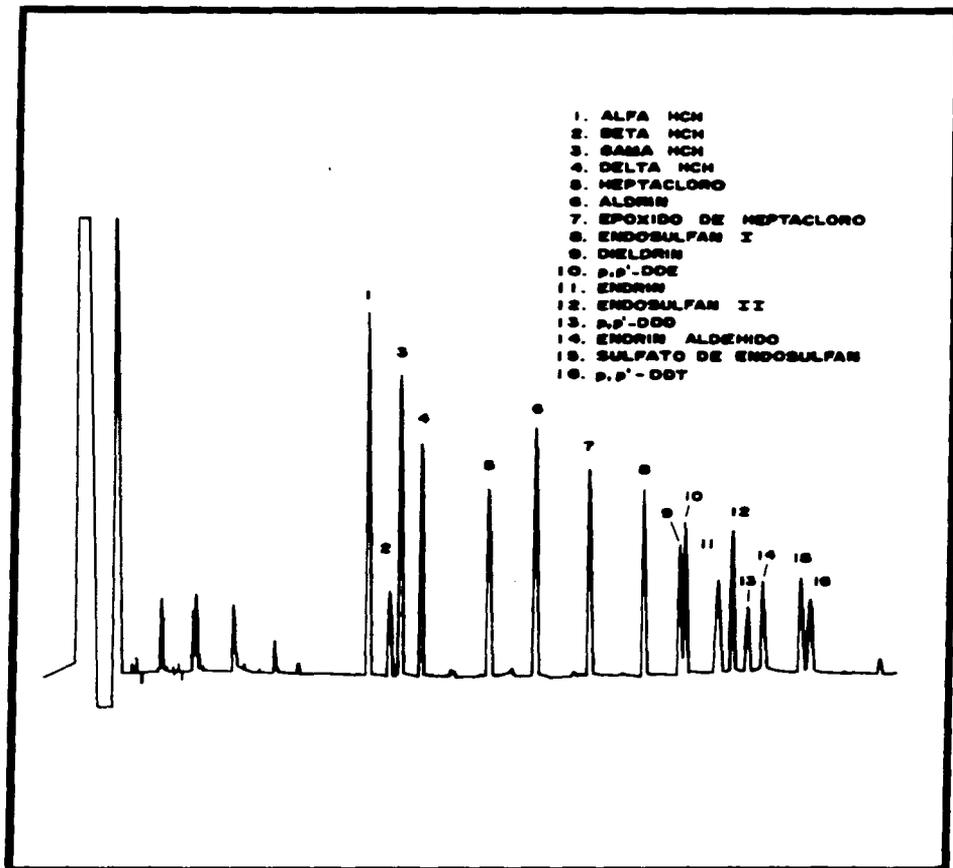
Ce = Concentración del estándar ($\mu\text{g}/\text{ml}$)

Vam = Volumen de aforo de la muestra (ml)

Wm = Peso de la muestra (g)

4.2 CARBONO ORGÁNICO TOTAL

Para la determinación de carbono orgánico total se empleó el método de titulación, el cual utiliza calentamiento exotérmico y oxidación con $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ y H_2SO_4 concentrado, el exceso de dicromato es titulado con $\text{FeSO}_4 \cdot \text{NH}_4$ 0.5N o FeSO_4 0.5N (Gaudette *et al*, 1974; Jackson, 1970).



**FIGURA 8. CROMATOGRAMA DE LOS PLAGUICIDAS ORGANOCLOREADOS
 MEZCLA ESTANDAR CON UNA CONCENTRACION DE 20 ng/ml.**

Es importante mencionar que aunque el método de titulación fue desarrollado por Walkley y Black (1934), para determinar carbono orgánico en suelos, este ha sido aplicado para sedimentos marinos y lacustres (Gaudette *et al.*, 1974).

Procedimiento:

Para la determinación de carbono orgánico se pesó la muestra seca y tamizada (0.2-0.5 g) y una vez colocadas en un matraz Erlenmeyer (500 ml) se agregó la solución de dicromato de potasio (1N). A continuación se adicionó el ácido sulfúrico concentrado (20 ml) y se mezcló perfectamente durante un minuto. La muestra se dejó reposar 30 min y se diluyó con agua destilada a un volumen de 200 ml. Posteriormente se agregaron el ácido fosfórico al 85 % (10 ml), el fluoruro de sodio (0.2g) y el indicador de difenilamina (15 gotas). La muestra se tituló con sulfato ferroso (0.5 N) notándose un cambio del color café verdoso, a verde y posteriormente a azul oscuro y en el punto de equivalencia a verde brillante. Se realizó un blanco exactamente igual pero sin sedimento.

Cálculos:

Los resultados se calcularon por medio de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de carbono orgánico} = 10(1-T/S) (1.0N (0.003) (100/W))$$

donde T = ml de FeSO_4 en la titulación de la muestra

S = ml de FeSO_4 en la titulación del blanco

0.003 = 12/4000 = peso miliequivalente del carbono

1.0N = normalidad del dicromato de potasio

10 = volumen del dicromato de potasio en ml

W = peso de la muestra de sedimento en gramos

E l factor T/S calcula el efecto de la normalidad del sulfato ferroso.

4.3 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Las muestras de sedimento se recolectaron con una draga Van Veen, cada una de 500 g, para determinar las fracciones de tamaño. Los procedimientos de laboratorio empleados para realizar el tamizado y el análisis de pipetas fueron los descritos por Folk, 1974 y Royse, 1970 (Fig. 9).

El principio fundamental en el análisis de la fracción fina está basado en la velocidad de las partículas en un fluido. Este principio asume que una partícula en un fluido deja de acelerar cuando la fricción interna del fluido iguala a la precipitación debido a la gravedad.

Para representar el tamaño del sedimento se utiliza la escala phi (ϕ), definida por Krumbein (1934) y redefinida por McManus (1963).

El tamizado y análisis de pipetas se utilizaron para determinar las fracciones de tamaño entre -2.0 y 8.0ϕ , a intervalos de 1.0ϕ , y la fracción de tamaño mayor que 8.0ϕ . El pretratamiento previo, en ambos procedimientos, consistió en eliminar la materia orgánica mediante agua oxigenada, y sales solubles mediante lavadas sucesivas con agua destilada. El tiempo de tamizado fue de 10 minutos. El dispersante utilizado en el pipeteo fue el Hexametafosfato de Sodio ($5g/l$).

El análisis de los datos se realizó empleando el programa TAMIZ10 el cual está escrito en lenguaje de programación FORTRAN IV. Esencialmente el programa lee el número de fracciones de tamaño a usar N , el tamaño phi (ϕ) y el peso de cada fracción PESO (I), los

parámetros descriptivos de las curvas de distribución de tamaño se calculan con las fórmulas propuestas por Folk y Ward (1957).

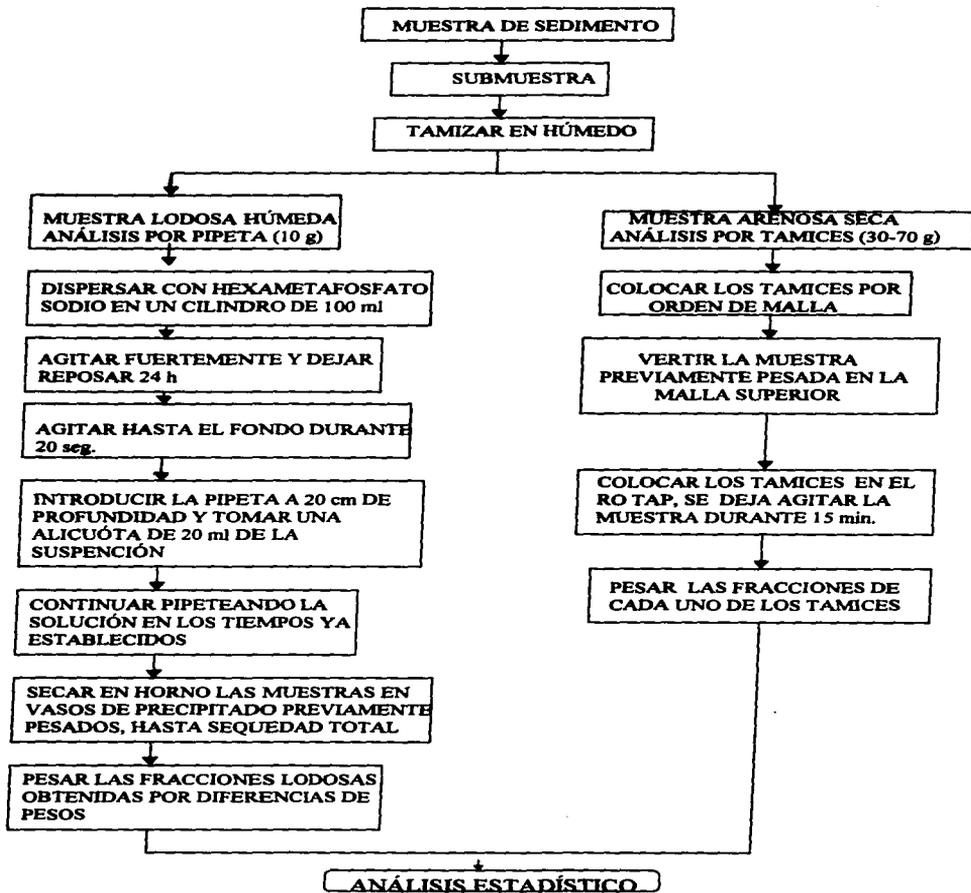


FIGURA 9. TÉCNICA PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS PORCENTAJES DE GRAVAS, ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS (FOLK, 1974).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 LAGUNA CHANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS

5.1.1 ÉPOCA DE SECAS (Abril, 1994)

5.1.1.1 SEDIMENTOS

A) PLAGUICIDAS

Los niveles totales más elevados de plaguicidas organoclorados se registraron en la estación 3 (317.22 ng/g), 7 (63.89 ng/g) y 2 (36.34). La estación 2 está localizada en la Laguna Los Cerritos, muy cercana a la desembocadura del Río Cintalapa al igual que la estación 3, ubicada en la Laguna El Campón, se encuentra muy cerca de la desembocadura del Río Camargo (INEGI, 1991; IHN, 1991). Esto permite suponer que durante esta época gran parte de los plaguicidas organoclorados son incorporados al sistema a través de estos ríos. La estación 7 ubicada cerca de la Barra La Palma pueden ser resultado del uso intradomiciliario para el control de insectos aunque también puede ser resultado del transporte atmosférico de los plaguicidas organoclorados usados en zonas aledañas.

Los valores promedio de plaguicidas organoclorados más elevados en este sistema correspondieron al endosulfán II con 250.37 ng/g, al sulfato de endosulfán con 25.82 ng/g y al p,p'-DDE con 25.16 ng/g. En el complejo lagunar Chantuto-Panzacola durante la época de secas se obtuvo un valor promedio de plaguicidas organoclorados de 72.07 ng/g (Tabla 1; Fig. 10).

El predominio del endosulfán II se explica al considerar que éste es el principal compuesto dentro de los plaguicidas organoclorados recomendado para cultivos de café, plátano, cacao, frijol, algodón y caña de azúcar (Tabla 2) (Restrepo, 1988). El uso de este plaguicida está autorizado para controlar las plagas que afectan los cultivos de algodón (picudo del algodón), alfalfa (pulgón verde, picudo egipcio), apio (pulgones) caña de azúcar (barrenador del tallo), chile (barrenillo del chile), entre otros (Diario Oficial de la Federación, 1988; CICOPLAFEST, 1996).

TABLA 1. CONCENTRACIÓN DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN SEDIMENTOS (ng/g peso seco) DEL SISTEMA

LAGUNAR CHIANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS. (ABRIL, 1994).

COMPUESTO	EST. 1.	EST. 2	EST. 3.	EST. 4.	EST. 5.	EST. 6.	EST. 7.	X	± D. E.
1. ALFA HCH	1.13	ND	4.31	ND	1.45	ND	ND	2.30	1.75
2. BETA HCH	ND	ND	ND	ND	3.7	ND	ND	3.70	
3. GAMA HCH	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
4. DELTA HCH	ND	ND	ND	ND	ND	11.4	23.25	17.33	8.38
5. HEPTACLORO	6.84	8.22	26.68	1.33	4.71	7.38	15.48	10.09	8.48
6. ALDRÍN	2.77	2.3	18.91	3.78	0.54	1	ND	4.88	6.97
7. EPÓXIDO DE H.	ND	ND	16.95	ND	3.39	ND	ND	10.17	9.59
8. ENDOSULFÁN I	ND	ND	ND	ND	ND	13.82	ND	13.82	
9. DIELDRÍN	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
10. p,p'-DDE	ND	ND	ND	ND	ND	ND	25.16	25.16	
11. ENDRÍN	ND	ND	ND	ND	6.76	ND	ND	6.76	
12. ENDOSULFÁN II	ND	ND	250.37	ND	ND	ND	ND	250.37	
13. p,p'-DDD	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
14. ENDRÍN ALDEHIDO	12.43	ND	ND	4.62	ND	ND	ND	8.53	5.52
15. SULFATO DE E.	ND	25.82	ND	ND	ND	ND	ND	25.82	
16. p,p'-DDT	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
SUMA TOTAL	23.17	36.34	317.22	13.43	16.85	33.6	63.89		

ND = < Límite de detección (1×10^{-12} g)

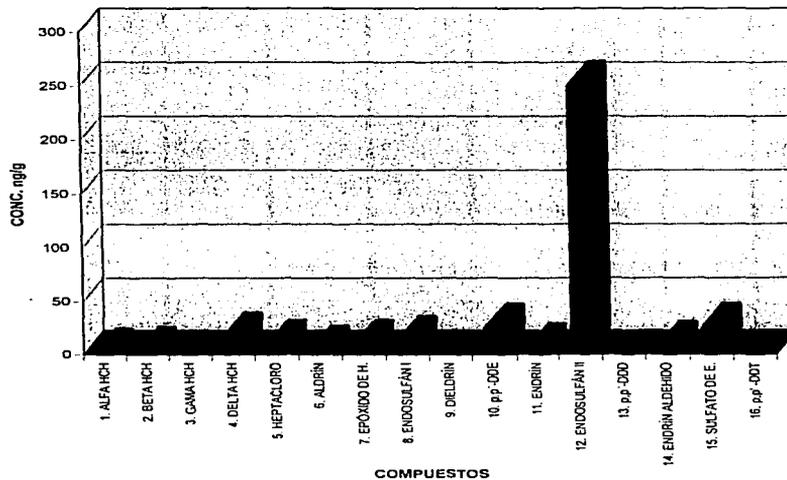


FIGURA 10. CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN SEDIMENTOS DEL SISTEMA LAGUNAR CHIANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS (ABRIL, 1994).

TABLA 2. PRINCIPALES PLAGUICIDAS ORGANOCORADOS EMPLEADOS EN LAS ACTIVIDADES AGRÍCOLAS EN MÉXICO (Restrepo, 1968).

INSECTICIDAS CLORADOS	HORTALIZAS						BÁSICOS						FORRAJEROS		INDUSTRIALES					FRUTALES						TOTAL DE 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
HCH								X	X	X						X											4
CLORDANO	X	X	X		X	X		X	X	X						X											9
DDT																X										1	
ENDRÍN								0	0	0						X	0									5	
ENDOSULFÁN	X	X	X	X	X	X	X		0	0	0			0		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

1. Calabacita
2. Chile
3. Jitomate
4. Melón
5. Papa
6. Pepino
7. Sandia

BÁSICOS

1. Arroz
2. Frijol
3. Maiz
4. Sorgo
5. Soya
6. Trigo

FORRAJEROS

1. Alfalfa
2. Pastos

INDUSTRIALES

1. Algodonero
2. Caña de azúcar
3. Cártamo
4. Café
5. Cacao

FRUTALES

1. Mango
2. Naranja
3. Nogal pecanero
4. Plátano
5. Papaya
6. Vid

El predominio del endosulfán II (β -endosulfán) , compuesto detectado en su forma ya degradada, se atribuye a sus características fisicoquímicas, es decir, este metabolito tiene un coeficiente de partición octanol-agua (Kow) más alto que el endosulfán I (α -endosulfán), lo que indica una mayor tendencia para unirse al sedimento. Además, el endosulfán II con respecto al I, es menos soluble en el agua y por lo tanto se enlaza más fácilmente al sedimento, es por eso que dicho compuesto puede encontrarse en mayor proporción asociado con partículas en la columna de agua que en forma soluble (Peterson y Batley, 1993). Asimismo, es conveniente mencionar que el endosulfán I es más susceptible a la degradación que el endosulfán II a temperaturas de 25°C a 35°C y por esta razón, en la época de estiaje (de noviembre a mayo) (Toledo, 1994), cuando las temperaturas son altas se podría esperar una mayor proporción de los metabolitos endosulfán II y sulfato de endosulfán que del endosulfán I, ya que este último puede transformarse por mecanismos de volatilización, isomerización o bien por hidrólisis biológica (Peterson y Batley, 1993), salvo que hubiese una aplicación reciente de plaguicidas en las zonas aledañas al sistema como resultado de la agricultura intensiva (March *et al.*, 1994) podría esperarse una mayor cantidad de endosulfán I.

Los compuestos que se presentaron con mayor frecuencia en este sistema fueron el heptacloro (100 %) y el aldrín (80 %), lo cual hace suponer su empleo extensivo en la zona, esto es de gran relevancia debido a que este último se encuentra dentro de los plaguicidas prohibidos para todos sus usos (Diario Oficial de la Federación, 1988; Greenpeace, 1993 y SARH, 1994).

Es importante señalar que cerca del sistema lagunar Chantuto-Panzacola se encuentra el Soconusco, región agrícola del estado de Chiapas, misma que produce el 30 % del café de dicho estado, producto que ocupa el tercer lugar de importancia en la zona, de ahí el amplio uso del endosulfán, agroquímico de amplio espectro recomendado para los cultivos de café, (Restrepo, 1988) cacao, algodón y soya (Jonsson y Toledo, 1993), cuyos residuos pueden ser transportados por diversas vías a los ecosistemas costeros más cercanos, en este caso a la Laguna de Panzacola (Alberts, 1989).

B) METABOLITOS

Considerando los valores porcentuales de los compuestos aromáticos analizados se tiene que el metabolito p,p'-DDE mostró el porcentaje total (100 %) (Tabla 3), lo anterior indica que transcurrió cierto tiempo desde la aplicación del compuesto original debido a que el 100 % del agroquímico fue transformado a su metabolito p,p'-DDE, lo cual es lógico si se considera que al ser incorporado el DDT al sedimento puede ser transformado a DDE (Aguilar, 1984). En este caso se puede decir que el uso del DDT se realizó hace ya cierto tiempo, esto si consideramos que la vida media del DDT es de aproximadamente de 10.5 años (Albert, 1990) sin embargo, no se puede hablar del tiempo transcurrido con exactitud puesto que eso depende de las condiciones hidrológicas que prevalecieron en la laguna desde su aplicación.

En el caso de los hexaclorociclohexanos, se observó que el metabolito delta HCH mostró el porcentaje más alto (76.59 %), mientras el alfa y el beta HCH registraron valores de 15.23 y 8.17 %, respectivamente; esto parece indicar que ha transcurrido cierto tiempo puesto que ya se dio la degradación del principal isómero (alfa) que compone la mezcla técnica.

Respecto a los compuestos ciclodiénicos, el aldrín se encontró en su forma original de manera total (100 %), el haber detectado al aldrín en su totalidad en su forma original permite aseverar el uso reciente de este compuesto en zonas aledañas al sistema aún cuando el uso de este plaguicidas está prohibido (Diario Oficial de la Federación, 1988). El heptacloro aunque registró el porcentaje más alto como compuesto original (77.64 %), también se presentó su metabolito epóxido de heptacloro con un porcentaje de 22.36 %.

El endrín, compuesto sumamente tóxico, registró un 28.39 % del total, en tanto que su metabolito representó el 71.60 %, lo cual indica que la aplicación de éste en la zona no fue muy reciente ya que la mayor proporción se manifestó en su forma degradada.

Por otra parte, el ciclodiénico endosulfán, producto técnico que contiene isómeros alfa (endosulfán I) y beta (endosulfán II), estuvo representado principalmente por el endosulfán II con

**TABLA 3. PORCENTAJES DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA
CHANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS (ABRIL, 1994).**

Grupo	Compuesto original	%	Metabolitos	%	Plazo Aproximado de Aplicación		
					Reducido	Mediano	Largo
Aromáticos	DDT	0	DDE DDD	100 0		X	
Alicíclicos	HCH		Alfa HCH Beta HCH Gama HCH Delta HCH	15.23 8.17 0 76.59			X
Ciclodiénicos	Heptacloro Aldrin Endrin Endosulfán	77.64 100 28.39	Epóxido de H. Dieldrin Endrin Aldehido Endosulfán I Endosulfán II Sulfato de E.	22.36 0 71.60 4.77 86.33 8.90	X X	X X	

un 86.33 % del total y el endosulfán I evidenció un valor muy bajo, es decir de 4.77 %, en tanto el sulfato de endosulfán registró un porcentaje de 8.90. Esto parece indicar que ha transcurrido cierto tiempo (< 50 días) (Barceñas *et al.*, 1992) para que haya ocurrido la degradación del endosulfán I a endosulfán II y sulfato de endosulfán. Aun cuando el compuesto predominante fue el endosulfán II se debe considerar que el principal producto de oxidación del endosulfán I y II es el sulfato de endosulfán el cual es menos volátil que los isómeros originales y puede persistir más en el mismo sistema. El sulfato de endosulfán es formado en muchos ambientes naturales a través de la oxidación biológica y es lentamente degradado tanto química como biológicamente (Miles y Moy, 1979).

C) CARBONO ORGÁNICO TOTAL

El sedimento desempeña un papel importante en la productividad de ecosistemas costeros, ya que se convierte en un almacén de materiales nutricionales para diversos consumidores de interés científico y económico.

Los valores de carbono orgánico en sedimentos de la Laguna Chantuto-Panzacola en la época de secas (abril, 1994) oscilaron en un intervalo de 0.97 % a 8.34 %. El porcentaje más alto se observó en la estación 4 con 8.34 % , siguiéndole en orden decreciente las estaciones 1 y 5 con 8.14 % y 7.51 %, respectivamente; el porcentaje promedio de carbono orgánico total en esta época fue de 4.18 % (Tabla 4; Fig. 11).

Los porcentajes más altos se observaron en los extremos del sistema lagunar Chantuto-Panzacola, por una parte en la Laguna Chantuto (estaciones 4 y 5) el comportamiento del carbono orgánico parece obedecer a los patrones de circulación prevaleciente en el sistema así como a las descargas fluviales de los ríos Madre Vieja y Cacaluta en tanto el comportamiento del carbono orgánico en la Laguna Panzacola (estación 1) se explica con base en la dinámica del sistema, es decir, la escasa circulación en esta área y el fenómeno de marea permiten la acumulación de materia orgánica proveniente en gran parte del manglar circundante al sistema lagunar.

TABLA 4. CONCENTRACIÓN DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS Y CARBONO ORGÁNICO TOTAL EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CHANTUTO PANZACOLA, CHIAPAS (ABRIL, 1994).		
ESTACIÓN	CARBONO ORGÁNICO (%)	PLAGUICIDAS TOTALES (ng/g)
1	8.14	23.17
2	1.50	36.34
3	0.97	317.22
4	8.34	13.43
5	7.51	16.85
6	1.29	33.60
7	1.49	63.89
		$r = -0.50$

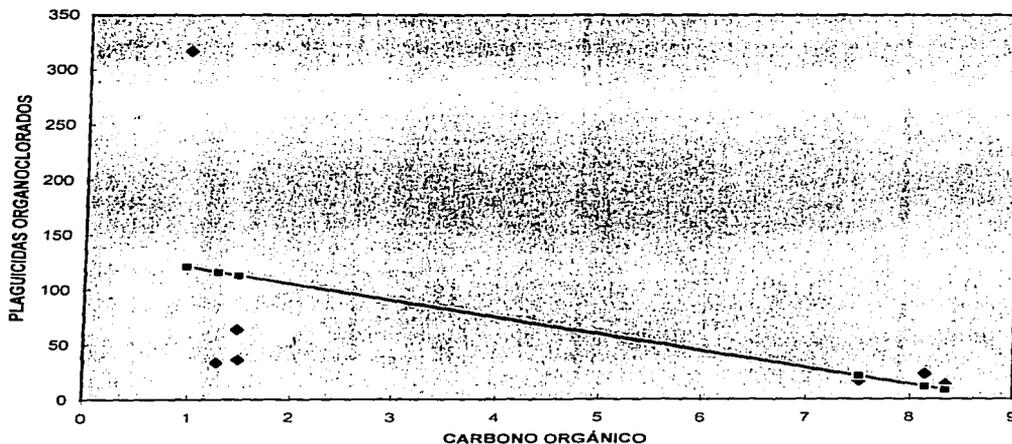


FIGURA 11. ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL DEL CONTENIDO DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS VS CARBONO ORGÁNICO TOTAL EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CHANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS (ABRIL, 1994).

Al evaluar la relación existente entre el contenido de carbono orgánico total (COT) y la concentración total de plaguicidas se obtuvo un coeficiente de correlación de -0.50 (Tabla 4), lo cual indica que no existe una relación muy estrecha entre ambos parámetros, este comportamiento se aclara según Ghadiri y Rose (1991) quienes explican que los plaguicidas clorados no están completamente adsorbidos en la fracción orgánica del suelo y además su transporte no se encuentra totalmente ligado con la materia orgánica.

5.1.2 ÉPOCA DE LLUVIAS (Julio, 1994)

5.1.2.1 SEDIMENTOS

A) PLAGUICIDAS

Los niveles de plaguicidas organoclorados más altos en sedimentos se registraron en las estaciones 7 con 161.62 ng/g, 9 con 101.99 ng/g y 1 con 53.13 ng/g (Tabla 5). Las concentraciones detectadas en la estación 7 ubicada cercana a la Barra La Palma pueden ser resultado del uso puntual, es decir, uso intradomiciliario para el control de insectos. Por otra parte, las concentraciones de plaguicidas detectadas en la estación 9 ubicada en la Laguna Teculapa son atribuidas por una parte a la influencia del Río Cintalapa el cual en la época de lluvias puede incrementar su aporte al sistema y tener un radio de alcance mucho mayor que permita que los compuestos incorporados sean distribuidos en las áreas cercanas, claro esto depende también del comportamiento hidrológico en el sistema. Al considerar la forma del sistema, la cual tiene una influencia importante en la dinámica lagunar se puede suponer que los sedimentos que son transportados como consecuencia de los fenómenos de mareas sean finalmente acumulados en estas áreas.

La concentración promedio de plaguicidas organoclorados en sedimentos durante la época de lluvias fue de 46.15 ng/g, valor inferior al detectado en abril de 1995 lo cual puede ser resultado de que esta época el aporte fluvial es importante lo que puede favorecer una dilución de los compuestos en el sistema acuático y por lo tanto su adsorción a partículas suspendidas en la columna de agua que finalmente se depositan en el ambiente acuático.

TABLA 5. CONCENTRACIÓN DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN SEDIMENTOS (ng/g peso seco) DEL SISTEMA

LAGUNAR CHANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS, (JULIO, 1994).

COMPUESTO	EST. 1.	EST. 2	EST. 7.	EST. 8.	EST. 9	EST. 10	EST. 11	EST. 12	X	± D. E.
1. ALFA HCH	1.88	ND	ND	ND	ND	ND	3.4	ND	2.64	1.07
2. BETA HCH	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
3. GAMA HCH	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
4. DELTA HCH	ND	ND	ND	0.58	ND	ND	ND	ND	0.58	
5. HEPTACLORO	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
6. ALDRIN	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
7. EPOXIDO DE H.	34.48	15.45	161.62	ND	83.46	11.49	ND	ND	61.3	62.96
8. ENDOSULFAN I	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
9. DIELDRIN	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
10. p,p'-DDE	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
11. ENDRIN	6.19	ND	ND	ND	18.53	ND	ND	ND	12.36	8.73
12. ENDOSULFAN II	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
13. p,p'-DDD	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
14. ENDRIN ALDEHIDO	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
15. SULFATO DE E.	ND	ND	ND	9.09	ND	ND	ND	ND	9.09	
16. p,p'-DDT	10.58	ND	ND	ND	ND	ND	ND	12.42	11.5	1.30
SUMA TOTAL	53.13	15.45	161.62	9.67	101.99	11.49	3.4	12.42	24.77	28.05

ND = < Límite de detección (1×10^{-12} g).

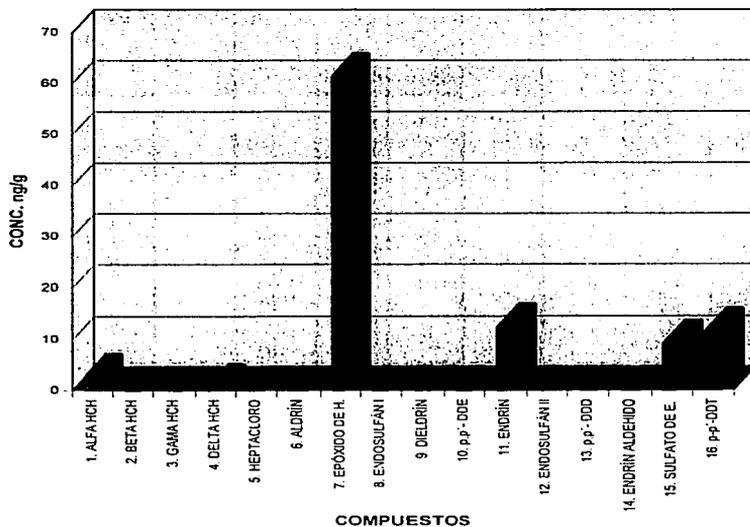


FIGURA 12. CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN SEDIMENTOS DEL SISTEMA LAGUNAR CHANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS (JULIO, 1994).

De los compuestos detectados por el análisis de cromatografía de gases para la época de lluvias (julio, 1994), el epóxido de heptacloro (61.3 ng/g) y el endrín (12.36 ng/g) fueron los que se presentaron en una mayor concentración seguidos por el p,p'-DDT (11.50 ng/g) (Tabla 5; Fig. 12). El heptacloro, plaguicida sobresaliente por sus altas concentraciones, se encuentra dentro de los compuestos identificados en esta área costera con mayor frecuencia, lo que indica su uso intensivo a pesar de que éste ha sido prohibido en algunos países desarrollados y en vías de desarrollo incluyendo México (Tabla 6). El endrín también se encuentra dentro de los plaguicidas organoclorados que han sido prohibidos (Diario Oficial de la Federación, 1991).

En esta época fue esporádica la presencia de los compuestos en cada una de las estaciones a excepción del epóxido de heptacloro.

B) METABOLITOS

En la Tabla 7 se observan los porcentajes de los plaguicidas organoclorados determinados en este trabajo, en ella se nota un predominio de los compuestos en su forma ya degradada principalmente para el caso de los compuestos ciclodiénicos.

En el grupo de los compuestos aromáticos, se notó un dominio del compuesto original (p,p'-DDT) ya que se obtuvo un porcentaje del 100 %, comportamiento que indica el uso reciente del agroquímico a pesar de que su uso está muy restringido por su alto riesgo, su elevada persistencia y sus propiedades de bioacumulación y su empleo sólo está autorizado en campañas sanitarias (CICOPLAFEST, 1996).

El p,p'-DDT es un compuesto considerado como un agente promotor en tumores de hígado en pequeños mamíferos (ICPEMC, 1984), además de ser un plaguicida altamente persistente con respecto a otros clorados (p,p'-DDE y dieldrin), lo cual se atribuye en gran parte a sus propiedades fisicoquímicas como peso molecular alto (345.5), baja solubilidad (7.6×10^{-6} mol/m³), baja presión de vapor (8.0×10^{-4} pa) y su elevado coeficiente de partición octanol-agua

TABLA 6. PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS CUYO USO Y/O VENTA HAN SIDO RETIRADOS Y SEVERAMENTE RESTRINGIDOS O NO APROBADOS POR DECISIÓN GUBERNAMENTAL.

COMPUESTO	REGULACIÓN:	CAUSAS DE LAS RESTRICCIONES:
ALDRÍN	PROHIBIDO- PAN- 51 PAÍSES PROHIBIDO- EPA	RIESGO PARA LA SALUD E IMPACTO AMBIENTAL ADVERSO, PERSISTENCIA Y BIOACUMULACIÓN.
DDT	RESTRINGIDO Y SUSPENDIDO-ONU SEVERAMENTE RESTRINGIDO PAN- 56 PAÍSES PROHIBIDO-EPA	RIESGO PARA LOS ECOSISTEMAS, CAPACIDAD DE BIOMAGNIFICACIÓN, DESARROLLO DE RESISTENCIA EN LAS PLAGAS.
DIELDRÍN	PROHIBIDO- PAN- 59 PAÍSES PROHIBIDO - EPA	PERSISTENTE Y BIOACUMULABLE, RIESGO PARA LA SALUD POR SER FENOTÓXICO, TERATOGENICO, ONCOGENICO EN ANIMALES DE EXPERIMENTACIÓN.
ENDOSULFÁN	RESTRINGIDO- ONU	NOCIVO PARA LA SALUD HUMANA BIOACUMULABLE.
ENDRÍN	PROHIBIDO - PAN - 55 PAÍSES RESTRINGIDO- ONU	ELEVADA TOXICIDAD AGUDA PARA EL HOMBRE Y ANIMALES SILVESTRES, BIOACUMULACIÓN Y CON POTENCIAL TERATOGENICO.
HCH TÉCNICO MEZCLA DE ISÓMEROS	SEVERAMENTE RESTRINGIDO PAN - 45 PAÍSES	PRESENCIA DE ISÓMEROS DIFERENTES DEL GAMA, PERSISTENCIA, BIOMAGNIFICACIÓN Y POTENCIALMENTE CARCINOGENICO.
GAMA HCH	SEVERAMENTE RESTRINGIDO-PAN RESTRINGIDO Y SUSPENDIDO-ONU	PERSISTENCIA, CAPACIDAD DE BIOACUMULACIÓN, RIESGO PARA LA SALUD DEBIDO A SU POTENCIAL CARCINOGENICO Y TERATOGENICO
HEPTACLORO	SUSPENDIDO Y RESTRINGIDO-ONU PROHIBIDO-PAN SEVERAMENTE RESTRINGIDO-EPA	PERSISTENCIA, BIOACUMULABLE, MUY TÓXICO PARA AVES Y CON POTENCIAL CARCINOGENICO

PAN.- PESTICIDE ACTION NETWORK, 1991.

EPA.- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (Greenpeace, 1993).

ONU.- ORGANIZATION NATIONS UNITED (Restrepo, 1988).

TABLA 7. PORCENTAJES DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CHANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS (JULIO, 1994).

Grupo	Compuesto original	%	Metabolitos	%	Plazo Aproximado de Aplicación		
					Reducido	Mediano	Largo
Aromáticos	DDT	100	DDE DDD	0 0	X		
Alicíclicos	HCH		Alfa HCH Beta HCH Gama HCH Delta HCH	90.10 0 0 9.89	X		
Ciclodiénicos	Heptacloro Aldrin Endrin Endosulfán	0 0 100	Epóxido de H. Dieldrin Endrin Aldehido Endosulfán I Endosulfán II Sulfato de E.	100 0 0 0 0 100			X X

(Kow) (5.97) (Clark *et al.*, 1988), esta última característica se encuentra relacionada con el proceso de bioacumulación en ambientes costeros (Gossett *et al.*, 1983; Phillips, 1995).

De los compuestos alicíclicos, el que manifestó el porcentaje más elevado fue el alfa HCH (90.10 %), siguiéndole en orden decreciente el delta HCH con 9.89 %. Lo anterior sugiere la aplicación reciente del HCH ya que la mayor parte corresponde al isómero alfa, forma predominante en la mezcla original.

Del grupo de los ciclodiénicos destacaron el epóxido de heptacloro y el sulfato de endosulfán, mismos que se mostraron en su totalidad (100 %) como metabolitos. En cambio el endrín se detectó totalmente en su forma original (100 %). En este caso no se evidenció la presencia del aldrín y su metabolito dieldrín. Es importante señalar que la importación, fabricación, comercialización y uso del endrín ha sido prohibido (Diario Oficial de la Federación, 1991; CICOPLAFEST, 1996) sin embargo, la presencia de este agroquímico en su forma original demuestra su empleo actual en áreas aledañas al sistema lagunar Chantuto-Panzacola.

C) CARBONO ORGÁNICO TOTAL

En el sistema lagunar Chantuto-Panzacola durante la época de lluvias (julio, 1994) , los niveles de carbono orgánico de este cuerpo lagunar oscilaron desde 0.37 % a 10.26 %, con los máximos en las estaciones 11 (10.26 %), 1 (8.48 %) y 12 (7.82 %) (Tabla 8; Fig. 13). El comportamiento del carbono orgánico es diferente al que se observó durante la época de secas (abril, 1994). En este caso los niveles más altos se localizaron en los extremos de la laguna, es decir, en la Laguna Chantuto (estación 12) lo que se explica por el patrón de circulación prevaleciente en el área que permite acumular en estas partes la materia orgánica incorporada al sistema además se debe considerar que esta zona está bajo la influencia de los aportes fluviales del Río Madre Vieja; en la Laguna El Campón (estación 11) se observa un patrón similar dado que la zona con valores altos de carbono orgánico se localizó en la parte norte lo que permite suponer la acumulación de materia orgánica como consecuencia del patrón de circulación en la laguna aunado también a la influencia de aportes continentales a través del Río Camargo y por último en la estación 1 ubicada

TABLA 8. CONCENTRACION DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS Y CARBONO ORGÁNICO TOTAL EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CHANTUTO PANZACOLA, CHIAPAS (JULIO, 1994).		
ESTACIÓN	CARBONO ORGÁNICO (%)	PLAGUICIDAS TOTALES (ng/g)
1	8.48	53.13
2	2.08	15.45
7	0.37	161.62
8	5.66	9.67
9	2.18	101.99
10	0.99	11.49
11	10.26	3.40
12	7.82	12.42
		$r = -0.51$

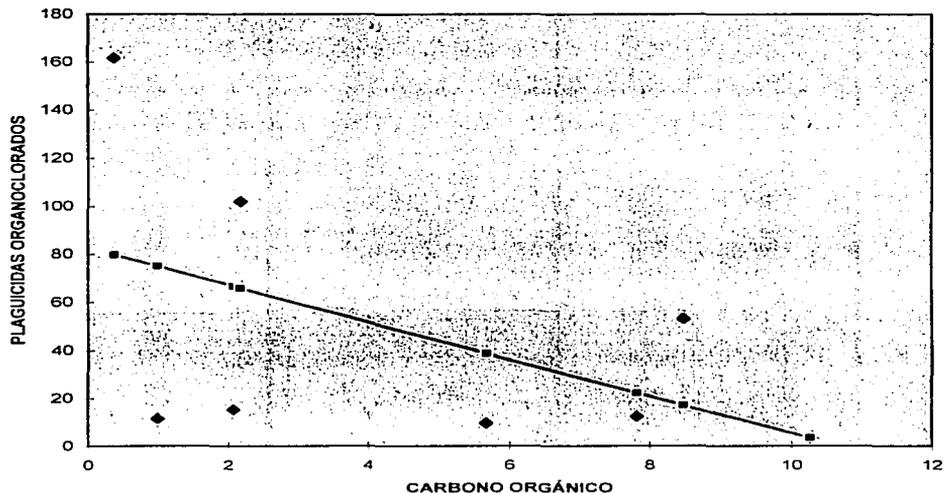


FIGURA 13. ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL DEL CONTENIDO DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS VS CARBONO ORGÁNICO TOTAL EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CHANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS (JULIO, 1994).

en la Laguna Panzacola, la cual por su forma podría ser considerada como una zona de baja energía y con escasa circulación, hecho que permite la acumulación de la materia orgánica incorporada al sistema y que puede ser transportada por las masas de agua hasta este punto (Fig. 4).

Al calcular el coeficiente de correlación para determinar la relación entre el contenido de carbono orgánico total y el de plaguicidas se observó un valor de -0.51 (Tabla 8), lo cual nos indica que no existe una relación muy estrecha entre ambos parámetros.

5.1.3 ÉPOCA DE SECAS (Febrero, 1995)

5.1.3.1 SEDIMENTOS

A) PLAGUICIDAS

Los niveles de plaguicidas organoclorados totales más altos se registraron en las estaciones 9 con 53.13 ng/g, 6 con 44.62 ng/g y 7 con 36.09 ng/g. El comportamiento observado en este caso es muy similar al observado en julio de 1994, puesto que los niveles más sobresalientes también se detectaron en las estaciones 7 y 9. Las concentraciones detectadas en la estación 9 ubicada en la Laguna Teculapa son atribuidas por una parte a la influencia del Río Cintalapa así como también debido a la forma del sistema que determina la dinámica lagunar, es decir, debido al fenómeno de marea, los sedimentos suspendidos en la columna de agua pueden ser transportados y depositados finalmente en esta área dado que al atravesar el canal que comunica la Laguna Teculapa y la Laguna los Cerritos, la velocidad del agua cambia y los sedimentos que son transportados finalmente pueden acumularse en estas áreas. Por otra parte, las concentraciones altas de plaguicidas clorados detectados en las estaciones 6 y 7 ambas ubicadas cerca de las barras arenosas del sistema permiten suponer el uso puntual de estos agroquímicos para el control de insectos en la zona así como resultado del transporte atmosférico, el cual puede acarrear las sustancias desde lugares lejanos donde se realizó la aplicación hasta esta área y depositarlos ahí.

En la época de secas (febrero, 1995) se detectaron únicamente el delta HCH, heptacloro, aldrín y p,p'-DDE con frecuencia esporádica en las estaciones del sistema, este comportamiento se atribuye a la aplicación de plaguicidas en forma temporal en las zonas aledañas a este cuerpo lagunar, lo cual es lógico si se considera que la mayor parte de la agricultura chiapaneca se realiza en terrenos de temporal (INEGI, 1993).

Durante la época de estiaje (febrero, 1995) , los compuestos más sobresalientes fueron el p,p'-DDE y el heptacloro, los cuales mostraron los valores más elevados con 22.41 ng/g y 9.49 ng/g, respectivamente (Tabla 9; Fig. 14). Esto es importante debido a que el p,p'-DDE, el heptacloro, así como el dieldrín y p,p'-DDD han sido considerados como promotores de tumores, modificadores o carcinógenos no-genotóxicos (ICPEMC, 1984).

En este caso, la concentración promedio de plaguicidas organoclorados en sedimentos fue de 25.77 ng/g, valor inferior al registrado en las dos épocas de recolecta anteriores.

B) METABOLITOS

Del grupo de los compuestos aromáticos, el p,p'-DDE conformó el 100 % del total, lo que se atribuye al uso del DDT tiempo atrás puesto que se observó un predominio en la forma ya degradada. Es importante mencionar que el compuesto original (DDT) tiene una vida media de 10.5 años (Albert, 1990), pero aún con este dato no es posible precisar exactamente el tiempo que ha transcurrido desde su aplicación puesto que eso depende también de la dinámica lagunar y las características hidrológicas del sistema, sin embargo, si se puede decir si el tiempo que transcurrió fue reducido, mediano o largo en función de los metabolitos encontrados, y en este caso se puede inferir que el tiempo transcurrido es mediano (Tabla 10).

El delta HCH fue el único compuesto del grupo de los alicíclicos que se presentó conformando el 100 % del total, lo que permite deducir que su aplicación se realizó tiempo atrás. Del grupo de los ciclodiénicos, el heptacloro se registró en su totalidad (100 %) en su forma original de lo cual se deduce la reciente aplicación de este agroquímico dado que aún no se manifiesta su metabolito.

TABLA 9. CONCENTRACIÓN DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN SEDIMENTOS (ng/g peso seco) DEL SISTEMA LAGUNAR

CHANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS (FEBRERO, 1995).

COMPUESTO	EST. 1.	EST. 2.	EST. 3.	EST. 4.	EST. 5.	EST. 6.	EST. 7.	EST. 8.	EST. 9.	EST. 10.	EST. 11.	EST. 12.	X	± D.E.
1. ALFA HCH	ND	N.D.	ND	ND										
2. BETA HCH	ND	ND	ND	ND										
3. GAMA HCH	ND	ND	ND	ND										
4. DELTA HCH	ND	1.94	ND	ND	1.94									
5. HEPTACLORO	ND	ND	ND	ND	ND	9.46	14.68	6.31	10.58	6.41	ND	ND	9.49	3.45
6. ALDRIN	ND	8.93	2.17	3.69	4.15	4.74	2.92							
7. EPOXIDO DE H.	ND	ND	ND	ND										
8. ENDOUSUFAN I	ND	ND	ND	ND										
9. DIELDRIN	ND	ND	ND	ND										
10. p,p'-DDE	ND	ND	ND	ND	ND	35.16	21.41	11.14	33.62	10.73	ND	ND	22.41	11.75
11. ENDRIN	ND	ND	ND	ND										
12. ENDOUSUFAN II	ND	ND	ND	ND										
13. p,p'-DDD	ND	ND	ND	ND										
14. ENDRIN ALDEHIDO	ND	ND	ND	ND										
15. SULFATO DE E.	ND	ND	ND	ND										
16. p,p'-DDT	ND	ND	ND	ND										
SUMA TOTAL	ND	ND	ND	ND	ND	44.62	36.09	17.45	53.13	21.25	3.69	4.15		

ND = < Límite de detección (1×10^{-11} g)

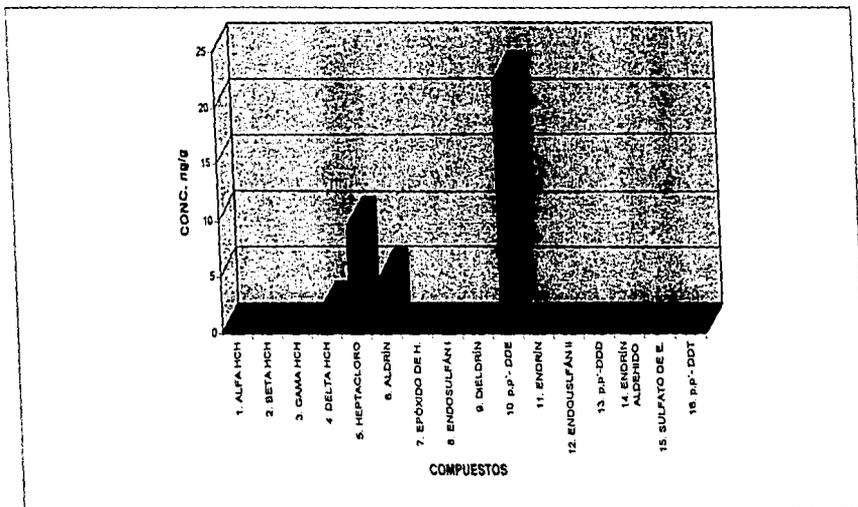


FIGURA 14. CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN SEDIMENTOS DEL SISTEMA

LAGUNAR CHANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS (FEBRERO, 1995)

**TABLA 10. PORCENTAJES DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA
CHANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS, MEXICO (FEBRERO, 1995).**

Grupo	Compuesto original	%	Metabolitos	%	Plazo Aproximado de Aplicación		
					Reducido	Mediano	Largo
Aromáticos	DDT	0	DDE DDD	100 0		X	
Alicíclicos	HCH		Alfa HCH Beta HCH Gama HCH Delta HCH	0 0 0 100			X
Ciclodiénicos	Heptacloro Aldrin Endrin Endosulfán	100 0 0	Epóxido de H. Dieldrin Endrin Aldehido Endosulfán I Endosulfán II Sulfato de E.	0 0 0 0 0 0	X		

De las tres épocas de colecta realizadas en el ciclo anual 1994-1995 se obtuvo el valor promedio de los plaguicidas organoclorados en la Laguna Chantuto-Panzacola en cada una de las estaciones muestreadas, estos valores son representados gráficamente en la figura 15, donde se observa claramente las concentraciones más altas en la estación 3 (317 ng/g) y en las estaciones 7 (87 ng/g) y 9 (78 ng/g) . Los valores que se muestran en esta figura fueron redondeados con fines prácticos, para observar los valores exactos ver anexo 3.

Las altas concentraciones en la estación 3 son explicables al considerar la circulación de las masas de agua en el cuerpo acuático puede favorecer la acumulación justamente al noroeste de la laguna y aunado a ello se puede deducir que el Río Camargo cercano a la desembocadura de la estación 3, ejerce una influencia importante en el aporte de estos agroquímicos al sistema lagunar. En tanto, los altos valores promedio de plaguicidas organoclorados observados en las estaciones 7 y 9 se pueden atribuir por una parte al uso intradomiciliario de dichos agroquímicos así como al transporte atmosférico el cual puede transportar los agroquímicos a grandes distancias de donde fueron aplicados.

Durante el ciclo anual en este sistema lagunar se destacaron ciertos compuestos clorados por sus prominentes concentraciones promedio, el endosulfán II (250.37 ng/g) en la época de secas (abril de 1994), el p,p'-DDE (22.41 ng/g) también para la época de secas (febrero de 1995) y el epóxido de heptacloro (61.3 ng/g) en el periodo de lluvias (julio de 1995). Cabe señalar que los compuestos predominantes (3) son metabolitos de agroquímicos, hecho que permite aseverar que estos plaguicidas fueron aplicados hace tiempo en las zonas aledañas al sistema y que han sido transformados a sus respectivos congéneres, así también es importante considerar que el riesgo es aún mayor debido a que metabolitos, tales como el epóxido de heptacloro, una vez incorporados por los organismos acuáticos suelen ser más nocivos que los compuestos originales ya que afectan sitios de suma importancia como el ADN (Reid y Krishna, 1973; Brown *et al.*, 1982a, 1982b).

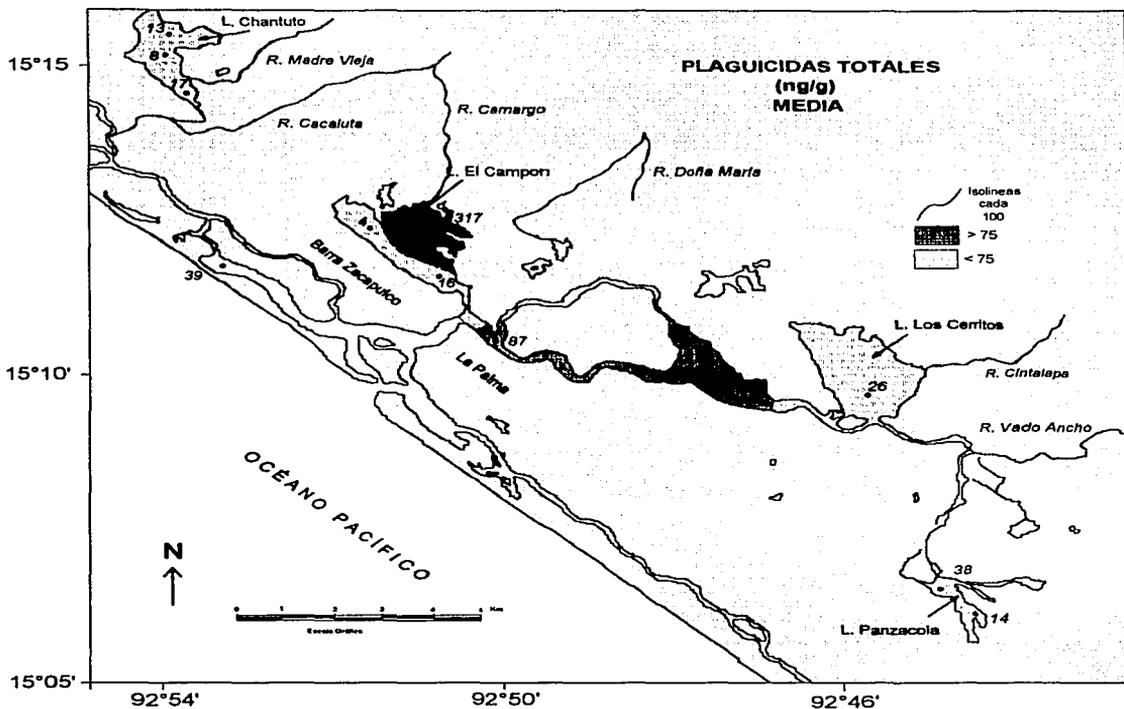


FIGURA 15. DISTRIBUCIÓN DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CHANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS, MÉXICO (1994-1995).

C) CARBONO ORGÁNICO TOTAL

Los valores de carbono orgánico observados en el sistema lagunar Chantuto-Panzacola durante la época de estiaje oscilaron en un intervalo de 0.35 a 13.89 % con un valor promedio de 5.26 % valor superior al registrado en abril y julio de 1994 (Tabla 11; Fig. 16). Los máximos valores de carbono orgánico se obtuvieron en los sedimentos de las estaciones 1 (13.89 %), 5 (7.75 %), 11 (7.07 %) y 12 (6.57 %), lo cual muestra un comportamiento muy similar al observado en la época de lluvias, es decir, que los niveles más elevados se registraron en los extremos de las lagunas; en la Laguna Chantuto (estación 12 y 5) se explica con base en los fenómenos de mareas predominantes en la zona así como a la influencia del Río Madre Vieja; en la Laguna El Campón (estación 11), la estación se ubica en la parte superior, lo que permite suponer la acumulación de materia orgánica debido básicamente al patrón de circulación prevaleciente en la zona, así como a la influencia del Río Camargo y por último, en la Laguna Panzacola (estación 1) donde se puede hablar de un comportamiento que obedece al régimen de circulación que permite que gran parte del material que es incorporado al sistema sea finalmente depositado en estas partes del complejo lagunar. Es importante señalar que durante el muestreo realizado en febrero (1995), se observó una gran cantidad de materia orgánica proveniente del manglar circundante.

El análisis anual del contenido de carbono orgánico en este sistema lagunar nos muestra que no existieron cambios drásticos en el primer (4.18 %) y segundo muestreo (4.73 %) pues los promedios registrados no fueron muy variables, sin embargo, en la tercer colecta el porcentaje (5.26 %) sufrió un ligero incremento, lo que hace suponer la acumulación del material orgánico en la época de secas (febrero, 1995). En la figura 17 y anexo 3 se muestran los porcentajes promedio de carbono orgánico total (materia orgánica) considerando los tres muestreos realizados durante el ciclo 1994-1995, en la cual se observan los valores más altos en las estaciones ubicadas en los extremos de las lagunas, es decir, en las estaciones 12, 4 y 5 (7%) de la Laguna Chantuto; en la estación 11 (9 %) ubicada al noroeste de la Laguna El Campón y en las estaciones 1 (10 %) y 8 (6 %) de la Laguna Panzacola, lo cual se explica como resultado de la forma y la dinámica de la laguna lo que permite que el material orgánico aportado al sistema lagunar sea acumulado justamente en las zonas con poca circulación o bien zonas de baja energía.

TABLA 11. CONCENTRACIÓN DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS Y CARBONO ORGÁNICO TOTAL EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CHANTUTO PANZACOLA, CHIAPAS (FEBRERO, 1995).

ESTACIÓN	CARBONO ORGÁNICO (%)	PLAGUICIDAS TOTALES (ng/g)
1	13.89	ND
2	3.46	ND
3	2.42	ND
4	5.24	ND
5	7.75	ND
6	0.35	44.62
7	2.50	36.09
8	6.01	17.45
9	2.30	53.13
10	5.50	21.25
11	7.07	3.69
12	6.57	4.15
	$r =$	-0.58

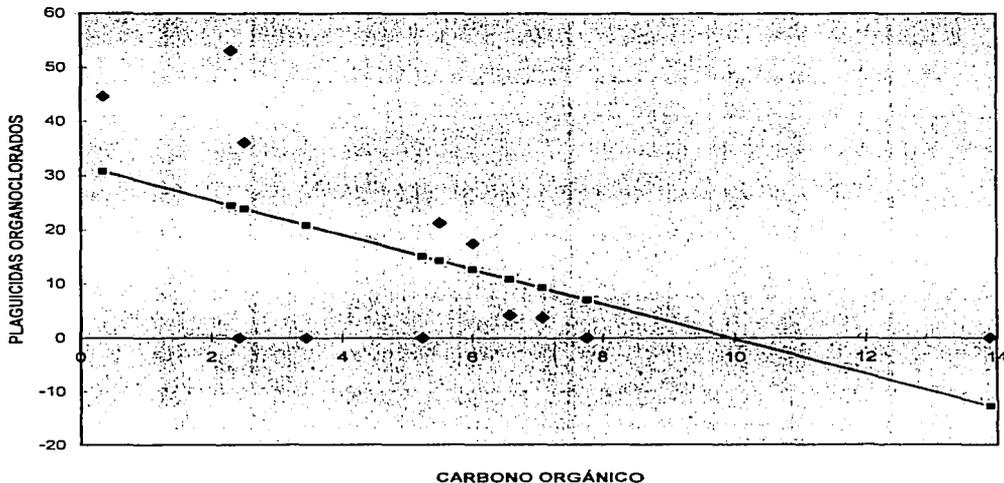


FIGURA 16. ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL DEL CONTENIDO DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS VS CARBONO ORGÁNICO TOTAL EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CHANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS (FEBRERO, 1995).

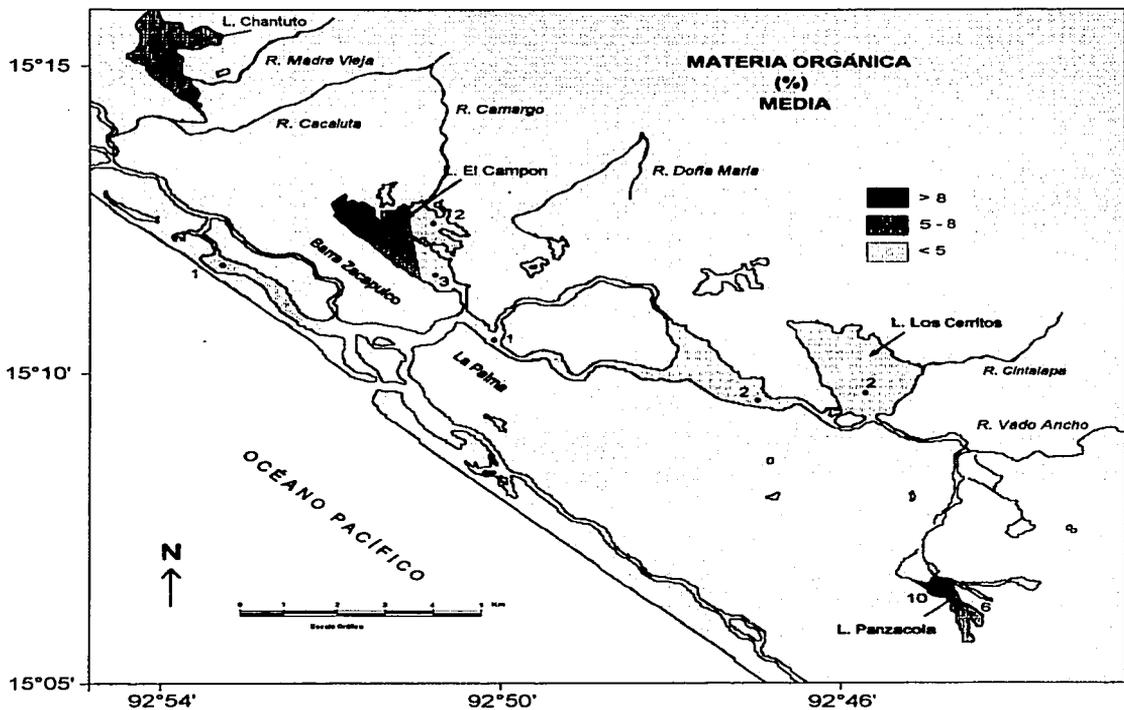


FIGURA 17. DISTRIBUCIÓN DE CARBONO ORGÁNICO TOTAL (MATERIA ORGÁNICA) EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CHANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS, MÉXICO (1994-1995).

D) GRANULOMETRÍA

El sedimento es un conjunto de partículas sin consolidar, originadas por el intemperismo de las rocas, la precipitación química o la secreción de organismos. Estas partículas, también denominadas sedimentarias, pueden haber sido transportadas por viento, agua o hielo y en un depósito sedimentario presentan características físicas (texturales) y químicas (composicionales) que dependen de las fuentes de origen y de los procesos de aporte y dispersión.

Los estudios sobre la distribución de los sedimentos son importantes porque aportan información básica para identificar fuentes de aporte continental y explicar la dispersión de las partículas sedimentarias en el medio marino. Además, este tipo de estudios se encuentran relacionados con la acumulación de contaminantes y con la presencia de diversos recursos minerales y pesqueros, de importancia económica.

Una propiedad importante para diferenciar ambientes depositacionales, es el tamaño del sedimento, de acuerdo con esto se hace una distinción entre grava, arena, limo y arcilla, según la clasificación de Wentworth-Lane (Santiago, 1989).

Fracciones de Tamaño sin Agrupar

En la Tabla 12 se muestran los valores del tamaño gráfico promedio ($Mz \phi$), desviación estándar inclusiva (σ_1), asimetría gráfica (Sk_1) y curtosis gráfica (K_G), parámetros determinados en los sedimentos del presente estudio.

En la Tabla 13 y figura 18 se muestran las fracciones de tamaño sin agrupar de los sedimentos de la Laguna Chantuto-Panzacola, en la cual se observa un claro predominio de las arenas muy finas en las estaciones 3, 6, 7, 9 y 10, mientras que el limo grueso presentó los porcentajes más altos en las estaciones 2, 5 y 12. Las fracciones más finas como el limo medio y la arcilla predominaron en las estaciones 1 y 4, respectivamente.

TABLA 12. TÉRMINOS DESCRIPTIVOS PARA LOS VALORES DE LA MEDIA GRÁFICA • TAMAÑO GRÁFICO PROMEDIO (M_g 7).

DEVIACIÓN ESTÁNDAR GRÁFICA INCLUSIVA (σ_g), ASIMETRÍA GRÁFICA (S_g) Y CURTOSIS GRÁFICA (K_g) (LANE, 1947; POLK, 1974).

INTERVALO DE VALORES DE PH _g (σ)				TÉRMINO DESCRIPTIVO	
MEDIA GRÁFICA • TAMAÑO GRÁFICO PROMEDIO (M_g 6)					
-2	<=	M _g	<	-1	GRAYA MUY FINA
-1	<=	M _g	<	0	ARENA MUY GRUESA
0	<=	M _g	<	1	ARENA GRUESA
1	<=	M _g	<	2	ARENA MEDIA
2	<=	M _g	<	3	ARENA FINA
3	<=	M _g	<	4	ARENA MUY FINA
4	<=	M _g	<	5	LIMO GRUESO
5	<=	M _g	<	6	LIMO MEDIO
6	<=	M _g	<	7	LIMO FINO
7	<=	M _g	<	8	LIMO MUY FINO
8	<=	M _g	<	9	ARCILLA GRUESA
DEVIACIÓN ESTÁNDAR GRÁFICA INCLUSIVA (σ)					
0	<	σ _g	<	0,35	MUY BIEN CLASIFICADO
0,35	<=	σ _g	<	0,5	BIEN CLASIFICADO
0,5	<=	σ _g	<	0,71	MODERADAMENTE BIEN CLASIFICADO
0,71	<=	σ _g	<	1	MODERADAMENTE CLASIFICADO
1	<=	σ _g	<	2	MAL CLASIFICADO
2	<=	σ _g	<	4	MUY MAL CLASIFICADO
4	<=	σ _g	<		EXTREMADAMENTE MAL CLASIFICADO
ASIMETRÍA GRÁFICA (S_g)					
-1	<=	S _g	<	-0,3	ASIMETRÍA MUY NEGATIVA
-0,3	<=	S _g	<	-0,1	ASIMETRÍA NEGATIVA
-0,1	<=	S _g	<	0,1	CASI SIMÉTRICA
0,1	<=	S _g	<	0,3	ASIMETRÍA POSITIVA
0,3	<=	S _g	<	1	ASIMETRÍA MUY POSITIVA
CURTOSIS GRÁFICA (K_g)					
0	<=	K _g	<	0,67	MUY PLATICÚRTICA
0,67	<=	K _g	<	0,9	PLATICÚRTICA
0,9	<=	K _g	<	1,11	MESOCÚRTICA
1,11	<=	K _g	<	1,3	LEPTOCÚRTICA
1,3	<=	K _g	<	3	MUY LEPTOCÚRTICA
3	<=	K _g	<		EXTREMADAMENTE LEPTOCÚRTICA

TABLA 13. FRACCIONES DE TAMAÑO SIN AGRUPAR DE LOS SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CHANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS (FEBRERO, 95).

ESTACIÓN	GRAVA MUY FINA	ARENA MUY GRUESA	ARENA GRUESA	ARENA MEDIA	ARENA FINA	ARENA MUY FINA	LIMO GRUESO	LIMO MEDIO	LIMO FINO	LIMO MUY FINO	ARCILLA
1	0.17	1.08	1.64	2.34	3.49	15.11	3.5	20.54	16.85	12.04	23.69
2	0.01	0.06	0.18	0.42	5.09	41.69	43.06	2.56	1.78	1.17	3.98
3	0.64	0.36	1.39	7.05	17.33	25.12	19.93	6.81	6.07	3.25	12.05
4	0.35	0.56	0.88	0.77	0.68	1.24	0.34	8.82	7.62	5.31	23.45
5	0.19	0.04	0.04	0.04	0.1	0.43	83.54	3.02	3.93	3.33	5.33
6	0.07	0.52	2.63	6.5	15.06	55.08	5.33	2.05	2.59	2.58	7.59
7	0.01	0.04	1.87	15.46	38.01	40.12	2.72	0.23	0.37	0.15	1.02
8	0.43	0.18	0.1	0.2	0.96	4.57	8.91	16.45	22.5	9.56	36.15
9	1.33	0.31	0.22	0.65	8.73	36.19	22.5	9.64	6.93	3.2	10.3
10	0.06	0.12	0.2	0.45	5.8	82.75	5.08	0.93	0.75	0.82	3.05
11	0.65	1.24	1.99	2.76	3.01	3.34	6.47	12.64	10.68	11.04	46.15
12	0.09	0.03	0.04	0.16	0.72	3.09	78.56	4.67	3.24	2.13	7.26

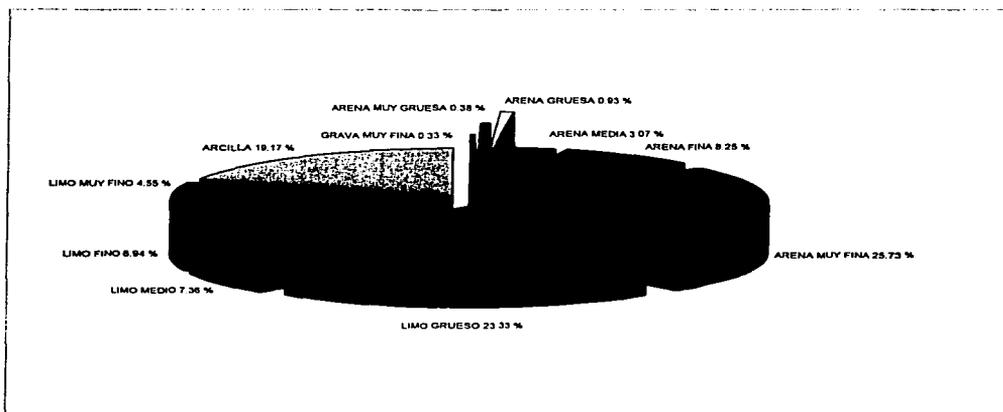


FIGURA 18. PROMEDIO DE LOS PORCENTAJES DE LAS FRACCIONES DE TAMAÑO SIN AGRUPAR EN LOS SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CHANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS (FEBRERO, 1995).

La distribución de los sedimentos arenosos en las estaciones 6, 7 y 10 ubicadas cerca de la zona con influencia marina de este sistema lagunar concuerda con lo explicado por Ayala-Castañares *et al* (1994), quienes mencionan que los materiales propios del fondo de los canales naturales y de las áreas lagunares con influencia marina son arenas.

Los sedimentos arenosos se observaron cerca de las barras arenosas (estaciones 6, 7, 9 y 10), es decir, la Barra Zacapulco mientras que los sedimentos más finos como los limos se encontraron distribuidos básicamente en estaciones cercanas a las zonas donde existen aportes fluviales importantes (estaciones 2 y 5), es decir cerca de la desembocadura de los Ríos Cintalapa, Vado Ancho y Cacaluta y los sedimentos más finos como las arcillas se encontraron distribuidos en las partes extremas del sistema (estaciones 4 y 8) lo cual puede ser resultado de la escasa circulación y los procesos de marea que dominan en el sistema que permite el transporte y acumulación de los sedimentos de grano fino, en igual dirección. En la figura 23 se observa el comportamiento de manera gráfica en la cual se tiene un contraste sedimentario entre dos grupos; un grupo en el cual predominan las arenas, se puede hablar de lugares de alta energía así como de depósito de material grueso; el otro grupo está dominado básicamente por las arcillas y por lo tanto podemos hablar que éste es un ambiente de baja energía y de depósito de material fino.

Con la finalidad de mostrar gráficamente la distribución sedimentaria de la Laguna Chantuto-Panzacola, se consideraron los porcentajes de limo y arcilla y se representaron como lodos en la figura 19, los valores gráficos fueron redondeados por razones prácticas, si se requiere ver los valores exactos ver anexo 3. Según los porcentajes obtenidos se observa que las estaciones ubicadas en los extremos de los cuerpos lagunares mostraron los porcentajes más altos de material más fino, como lo es en el caso de las estaciones 4, 12 y 5 ubicadas en la Laguna Chantuto donde se encontraron porcentajes de lodos muy altos (> 95 %), en la Laguna El Campón se observó el porcentaje de lodo más alto en la estación 11 (87 %) ubicada al noroeste y por último en la Laguna Chantuto también se mostraron los porcentajes de lodos más altos en las estaciones 1 y 8 (> 75 %). El comportamiento sedimentario observado para esta laguna nos indica que las estaciones 4, 5, 12, 11, 8 y 1 se ubican en zonas de baja energía (Fig. 19).

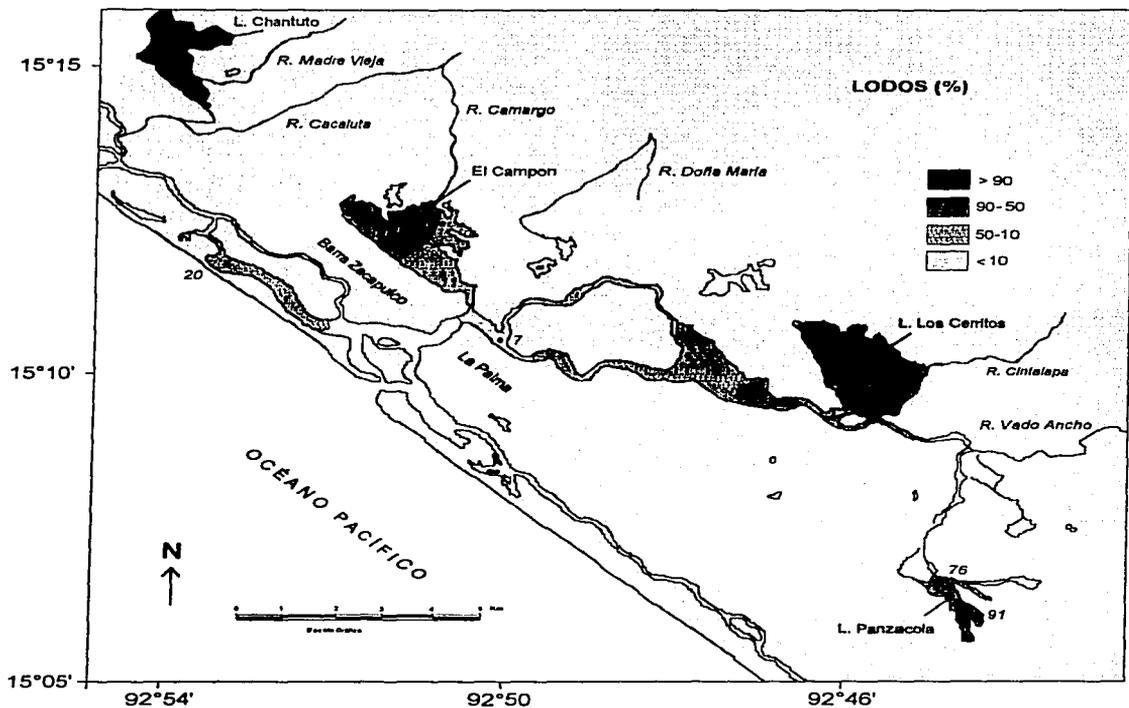


FIGURA 19. DISTRIBUCIÓN DE SEDIMENTOS EN LA LAGUNA CHANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS, MÉXICO (FEBRERO, 1995).

Es importante destacar que la distribución de los porcentajes de carbono orgánico total (materia orgánica) se encontraron principalmente en las estaciones donde predominaron los sedimentos finos, con lo que se corrobora una vez más los resultados obtenidos por otros autores donde también observan la tendencia del material orgánico a ser acumulado de manera preferente en los sedimentos finos (Figs. 15 y 19).

Fraciones de Tamaño Agrupadas

Los sedimentos del sistema lagunar Chantuto-Panzacola se agruparon en cuatro fracciones sedimentarias (grava, arena, limo y arcilla). El valor promedio de cada una de las fracciones sedimentarias agrupadas de este sistema lagunar se muestran en la figura 20 donde se observa claramente un predominio de la fracción limosa (41.89 %) y arenosa (35.68 %), seguidas de las arcillas (19.35 %) y en una mínima proporción las gravas (0.33 %).

La fracción limosa presentó los porcentajes más altos en las estaciones 1 (52.47 %), 2 (48.57 %), 5 (93.82 %), 8 (54.41 %) y 12 (88.60 %) (Figs. 21 A, B, E y 22 B, F) mientras que la arenosa dominó en las estaciones 3 (51.25 %), 6 (79.8 %), 7 (93.38 %), 9 (46.1 %) y 10 (89.32 %) (Figs. 21 C, F y 22 A, C, D). En tanto, la fracción más fina, es decir, la arcillosa predominó en las estaciones 4 con 73.45 % y 11 con 46.17 % (Fig. 21 D y 22 E).

En el sistema lagunar se observó que las estaciones donde dominaron los sedimentos finos se ubican cerca de los aportes continentales tal es el caso de las estaciones 1, 2, 5 y 12 mientras que los sedimentos arenosos se vieron en su mayoría distribuidos prácticamente en las estaciones ubicadas cerca de las barras arenosas como las 6, 7 y 10 cercanas a la Barra Zacapulco (Fig. 4).

Parámetros Descriptivos

En la Tabla 15 se muestran los parámetros descriptivos del tamaño del sedimento en la Laguna Chantuto-Panzacola, en la cual se observa una frecuencia más alta de los sedimentos limosos, mismos que se registraron en el 66.6 % de las estaciones donde el tamaño gráfico ($Mz \phi$) osciló

TABLA 14. FRACCIONES DE TAMAÑO AGRUPADAS DE LOS SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CHANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS (FEBRERO, 95).				
ESTACIÓN	GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA
1	0.17	23.66	52.47	23.69
2	0.01	17.45	48.57	3.98
3	0.64	51.25	36.06	12.05
4	0.35	4.12	22.09	73.45
5	0.19	0.66	93.82	5.33
6	0.07	79.8	12.55	7.59
7	0.01	93.38	3.39	3.22
8	0.43	6.01	54.41	36.15
9	1.33	46.1	42.27	10.3
10	0.06	89.32	7.58	3.05
11	0.65	12.35	40.83	46.17
12	0.09	4.05	88.6	7.26

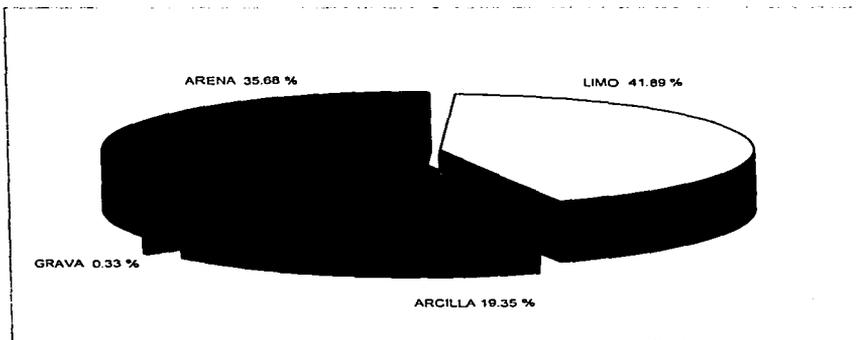
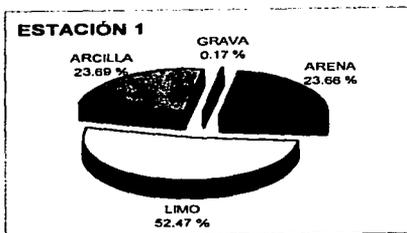
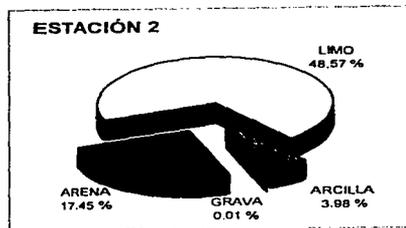


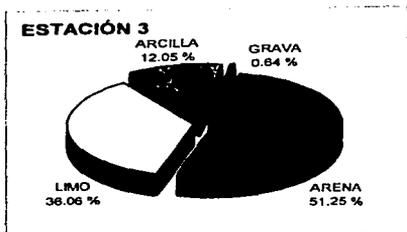
FIGURA 20. PROMEDIO DE LOS PORCENTAJES DE LAS FRACCIONES DE TAMAÑO AGRUPADAS EN LOS SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CHANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS (FEBRERO, 1995).



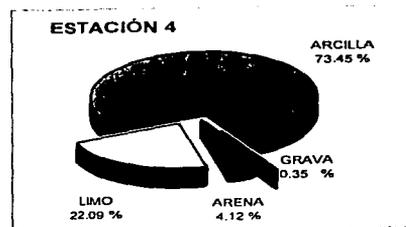
A



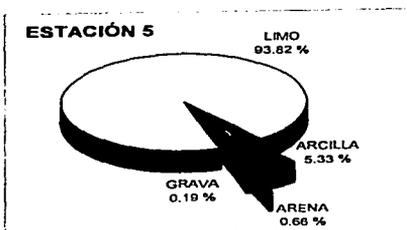
B



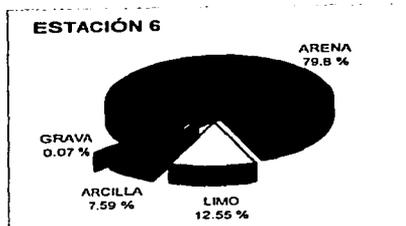
C



D

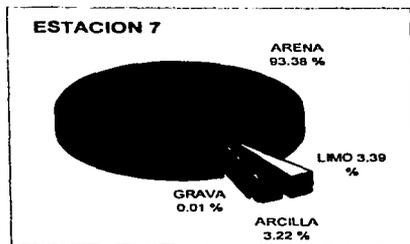


E

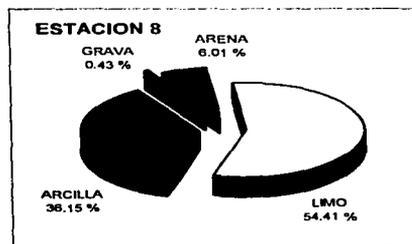


F

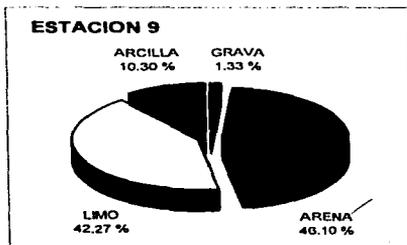
FIGURA 21. DISTRIBUCIÓN DE LOS SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CHANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS (FEBRERO, 1995).



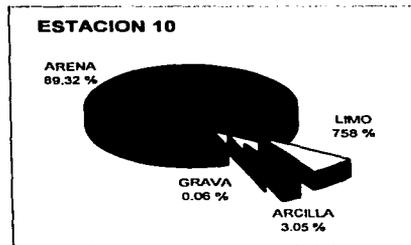
A



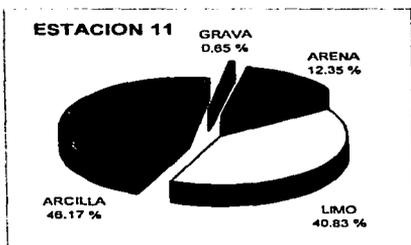
B



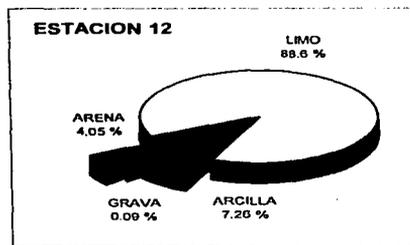
C



D



E



F

FIGURA 22. DISTRIBUCIÓN DE LOS SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CHANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS (FEBRERO, 1995).

TABLA 15. PARÁMETROS DESCRIPTIVOS DE LOS SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CHIANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS (FEBRERO, 1995).

ESTACION	Mz(φ)		e1		Sk _s		K _u	
	VALOR	TÉRMINO	VALOR	TÉRMINO	VALOR	TÉRMINO	VALOR	TÉRMINO
1	6.31	LIMO FINO	2.86	MUY MAL CLASIFICADA	0.08	CASI SIMETRICA	1.08	MESOCURTICA
2	4.05	LIMO GRUESO	1.05	MAL CLASIFICADA	0.21	ASIMETRÍA POSITIVA	1.49	LEPTOCURTICA
3	4.4	LIMO GRUESO	2.49	MUY MAL CLASIFICADA	0.37	ASIMETRÍA MUY POSITIVA	1.43	LEPTOCURTICA
4	8.91	ARCILLA GRUESA	2.22	MUY MAL CLASIFICADA	-0.25	ASIMETRÍA NEGATIVA	0.94	MESOCURTICA
5	4.59	LIMO GRUESO	0.84	MODERADAMENTE CLASIFICADA	0.37	ASIMETRÍA MUY POSITIVA	2.87	MUY LEPTOCURTICA
6	3.55	ARENA MUY FINA	1.82	MAL CLASIFICADA	0.29	ASIMETRÍA POSITIVA	3.65	EXTREMADAMENTE LEPTOCURTICA
7	2.83	ARENA FINA	0.87	MODERADAMENTE CLASIFICADA	-0.12	ASIMETRÍA NEGATIVA	0.89	PLATICURTICA
8	7.36	LIMO MUY FINO	2.47	MUY MAL CLASIFICADA	0.26	ASIMETRÍA POSITIVA	0.87	PLATICURTICA
9	4.63	LIMO GRUESO	2.05	MUY MAL CLASIFICADA	0.48	ASIMETRÍA MUY POSITIVA	1.48	LEPTOCURTICA
10	3.52	ARENA MUY FINA	0.64	MODERADAMENTE BIEN CLASIFICADA	0.22	ASIMETRÍA POSITIVA	1.94	MUY LEPTOCURTICA
11	7.58	LIMO MUY FINO	3.08	MUY MAL CLASIFICADA	-0.13	ASIMETRÍA NEGATIVA	0.95	MESOCURTICA
12	4.67	LIMO GRUESO	1.07	MAL CLASIFICADA	0.51	ASIMETRÍA MUY POSITIVA	3.37	EXTREMADAMENTE LEPTOCURTICA

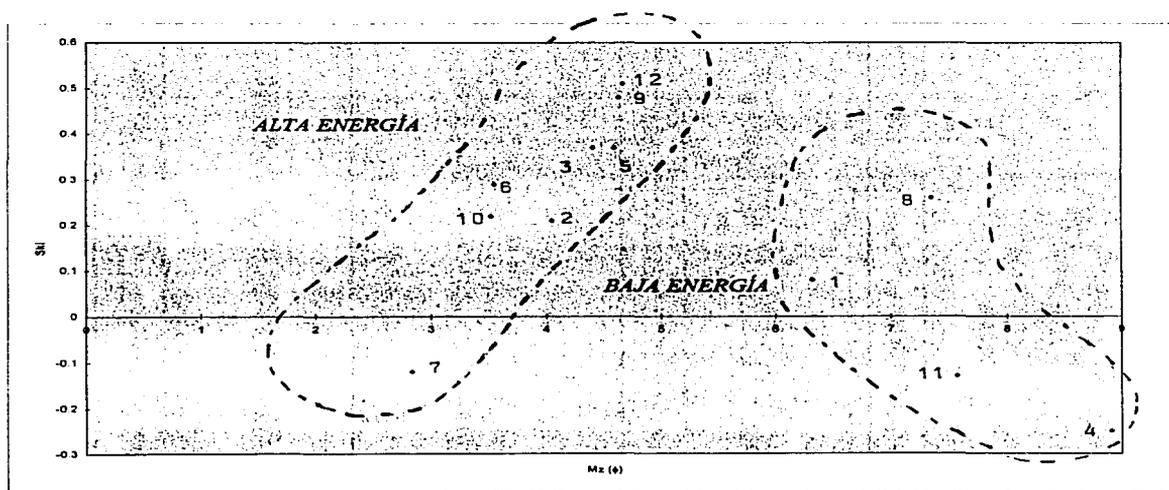


FIGURA 23. ASIMETRÍA GRÁFICA VS TAMAÑO GRÁFICO PROMEDIO PROMEDIO EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CHIANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS (FEBRERO, 1995).

de 4.05 a 7.58 ϕ , mientras que en las estaciones 7 y 10, los valores del tamaño gráfico promedio fueron de 2.83 y 3.52 ϕ , respectivamente. En la estación 4 el sedimento encontrado fue arcilloso con un tamaño gráfico de 8.91 ϕ .

En este sistema lagunar el tamaño gráfico presentó un valor promedio de 5.20 ϕ , el cual en términos descriptivos corresponde a limo medio.

Los valores de la desviación estándar inclusiva (σ_1) oscilaron en un intervalo de 0.87 a 3.08 con un valor promedio de 1.79. Con base en los valores de desviación estándar encontrados, los sedimentos de las estaciones se ubicaron en la categoría de muy mal clasificados (estaciones 1, 2, 4, 8, 9 y 11), mal clasificados (estaciones 2, 6 y 12) y moderadamente clasificados (estación 5, 7 y 10).

En esta laguna, los valores de asimetría se presentaron en un intervalo de -0.25 a 0.48 con un valor promedio de 0.19. Las estaciones 4, 7 y 11 presentaron una asimetría negativa mientras en las estaciones 2, 6, 8 y 10 los sedimentos registraron una asimetría positiva. En las estaciones 3, 5, 9 y 12 la asimetría de los sedimentos fue muy positiva. Los sedimentos de la estación 1 presentaron una asimetría casi simétrica.

En la Laguna Chantuto-Panzacola, los valores de curtosis se encontraron en un intervalo de 0.87 (estación 8) a 3.65 (estación 6) con un valor promedio de 1.75 (Tabla 15). Los sedimentos de las estaciones 1, 4 y 11 presentaron una distribución mesocúrtica mientras que en las estaciones 7 y 8 la distribución fue platicúrtica. Para los sedimentos de las estaciones 2, 3 y 9 se encontró una distribución leptocúrtica en tanto en las estaciones 5 y 10 la distribución de los sedimentos fue muy leptocúrtica. Los sedimentos de las estaciones 6 y 12 presentaron una distribución extremadamente leptocúrtica.

En la Tabla 16 se muestran los valores de los coeficientes de correlación obtenidos entre cada fracción sedimentaria sin agrupar y agrupadas con el contenido de plaguicidas organoclorados totales y carbono orgánico total. Al relacionar cada una de las fracciones sin agrupar y los

plaguicidas totales se observaron los valores de los coeficientes de correlación más altos con la fracción arena muy fina ($r = 0.54$), arena fina ($r = 0.50$). En tanto al relacionar cada fracción sin agrupar con el contenido de carbono orgánico total, los coeficientes más altos se observaron con las fracciones finas, es decir, con el limo muy fino ($r = 0.68$) y limo medio ($r = 0.64$).

Los coeficientes altos obtenidos con las fracciones finas (limos) y los negativos con las fracciones gruesas (arenas) se explican por la índole inerte de la arena, lo cual se debe a que esta fracción se compone predominantemente de cuarzo y feldespatos, como ocurre en otras lagunas costeras.

Al relacionar cada una de las fracciones agrupadas (grava, arena, limo y arcilla) y el contenido de plaguicidas organoclorados totales, se obtuvieron los coeficientes de correlación más altos con la fracción arenosa ($r = 0.66$) y limosa ($r = -0.48$). Al analizar la relación existente entre cada una de las fracciones mencionadas con el contenido de carbono orgánico total se obtuvieron las correlaciones más altas con la fracción arenosa ($r = -0.51$) y limosa ($r = 0.47$) (Tabla 16).

Es importante mencionar que en esta laguna los coeficientes de correlación no fueron significativos ($H_0: \rho = 0$; $P = 0.05$) sin embargo es importante considerar que al evaluar las relaciones entre las fracciones agrupadas con respecto al contenido de plaguicidas organoclorados y carbono orgánico se enmascara un poco el comportamiento, por el contrario al evaluar la relación de las fracciones sin agrupar con el contenido de plaguicidas organoclorados y carbono orgánico se muestra un comportamiento más claro; por una parte se observa una mayor relación de los plaguicidas con el material grueso y en el caso del carbono orgánico se puede decir que se observa una relación más estrecha con el material fino.

TABLA 16. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN ENTRE LAS FRACCIONES DE TAMAÑO SIN AGRUPAR, FRACCIONES DE TAMAÑO AGRUPADAS, CARBONO ORGÁNICO TOTAL Y PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS
TOTALES DEL SISTEMA LAGUNAR CHIANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS (FEBRERO, 1995).

PARÁMETRO	FRACCIONES SIN AGRUPAR											FRACCIONES AGRUPADAS			
	GRAVA MUY FINA	ARENA MUY GRUESA	ARENA GRUESA	ARENA MEDIA	ARENA FINA	ARENA MUY FINA	LIMO GRUESO	LIMO MEDIO	LIMO FINO	LIMO MUY FINO	ARCILLA	GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA
PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS	0.3	-0.19	0.21	0.35	0.5	0.54	-0.32	-0.24	-0.2	-0.33	-0.34	0.3	0.66	-0.48	-0.33
CARBONO ORGÁNICO	-0.16	0.44	-0.13	-0.39	-0.52	-0.46	0.11	0.64	0.53	0.68	0.26	-0.16	-0.51	0.47	0.25

5.1 3.2 ORGANISMOS

5.1.3.2.1 Camarón blanco (*Penaeus vannamei*)

A) PLAGUICIDAS

Conocido regionalmente como camarón blanco del Pacífico, *Penaeus vannamei* es una especie nativa de la costa oeste del Océano Pacífico y su distribución va desde Sonora, en el Golfo de California, México, hasta las costas del Perú. Se le puede encontrar en aguas costeras desde 0 hasta 72 m de profundidad, sobre fondos fangosos, con preferencia por las aguas marinas en su vida de adulto y por las estuarinas desde postlarvas hasta juvenil (Martínez, 1993).

Aún cuando se han detectado en este sistema los niveles más elevados de plaguicidas para la especie de pez *Lutjanus novemfasciatus* (93.9 ng/g) que en *P. vannamei* (21.42 ng/g), según Suter y Rosen (1988) a través de un estudio realizado con un método de evaluación del riesgo ambiental desarrollado por la EPA, demostraron que los crustáceos suelen ser más sensibles a algunos compuestos clorados (endosulfán, dieldrín, endrín y heptacloro) que los peces.

Las conchas insolubles y duras o exoesqueletos de las langostas, cangrejos, camarones y muchos insectos están constituidas, en su mayor parte, por quitina, un polímero que no se encuentra aislado sino bajo la forma de un compuesto de quitina-proteína cuya fórmula es ($C_{32}N_5N_5O_{21}$) (Vázquez, 1987), polisacárido estructural que es un polímero lineal de la N-acetil -D-glucosamina, con uniones beta (Muzzarelli, 1973).

Las altas concentraciones de plaguicidas organoclorados detectados en el exoesqueleto se pueden explicar ya que numerosos estudios han mostrado que la adsorción de plaguicidas depende del contenido de carbono orgánico de las partículas adsorbentes (Karickhoff, 1984; Miller y Weber, 1986). Perez-Peña *et al.* (1992) determinaron en la quitina un valor del 40 % de contenido de carbono orgánico, parámetro importante en los procesos de adsorción-desorción (liberación), valor semejante al descrito por otros autores en muestras de quitina (Muzarelli, 1973).

Por otra parte, en el tejido del camarón (*P. vannamei*) no se registró ningún compuesto clorado, sin embargo en el exoesqueleto se detectaron el delta HCH (2.18 ng/g), el heptacloro (3.3 ng/g) y el p,p'-DDE (15.94 ng/g), siendo este último el que mostró el valor más elevado (Tabla 17; Fig. 24).

Las concentraciones altas de plaguicidas detectadas en exoesqueleto se explican como un resultado del comportamiento fisicoquímico dado que los valores registrados de salinidad y pH en la Laguna Chantuto-Panzacola fueron ligeramente más altos a los presentados en el otro sistema lagunar estudiado (Carretas-Pereyra). Las altas salinidades producen un aumento en la adsorción de algunos plaguicidas tales como el lindano y endrín en la quitina, además favorece la irreversibilidad del proceso (Perez-Peña *et al.*, 1992), lo cual puede ser resultado de la neutralización y desarrollo de sitios de carga positiva en las partículas de quitina como consecuencia de la adsorción de iones procedentes del agua de mar y de la formación de puentes de coordinación, principalmente debido a los iones calcio y magnesio (Stumm y Morgan, 1981) con lo que el proceso tenderá a ser más irreversible.

B) METABOLITOS

En el exoesqueleto del camarón blanco se detectaron pocos compuestos clorados, mismos que se describen a continuación: En el grupo de los compuestos aromáticos el p,p'-DDE presentó la mayor proporción (100 %) en su forma ya degradada, el mismo comportamiento se observó en el grupo de los alicíclicos donde el delta HCH registró el 100 % del total. En el grupo de los ciclodienos, el heptacloro se presentó en su totalidad (100 %) en su forma original (Tabla 18).

Hay que considerar que el heptacloro, el cual se registró en el tejido de *Penaeus vannamei*, puede ser transformado en los organismos a epóxido de heptacloro a través de sistemas enzimáticos complejos como el de Oxigenasas de Función Mixta, (MFO) (Reid y Krishna, 1973).

TABLA 17. CONCENTRACIÓN DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN CAMARÓN BLANCO (*Penaeus vannamei*) (ng/g peso seco) DEL SISTEMA LAGUNAR CHIANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS (FEBRERO, 1995).

COMPUESTO	TEJIDO	EXOSQUELETO
1. ALFA HCH	ND	ND
2. BETA HCH	ND	ND
3. GAMA HCH	ND	ND
4. DELTA HCH	ND	2.18
5. HEPTACLORO	ND	3.3
6. ALDRIN	ND	ND
7. EPÓXIDO DE HEPTACLORO	ND	ND
8. ENDOSULFAN I	ND	ND
9. DIELDRIN	ND	ND
10. p,p'-DDE	ND	15.94
11. ENDRIN	ND	ND
12. ENDOSULFAN II	ND	ND
13. p,p'-DDD	ND	ND
14. ENDRIN ALDEHIDO	ND	ND
15. SULFATO DE ENDOSULFAN	ND	ND
16. p,p'-DDT	ND	ND
SUMA TOTAL	ND	21.42

ND = < Límite de detección (1×10^{-12} g)

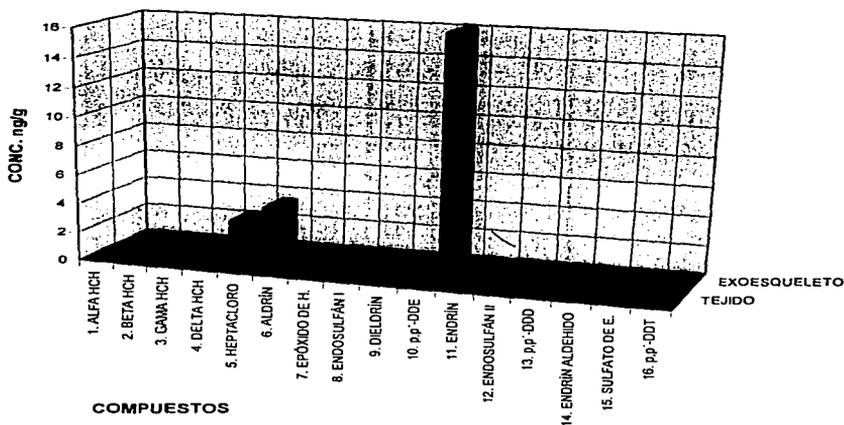


FIGURA 24. CONCENTRACION PROMEDIO DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN *P. vannamei* DEL SISTEMA LAGUNAR CHIANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS (FEBRERO, 1995).

**TABLA 18. PORCENTAJES DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN EXOSQUELETO DE *Penaeus vannamei*
DE LA LAGUNA CHANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS (FEBRERO, 1995).**

Grupo	Compuesto original	%	Metabolitos	%	Plazo Aproximado de Aplicación		
					Reducido	Mediano	Largo
Aromáticos	DDT	0	DDE DDD	100 0		X	
Alifáticos	HCH		Alfa HCH Beta HCH Gama HCH Delta HCH	0 0 0 100			X
Ciclodiénicos	Heptacloro Aldrin Endrin Endosulfán	100 0 0	Epóxido de H. Dieldrin Endrin Aldehido Endosulfán I Endosulfán II Sulfato de E.	0 0 0 0 0 0	X		

5.1.3.2.2 Pargo prieto (*Lutjanus novemfasciatus*)

A) PLAGUICIDAS

Los organismos de la familia Lutjanidae (pargos y huachinangos) están presentes principalmente en fondos rocosos aunque pueden encontrarse en arrecifes y zonas arenosas. Los pargos son de alimentación carnívora, polívoros de hábitos nocturnos y oportunistas (SEPESCA/IAES, 1994). Los juveniles se encuentran en aguas someras y bahías protegidas, esteros y algunas veces en aguas dulces prefiriendo hábitats rocosos.

El pez demersal (*L. novemfasciatus*) vive preferentemente sobre fondos blandos (arenosos y fangosos) (Torres-Lara *et al.*, 1991) durante su estadio juvenil y se le encuentra en forma abundante en zonas con grandes poblaciones de camarones, cangrejos y peces pequeños que constituyen la base de su alimentación (Ruíz, 1978).

De los organismos (camarones y peces) analizados en la época de secas, los peces registraron los niveles totales más prominentes de compuestos clorados (93.9 ng/g) con respecto a los determinados en camarón (21.42 ng/g) (Tablas 17 y 19; Figs. 25 y 26). Esto es debido a la cantidad de grasa presente en el pez, la cual puede favorecer la acumulación de los compuestos dado el carácter lipofílico de estos plaguicidas (Phillips, 1978; Andersson *et al.*, 1988; Connell, 1988), es importante señalar el riesgo que representa el consumo de los pargos, los cuales pueden bioacumular elevadas concentraciones de plaguicidas clorados e incluso sobrepasar los límites permisibles para consumo humano (Falandysz *et al.*, 1993). Un aspecto relevante es que estas especies constituyen uno de los grupos (Lutjanidae) de consumo más importantes en México, dada la excelente calidad de su carne, motivo por el cual son objeto de una intensa explotación (Franke y Acero, 1992).

En *Lutjanus novemfasciatus* se observó una mayor cantidad (5) de compuestos: heptacloro, aldín, epóxido de heptacloro, endosulfán II y el sulfato de endosulfán, con respecto a los detectados en el camarón, lo cual se explica al considerar que organismos como cangrejos, camarones y pequeños peces constituyen la base de su alimentación (Ruíz, 1978; Torres-Orozco,

TABLA 19. CONCENTRACIÓN DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN PARCO PRIETO (<i>Lufanus novemfasciatus</i>) (ng/g peso seco) DEL SISTEMA LAGUNAR CHIANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS (FEBRERO, 1995).	
COMPUESTO	TEJIDO
1. ALFA HCH	ND
2. BETA HCH	ND
3. GAMA HCH	ND
4. DELTA HCH	ND
5. HEPTACLORO	5.85
6. ALDRIN	39.35
7. EPOXIDO DE HEPTACLORO	23.28
8. ENDOSULFAN I	ND
9. DIELDRIN	ND
10. p,p'-DDE	ND
11. ENDRIN	ND
12. ENDOSULFAN II	13.1
13. p,p'-DDD	ND
14. ENDRIN ALDEHIDO	ND
15. SULFATO DE ENDOSULFAN	12.32
16. p,p'-DDT	ND
SUMA TOTAL	93.9

ND = < Límite de detección (1×10^{-12} g)

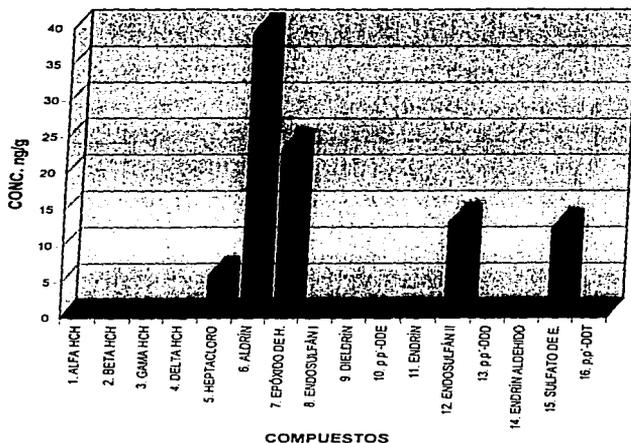


FIGURA 25. CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN *L. novemfasciatus* DEL SISTEMA LAGUNAR CHIANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS (FEBRERO, 1995).

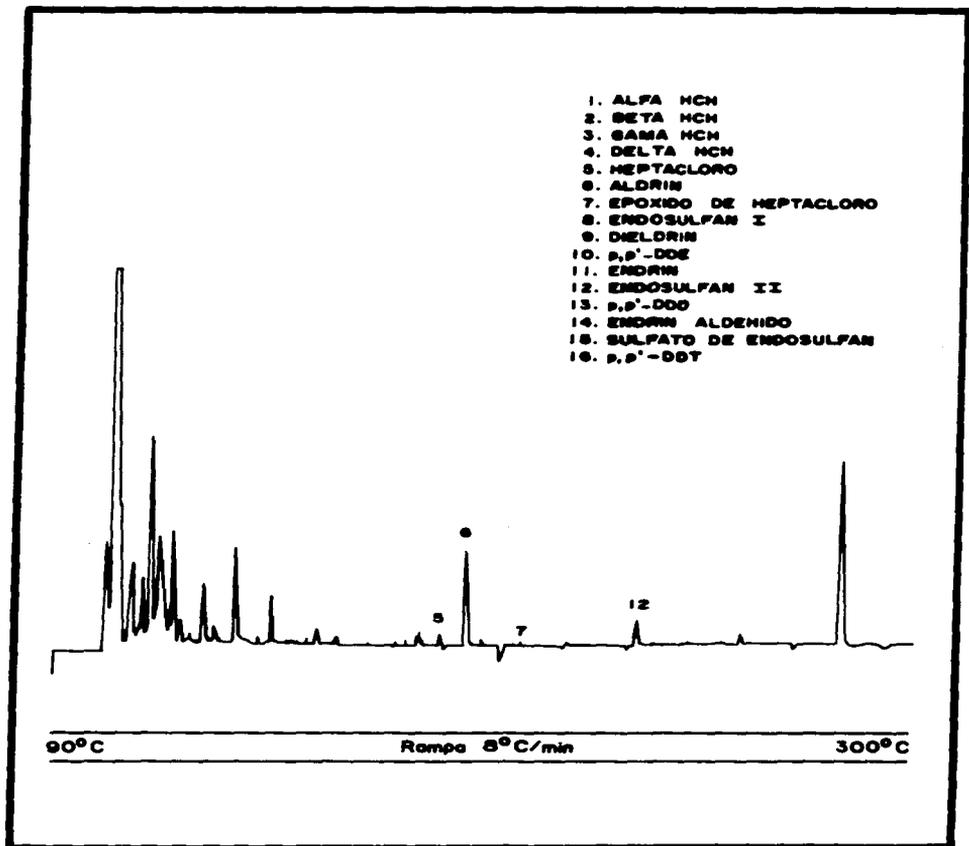


FIGURA 26. CROMATOGRAMA DE PLAGUCIDAS ORGANOCORADOS EN PARGO PRIETO (*Lutjanus novemfasciatus*) DEL SISTEMA LAGUNAR CHANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS, MEXICO (FEBRERO, 1995)

1991) y que los residuos de contaminantes presentes en esos organismos pueden ser transferidos a través de uno o varios niveles tróficos en las cadenas alimentarias con la posibilidad de que ocurra el proceso de biomagnificación, término que se refiere al incremento en la concentración de una sustancia química atribuible a la captación de este a través del alimento (Hill y Wright, 1978; Clark *et al.*, 1988).

El endosulfán, agroquímico detectado en el tejido de *L. novemfasciatus* constituye uno de los plaguicidas más ampliamente utilizado en la agricultura debido a la baja persistencia en el agua y su rápida eliminación por los sistemas biológicos (Jonsson y Toledo, 1993) con respecto al resto de los compuestos clorados, además es uno de los que está autorizado para uso agrícola en México (CICOPLAFEST, 1996).

De los compuestos registrados en *L. novemfasciatus* predominaron el aldrín con 39.35 ng/g y el epóxido de heptacloro con 23.28 ng/g (Tabla 19; Figs. 25 y 26). Es importante señalar que el aldrín se encuentra dentro de los plaguicidas prohibidos para su importación, fabricación, formulación, comercialización y uso en México (Diario Oficial de la Federación, 1991) y sin embargo, su presencia indica su uso reciente.

B) METABOLITOS

Para el pargo prieto se observó en sus tejidos un predominio de los compuestos ciclodiénicos y no se detectaron agroquímicos del grupo de los aromáticos y de los alicíclicos.

Del grupo de los ciclodiénicos, el heptacloro representó un 79.91 % del total, en tanto su metabolito epóxido de heptacloro conformó el 20.08 %. El endosulfán predominó en forma de metabolitos y se evidenciaron porcentajes similares entre el endosulfán II con 51.53 y el sulfato de endosulfán con 48.46 % . Así también, el aldrín se presentó en su totalidad (100%) en su forma original (Tabla 20).

TABLA 20. PORCENTAJES DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN TEJIDO DE *Latjanus novemfasciatus* DE LA LAGUNA CHANTUTO-PANZACOLA, CHIAPAS (FEBRERO, 1995).

Grupo	Compuesto original	%	Metabolitos	%	Plazo Aproximado de Aplicación		
					Reducido	Mediano	Largo
Aromáticos	DDT	0	DDE DDD	0 0			
Alicíclicos	HCH		Alfa HCH Beta HCH Gama HCH Delta HCH	0 0 0 0			
Ciclodiénicos	Heptacloro Aldrin Endrin Endosulfán	20.08 100 0	Epóxido de H. Dieldrin Endrin Aldehido Endosulfán I Endosulfán II Sulfato de E.	79.91 0 0 0 51.53 48.46		X	

Es importante mencionar que la mitad de los compuestos en *L. novemfasciatus* se detectaron en su forma ya degradada, lo cual puede ser resultado de procesos de transferencia y excreción que realizan los peces mediante mecanismos de conjugación y desintoxicación que se llevan a cabo en el hígado y riñón de estos organismos (Bulkley *et al.*, 1976).

5.2 LAGUNA CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS.

5.2.1 ÉPOCA DE SECAS (Abril, 1994)

5.2.1.1 SEDIMENTOS

A) PLAGUICIDAS

Las concentraciones más altas de plaguicidas organoclorados en sedimentos de la Laguna Carretas-Pereyra se encontraron en las estaciones 3 (223.83 ng/g), 2 (190.28 ng/g) y 5 (77.16 ng/g). Las altas concentraciones registradas en la estación 3 se atribuyen principalmente a que dicha estación está ubicada muy cerca de la desembocadura del Río El Bobo el cual recibe los caudales de otros dos ríos de la zona denominados Margaritas y El Progreso. El Río Margaritas nace en la sierra del Soconusco (importante región agrícola) dentro del municipio de Pijijiapan con 32 Km de longitud y desemboca en una marisma de este sistema, lo anterior permite inferir el aporte de agroquímicos tan importante que podría llegar al cuerpo lagunar a través de este río.

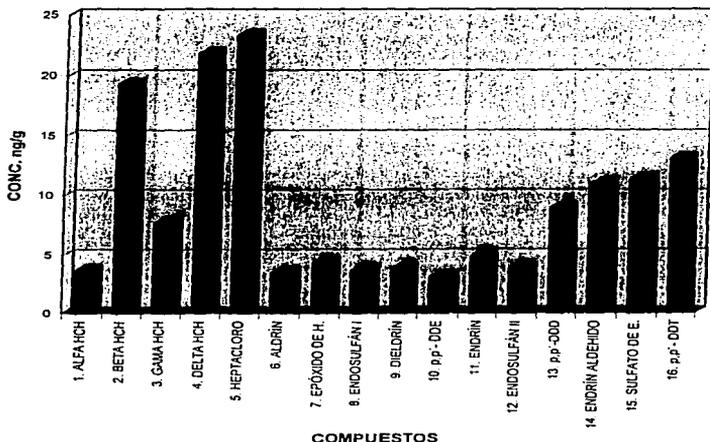
Por otra parte, es importante considerar que la poca circulación en el cuerpo acuático debido a su forma podría estar facilitando la concentración de estos agroquímicos en esta zona. Por otra parte, las altas concentraciones en la estación 2 ubicada al sur de la Laguna Carretas puede ser resultado de los patrones de circulación, principalmente debido al fenómeno de mareas prevaeciente, lo que permite la acumulación de sustancias químicas en esta área. Por último, los valores de plaguicidas organoclorados detectados en la estación 5 de la Laguna Carretas se explican con base en el patrón de circulación prevaeciente en la zona lo que puede influir en la distribución de los materiales incorporados por los sistemas fluviales que desembocan en zonas cercanas y alcanzar a depositarse en zonas más alejadas, y también pueden ser resultado del uso intradomiciliario para el control de insectos en estas áreas.

Los valores promedio de plaguicidas organoclorados más prominentes correspondieron al heptacloro (23.32 ng/g), delta HCH (21.79 ng/g) y beta HCH (19.27 ng/g) y fueron los dos primeros los compuestos registrados con mayor frecuencia en el sistema (Tabla 21; Fig. 27). El valor promedio de plaguicidas organoclorados en esta época fue de 115.28 ng/g.

**TABLA 21. CONCENTRACION DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN SEDIMENTOS (ng/g peso seco)
EN EL SISTEMA LAGUNAR CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS (ABRIL, 1994).**

COMPUESTO	EST. 1.	EST. 2	EST. 3	EST. 4	EST. 5	X	± D. E.
1. ALFA HCH	ND	2.36	9.2	0.53	2.44	3.63	3.82
2. BETA HCH	ND	21.7	31.07	14.46	9.83	19.27	9.26
3. GAMA HCH	ND	13.93	13.9	1.67	1	7.63	7.27
4. DELTA HCH	2.84	39.28	43.03	8.25	15.55	21.79	18.29
5. HEPTACLORO	8.73	21.01	46.94	20.79	19.14	23.32	14.14
6. ALDRIN	3.18	ND	3.72	ND	ND	3.45	0.38
7. EPOXIDO DE HEPTACLORO	ND	5.58	6.75	2.78	2.29	4.35	2.16
8. ENDOSULFAN I	ND	4	2.21	5.6	2.73	3.64	1.51
9. DIELDRIN	ND	5.66	6.96	0.89	1.81	3.83	2.94
10. p,p'-DDE	2.79	4.13	4.16	ND	1.25	3.08	1.38
11. ENDRIN	ND	3.66	8.12	2.78	4.74	4.83	2.34
12. ENDOSULFAN II	ND	1.87	1.89	5.03	6.69	3.87	2.40
13. p,p'-DDD	ND	14.58	14.58	2.06	4.24	8.87	6.66
14. ENDRIN ALDEHIDO	ND	28.69	6.55	2.77	5.45	10.87	11.99
15. SULFATO DE ENDOSULFAN	ND	9.87	12.68	ND	ND	11.28	1.99
16. p,p'-DDT	ND	13.96	12.07	ND	ND	13.02	1.34
SUMA TOTAL	17.54	190.28	223.83	67.61	77.16		

ND = < Límite de detección (1 X 10⁻¹² g)



**FIGURA 27. CONCENTRACION PROMEDIO DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS
EN SEDIMENTOS DEL SISTEMA LAGUNAR CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS
(ABRIL, 1994).**

El heptacloro, agroquímico predominante en este sitio se encuentra prohibido (PAN, 1991), restringido y/o suspendido por la ONU y EPA (Restrepo, 1988 y Greenpeace, 1993) (Tabla 6) debido al alto riesgo que implica para la salud humana su persistencia, su bioacumulación y a que presenta un efecto carcinogénico en animales de experimentación.

El heptacloro posee características fisicoquímicas que explican su acumulación en los sedimentos como son su coeficiente de adsorción a carbono orgánico que es de 30000, valor alto con respecto a otros compuestos clorados (Kenaga, 1980). Por otra parte, la presencia de los isómeros beta y delta HCH en los sedimentos analizados indica el uso actual del HCH técnico, el cual está conformado por una mezcla de isómeros alfa (55 al 70%), beta (5 al 14 %) , gama (10 al 18 %) y delta (6 al 8 %) (Cremllyn, 1991), lo que constituye un riesgo debido a su alta persistencia en el ambiente.

Debe destacarse que únicamente en esta recolecta (abril, 1994) se detectó el compuesto original endosulfán I, el cual es susceptible, a temperaturas altas (predominantes en la época de estiaje), y puede ser transformado fácilmente por mecanismos de volatilización, isomerización e hidrólisis biológica (Peterson y Batley, 1993), y esto permite asumir el uso temporal y actual de dicho agroquímico en el país ya que es un compuesto autorizado para su uso en México (Diario Oficial de la Federación, 1991; CICOPLAFEST, 1996)) aún cuando éste ha sido severamente restringido por agencias internacionales (ONU, FAO) (Tabla 6).

B) METABOLITOS

Al analizar en forma porcentual las proporciones en que se presentan cada uno de los compuestos con sus respectivos metabolitos (Tabla 22), se observó que de los aromáticos, el metabolito p,p'-DDD mostró el porcentaje más alto con 48.03 %, siguiéndole en orden decreciente el p,p'-DDT con 35.26 % y el p,p'-DDE con 16.70 %, estos valores denotan el uso de este agroquímico, esto considerando que las formas predominantes son las que conforman el producto técnico, aunque en este caso no se puede hablar con exactitud del tiempo que ha transcurrido puesto que eso

**TABLA 22. PORCENTAJES DE PLAGUICIDAS ORGANOCORADOS EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA
CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS (ABRIL, 1994).**

Grupo	Compuesto original	%	Metabolitos	%	Plazo Aproximado de Aplicación		
					Reducido	Mediano	Largo
Aromáticos	DDT	35.26	DDE DDD	16.70 48.03			X
Alicíclicos	HCH		Alfa HCH Beta HCH Gamma HCH Delta HCH	6.33 33.34 13.19 47.13		X	
Ciclodiénicos	Heptacloro Aldrin Endrin Endosulfán	87.01 31.05 30.75	Epóxido de H. Dieldrin Endrin Aldehído Endosulfán I Endosulfán II Sulfato de E.	12.98 68.94 69.24 27.66 29.44 42.89	X		X X X

también depende de la hidrología del sistema si podemos darnos una idea del tiempo transcurrido al considerar que su tiempo de vida del compuesto original es de 10.5 años (Albert, 1990).

De los compuestos alicíclicos, la forma que evidenció el porcentaje más elevado fue el delta HCH (47.13 %), siguiéndole en orden decreciente el beta HCH (33.34 %) y en menor proporción se presentaron el gama HCH y el alfa HCH con 13.19 y 6.33 %, respectivamente, lo cual hace suponer que el tiempo transcurrido desde su aplicación no ha sido muy corto, dado que el porcentaje más alto se presentó para el delta HCH sin embargo, tampoco pudo haber sido tan largo dado que aún se detectó el isómero alfa, forma más abundante en la formulación original.

En el grupo de compuestos ciclodiénicos, el heptacloro predominó en su forma original con un porcentaje del 87.01 %. Para el resto de los compuestos los porcentajes más altos se presentaron en su forma ya degradada. El aldrín conformó un 31.05 % del total y el dieldrín predominó con un 68.94 %, en tanto el endrín registró un porcentaje menor (30.75 %) mientras que metabolito endrín aldehído estuvo representado con un 69.24 % del total. El endosulfán, compuesto de amplio uso en el control de las plagas de diversos cultivos (Tabla 4), se registró principalmente en su forma degradada; el 42.89 % correspondió al sulfato de endosulfán, el 29.44 % para el endosulfán II y el compuesto original solamente representó el 27.66 %, lo cual indica que el tiempo transcurrido desde la última aplicación de dicho agroquímico es largo aunque menor que para otros compuestos, esto si se considera que el endosulfán es uno de los plaguicidas con menor vida en el ambiente (menor de 51 días) (Barcenás *et al.*, 1992; Mansingh y Wilson, 1995).

C) CARBONO ORGÁNICO TOTAL

Los valores de carbono orgánico en sedimentos del sistema lagunar Carretas-Pereyra durante la época de estiaje (abril, 1994) se presentaron en un intervalo de 7.05 a 11.65 % con un valor promedio de 8.40 %, en este caso, todos los porcentajes fueron mayores de 7.

Al evaluar la relación existente entre el contenido de carbono orgánico total y el de plaguicidas organoclorados se puede deducir que no es tan estrecha puesto que el valor del coeficiente de correlación fue de -0.69 (Tabla 23; Fig. 28).

Los porcentajes más elevados se encontraron en la Laguna El Bobo (estación 1) y en la Laguna Carretas (estaciones 2 y 4). El comportamiento de carbono orgánico observado en los sedimentos de la Laguna El Bobo obedece a los patrones de circulación prevalecientes en el cuerpo acuático lo que está directamente influenciado por su forma además de la influencia de los ríos Margaritas, El Progreso y El Bobo los cuales vierten sus aguas en este cuerpo acuático sin embargo, las altas concentraciones en la Laguna Carretas se explican principalmente como resultado de los patrones de circulación prevalecientes en el sistema lagunar.

5.2.1.2 ORGANISMOS

5.2.1.2.1 Camarón blanco (*Penaeus vannamei*)

A) PLAGUICIDAS

En el tejido del camarón *Penaeus vannamei* se detectaron sólo el heptacloro y el p,p'-DDE con valores de 4.66 y 1.97 ng/g respectivamente (Tabla 24; Figs. 29 y 30). En el exoesqueleto de la misma especie se detectaron el delta HCH con 1.54 ng/g y p,p'-DDE con 0.55 ng/g. La presencia y concentración de los compuestos clorados en esta especie con respecto a las determinadas en la misma especie del sistema lagunar Chantuto-Panzacola es en parte consecuencia del comportamiento fisicoquímico prevaleciente en cada sitio, es decir, en este sistema la temperatura fue ligeramente más alta que en el de la Laguna Chantuto-Panzacola. El aumento de la temperatura produce una disminución en los coeficientes de partición y el proceso de adsorción tiende a ser reversible, lo cual se explica como consecuencia de un debilitamiento de las fuerzas atractivas entre el soluto y la superficie de la quitina y por una mayor dispersión de las partículas que dejarían en libertad las moléculas del plaguicida que se encuentren atrapadas en los huecos de la quitina (Perez-Peña *et al.*, 1992).

TABLA 23. CONCENTRACIÓN DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS Y CARBONO ORGÁNICO TOTAL EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS (ABRIL, 1994).		
ESTACIÓN	CARBONO ORGÁNICO (%)	PLAGUICIDAS TOTALES (ng/g)
1	11.65	17.54
2	7.8	190.28
3	7.05	223.83
4	8.38	67.61
5	7.12	77.16
r =		-0.69

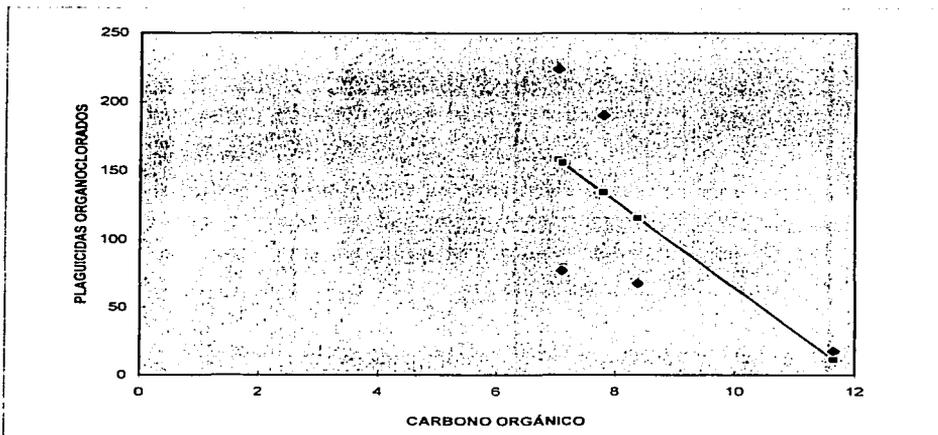


FIGURA 28. ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL DEL CONTENIDO DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS VS CARBONO ORGÁNICO TOTAL EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS (ABRIL, 1994).

TABLA 24. CONCENTRACIÓN DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN CAMARÓN BLANCO (*Penaeus vannamei*)
(ng/g peso seco) DEL SISTEMA LAGUNAR CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS (ABRIL, 1994).

COMPUESTO	TEJIDO	EXOESQUELETO
1. ALFA HCH	ND	ND
2. BETA HCH	ND	ND
3. GAMA HCH	ND	ND
4. DELTA HCH	ND	1.54
5. HEPTACLORO	4.66	ND
6. ALDRIN	ND	ND
7. EPOXIDO DE HEPTACLORO	ND	ND
8. ENDOSULFAN I	ND	ND
9. DIELDRIN	ND	ND
10. p,p'- DDE	1.97	0.55
11. ENDRIN	ND	ND
12. ENDOSULFAN II	ND	ND
13. p,p'-DDD	ND	ND
14. ENDRIN ALDEHIDO	ND	ND
15. SULFATO DE ENDOSULFAN	ND	ND
16. p,p'- DDT	ND	ND
SUMA TOTAL	6.63	2.09

ND = < Límite de detección (1×10^{-12} g)

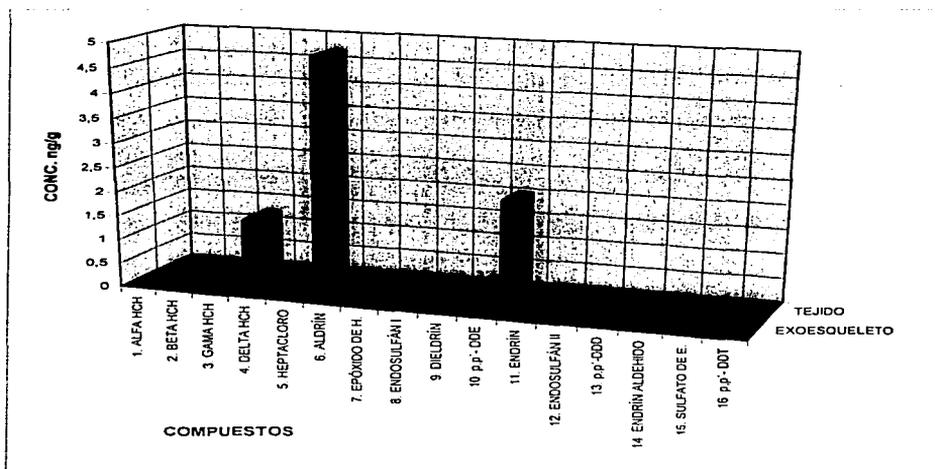


FIGURA 29. CONCENTRACION PROMEDIO DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN *P. vannamei* DEL SISTEMA LAGUNAR CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS (ABRIL, 1994).

1. ALFA HCH
2. BETA HCH
3. GAMA HCH
4. DELTA HCH
5. HEPTACLORO
6. ALDRIN
7. EPOXIDO DE HEPTACLORO
8. ENDO SULFAN I
9. DIELDRIN
10. p,p'-DDE
11. ENDRIN
12. ENDO SULFAN II
13. p,p'-DDD
14. ENDRIN ALDEHIDO
15. SULFATO DE ENDO SULFAN
16. p,p'-DDT

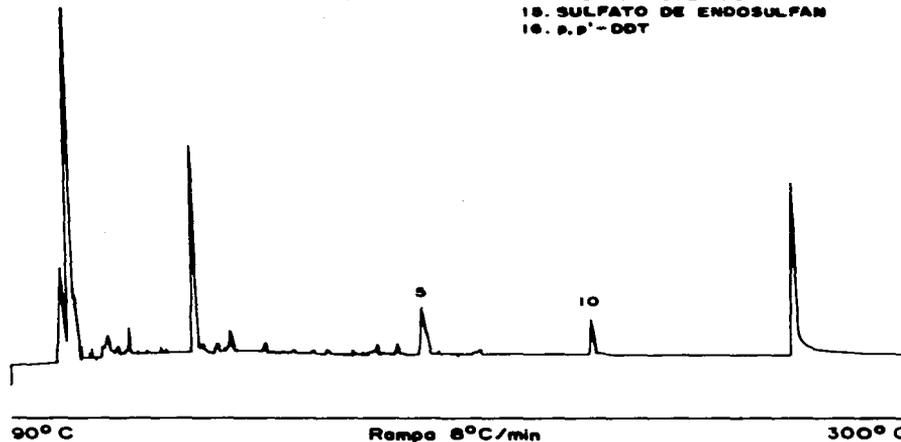


FIGURA 30. CROMATOGRAMA DE PLAGUICIDAS ORGANOCORORADOS EN CAMARON BLANCO (*Penaeus vannamei*) DEL SISTEMA LAGUNAR CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS, MEXICO (ABRIL, 1994)

En general, los niveles de plaguicidas más elevados se encontraron en el tejido con 6.63 ng/g, lo cual puede ser resultado de los hábitos alimenticios de estos organismos, fundamentalmente detritívoros, lo que les permite incorporar con su alimento partículas de sedimento y aunado a ellas algunos contaminantes asociados, tales como los plaguicidas organoclorados, los cuales dado su carácter lipofílico, pueden ser acumulados en sus tejidos.

Cabe señalar la posible repercusión de los plaguicidas clorados en la pesquería del camarón debido a que los mencionados compuestos pueden provocar efectos subletales en esta especie, además es importante considerar que *P. vannamei* se encuentra dentro de las 3 especies de mayor importancia (Pérez, 1994), ya que representa el 15.25 % de la producción del litoral .

B) METABOLITOS

En el tejido del camarón blanco (*Penaeus vannamei*) se determinó en su totalidad el metabolito del p,p'-DDT, es decir, el p,p'-DDE (100 %) (Tabla 25). El heptacloro, compuesto ciclodiénico predominó en su totalidad en su forma original (100 %).

En el exoesqueleto del camarón blanco, al igual que en el tejido, el metabolito p,p'-DDE predominó conformando el 100 % del total; en tanto del grupo de los alicíclicos el isómero predominante fue el delta HCH, mismo que conformó también el 100 % del total (Tabla 26).

5.2.2 ÉPOCA DE LLUVIAS (Julio, 1994)

5.2.2.1 SEDIMENTOS

A) PLAGUICIDAS

En el sistema lagunar Carretas-Pereyra durante la época de lluvias se registraron las concentraciones de plaguicidas organoclorados más altas en las estaciones 7 (138.15 ng/g), y 6 (117.93 ng/g) (Tabla 27), las elevadas concentraciones de plaguicidas encontradas en estas estaciones 6 y 7 se explican puesto que están ubicadas en la Laguna Pereyra, la cual es

TABLA 25. PORCENTAJES DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN TEJIDO DE *Penaeus vannamei* DE LA LAGUNA CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS (ABRIL, 1994).

Grupo	Compuesto original	%	Metabolitos	%	Plazo Aproximado de Aplicación		
					Reducido	Mediano	Largo
Aromáticos	DDT	0	DDE DDD	100 0		X	
Alicíclicos	HCH		Alfa HCH Beta HCH Gama HCH Delta HCH	0 0 0 0			
Ciclodiénicos	Heptacloro Aldrin Endrin Endosulfán	100 0 0	Epóxido de H. Dieldrin Endrin Aldehido Endosulfán I Endosulfán II Sulfato de E.	0 0 0 0 0 0	X		

TABLA 26. PORCENTAJES DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN EXOSQUELETO DE *Penaeus vannamei* DE LA LAGUNA CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS (ABRIL, 1994).

Grupo	Compuesto original	%	Metabolitos	%	Plazo Aproximado de Aplicación		
					Reducido	Mediano	Largo
Aromáticos	DDT	0	DDDE	100		X	
			DDD	0			
Alcíclicos	HCH		Alfa HCH	0			X
			Beta HCH	0			
			Gamma HCH	0			
			Delta HCH	100			
Ciclodiénicos	Heptacloro	0	Epóxido de H.	0			
	Aldrin	0	Dieldrin	0			
	Endrin	0	Endrin Aldehído	0			
	Endosulfán	Endosulfán I	0				
		Endosulfán II	0				
		Sulfato de E.	0				

TABLA 27. CONCENTRACIÓN DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN SEDIMENTOS ($\mu\text{g/g}$ peso seco) DEL SISTEMA LAGUNAR CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS, MEXICO (JULIO, 1994).

COMPUESTO	EST. 1	EST. 4	EST. 5	EST. 6	EST. 7	X	\pm D. E.
1. ALFA HCH	ND	1.05	ND	3.9	ND	2.48	2.02
2. BETA HCH	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
3. GAMA HCH	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
4. DELTA HCH	ND	ND	ND	ND	1.42	1.42	
5. HEPTACLORO	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
6. ALDRIN	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
7. EPOXIDO DE HEPTACLORO	ND	ND	ND	89.52	136.73	113.13	33.38
8. ENDOSULFAN I	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
9. DIELDRIN	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
10. p,p'-DDE	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
11. ENDRIN	ND	ND	ND	24.51	ND	24.51	
12. ENDOSULFAN II	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
13. p,p'-DDD	ND	13.55	15.68	ND	ND	14.62	1.51
14. ENDRIN ALDEHIDO	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
15. SULFATO DE ENDOSULFAN	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
16. p,p'-DDT	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
SUMA TOTAL	ND	14.6	15.68	117.93	138.15		

ND = < Límite de detección (1×10^{-12} g)

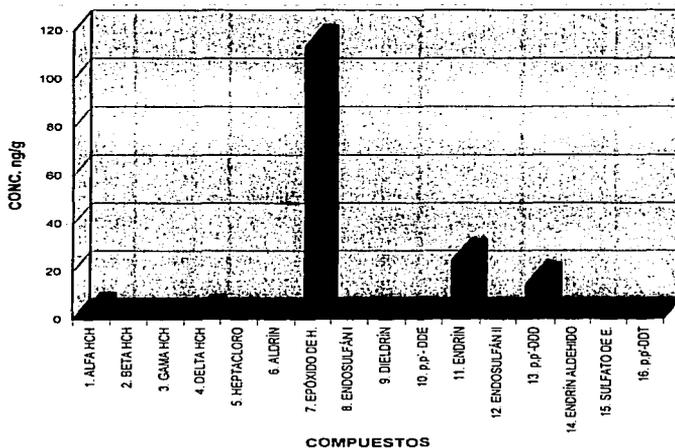


FIGURA 31. CONCENTRACION PROMEDIO DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN SEDIMENTOS DEL SISTEMA LAGUNAR CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS (JULIO, 1994).

considerada como un cuerpo lagunar relativamente aislado de los intercambios de agua principalmente en la época de secas y aún cuando en la época de lluvias recibe el aporte de ríos intermitentes, se puede decir que no es suficiente como para diluir en forma importante las concentraciones de plaguicidas acumulados en las otras épocas del año.

El compuesto que destacó en esta laguna por sus elevadas concentraciones fue el epóxido de heptacloro con 113.13 ng/g (Tabla 27; Fig. 31). La concentración promedio de plaguicidas en el sistema lagunar Carretas-Pereyra durante la época de lluvias (julio, 1994) fue de 71.59 ng/g.

B) METABOLITOS

En el grupo de los compuestos aromáticos se observó un predominio de las formas ya degradadas, puesto que el p,p'-DDD representó el 100 % del total.

Los agroquímicos pertenecientes al grupo de los alicíclicos que destacaron fueron el alfa HCH y el delta HCH, mismos que conformaron el total, con un porcentaje de 77.70 y 22.29 %, respectivamente (Tabla 28), esto permite deducir el uso reciente de este agroquímico dado que predominó el isómero más abundante (alfa-HCH) en la mezcla técnica (Cremlin, 1991).

Por último, en el grupo de los compuestos ciclodiénicos sobresalieron el heptacloro quién representó el porcentaje total en su forma ya degradada, es decir, como epóxido de heptacloro (100 %), y el endrín quien se presentó en su total (100 %) en su forma original.

C) CARBONO ORGÁNICO TOTAL

Durante la temporada de lluvias (julio, 1994) se evidenciaron valores que oscilaron en un intervalo de 0.67 % a 8.18 % con un porcentaje promedio de 5.06 % (Tabla 29; Fig. 32) valor inferior al encontrado en abril de 1994 (8.40 %) para este mismo sistema. En este periodo los porcentajes más altos se observaron en: 1) la Laguna El Bobo (estación 1) a consecuencia de la influencia de los ríos Margaritas, El Progreso y El Bobo que vierten sus aguas en este cuerpo

**TABLA 28. PORCENTAJES DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA
CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS (JULIO, 1994).**

Grupo	Compuesto original	%	Metabolitos	%	Plazo Aproximado de Aplicación		
					Reducido	Mediano	Largo
Aromáticos	DDT	0	DDE DDD	0 100			X
Alicíclicos	HCH		Alfa HCH Beta HCH Gama HCH Delta HCH	77.70 0 0 22.29	X		
Ciclodiénicos	Heptacloro Aldrin Endrin Endosulfán	0 0 100	Epóxido de H. Dieldrin Endrin Aldehido Endosulfán I Endosulfán II Sulfato de E.	100 0 0 0 0 0		X	

TABLA 29. CONCENTRACIÓN DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS Y CARBONO ORGÁNICO TOTAL EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS (JULIO, 1994).

ESTACIÓN	CARBONO ORGÁNICO (%)	PLAGUICIDAS TOTALES (ng/g)
1	8.18	ND
4	6.75	14.6
5	7.45	15.68
6	0.67	117.93
7	2.23	138.15

$r = -0.96$

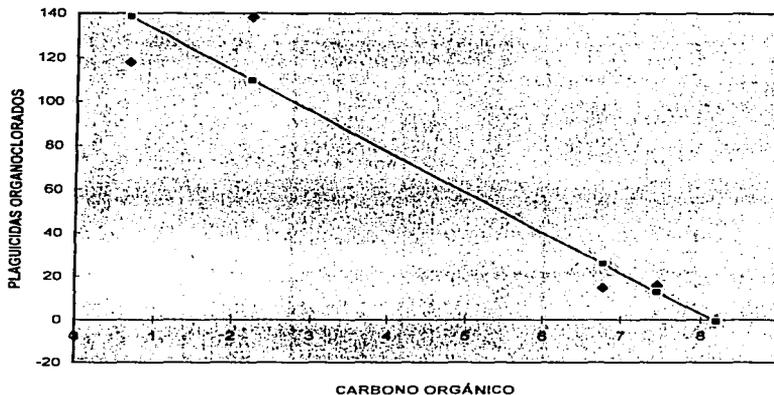


FIGURA 32. ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL DEL CONTENIDO DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS VS CARBONO ORGÁNICO TOTAL EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS (JULIO, 1994).

acuático y también se atribuye a la poca circulación prevaleciente en la Laguna El Bobo debido en gran parte a su forma, lo que permite que gran cantidad de material orgánico incorporado al sistema al no ser transportado por las masas de agua a otras partes del complejo lagunar sea acumulado ahí y 2) la Laguna Carretas (estación 5), dicha estación está ubicada cerca del área de manglar que circunda esta laguna lo que permite inferir que gran parte de la materia orgánica que es incorporada al sistema es proveniente de este manglar. Asimismo, es importante considerar que la zona más densa de manglar se ubica principalmente hacia los alrededores de la Laguna Carretas (INEGI, 1993).

La proporción C/N de la vegetación de marisma y de manglar es alta y uno de los mecanismos de compensación es el aporte de materiales con bajas proporciones procedentes del exterior. Muy poca de la producción de estos ambientes entra a las cadenas alimentarias por consumo directo y la mayoría se convierte en detritos, participando a este nivel en las cadenas alimentarias de los detritófagos, muchos de ellos de importancia económica (De la Lanza, 1981).

5.2.3 ÉPOCA DE SECAS (Febrero, 1995)

5.2.3.1 SEDIMENTOS

A) PLAGUICIDAS

En la Laguna Carretas-Pereyra la presencia de plaguicidas clorados fue esporádica en esta época registrándose únicamente el 37.5 % de los compuestos analizados en este estudio. Las concentraciones promedio más altas de los plaguicidas detectados correspondieron al aldrín con 150.72 ng/g y al alfa HCH con 10.53 ng/g y la concentración promedio de plaguicidas en esta época fue de 157.30 ng/g (Tabla 30; Fig. 33). El predominio del alfa HCH en relación con los otros isómeros, indica una entrada reciente del HCH técnico al sistema, dado que el primero es el isómero más abundante en la mezcla (Cremllyn, 1991). El aldrín es el compuesto que se presentó con mayor frecuencia en este sistema, lo que permite suponer su uso actual, aún cuando éste es uno de los plaguicidas prohibidos para su importación, fabricación, comercialización y uso en México (Diario Oficial de la Federación, 1991; SARH, 1994 y CICOPAFEST, 1996).

TABLA 30. CONCENTRACIÓN DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN SEDIMENTOS (ng/g peso seco)
DEL SISTEMA LAGUNAR CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS (FEBRERO, 1995).

COMPUESTO	EST. 1	EST. 2	EST. 3	EST. 4	EST. 5	EST. 6	EST. 7.	EST. 8	X	± D. E.
1. ALFA HCH	ND	ND	ND	ND	10.53	ND	ND	ND	10.53	
2. BETA HCH	ND	ND	ND	ND	1.51	2.96	ND	ND	2.24	1.03
3. GAMA HCH	ND	ND	ND							
4. DELTA HCH	ND	ND	ND	ND	0.94	0.76	ND	1.81	1.17	0.56
5. HEPTACLORO	ND	ND	ND	1.32	ND	0.93	1.38	2.43	1.52	0.64
6. ALDRÍN	ND	ND	3.98	4.4	2.16	14.85	851.81	27.1	150.72	343.59
7. EPÓXIDO DE HEPTACLORO	ND	ND	ND							
8. ENDOSULFAN I	ND	ND	ND							
9. DIELDRIN	ND	ND	ND							
10. p,p'- DDE	ND	ND	ND	4.48	ND	2.61	1.25	6.59	3.73	2.32
11. ENDRIN	ND	ND	ND							
12. ENDOSULFAN II	ND	ND	ND							
13. p,p'-DDD	ND	ND	ND							
14. ENDRIN ALDEHIDO	ND	ND	ND							
15. SULFATO DE ENDOSULFAN	ND	ND	ND							
16. p,p'- DDT	ND	ND	ND							
SUMA TOTAL.			3.98	10.2	15.14	22.11	854.44	37.93		

ND = < Límite de detección (1 X 10⁻¹² g)

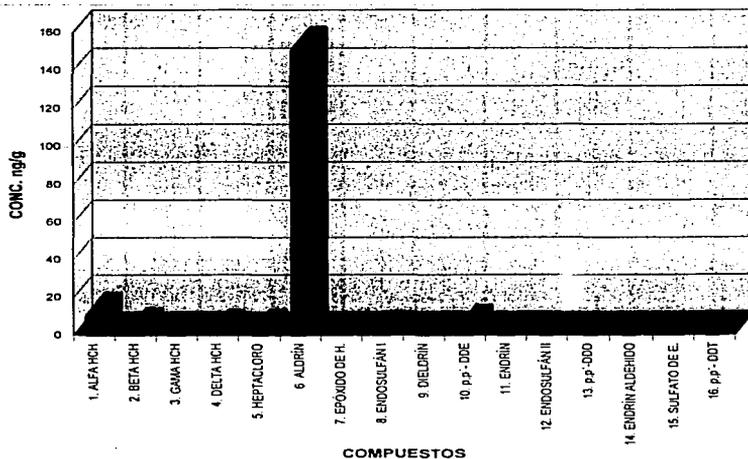


FIGURA 33. CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN SEDIMENTOS DEL SISTEMA LAGUNAR CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS (FEBRERO, 1995).

Las estaciones de muestreo que registraron las concentraciones de plaguicidas organoclorados más altas fueron la 7 con 854.44, la 8 con 37.93 y la 6 con 22.11 ng/g (Fig. 34). Las altas concentraciones de plaguicidas registradas en la estación 8 ubicada en el Laguna Buenavista se explican con base en los patrones de circulación prevalecientes en el sistema y principalmente al fenómeno de mareas que puede favorecer la acumulación de estos agroquímicos en este cuerpo acuático que por su forma se establece como destino final. Por otra parte, el comportamiento observado en La Laguna Pereyra (estaciones 6 y 7) es lógico si se considera que en el periodo de enero a abril se registran las tasas de evaporación más altas (CECODES, 1994) lo que provoca que los agroquímicos que ahí se encuentran se concentren en un volumen más pequeño de agua .

B) METABOLITOS

Dentro del grupo de los compuestos aromáticos se destaca el predominio del compuesto en forma de metabolito, en este caso el p,p'-DDE representó el 100 % del total, esto indica que hace cierto tiempo (mediano) este agroquímico fue aplicado dado que se presenta en su totalidad como metabolito, forma que no se encuentra en la mezcla original del producto técnico.

En el grupo de los compuestos alicíclicos, la forma que presentó el porcentaje más elevado fue el alfa HCH (56.88 %) y le siguieron en orden decreciente el beta HCH con 24.15 % y por último el delta HCH con 18.96 % (Tabla 31), lo que sugiere la aplicación reciente del HCH técnico debido a los altos porcentajes del isómero alfa.

En el grupo de los compuestos ciclodiénicos predominaron los compuestos en su forma original, tal es el caso del heptacloro y el aldrin, lo que hace suponer su uso actual aún cuando estos compuestos están severamente restringidos y/ o prohibidos por diferentes agencias internacionales (Tabla 6).

La distribución de la concentración promedio de plaguicidas organoclorados se muestra en la figura 35, este valor promedio se obtuvo considerando los valores obtenidos en cada uno de los muestreos realizados durante 1994-1995. En esta figura se aprecian los valores promedio de

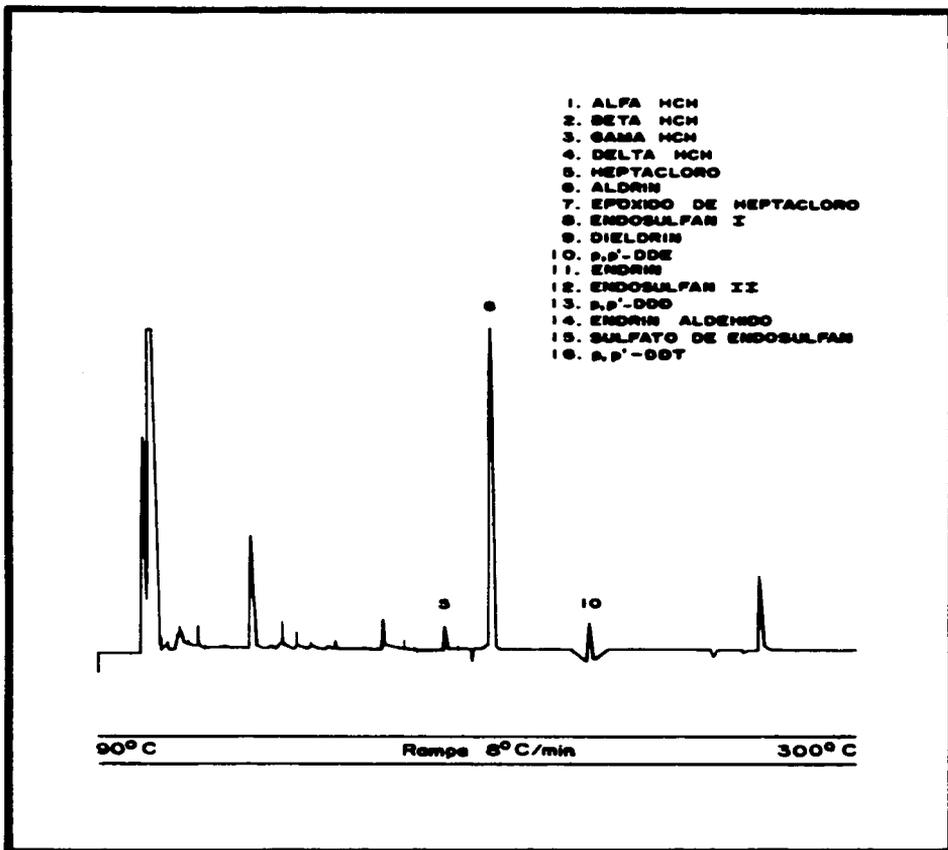


FIGURA 34. CROMATOGRAMA DE PLAGUCIDAS ORGANOCORORADOS EN SEDIMENTOS (Estación 7) DEL SISTEMA LAGUNAR CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS, MEXICO (FEBRERO, 1995)

**TABLA 31. PORCENTAJES DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA
CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS (FEBRERO, 1995).**

Grupo	Compuesto original	%	Metabolitos	%	Plazo Aproximado de Aplicación		
					Reducido	Mediano	Largo
Aromáticos	DDT	0	DDE DDD	100 0		X	
Alicíclicos	HCH		Alfa HCH Beta HCH Gama HCH Delta HCH	56.88 24.15 0 18.96	X		
Ciclodiénicos	Heptacloro Aldrin Endrin Endosulfán	100 100 0	Epóxido de H. Dieldrin Endrin Aldehido Endosulfán I Endosulfán II Sulfato de E.	0 0 0 0 0 0	X X		

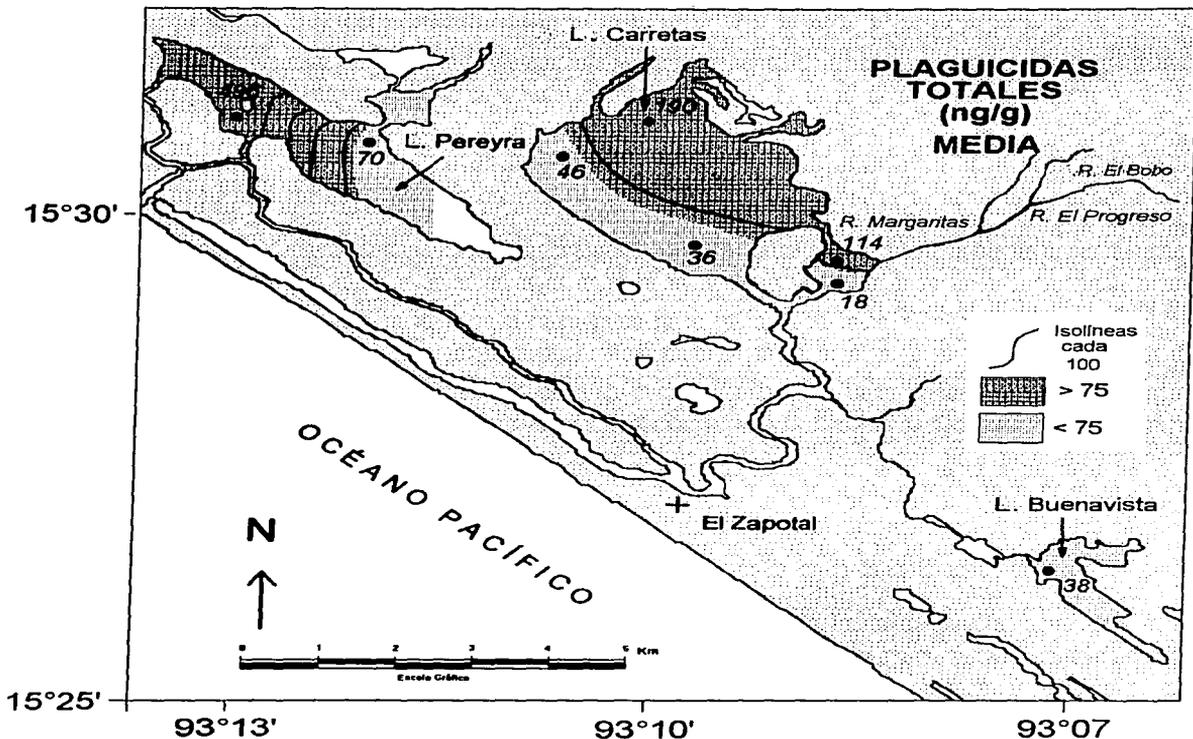


FIGURA 35. DISTRIBUCIÓN DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS, MÉXICO (1994-1995).

plaguicidas más altos en las estaciones 3 (114 ng/g), 2 (190 ng/g) y 7 (496 ng/g), valores que por razones prácticas se redondearon, para consultar valores exactos ver anexo 3.

Las altas concentraciones de plaguicidas organoclorados en La Laguna Pereyra se explican al considerar que este cuerpo acuático está casi aislado puesto que tiene muy poca influencia marina y dulceacuícola lo que hace que todo el material que es incorporado al sistema se acumule y se concentre principalmente en la época de secas. Asimismo, las altas concentraciones encontradas en la estación 3 se pueden atribuir también a la influencia de los ríos Margaritas, El Bobo y El Progreso, los cuales vierten sus aguas en la Laguna El Bobo.

C) CARBONO ORGÁNICO TOTAL

Los valores de carbono orgánico encontrados en la época de estiaje (febrero, 1995) se presentaron en un intervalo de 1.65 % a 8.57 % con un valor promedio de 6.90 %. Para la mayoría de las estaciones se registraron valores por arriba del 6 % (Tabla 32; Fig. 36). En este caso, los porcentajes más altos se encontraron en las estaciones 1 (8.34 %), 5 (8.57 %) y 6 (8.5). El comportamiento observado se explica al considerar que la estación 1 está situada en un lugar donde existe poca circulación y un importante aporte continental a través de los Ríos Margaritas, El Progreso y Vado Ancho (Laguna El Bobo), los porcentajes altos encontrados en la estación 5 de la Laguna Carretas son producto básicamente del material proveniente del manglar que circunda a la Laguna. El manglar contribuye en forma importante al balance de la materia orgánica en los sistemas costeros (De la Lanza, 1981)

Los valores altos de carbono orgánico en la estación 6, misma que se ubica en La Laguna Pereyra puede ser resultado de la poca influencia dulceacuícola y marina lo que ha permitido que algunos autores la consideren como un cuerpo acuático aislado al que llegan aportes continentales que al no ser transportados o bien diluidos se acumulen en esta zona (CECODES, 1994)..

Considerando los tres muestreos realizados se obtuvo el porcentaje promedio de carbono orgánico en cada una de las estaciones muestreadas del sistema laguna Carretas-Pereyra las cuales

TABLA 32. CONCENTRACIÓN DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS Y CARBONO ORGÁNICO TOTAL EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS (FEBRERO, 1995).		
ESTACIÓN	CARBONO ORGÁNICO (%)	PLAGUICIDAS TOTALES (ng/g)
1	8.34	ND
2	6.7	ND
3	7.37	3.98
4	7.13	10.2
5	8.57	15.14
6	8.5	22.11
7	1.65	854.44
8	6.95	37.93
		$r = -0.94$

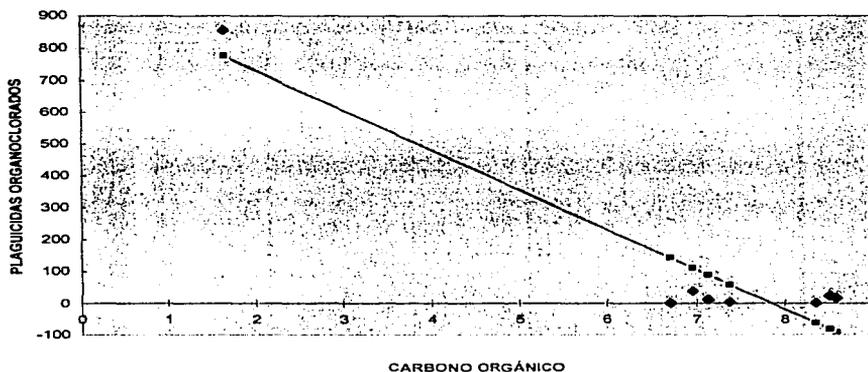


FIGURA 36. ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL DEL CONTENIDO DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS VS CARBONO ORGÁNICO TOTAL EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS (FEBRERO, 1995).

se muestran en la figura 37, en la que se observan los porcentajes más altos en las estaciones 8 (7 %), 1 (9 %), 3 (7 %), 2 (7 %), 4 (7 %) y 5 (8 %), los valores que se presentan en esta figura fueron redondeados por motivos prácticos, para observar los valores exactos ver anexo 3.

Las estaciones 1 y 3 ubicadas en la Laguna El Bobo donde existe escasa circulación debido a su forma, pueden ser sitios donde se favorece la acumulación de materia orgánica. Los altos porcentajes de carbono orgánico (materia orgánica) en las estaciones 2, 4 y 5 localizadas en la Laguna Carretas se atribuyen principalmente a la influencia del manglar que circunda este cuerpo acuático, en tanto los valores altos de carbono orgánico (materia orgánica) en la estación 8 de la Laguna Buenavista se atribuyen principalmente a la dinámica de la laguna así como a la influencia del manglar circundante lo cual hace que al ser una zona de baja energía permita la acumulación de gran parte del material orgánico en este lugar.

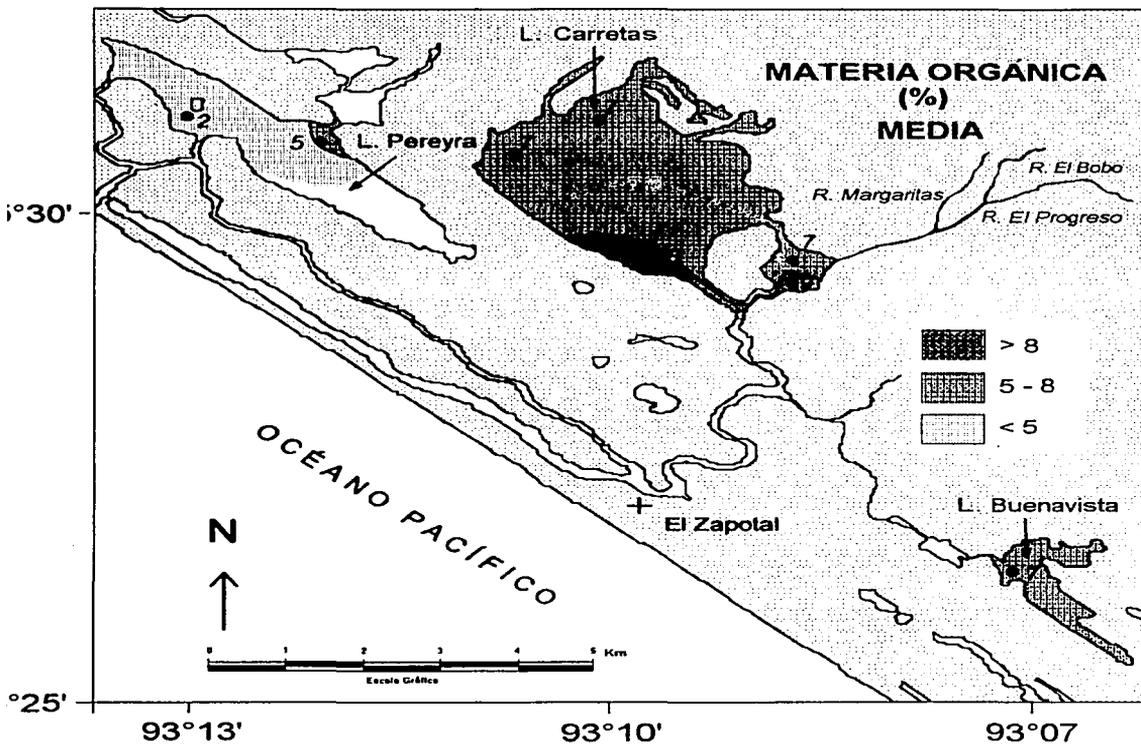


FIGURA 37. DISTRIBUCIÓN DE CARBONO ORGÁNICO TOTAL (MATERIA ORGÁNICA) EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS, MÉXICO (1994-1995).

D) GRANULOMETRÍA

Fraciones de Tamaño sin Agrupar

En la Tabla 33 y figura 38 se muestran las fracciones de tamaño de los sedimentos de la Laguna Carretas-Pereyra, en la cual se observa claramente que las estaciones 1, 2, 3, 4, 5 y 8 predominó la fracción más fina, es decir, la arcilla. En tanto, el porcentaje más alto en la estación 6 correspondió a la arena media y en la estación 7 se observó un predominio de la fracción de arena muy fina con un 64.92 %.

En este sistema lagunar se observó que las estaciones más cercanas a la barra arenosa y a la boca que comunica con el mar se encontraron sedimentos arenosos mientras que el resto de las estaciones estuvo en su mayoría conformado por sedimentos muy finos como las arcillas aportadas por los ríos Margaritas, el Bobo y el Progreso. El predominio de las fracciones arenosas en la Laguna Pereyra se explica al considerar que este cuerpo acuático no tiene prácticamente ninguna influencia dulceacuícola en la época de secas.

Con la finalidad de mostrar la distribución sedimentaria de la Laguna Carretas-Pereyra se consideraron juntos los porcentajes de limo y arcilla para representarlos como lodos, en este caso los porcentajes de grava fueron muy bajos. En la figura 39 se muestran los porcentajes de lodos más altos en las estaciones 1 (90 %), 2 (94 %), 3 (81 %), 4 (91 %), 5 (97) y 8 (87). Los valores que se muestran en esta figura fueron redondearon por razones prácticas y los valores exactos se muestran en el anexo 3.

El conocimiento de la distribución de sedimentos puede ayudarnos a conocer las zonas que caracterizan al sistema, por una parte una zona de baja energía donde hay depósito de material fino que comprende la Laguna Carretas (estación 2, 4 y 5) y la Laguna Buenavista (estación 8) y una zona de alta energía donde hay depósito de material grueso como es el caso de la Laguna Pereyra donde los porcentajes de lodos fueron bajos (< 20%).

TABLA 33. FRACCIONES DE TAMAÑO SIN AGRUPAR DE LOS SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS, MEXICO (FEBRERO, 95).

ESTACION	GRAVA MUY FINA	ARENA MUY GRUESA	ARENA GRUESA	ARENA MEDIA	ARENA FINA	ARENA MUY FINA	LIMO GRUESO	LIMO MEDIO	LIMO FINO	LIMO MUY FINO	ARCILLA
1	0.07	1.08	1.98	2.18	1.89	2.41	9.55	12.85	13.97	12.75	41.28
2	0.01	0.55	0.88	1.37	1.1	1.7	6.74	3.83	26.21	16.81	40.8
3	0.05	1.7	3.46	3.4	4.04	6.44	11.81	18.53	13.99	8.63	27.95
4	0.46	1.27	1.45	2.14	1.56	2.37	3.59	14.04	21.94	16.74	34.44
5	0.46	0.05	0.06	0.1	0.35	1.7	8.34	9.89	16.04	16.91	46.12
6	0.07	0.13	5.48	45.94	36.95	6.46	1.61	0.68	0.69	0.49	1.49
7	0.19	0.22	0.46	1.85	13.75	64.92	5.75	2.33	1.98	2.02	6.52
8	1.16	1.84	3.08	2.7	2	2	4.06	5.62	9.51	12.99	55.04

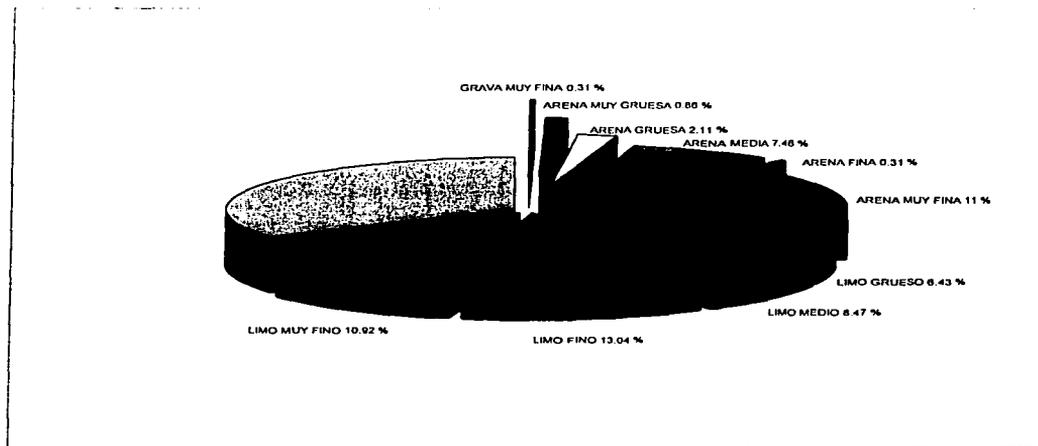


FIGURA 38. PROMEDIO DE LAS FRACCIONES DE TAMAÑO SIN AGRUPAR EN LOS SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS (FEBRERO, 1995).

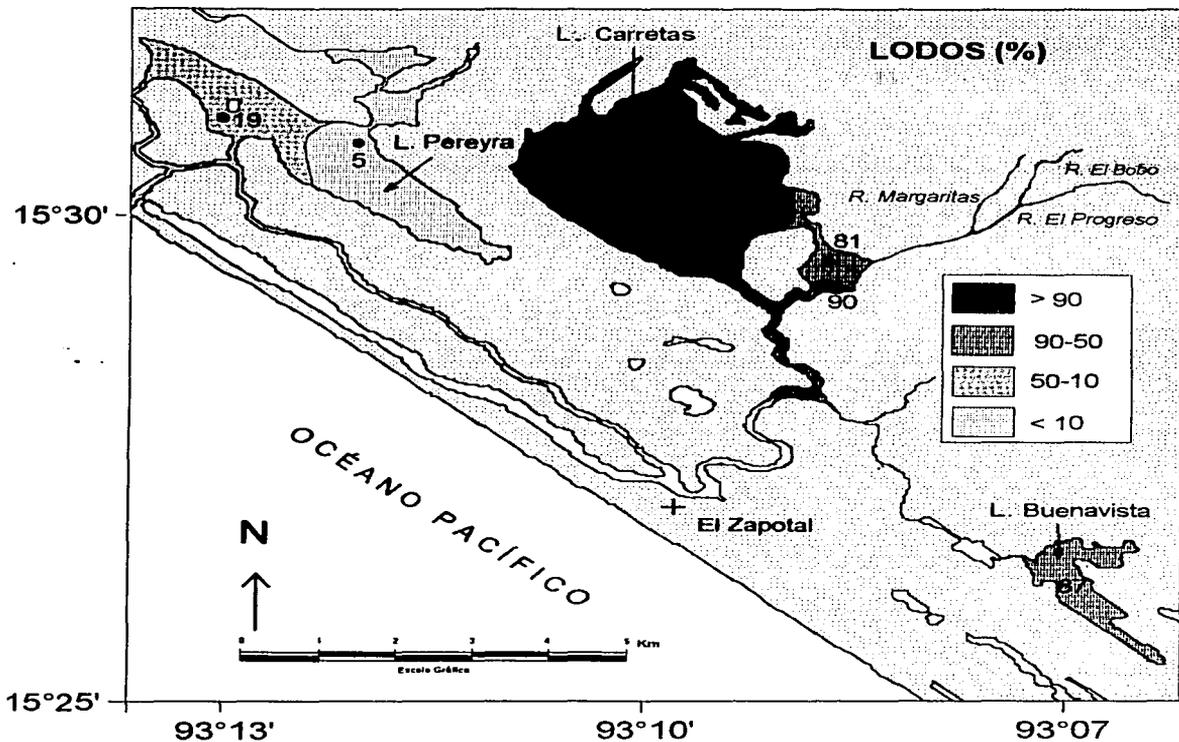


FIGURA 39. DISTRIBUCIÓN DE SEDIMENTOS EN LA LAGUNA CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS, MÉXICO (FEBRERO, 1995).

Un aspecto importante de destacar es que en el sistema lagunar Carretas-Pereyra los altos porcentajes de materia orgánica (carbono orgánico) se encontraron principalmente en las estaciones donde predominaron los sedimentos finos, con lo que se corrobora una vez más la tendencia de que el material orgánico es acumulado de manera preferente en los sedimentos finos (Figs. 37 y 39).

Fracciones de Tamaño Agrupadas

Al considerar el valor promedio para el sistema lagunar Carretas-Pereyra, las fracciones limosa y arcillosa sobresalieron con un 38.86 % y 31.71 %, respectivamente, seguidos de las arenas con 29.13 % y gravas con 0.31 % (Fig. 40).

En la Tabla 34 se muestran los porcentajes de cada una de las fracciones agrupadas (grava, arena, limo y arcilla) del sistema lagunar Carretas-Pereyra. En esta tabla se observa un predominio de la fracción limosa en las estaciones 1, 2, 3, 4 y 5 (Figs. 41 A, B, C, D y 42 A), mientras que en las estaciones 6 y 7 (Fig. 42 B y C) las arenas conformaron la mayor parte del sedimento y en la estación 8 (Fig. 42 D) dominó la fracción arcillosa.

En este sistema lagunar los sedimentos finos (limosos) se ubicaron básicamente en la parte central del complejo lagunar, es decir, en Estero Carreta y en un pequeño cuerpo acuático denominado El Bobo, los sedimentos arenosos se observaron en las estaciones ubicadas en La Laguna Pereyra y por último, los sedimentos muy finos como las arcillas se presentaron en la parte sureste del sistema, es decir, en La Laguna Buenavista.

Si consideramos las fracciones sin agrupar de los sedimentos de la Laguna Carretas-Pereyra se puede hablar de dos zonas; una, donde predominan los sedimentos arenosos cercanos a la boca que comunica con el mar y a la barra arenosa del sistema; otra, constituida por sedimentos muy finos como las arcillas ubicadas básicamente en la parte central del complejo lagunar donde existen aportes fluviales importantes que explican esta distribución sedimentaria. En el sistema lagunar Carretas-Pereyra se observó también un contraste sedimentario importante (Fig. 43),

TABLA 34. FRACCIONES DE TAMAÑO AGRUPADAS DE LOS SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS (FEBRERO, 95).

ESTACION	GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA
1	0.07	9.54	49.12	41.28
2	0.01	5.6	53.59	40.8
3	0.05	19.04	52.96	27.95
4	0.46	8.79	56.31	34.44
5	0.46	2.25	51.18	46.12
6	0.07	94.96	3.48	1.49
7	0.19	81.21	12.08	6.52
8	1.16	11.62	32.18	55.04

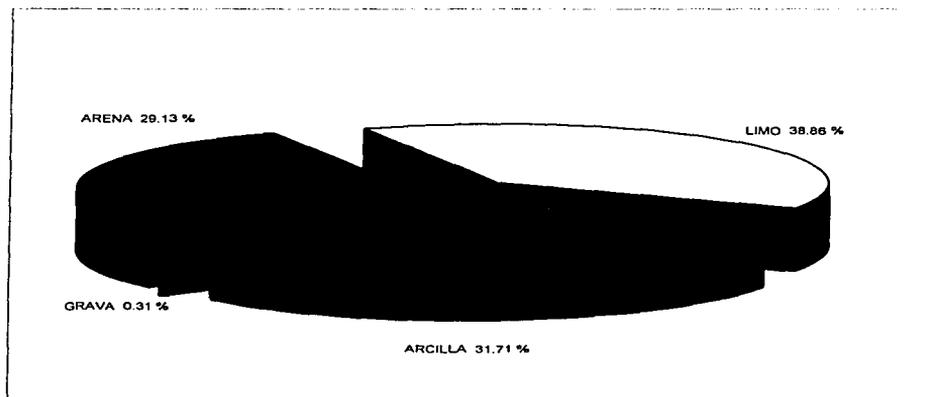
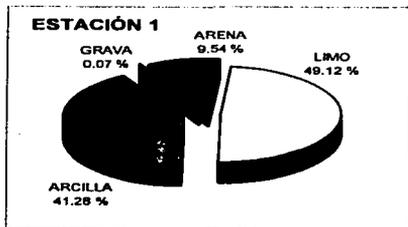
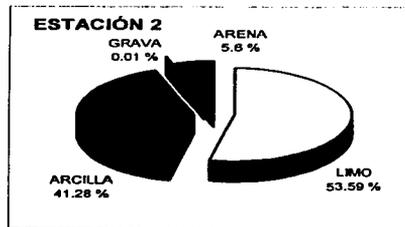


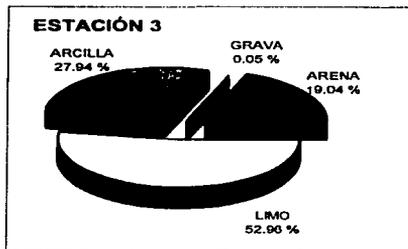
FIGURA 40. PROMEDIO DE LOS PORCENTAJES DE LAS FRACCIONES DE TAMAÑO AGRUPADAS EN LOS SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS (FEBRERO, 1995).



A



B

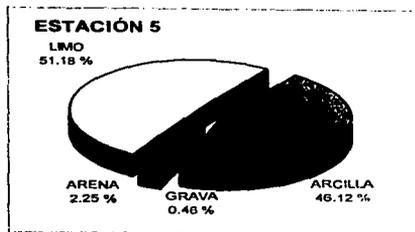


C

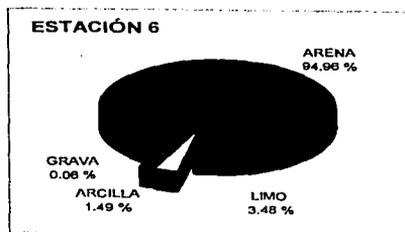


D

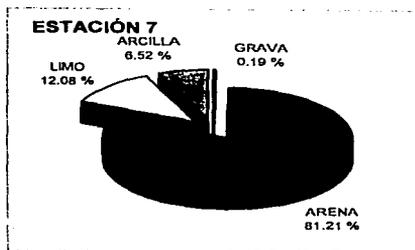
FIGURA 41. DISTRIBUCIÓN DE LOS SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS (FEBRERO, 1995).



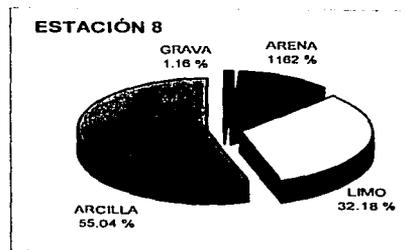
A



B



C



D

FIGURA 42. DISTRIBUCIÓN DE LOS SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS (FEBRERO, 1995).

donde se definen dos grupos; uno de ellos dominado por las arenas por lo que podemos hablar de zonas de alta energía y de depósito de material grueso y por otra parte tenemos el grupo donde predominan los limos, en este grupo se puede hablar de zonas de baja energía así como de depósito de material fino.

Parámetros Descriptivos

En la Tabla 35 se muestran los valores y términos descriptivos que caracterizaron a los sedimentos de la Laguna Carretas-Pereyra. En general, el tamaño gráfico promedio (Mz) osciló en un intervalo de 2.02 a 8 ϕ con un valor promedio de 6.37 ϕ . El tamaño gráfico más alto se encontró en los sedimentos de las estaciones 8 (8 ϕ) y 2 (7.95 ϕ) mientras que los más bajos en las estaciones 6 (2.02 ϕ) y 7 (3.64 ϕ).

La desviación estándar (σ_1) presentó valores en un intervalo de 0.89 a 3.18 con un valor promedio de 2.20. Según los valores de desviación estándar, el sedimento de las estaciones 1, 2, 3, 4, 5 y 8 se considera muy mal clasificado, la estación 6 tuvo un sedimento moderadamente mal clasificado y la estación 7 un sedimento mal clasificado.

Los sedimentos de este sistema presentaron valores de asimetría en un intervalo de -0.29 a 0.43 con un valor promedio de 0.10. Los sedimentos de las estaciones 2 y 6 presentaron un sedimento con asimetría positiva; en tanto que el sedimento casi simétrico se encontró en las estaciones 1, 3, 4 y 5. La asimetría negativa fue observada en los sedimentos de la estación 8 mientras que en la estación 7 el sedimento presentó una asimetría muy positiva.

Los valores de curtosis de los sedimentos del sistema lagunar Carretas-Pereyra oscilaron en un intervalo de 0.84 a 3.6 con un valor promedio de 1.36. Por consiguiente, los sedimentos de las estaciones 1, 2, 3 y 6 fueron mesocúrticos. En tanto, las estaciones 4 y 8 se observaron sedimentos leptocúrticos. Las estaciones 5 y 7 fueron las únicas donde se detectaron sedimentos platicúrticos y extremadamente leptocúrticos, respectivamente. (Tabla 35).

TABLA 35. PARÁMETROS DESCRIPTIVOS DE LOS SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS (FEBRERO, 1995).

ESTACIÓN	$Mz(\phi)$		σ_1		Sk_1		Ku_1	
	VALOR	TÉRMINO	VALOR	TÉRMINO	VALOR	TÉRMINO	VALOR	TÉRMINO
1	7.48	LIMO MUY FINO	2.91	MUY MAL CLASIFICADA	-0.02	CASI SIMÉTRICA	0.96	MESOCÚRTICA
2	7.95	LIMO MUY FINO	1.05	MUY MAL CLASIFICADA	0.18	ASIMETRÍA POSITIVA	1	MESOCÚRTICA
3	6.42	LIMO FINO	3.12	MUY MAL CLASIFICADA	0.1	CASI SIMÉTRICA	1.08	MESOCÚRTICA
4	7.48	LIMO MUY FINO	2.68	MUY MAL CLASIFICADA	0.08	CASI SIMÉTRICA	1.21	LEPTOCÚRTICA
5	7.96	LIMO MUY FINO	2.38	MUY MAL CLASIFICADA	0.08	CASI SIMÉTRICA	0.84	PLATICÚRTICA
6	2.02	ARENA FINA	0.89	MODERADAMENTE CLASIFICADA	0.2	ASIMETRÍA POSITIVA	1.05	MESOCÚRTICA
7	3.64	ARENA MUY FINA	1.4	MAL CLASIFICADA	0.43	ASIMETRÍA MUY POSITIVA	3.6	EXTREMADAMENTE LEPTOCÚRTICA
8	8	LIMO MUY FINO	3.18	MUY MAL CLASIFICADA	-0.29	ASIMETRÍA NEGATIVA	1.15	LEPTOCÚRTICA

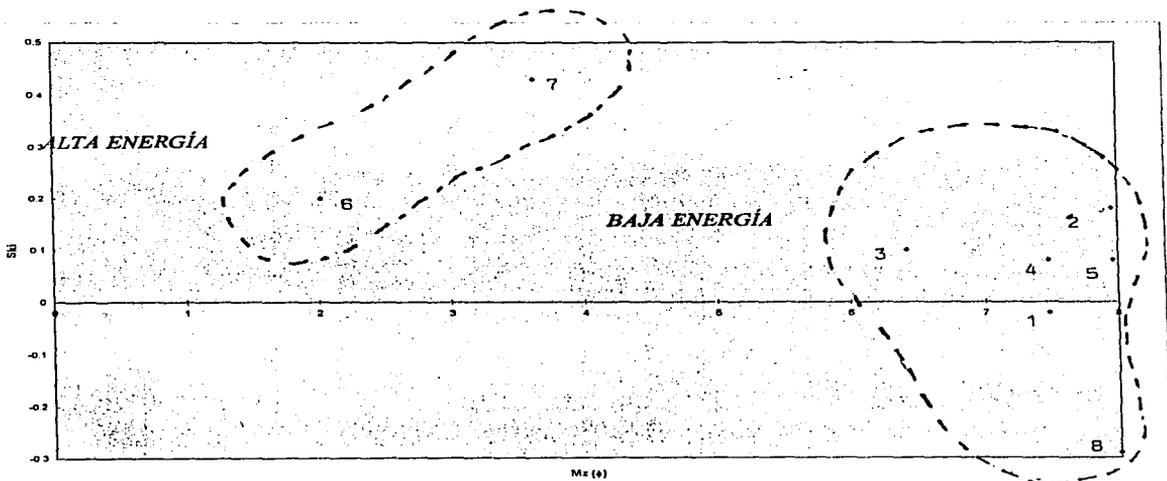


FIGURA 43. ASIMETRÍA GRÁFICA VS TAMAÑO GRÁFICO PROMEDIO EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS (FEBRERO, 1995).

Los procesos sedimentarios del sistema lagunar guardan íntima relación con los regímenes meteorológicos e hidrodinámicos. El factor energético que ha controlado el ingreso y la distribución de los sedimentos ha sido normado por el oleaje y la marea; las corrientes de litoral motivan la remoción de los sedimentos del litoral, aportados por los ríos durante las épocas de mayor precipitación pluvial.

Los valores de los coeficientes de correlación obtenidos entre cada fracción sedimentaria sin agrupar y agrupadas con el contenido de plaguicidas organoclorados totales y carbono orgánico total, en sedimentos de la Laguna Carretas-Pereyra se muestran en la Tabla 36. Al relacionar cada una de las fracciones sin agrupar y los plaguicidas totales se observaron los valores de los coeficientes de correlación más elevados con la fracción arena muy fina ($r = 0.99$), limo muy fino ($r = -0.55$). En tanto, al relacionar cada fracción sin agrupar con el contenido de carbono orgánico total, los coeficientes más altos se observaron con arena muy fina ($r = -0.93$), arcilla ($r = 0.40$) y limo muy fino ($r = 0.040$).

Al relacionar cada una de las fracciones agrupadas (grava, arena, limo y arcilla) y el contenido de plaguicidas organoclorados totales se obtuvieron los coeficientes de correlación más altos con la fracción arenosa ($r = 0.58$) y arcillosa ($r = -0.53$). Al relacionar cada una de las fracciones mencionadas con el contenido de carbono orgánico total se obtuvieron las correlaciones más altas con las fracciones finas, es decir, con la arcillosa ($r = 0.40$) y limosa ($r = 0.38$).

En este sistema lagunar se obtuvieron dos coeficientes de correlación significativos ($H_0: \rho = 0$; $P = 0.05$), los cuales fueron entre la fracción de arena muy fina con el contenido de plaguicidas y el de carbono orgánico (Tabla 36). Es importante destacar que la relación existente entre la fracción de arena fina y el contenido de plaguicidas organoclorados es positiva e importante, sin embargo, en estudios realizados por otros autores se ha comprobado la relación de estos contaminantes orgánicos con el material más fino. En lo referente a la relación que se observó entre la fracción de arena muy fina con el contenido de carbono orgánico fue negativa y con las fracciones más finas la relación fue positiva, lo que reafirma los resultados observados por otros autores quienes han encontrado una relación importante entre la fracción sedimentaria fina y el

TABLA 36. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN ENTRE LAS FRACCIONES DE TAMAÑO SIN AGRUPAR, FRACCIONES DE TAMAÑO AGRUPADAS, CARBONO ORGÁNICO TOTAL Y PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS
TOTALES DEL SISTEMA LAGUNAR CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS (FEBRERO, 1995).

PARÁMETROS	FRACCIONES SIN AGRUPAR											FRACCIONES AGRUPADAS			
	GRAVA MUY FINA	ARENA MUY GRUESA	ARENA GRUESA	ARENA MEDIA	ARENA FINA	ARENA MUY FINA	LIMO GRUESO	LIMO MEDIO	LIMO FINO	LIMO MUY FINO	ARCILLA	GRAVA	ARENA	LIMO	ARCILLA
PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS	-0.08	-0.35	-0.35	-0.13	0.2	0.99 *	-0.1	-0.4	-0.52	-0.55	-0.53	-0.08	0.58	-0.54	-0.53
CARBONO ORGÁNICO	0.02	0.15	0.39	0.28	-0.01	-0.93 *	0.09	0.35	0.31	0.4	0.4	0.27	-0.42	0.38	0.4

* COEFICIENTES SIGNIFICATIVOS (ho $p = 0$; $P = 0,05$)

contenido de carbono orgánico, este comportamiento se observa claramente en la Tabla 36 donde los valores de los coeficientes de correlación van aumentando a medida que se van acercando a las fracciones más finas.

5.3 DISCUSIÓN GENERAL

5.3.1 PLAGUICIDAS

A) SEDIMENTOS

En este estudio las concentraciones promedio de plaguicidas organoclorados en sedimentos de la Laguna Carretas-Pereyra fue superior (120.43 ng/g) al encontrado en los sedimentos de la Laguna Chantuto-Panzacola (47.91 ng/g), lo que se explica al considerar que la Laguna Chantuto-Panzacola posee una mayor extensión y su comportamiento hidrológico puede favorecer la dilución de los agroquímicos que ingresan a este sistema a través de diversas vías; por el contrario las dimensiones de la Laguna Carretas son menores y la poca influencia marina y dulceacuícola hace este cuerpo acuático sea considerado como una zona aislada, lo que permite la acumulación y concentración de agroquímicos en estas áreas y principalmente en la época de secas.

Aún cuando la concentración promedio de plaguicidas organoclorados en sedimentos detectada en la Laguna Carretas-Pereyra fue superior (120.43 ng/g) a la registrada en los sedimentos de la Laguna Chantuto-Panzacola (47.91 ng/g), estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ($H_0: \mu_1 = \mu_2; \alpha = 0.05$).

La concentración promedio de plaguicidas organoclorados en sedimentos de la Laguna Chantuto-Panzacola (47.91 ng/g) se encuentran por encima de la mayoría de las concentraciones detectadas en el Golfo de México y Pacífico Mexicano por diversos investigadores a excepción de las concentraciones encontradas por Botello (1990) y Díaz-González (1992) en los sedimentos de la Laguna Bojórquez, Q. Roo (58.46 ng/g) y en la Laguna de Términos, Camp. (83.32 ng/g), respectivamente; por el contrario el valor promedio de plaguicidas organoclorados en sedimentos

de la Laguna Carretas-Pereyra (120.43 ng/g) fue superior a todos los valores registrados con anterioridad en estudios realizados en el Golfo y Pacífico Mexicano (Tabla 37).

B) ORGANISMOS

Las concentraciones promedio encontradas en este estudio en camarón blanco (*P. vannamei*) en ambos sistemas lagunares se consideran bajos al compararlos con los valores de plaguicidas clorados (111 ng/g) detectados en la misma especie por Benítez y Albert (1992) en la Laguna Superior, Oax. y también son inferiores a los reportados para el género *Penaeus* por Botello (1993) en la Laguna de la Mancha, Ver. (53.52 ng/g) . Por el contrario los valores registrados en *Penaeus vannamei* en las lagunas Carretas-Pereyra (intervalo 1.97-4.66 ng/g, promedio 3.32 ng/g) y Chantuto-Panzacola (ND) están por arriba de los valores encontrados (0.60-1.71 ng/g) por Rosales-Hoz y Escalona (1983) en el sistema lagunar Huizache-Caimanero (Tabla 37).

Al comparar los niveles de plaguicidas clorados en el pargo prieto (*Lutjanus novemfasciatus*) en el sistema Chantuto-Panzacola (18.78 ng/g) con los reportados para otras especies de peces en zonas costeras, se tiene que este valor promedio es superior al encontrado por Botello (1990) en *Centropomus undecimalis* en la Laguna de Alvarado (0.53 ng/g) y al reportado por Rosales-Hoz y Escalona (1983) en *C. robalito* en el sistema lagunar Huizache-Caimanero (0.96 ng/g), sin embargo, es inferior al valor promedio reportado por Gutiérrez-Galindo *et al.* (1988) en *Tilapia sp.* en el Valle de Mexicali, B.C. (226.55 ng/g) (Tabla 37).

Los residuos organoclorados registrados en el camarón blanco (*P. vannamei*) y en el pargo prieto (*L. novemfasciatus*) en ambos cuerpos lagunares se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles para consumo humano (Tabla 38; Fig. 44) de acuerdo con las normas establecidas por las diferentes agencias internacionales. Sin embargo, se debe considerar que estos compuestos pueden incrementarse en los organismos en un futuro debido a los procesos de biomagnificación.

TABLA 37. NIVELES DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN SEDIMENTOS Y ORGANISMOS (peso seco µg/g) EN ZONAS COSTERAS DE MÉXICO.

LOCALIDAD	CONCENTRACIÓN SEDIMENTOS PROMEDIO Y/O INTERVALO	CONCENTRACIÓN ORGANISMOS PROMEDIO Y/O INTERVALO	ESPECIE	REFERENCIA
NACIONAL				
GOLFO DE MÉXICO Y CARIBE MEXICANO				
L. de Pueblo Viejo, Ver.	16.2	-	<i>C. virginica</i>	Rosales-Hoz y Álvarez-León, 1979.
L. de Alvarado, Ver.	0.66	9.3	<i>C. virginica</i>	Rosales-Hoz y Álvarez-León, 1979.
L. de Alvarado, Ver.	20	39.20	<i>C. virginica</i>	Botello, 1990.
L. de Alvarado, Ver.	-	0.53	<i>C. undecimalis</i>	Botello, 1990.
L. de Alvarado, Ver.	-	42.73-64.31	<i>Penaeus sp.</i>	Botello, 1993.
L. de la Mancha, Ver.	-	53.52	<i>Penaeus sp.</i>	Botello, 1993.
L. del Carmen, Tab.	-	17.2	<i>C. virginica</i>	Rosales-Hoz y Álvarez-León, 1979.
L. del Carmen, Tab.	17.3	22.5	<i>C. virginica</i>	Botello, 1990.
L. de Michóna, Tab.	-	0.5	<i>C. virginica</i>	Rosales-Hoz y Álvarez-León, 1979.
L. de Michóna, Tab.	10.2	39.3	<i>C. virginica</i>	Botello, 1990.
L. de Términos, Camp.	17	17.4	<i>C. virginica</i>	Rosales-Hoz y Álvarez-León, 1979.
L. de Términos, Camp.	83.32	26.07	<i>T. taikolia</i>	Botello, 1990.
L. de Términos, Camp.	-	302.24	<i>Cichlasoma sp.</i>	Díaz-González, 1992.
L. de Términos, Camp.	-	653.30	<i>Vallisneria sp.</i>	Díaz-González, 1992.
L. de Términos, Camp.	0.27-17.67	0	<i>P. setiferus</i>	Gold-Bouchot <i>et al.</i> , 1993.
L. de Nichupté, Q. Roo.	0.47	3.0	<i>C. virginica</i>	Rosales-Hoz y Álvarez-León, 1979.
L. de Bojorquez, Q. Roo.	58.46	-	-	Díaz-González, 1992.
L. del Noroeste de México.	-	0.001-0.011	<i>P. stylirostris</i>	Rosales-Hoz, 1979.
L. del Noroeste de México.	-	0.033-0.165	Fam. <i>Penaeidae</i>	Rosales-Hoz, 1979.
PACIFICO MEXICANO				
Bahía de San Quintín, B.C.	-	2.3	<i>C. gigas</i>	Cajal-Medrano y Gutiérrez-Galindo, 1977.
Bahía de San Quintín, B.C.	-	4.1	<i>C. gigas</i>	Gutiérrez-Galindo <i>et al.</i> , 1984.
Punta Estrella, B.C.	-	8.56	<i>M. capax</i>	Gutiérrez-Galindo <i>et al.</i> , 1984.
Punta Banda, B.C.	-	68.73	<i>M. edulis</i>	Flores y Galindo, 1989.
Valle de Mexicali, B.C.	-	226.55	<i>Tilapia sp.</i>	Gutiérrez-Galindo <i>et al.</i> , 1988.
Valle de Mexicali, B.C.	-	737.80	<i>C. carpio</i>	Gutiérrez-Galindo <i>et al.</i> , 1988.
L. de Yavaros, Sin.	-	2.76	<i>M. cephalus</i>	Rosales-Hoz y Escalona, 1983.
L. de Yavaros, Sin.	-	4.83	<i>M. cuerna</i>	Rosales-Hoz y Escalona, 1983.
L. de Yavaros, Sin.	11.09	-	-	Rosales-Hoz <i>et al.</i> , 1985.
L. Huizache-Cajmanero, Sin.	-	3.72	<i>M. cephalus</i>	Rosales-Hoz y Escalona, 1983.
L. Huizache-Cajmanero, Sin.	-	6.87	<i>M. cuerna</i>	Rosales-Hoz y Escalona, 1983.
L. Huizache-Cajmanero, Sin.	-	0.96	<i>C. robustus</i>	Rosales-Hoz y Escalona, 1983.
L. Huizache-Cajmanero, Sin.	-	1.02 (0.60-1.71)	<i>P. vannamei</i>	Rosales-Hoz y Escalona, 1983.
L. Huizache-Cajmanero, Sin.	5.91	-	-	Rosales-Hoz <i>et al.</i> , 1985.
L. Superior, Oax.	-	55.0	<i>P. vannamei</i>	Benítez y Albert, 1992.
L. Chantuto-Panzacola, Chla.	47.91	ND	<i>P. vannamei</i>	ESTE TRABAJO
L. Chantuto-Panzacola, Chla.	-	18.78 (12.32-39.35)	<i>L. novemfasciatus</i>	ESTE TRABAJO
L. Carretas-Peryra, Chla.	120.43	3.32 (1.97-4.66)	<i>P. vannamei</i>	ESTE TRABAJO
INTERNACIONAL				
Río Calcasieu, U.S.A.	-	0.01-9.47	<i>P. setiferus</i>	Murray y Beck, 1990.
Río Tana, Kenia.	-	0.004-0.10	Carpa común*	Everarts <i>et al.</i> , 1993.
Río Tana, Kenia.	-	0.011	<i>Tilapia sp.</i> *	Everarts <i>et al.</i> , 1993.

* mg/Kg en base húmeda
µg/g en peso seco

TABLA 38. NIVELES PERMISIBLES DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN ALIMENTOS PARA CONSUMO HUMANO.

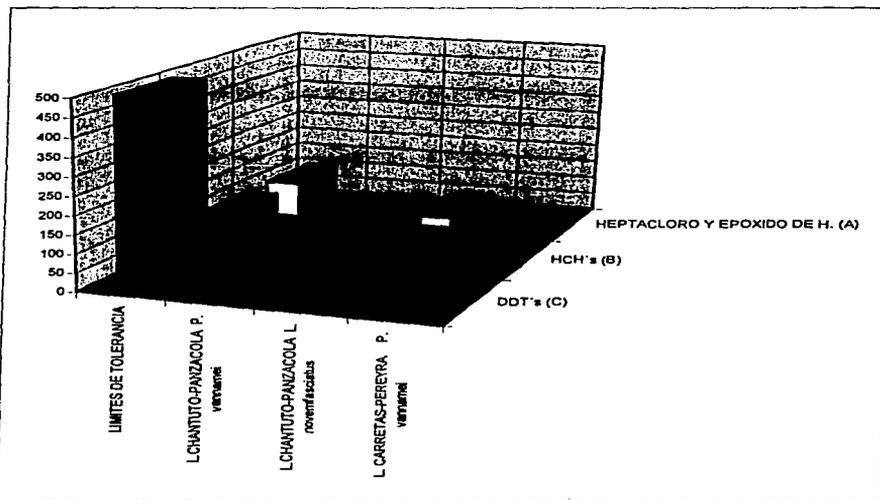
LIMITES DE TOLERANCIA	TIPO DE COMPUESTO	REFERENCIA
500-700 ng/g	ORGANOCLORADOS	USFDA, 1979.**
5000 ng/g	ORGANOCLORADOS	FNI, 1969.
1000 ng/g	DDT*	NAS, 1979.
500 ng/g	DDT	Amico <i>et al.</i> , 1979.
100 ng/g	DIELDRIN	Amico <i>et al.</i> , 1979.
5000 ng/g	DDT*	U.S.F.D.A., 1984.
300 ng/g	CLORDANO*	U.S.F.D.A., 1984.
500 ng/g a	DDT*s*	Falandysz <i>et al.</i> , 1993.
5000 ng/g b	DDT*s*	Falandysz <i>et al.</i> , 1993.
100 ng/g a	HCH*s*	Falandysz <i>et al.</i> , 1993.
200 ng/g c	HCH*s*	Falandysz <i>et al.</i> , 1993.
100 ng/g a,b	ALDRIN Y DIELDRIN*	Falandysz <i>et al.</i> , 1993.
50 ng/g	HEPTACLORO Y EPOXIDO DE	Falandysz <i>et al.</i> , 1993.
	HEPTACLORO*	
100 ng/g a	HEPTACLORO Y EPOXIDO DE	Falandysz <i>et al.</i> , 1993.
	HEPTACLORO*	

* Concentraciones expresadas en peso húmedo

** Reportado en Rosales-Hoz, 1979.

***Reportado en Mugachia *et al.*, 1992.

a) FINLANDIA, b) DINAMARCA, SUECIA, ALEMANIA y CANADA, c) SUECIA Y ALEMANIA (Falandysz *et al.*, 1993)



A y B (Falandysz *et al.*, 1993)
C (Amico *et al.*, 1991)

FIGURA 44. COMPARACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN ORGANISMOS CON RESPECTO A LOS LIMITES DE TOLERANCIA

De los dos cuerpos lagunares estudiados, las mayores concentraciones de compuestos organoclorados tanto en sedimentos como en organismos fueron observados en el sistema Carretas-Pereyra.

La frecuencia alta con que se registró el heptacloro en ambos cuerpos lagunares (Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra) se explica al considerar que anteriormente uno de los cultivos industriales de gran importancia comercial en el Estado de Chiapas fue el algodón, para el cual el empleo de plaguicidas organoclorados era importante entre ellos el del heptacloro, sin embargo el aumento de los costos que provocó el uso de plaguicidas condujo al abandono del algodón en 1986 (March *et al.*, 1994), no obstante, aún se detectan los residuos de este compuesto en la zona.

5.3.2 CARBONO ORGÁNICO TOTAL (MATERIA ORGÁNICA)

Al comparar los niveles de carbono orgánico total registrados en los dos sistemas lagunares estudiados con respecto a los reportados en trabajos anteriores se tiene que los porcentajes registrados en el sistema Chantuto-Panzacola (4.82 %) y en el de Carretas-Pereyra (6.81 %) están por arriba de los reportados para la mayoría de los ecosistemas costeros del Golfo de México (Tabla 39) a excepción del detectado en la Laguna del Ostión, Ver. En esta región, Villanueva (1987) detectó un porcentaje promedio de 6.69 % como resultado de los fenómenos de floculación y precipitación de los materiales en suspensión que se llevan a cabo en la laguna, los cuales se presentan donde se mezclan las aguas dulces con la salada del mar.

Los porcentajes promedio de carbono orgánico en los sedimentos de la Laguna Chantuto-Panzacola (4.82 %) fue inferior al valor promedio encontrado para la Laguna Carretas-Pereyra (6.81 %), sin embargo estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ($H_0: \mu_1 = \mu_2$; $\alpha = 0.05$).

TABLA 39. NIVELES DE MATERIA ORGÁNICA EN SEDIMENTOS EN ZONAS COSTERAS DE MÉXICO EVALUADOS A TRAVÉS DEL MÉTODO DE TITULACIÓN (Gaudette *et al.*, 1974).

LOCALIDAD	CONCENTRACIÓN PROMEDIO Y/O INTERVALO (%)	REFERENCIA
Laguna de Pueblo Viejo, Veracruz..	0.71	Díaz, 1994.
Laguna del Ostión, Veracruz.	6.69	Villanueva, 1987.
Laguna de Tamiahua, Veracruz..	0.46	Díaz, 1994.
Laguna de Tampamachoco, Veracruz..	1.77	Díaz, 1994.
Laguna de la Mancha, Veracruz.	3.93	Botello, 1993.
Laguna del Llano, Veracruz.	1.77	Botello, 1993.
Laguna Salada, Veracruz.	1.64	Botello, 1993.
Laguna Mandinga, Veracruz.	1.41	Botello, 1993.
Laguna de Alvarado, Veracruz.	1.06	Botello <i>et al.</i> , 1994.
Laguna del Carmen, Tabasco.	1.28	Botello <i>et al.</i> , 1994.
Laguna Machona, Tabasco.	1.21	Botello <i>et al.</i> , 1994.
Laguna Huizache-Caimanero, Sinaloa.	2.16-15.40 (1975)	De la Lanza, 1986.*
Laguna Chamute-Panzacola, Chiapas.	4.82	ESTE TRABAJO
Laguna Carretas-Pereyra, Chiapas.	6.81	ESTE TRABAJO
Río Tonalá, Veracruz	2.12	Villanueva, 1987.
Río Coatzacoalcos, Veracruz.	5.20	Villanueva, 1987.
Río Palizada, Campeche.	2.37	Gold-Bouchot <i>et al.</i> , 1995.
Plataforma Continental de Veracruz, y Tabasco.	0.01-1.48	Ríos, 1993.
Plataforma Continental de Oaxaca.	0.26-1.04	Botello, 1991.
Puerto de Salina Cruz, Oaxaca y Áreas Adyacentes.	1.35	Botello, 1991.
SUPERFICIES DE AMBIENTES ESTUARINOS NO CONTAMINADOS	0.1-10	Berner, 1982.

* Método de Ignición.

Los elevados niveles de carbono orgánico (materia orgánica) determinados en los sistemas Lagunares Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra ubicados en el Pacífico Mexicano con respecto a los valores encontrados en áreas costeras del Golfo de México, se explican al considerar la alta productividad de los sitios estudiados puesto que estos ecosistemas (Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra) están casi en su totalidad cubiertos por manglares y tulares, macrovegetación que contribuye en forma significativa al aporte de material orgánico hacia dichos cuerpos acuáticos, es decir, en estos sistemas existe una importante entrada de materia orgánica de origen alóctono. Aunado a ello, estas áreas costeras presentan una gran influencia de sistemas fluviales perennes e intermitentes, mismos que transportan los desechos y residuos de las actividades industriales y agrícolas que se desarrollan en las zonas aledañas.

La Laguna Carretas-Pereyra ha sido descrita por Toledo (1994) como un sistema que presenta tendencias a la eutroficación natural debido a los significativos aportes de materia orgánica provenientes de las extensas zonas de manglar. En tanto en el sistema Chantuto-Panzacola, región donde se localiza la comunidad más extensa de manglares (García-Nagaya y Castañeda, 1992), y que se destacan por los numerosos ejemplares de *Rizophora mangle* y de *Laguncularia racemosa*, se han evidenciado crecimientos masivos de cianofitas y la presencia de rotíferos en la época de lluvias, los cuales son señalados como indicadores de aguas eutróficas, presentándose una tendencia marcada principalmente en regiones como Chantuto y Cerritos (Toledo, 1994).

Los valores de materia orgánica presentes en la Laguna Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra están por arriba de los reportados para áreas altamente impactadas del Golfo de México (Tabla 39). Según Bordovskiy (1965), Premuzic *et al.* (1982) y Berner (1982) las concentraciones de carbono orgánico (materia orgánica) en las superficies de ambientes estuarinos y plataforma continental no contaminados se encuentran generalmente en un intervalo de 0.1 a 10 %.

En ambos sistemas lagunares (Chantuto-Panzacola y Carretas-Pereyra) la distribución de los porcentajes de carbono orgánico (materia orgánica) se encontraron principalmente en las estaciones donde predominaron los sedimentos finos, con lo que se corrobora una vez más la

tendencia del material orgánico a ser acumulado de manera preferente en las fracciones de sedimentos finos

5.3.3 GRANULOMETRÍA

En el sistema lagunar Chantuto-Panzacola los sedimentos arenosos se observaron cerca de las barras arenosas como la Barra de Zacapulco mientras que los sedimentos más finos como los limos se encontraron básicamente en estaciones cercanas a las zonas donde existen aportes fluviales importantes, es decir, cerca de la desembocadura de los ríos Cintalapa, Vado Ancho y Cacaluta, y los sedimentos finos como las arcillas se encontraron distribuidas en las partes extremas del sistema. En la Laguna Chantuto-Panzacola se observó un contraste sedimentario entre dos grupos; un grupo en el cual predominaron las arenas por lo que pueden considerarse como lugares de alta energía así como de depósito de material grueso; el otro grupo estuvo dominado básicamente por las arcillas y por lo tanto se puede hablar de una zona de baja energía y de depósito de material fino.

En la Laguna Carretas-Pereyra se establecieron dos zonas con base en la distribución sedimentaria; una donde predominaron los sedimentos arenosos cercanos a la boca que comunica con el mar y en la barra arenosa del sistema; otra constituida por sedimentos muy finos como las arcillas ubicadas básicamente en la parte central del complejo lagunar donde existen aportes fluviales importantes (Río El Bobo, Río Margaritas y Río El Progreso) que explican esta distribución sedimentaria. En este caso también se observó un contraste sedimentario importante donde se definen dos grupos; uno de ellos dominado por las arenas por lo que podemos hablar de zonas de alta energía y de depósito de material grueso y por otra parte tenemos el grupo donde predominaron los limos, en este grupo se puede hablar de zonas de baja energía así como de depósito de material fino.

Con respecto a la relación entre el tipo de sedimento y carbono orgánico, en la Laguna Chantuto-Panzacola, los coeficientes más altos se observaron con el limo medio y limo muy fino, en tanto en la Laguna Carretas-Pereyra se observaron los coeficientes más altos con el limo y arcilla. En

general se observó una relación entre el material fino y el contenido de carbono orgánico, aún cuando la mayoría no fueron estadísticamente significativos.

La relación entre el tipo de sedimento y el contenido de plaguicidas organoclorados en la Laguna Chantuto-Panzacola, los coeficientes de correlación más altos se observaron con el material grueso, es decir, con las arenas finas y muy finas. En tanto en la Laguna Carretas-Pereyra se observaron los coeficientes de correlación más altos con las arenas muy finas y fue en este último caso, significativos estadísticamente.

En general se observó una relación entre el contenido de plaguicidas organoclorados y el sedimento grueso (arena fina y arena muy fina), y fue significativa en el caso de la Laguna Carretas-Pereyra.

Aun cuando en diversos estudios se ha encontrado una estrecha relación entre el contenido de plaguicidas organoclorados y el sedimento fino, los resultados en este trabajo donde se evidenció relación de los plaguicidas organoclorados con el sedimento grueso puede deberse a que precisamente donde se encuentra distribuido el sedimento grueso (arenas) sea el lugar en donde hay aportes de plaguicidas importantes, aspecto que pudo favorecer el observar la relación entre estos dos parámetros, mientras que en las zonas donde predominan los sedimentos finos si no existen aportes de plaguicidas organoclorados es lógico el no haber encontrado alguna relación entre ellos.

6. CONCLUSIONES

1. PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS

SEDIMENTOS

- La concentración promedio más alta de plaguicidas organoclorados se observó en la Laguna Carretas-Pereyra (120.43 ng/g), valor superior a los anteriormente registrados en estudios realizados en el Golfo de México y Pacífico Mexicano. La concentración promedio registrada en la Laguna Chantuto-Panzacola (47.91 ng/g) está por encima de la mayoría de las concentraciones detectadas en el Golfo de México y Pacífico Mexicano.
- Se observó una discrepancia en el predominio de los plaguicidas detectados en ambos cuerpos lagunares. En el sistema Carretas-Pereyra dominaron el heptacloro, epóxido de heptacloro y aldrín, en tanto para el sistema Chantuto-Panzacola sobresalieron el endosulfán II, el p,p'-DDE y el epóxido de heptacloro.
- Los niveles más elevados de compuestos clorados en sedimentos se registraron en la época de secas tanto para la Laguna Carretas-Pereyra (febrero, 1995) como para el sistema lagunar Chantuto-Panzacola (abril, 1994).
- En ambos sistemas lagunares se observó una relación inversa entre el contenido de carbono orgánico y el de plaguicidas organoclorados y en la mayoría de los casos no fueron significativas.

ORGANISMOS

Camarón Blanco (*Penaeus vannamei*)

Exoesqueleto

- Las concentraciones más altas de compuestos clorados en el exoesqueleto del camarón *P. vannamei* se registraron en ejemplares del sistema lagunar Chantuto-Panzacola. En este caso el compuesto predominante fue el p,p'-DDE.

Tejido

- En el tejido de *P. vannamei* de la Laguna Chantuto-Panzacola no se registró ningún compuesto, en tanto en los ejemplares del ecosistema costero Carretas-Pereyra se obtuvo una concentración total de 6.63 ng/g , destacando el heptacloro y el p,p'-DDE.

Pargo prieto (*Lutjanus novemfasciatus*)

- En el pargo prieto, los compuestos predominantes fueron el aldrin y el epóxido de heptacloro. Esta especie registró concentraciones más elevadas a las encontradas en *P. vannamei*, lo cual está relacionado con sus hábitos alimenticios.

En ambas especies (*P. vannamei* y *L. novemfasciatus*) predominaron los compuestos clorados en su forma ya degradada , es decir, en forma de metabolitos. Las dos especies presentan niveles de plaguicidas clorados detectables, sin embargo, no sobrepasaron los límites permisibles para consumo humano establecidos por las agencias internacionales.

En general los niveles de plaguicidas organoclorados detectados en cada componente de los dos sistemas costeros en este estudio mostraron el siguiente patrón:

Sedimentos	>	Peces	>	Camarón
		<i>Lutjanus novemfasciatus</i>		<i>Penaeus vannamei</i>

2. CARBONO ORGÁNICO TOTAL (MATERIA ORGÁNICA)

- El porcentaje promedio más elevado de carbono orgánico se registró en el sistema lagunar Carretas-Pereyra.
- Los porcentajes más altos de carbono orgánico total en sedimentos de la Laguna Chantuto-Panzacola se observaron en la Laguna Chantuto, Panzacola y en la parte noroeste de la Laguna El Campón. En tanto en la Laguna Carretas-Pereyra los porcentajes más altos se encuentran en la parte suroeste de la Laguna Carretas, Laguna El Bobo y en la Laguna Buenavista.
- En ambos cuerpos lagunares los porcentajes promedios más sobresalientes se obtuvieron en la época de estiaje; en febrero de 1995 para la Laguna Chantuto-Panzacola y en abril de 1994 para la Laguna Carretas-Pereyra.
- La mayoría de los porcentajes altos de carbono orgánico total (materia orgánica) en los dos sistemas costeros estuvieron localizados en áreas con sedimentos finos (limo fino y arcilla gruesa), sin embargo, dicha relación no fue significativa estadísticamente.
- En general, se puede concluir que la mayor parte de la materia orgánica encontrada en los dos sistemas lagunares es de origen alóctono. En el Sistema Chantuto-Panzacola la mayor parte de la materia orgánica presente se puede atribuir principalmente a la influencia de sistemas fluviales; en tanto en la Laguna de Carretas-Pereyra se atribuye básicamente al continuo aporte de las extensas áreas de manglar circundantes. Aunque es importante destacar que un factor importante

para la acumulación de materia orgánica en los sistemas costeros es la dinámica de cada cuerpo lagunar.

- Se registraron de manera puntual porcentajes de carbono orgánico total (materia orgánica) mayores de 10 sin embargo, en la mayoría de los casos los porcentajes de materia orgánica en las dos áreas de estudio no sobrepasaron el intervalo de 0.1 a 10 propuesto por Berner (1982), Bordovskiy (1965) y Premuzic *et al.* (1982) para áreas estuarinas y plataforma continental no contaminadas.

- Los porcentajes de carbono orgánico total (materia orgánica) en este estudio mostraron el siguiente patrón:

L. Carretas-Pereyra > L. Chantuto-Panzacola

3. GRANULOMETRÍA

Al realizar el análisis granulométrico en los sedimentos de las lagunas se concluye que:

- En la Laguna Chantuto-Panzacola hay un predominio del sedimento limo-arenoso. Los sedimentos más finos se observaron en la Laguna Chantuto, en el Noreste de la Laguna el Campón y al sur de la Laguna Panzacola.

- En la Laguna de Carretas-Pereyra predomina el sedimento limo-arcilloso. En este caso los sedimentos más finos se localizaron en la Laguna Carretas y en la Laguna Buenavista.

- En la Laguna Chantuto-Panzacola, los sedimentos gruesos como las arenas se localizaron en las estaciones cercanas a las barras arenosas del sistema (Barra Zacapulco y La Palma). En el sistema lagunar Carretas-Pereyra los sedimentos gruesos (arenosos) se localizaron en la L. Pereyra.

7. REFERENCIAS

- AGUILAR, A., 1984. Relationship of DDE/DDT in marine mammals to the chronology of DDT input into the ecosystem. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41: 840-844.
- ALBERT, A. L., 1990. *Los plaguicidas y sus efectos en el ambiente y la salud*, Centro de Ecodesarrollo, México, D. F. 331 pp.
- ALBERTS, J. J., 1989. Interaction of estuarine organic matter with copper and benzo(a)pyrene. *Marine Chem.* 28: 77-87.
- AMEZCUA, L. F., 1990. *Los peces demersales de la plataforma continental del pacifico central de México*, UNAM. Tesis doctoral. UACP y P del CCH. 263 pp.
- AMICO, V., G. IMPELLZZERI, G. ARIENTE, M. PIATLELLI, S. SCIUTO y C. TRIANGALI, 1979. *Mar. Pollut. Bull.* 10: 282.
- ANDERSSON, O., C. E. LINDER, M. OLSSON, M. L. REUTERGARDH, U. B. UVERNO y U. WIDEQVIST, 1988. Spatial differences and temporal trends of organochlorine compounds in biota from the northwestern hemisphere. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 17: 755-765.
- ATSDR-EPA, 1994. Toxicological Profile for p,p'-DDT; p,p'-DDE; p,p'-DDD.
- AVELINO, G. y J. F. S. LÓPEZ, 1992. Evaluación de la biomasa anual del manglar de Chantuto-Panzacola, Chiapas. Resúmenes de la III Reunión Nacional Alejandro Villalobos, México, 22 pp.
- AYALA-CASTAÑARES, A., GUTIÉRREZ-ESTRADA, M., A. GALAVIZ-SOLIS A. y V. M. MALPICA-CRUZ, 1994. Geología marina del sistema lagunar altata-pabellones, Sinaloa, México, *An. Inst. Cienc. del Mar y limnol., Univ. Nat. Autón. México*, 21: 129-147.
- BARCENAS, P.C., A. J. BENÍTEZ y Z. D. LOMELÍ, 1992. Metodología para definir plaguicidas críticos en la planicie costera del Golfo de México. *Jaina.* 3: 8-9.
- BASSOLS, B. A., 1974. La Costa de Chiapas. Un estudio económico regional. Investigaciones económicas de la UNAM:
- BENÍTEZ, A. J., 1992. El riesgo del uso indiscriminado de plaguicidas en la zona costera. Boletín Informativo *Jaina.* 3: 19.
- BENÍTEZ, A. J. y L. A. ALBERT, 1992. Fuentes y niveles de concentración de algunos contaminantes en la zona costera del Pacífico Sur Mexicano. *Jaina.* 3: 12.

BERNER, R. A., 1982. Burial of organic and pyrite sulfur in the modern ocean: its geochemical and environmental significance. *Am. J. Sci.* 282: 451-473.

BORDOVSKIY, O. K., 1965. Accumulation and transformation of organic substance in marine sediments. Accumulation of organic matter in bottom sediments. *Mar. Geol.* 3: 33-82.

BOTELLO, A. V., 1990. Impacto ambiental de los hidrocarburos organoclorados y microorganismos patógenos específicos en lagunas costeras de México. Informe final del proyecto OEA-CONACYT. 153 pp.

BOTELLO, A. V., 1991. Evaluación geoquímica del puerto de Salina Cruz y áreas costeras adyacentes. Ordenamiento de la zona costera de los estados de Chiapas y Oaxaca. CECODES-PEMEX, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. 88 pp.

BOTELLO, V. A., 1993. Estudio geoquímico y diagnóstico ambiental de las lagunas de los alrededores de la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde, Veracruz., 1993. Comisión Federal de Electricidad, Central Nucleoeléctrica de Laguna Verde. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 128 pp.

BOTELLO, V. A., G. DÍAZ, L. RUEDA y S. F. VILLANUEVA, 1994. Organochlorine compounds in oysters and sediments from coastal lagoons of the Gulf of México. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 53: 238-245

BROWN, A. W. A., 1978. Ecology of Pesticides. Wiley, U.S.A. 499 pp.

BROWN, D.A., R.W. GOSSETT y K. D. JEKINS, 1982a. Contaminants in white croakers *genyonemus lineatus* (AYRES, 1855) from Southern California. Bight II: chlorinated hydrocarbon detoxification/toxification. In: Physiological mechanisms of marine pollution toxicity. W. B. Vernberg, A. Calabrese, F. P. Thurberg and F. J. Vernberg (Eds). Academic Press, New York, 197-213 pp.

BROWN, D. A., K. D. JENKINS, E. M. PERKINS, R.W. GOSSETT y G. P. HERSHELMAN, 1982b. Detoxification of metals and organic compounds in white croakers. In: biennial report, 1981-1982, Southern California coastal water research project, W. Bascom (De.). Southern California water research project, Long Beach, Calif., 157-172 pp.

BULKLEY, V. R., R. L. KELLOGG y L. R. SHANNON, 1976. Size-related factors associated with dieldrin concentrations in muscle tissue of channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Trans. Am. Soc.* 105 (2): 301-307.

CAJAL-MEDRANO, R. y E. A. GUTIÉRREZ-GALINDO, 1977. Concentration et distribution du DDT dans les huîtres *Crassostrea gigas* et *Ostrea edulis* sur la cote de Basse Californie, *Rev. Int. Océanogr. Méd.* Tome LXII: 39:45.

CARRANZA-EDWARDS, A., M. GUTIÉRREZ-ESTRADA y RODRÍGUEZ-TORRES, 1975. Unidades morfotectónicas continentales de las costas mexicanas. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. UNAM.* 2 : 81-88.

CECODES (Centro de Ecología y Desarrollo), 1994. Planificación y manejo de recursos costeros de la cuenca mexicana del pacífico: Costa de Chiapas y Oaxaca. Informe: Área socioeconómica, 66 pp.

CICOPLAFEST (Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas), 1996. Catálogo oficial de plaguicidas, 483 pp.

CLARK T., K. CLARK, S. PATERSON, D. MACKAY y N. J.. ROSS. 1988. Wildlife monitoring modeling and fugacity. They are indicators of chemical contamination. *Environ. Sci. Technol.* 22:120-127.

CLARK, B. R., 1992. *Halogenated Hydrocarbons*. In: *Marine Pollution* Edit. Oxford. 3a. Edición, 83-100 p.

CONNELL, D. W. y G. J. MILLER, 1984. *Chemistry and ecotoxicology of pollution*. Willey, New York.

CONNELL, D. W., 1988. Bioaccumulation behaviour of persistent organic chemicals with aquatic organisms. *Residue Rev.* 101: 117-154.

CONTRERAS, E. F., 1993. *Ecosistemas costeros mexicanos*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México, D. F. 415 pp.

CREMLYN, R. J., 1982. *Plaguicidas modernos y acción bioquímica*, 1a. Edición. Edit. Limusa . México, 3156 pp.

CREMLYN, R. J., 1991. *Agrochemicals: Preparation and Mode of Action*. Wiley, England, 396 pp.

DE LA LANZA, E. G., 1981. Importancia de la materia orgánica en los sedimentos de la Laguna de Huizache-Caimanero, Sinaloa, México. Tesis de doctorado en Oceanografía Biológico Pesquera, ICM y L- UACPyP, UNAM. 93 pp.

DE LA LANZA E. G., 1986. Materia orgánica en los sedimentos del sistema lagunar Huizache y Caimanero: importancia, comportamiento y significado en modelos de predicción. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol, Univ. Nal. Autón. México.* 13 : 251-286.

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, 1988. Catálogo Oficial de Plaguicidas. Tomo CDXIV No. 10. 1ra. sección, 1-97 pp.

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, 1991. Catálogo Oficial de Plaguicidas. Tomo CDLV No. 13. 1ra. y 2da. Sección, 1-128 p.

DÍAZ, F. V., 1994. Caracterización preliminar de la presencia de metales en las Lagunas de Tamiahua, Pueblo Viejo y Tampamachoco, Veracruz, México. Universidad Autónoma Metropolitana, México, 46 pp.

DÍAZ-GONZÁLEZ, 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. UACPyP del CCH. UNAM, México, 169 pp.

DÍAZ-GONZÁLEZ, 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.

EVERAARTS, M. J., R. HEESTERS, C. V. FISCHER y M. Th. J. HILLEBRAND, 1993. Baseline levels of cyclic pesticides and PCB's in benthic invertebrates from continental slope of the Banc d'Arguin (Mauritania). *Mar. Pollut. Bull.* 26: 515-521.

FALANDYSZ J., K. KURUNTHACHALAM, T. SHINSUKE, 1993. Persistent organochlorine residues in canned cod-livers of the Southern Baltic Origin. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 50: 929-934.

FERRANDO, M., D., ALARCON, V., FERRANDES-CASALDERRY, A., GAMON, M. y E. ANDREU-MOLINER, 1992. Persistence of some pesticides in the aquatic environment. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 48: 747-755.

FISHING NEW INTERNATIONAL, 1969. Pesticides Limits Applied in U.S.A. Vol. 8. 85 pp.

FLORES, B. B. P. y B. M. S. GALINDO, 1989. DDT in *Mytilus edulis*: Statistical considerations and inherent variability. *Mar. Pollut. Bull.* 20: 496-499.

FOLK, R. L., 1974. *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill Puf. Co. Austin, 182 pp.

FOLK, R. L. y W. C. WARD, 1957. Brazos River Bar, a study in the significance of grain size parameters. *Jour. Sed. Petrology.* 25: 3-26.

FRANKE, R. y A. ACERO, 1992. Peces Lutjanidos del parque Gorgono pacífico colombiano (Osteichthyes: Lutjanidae). *Rev. Biol. Mar.* 27: 59-71.

FREAR, E. H. D., 1948. Chemistry Insecticides, Fungicides and Herbicides. D. Van Nostrand Company, Inc., Nueva York, U.S.A. 417 pp.

GANEM, M. E., 1990. Los agroquímicos y sus efectos en el medio ambiente. seminario regional. Impacto del uso agrícola en la contaminación de las aguas. Puerto Morelos, Quintana Roo, México. OEA/PRDCYT. 12 pp.

GARCÍA-NAGAYA, A. y O. L. CASTAÑEDA, 1992. Estudios básicos ecológicos en dos Lagunas Costeras del Estado de Chiapas, México en Resúmenes del IX Congreso Nacional de Oceanografía, México, 110 pp.

GAUDETTE, H. E., W. R. FLIGAT, L. TORNER y D. W. FOLGER, 1974. An inexpensive titration method for the determination of organic carbon in recent sediments. *J. Sedimen. Petrology*. 44: 249-253.

GHADIRI, H. y C. W. ROSE, 1991. Soil processes and chemical transport. Sorbed chemical transport in overland flow. A. nutrient and pesticide enrichment mechanism. *J. Environ. Qual.* 20: 628-633.

GOLD-BOUCHOT, G., T. SILVA-HERRERA y O. ZAPATA-PÉREZ, 1993. Chlorinated pesticides in the Río Palizada, Campeche, México. *Mar. Pollut. Bull.* 26 : 648-650.

GOLD-BOUCHOT, G. T. SILVA-HERRERA y O. ZAPATA-PÉREZ, 1995. Organochlorine pesticide residue concentrations in biota and sediments from Río Palizada, México. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 54: 554-561.

GOSSETT, W., R. BROWN y A. D. YOUNG, 1983. Predicting the bioaccumulation of organic compounds in marine organisms using octanol/water partition coefficients. *Mar. Pollut. Bull.* 14: 387-392.

GREENPEACE, 1993. *El Tráfico Tóxico*. Toxic Trade Campaign, Washington, D. C., Boletín No. 61, 39 pp.

GUTIÉRREZ-GALINDO, E., G. FLORES-MUÑOZ y M. J. A. LOPEZ, 1984. DDT en el ostión *Crassostrea gigas* (Thunberg) cultivado en Bahía de San Quintín, Baja California. *Ciencias Marinas*, 10: 17-30.

GUTIÉRREZ-GALINDO, E., G. FLORES-MUÑOZ y J. A. VILLAESCUSA-CELAYA, 1988. Insecticidas organoclorados en peces del Valle de Mexicali, Baja California, México. *Ciencias Marinas*. 10 : 17-30.

HILL, R. Y. y S. J. L. WRIGHT, 1978. Pesticide Microbiology. Microbiological aspects of pesticide behaviour in the environment. Academic Press, Nueva York, U.S.A. 844 pp.

IARC (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER), 1974. Monograph and the evaluation of carcinogenic risk of chemical to man, Vol. 5, Some organochlorine pesticides., Lyon, France.

ICPEMC (INTERNATIONAL COMMISSION FOR PROTECTION AGAINST ENVIRONMENTAL MUTAGENS AND CARCINOGENS), 1984. Report of ICPEMC task group 5 on the differentiation between genotoxic and non-genotoxic carcinogens. *Mutation Res.* 133: 1-49.

INE-SEMARNAP (INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA-SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA) 1996. Lo que usted debe saber sobre el DDT y su uso en el combate al paludismo en México. Serie DDT No. 1. 16 pp.

INEGI (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA), 1991. Carta topográfica 1:250 000, Huixtla D15-2. Cuarta impresión.

INEGI (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA), 1993. Anuario Estadístico del Estado de Chiapas, 1992. Aguascalientes, Ags.

IHN (INSTITUTO DE HISTORIA NATURAL), 1991. Reserva ecológica "La Encrucijada", Plan operativo 1991-1992. Chiapas.

JACKSON, M. L., 1970. Análisis químico de suelos. Ediciones Omega. S. A., Barcelona, España. 662 p.

JONSSON, M. C. y M. C. TOLEDO, 1993. Bioaccumulation and elimination of endosulfan in fish yellow tetra (*Hyphessobrycon bifasciatus*). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 50: 572-577.

KENAGA, E. E., 1980. Correlation of bioconcentration factors of chemicals in aquatic and terrestrial organisms with their physical and chemical properties. *Health Environ. Sci.* 14: 553-556.

KOCAN, R. M. y M. L. LANDOLT, 1989. Survival and growth to reproductive maturity of salmon following embryonic exposure to a model toxicant. *Mar. Environ. Res.* 27: 177-194.

KARICKHOFF, S. W., 1984. Organic pollutant sorption in aquatic systems. *J. Hydraul. Enging. (Peking)* 110: 707-735.

KRUMBEIN, W. C., 1934. Size frequency distributions of sediments. *Jour. Sed. Petrology.* 4: 65-77.

LANE, E. W., 1947. Report of subcommittee on sediment terminology. *Am. Geophys. Union Trans.* 28: 936-938.

- LANKFORD, R. R., 1977. Coastal lagoons of Mexico. Their origin and classification. Wiley, USA. *Estuarine Processes*. 185-215 pp.
- LUGO, A. E. y S. C. SNEDAKER, 1975. The ecology of mangroves. *Ann. Rev. Ecol. System.* 5: 39-64.
- MC MANUS, D.A., 1963. Sieve calibration. *Jour. Sed. Petrology*, 33: 953-954.
- MANSINGH, A. y A. WILSON, 1995. Insecticide contamination of jamaican environment III. Baseline Studies on the Status of Insecticidal pollution of Kingston Harbour, *Marine Pollution Bulletin*, 30: 640-645.
- MARCH, M. I., M. N. HIDALGO, y A. H. A. ESQUINCA, 1994. Análisis geográfico para el ordenamiento ecológico del Soconusco y la Costa de Chiapas. Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste (Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste CIES), Tapachula-Chiapas, México. 15 pp.
- MARTÍNEZ, C. L. R., 1993. Camaronicultura. Bases Técnicas y Científicas para el cultivo de Camarones Peneidos. Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, México. A. G. T. Editor, 233 pp.
- METCALF, L. R., 1955. Organic Insecticides. Their chemistry and mode of action. Interscience Publishers, Inc., New York, USA. 392 pp.
- MILLER, C. T. y W. J. WEBER JR., 1986. Sorption of hydrophobic organic pollutants in saturated soil systems. *J. Contam Hydrol.* 1: 243-261.
- MILES, J. R. W. y P. MOY, 1979. Degradation of endosulfan and its metabolites by a mixed culture of soil microorganisms. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 23: 13-19.
- MUGACHIA, J. C., L. KANJA y F. GITAU, 1992. Organochlorine pesticide residues in fish from Lake Naivasha and Tana River, Kenya. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 49: 207-210.
- MURRAY, E. y J. N. BECK, 1990. Concentrations of selected chlorinated pesticides in shrimp collected from the Calcasieu River/Lake Complex, Louisiana. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 44: 798-804.
- MUZZARELLI, R. A. A. 1973. *Natural Chelating Polimers*. Pergamon Press. Oxford: 490 pp.
- OMS, 1982. Lucha biológica contra los vectores de enfermedades. Sexto informe del Comité de Expertos en Biología de los Vectores y Lucha Antivectorial, Ginebra. Organización Mundial de la Salud (OMS, Serie de Informes Técnicos, No. 679).

- OMS, 1984. Métodos químicos de la lucha contra artrópodos vectores y plagas de importancia para la salud pública. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 118 pp.
- ONU, 1984. Consolidated list of products whose consumption and/or sale have been banned, withdrawn, severely restricted or not approved by governments.
- OPS-OMS, 1982. Criterios de Salud Ambiental 9. DDT y sus derivados.
- OROZCO, Z. M. A. 1994. *Síntesis de Chiapas*, EDYSIS. 2da. Edición. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 172 pp.
- PAN (PESTICIDE ACTION NETWORK), 1991. Demise of dirty dozen global pesticide campaigner. Regional Center. 1:1-20.
- PÉREZ, F. I. 1970. Claves ilustradas para la identificación de los camarones comerciales de la América Latina, Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras. Secretaría de la Industria y Comercio. México, D.F. 45 pp.
- PÉREZ, M. A., 1994. La Biota del Golfo En: *Riqueza y Pobreza en la Costa de Chiapas y Oaxaca*. Toledo, A. (Coord). CECODES. 492 pp.
- PÉREZ-PENA J., M. J. SANTANA-CASIANO y M. GONZÁLEZ-DAVILA, 1992. Efecto de parámetros fisicoquímicos en el mecanismo de adsorción de pesticidas organoclorados sobre material particulado en agua de Mar. *Biol. Inst. Esp. Oceanogr.* 9: 171-183.
- PETERSON, M. S. y G. E. BATLEY, 1993. The fate of the endosulfan in aquatic ecosystems. *Environ. Pollut.* 82: 143-152.
- PHILLIPS, D. J. H., 1978. Use of biological indicator organisms to quantitate organochlorine pollutants in aquatic environments-a review. *Environ. Pollut.* 16: 167-229.
- PHILLIPS, D. J. H. y P. S. RAINBOW, 1990. Biomonitoring of trace aquatic Contaminants. Elsevier Science Publishers, Barking, U.K.
- PHILLIPS, D. J. H., 1995. The chemistries and environmental fates of trace metals and organochlorines in aquatic ecosystems. *Mar. Pollut. Bull.* 31: 193-22.
- PREMUZIC, E. T., C. M. BENKOVITZ, J. S. GAFFNEY y J. J. WALSH, 1982. The nature and distribution of organic matter in the surface sediments of world oceans and seas. *Org. Geochem.* 4: 63-77.
- RAMÍREZ-GARCÍA y D. SEGURA-ZAMORANO, 1994. Ordenación de la vegetación de manglar de la Laguna Panzacola, Chiapas. *Serie Grandes Temas de la Hidrobiología: Los Sistemas Litorales. UANI-UNAM.* 2: 105-113.

REID, W. D. y G. KRISHNA, 1973. Centrolobular hepatic necrosis related to covalent binding of halogenated aromatic hydrocarbons. *Exp. Mole. Pathol.* 18: 80-99.

RBAC (RESEARCH BRANCH AGRICULTURE CANADA), 1973. Guide to the chemicals used in crop protection. 6a. edition. 10-250 p.

RESTREPO, I., 1988. *Naturaleza Muerta: Los Plaguicidas en México*. Andromeda. México, D.F., 221 pp.

RESTREPO, I., 1995. *Agua, Salud y Derechos Humanos*. Comisión Nacional de Derechos Humanos, México, D. F. 409 pp.

RÍOS, Q. L., 1993. Evaluación de Concentraciones de Metales Pesados en sedimentos de la Plataforma Continental de los Estados de Veracruz y Tabasco, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores-Zaragoza, UNAM. 93 pp.

ROSALES- HOZ, 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: 33-36.

ROSALES- HOZ, M.T. L. y R. ÁLVAREZ-LEÓN, 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: 1-6.

ROSALES-HOZ, M. T. L. y R. L. ESCALONA, 1983. Organochlorine residues in organisms of two different lagoons of Northwest, México. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 30: 456-463.

ROSALES-HOZ, M. T. L., ESCALONA, R. L., ALARCON, R. H. y V. ZAMORA, 1985. Organochlorine Hydrocarbons Residues in Sediments of Two Different Lagoons of Northwest Mexico. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* Vol. 35 (3): 322-330.

ROYSE, C. F. Jr., 1970. An introduction to sediment analysis. Arizona State, University, 180 pp.

RUIZ, D. Ma. F., 1978. *Recursos Pesqueros de las Costas de México*. Limusa, México. 131 pp.

SANTIAGO, P. S., 1989. Estudio químico de sedimentos de una porción de la plataforma continental de Baja California Norte, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. 76 pp.

SARH (SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS), 1994. Plaguicidas Autorizados para el Control de Plagas en el Suelo. 597 pp.

SEPECA/IAES (SECRETARÍA DE PESCA/ INSTITUTO DE ACUACULTURA DEL ESTADO DE SONORA), 1994. Desarrollo científico y tecnológico para el cultivo de pargo (*Lutjanus sp.*) en jaulas flotantes. 85 pp.

SEPECA, 1990. Bases Para el Ordenamiento Costero-Pesquero de Oaxaca y Chiapas (aspectos Generales), Dirección de Publicaciones de la Secretaría de Pesca. México, 219 pp.

SINGH, P. B., 1988. Effect of gamma-BHC and teophylline on lipid metabolism and steroidogenesis and their modulation by LH-RH and mGTH in the catfish, *Heteropneustes fossilis*. Unpubl. Ph. D. Thesis, Banaras Hindu. University, India.

SINGH, B. P. y T. P. SINGH, 1992. Impact of gama-BHC on lipid class levels and their modulation by reproductive hormones in the freshwater catfish, *Heteropneustes fossilis*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 48: 23-30.

SMITH, A. y O. LOSSEV, 1981. Pesticides and equipment requirements for national vector control programmes in developing countries 1978-1984. OMS. División de Higiene del Medio, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza.

SRH, 1975. Estudio Bioecológico. Depto. de Estudios Básicos de Ingeniería y Bioecológicos.

SRH, 1976. Programa de Estudios Bioecológicos. Depto de Estudios Básicos de Ingeniería y Bioecológicos. (2o. Informe) .

STUMM, W. y J. J. MORGAN, 1981. Aquatic Chemistry. Wiley, New York. 780 pp.

SUTER, G. G. y A. E. ROSEN, 1988. Comparative toxicology for risk assessment of marine fishes and crustaceans. *Environ. Sci. Technol.* 22 : 548-556.

TOLEDO, A., 1994. *Riqueza y Pobreza en la Costa de Chiapas y Oaxaca*. Centro de Ecología y Desarrollo. México, D.F. 492 pp.

TORRES-LARA, R., S. SALAS-MÁRQUEZ, G. MEXICANO-CINTORA y M. A. CABRERA-VÁZQUEZ, 1991. Sinopsis de la dinámica poblacional de cinco especies de la Familia Lutjanidae en la Costa de Yucatán. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 18 : 189-198.

TORRES-OROZCO, B. R., 1991. *Los Peces de México*. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. A. G. T. Editor, 235 pp.

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.

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.

USFDA (UNITED STATES FOOD AND DRUG ADMINISTRATION), 1984. Action Levels for Chemical and Poisson Substances. U.S. Department of Health, Education and Welfare. Public Health Service.

VÁZQUEZ, G. L., 1987. Zoología del Phylum Artropoda. 6a. Edición. Edit. Interamericana, México, D. F. 381 pp.

VILLANUEVA, F. S., 1987. Evaluación de Metales Pesados en los Sedimentos y Organismos del Río Coatzacoalcos y Áreas Adyacentes, Ver. Mex. Tesis de Licenciatura, UNAM. 82 pp.

WARE, G. W., 1975. Pesticides. W. H. Freeman and Co., San Francisco, U.S.A 42 pp.

WEBER J. B., 1972. Interaction of Organic Pesticides with Particulate Matter in Aquatic and Soil Systems. In: Advances in Chemistry Series. Goulf R. F. (De.). 111: 55-120.

YÁÑEZ-ARANCIBIA, A., 1986. *Ecología de la Zona Costera*. Análisis de siete tópicos. AGT Editor, S. A. México, D. F. 189 pp.

ZEIDLER, O. V., 1874. Von chloral mit brom-und chlorbenzol. Ber. 7: 1180-1181.

ANEXO 1

LISTA DE PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS (METCALF, 1966)	
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
ALFA HCH	alfa-1,2,3,4,5,6-Hexaclorociclohexano
BETA HCH	beta-1,2,3,4,5,6-Hexaclorociclohexano
GAMA HCH	gamma-1,2,3,4,5,6-Hexaclorociclohexano
DELTA HCH	delta-1,2,3,4,5,6-Hexaclorociclohexano
HEPTACLORO	1,4,5,6,7,8,8-heptacloro-3a,4,7,7a-tetrahidro-4,7-metanoindano
ALDRÍN	1,2,3,4,10,10-hexacloro-1,4,4a,5,8,8a-hexahidro-1,4-endo,exo-5,8-dimetanonaftaleno
DIELDRÍN	1,2,3,4,10,10-hexacloro-6,7-epoxy-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahidro-1,4-endo,exo-5,8-dimetanonaftaleno
ENDRÍN	1,2,3,4-10,10-hexacloro-1,4,4a,5,6,8a-hexahido-1,4-endo,endo-5,8-dimetanonaftaleno
p,p'-DDD	2,2-Bis (p-clorofeni)-1,1,1-dicloroetano
p,p'-DDT	2,2-Bis (p-clorofeni)-1,1,1-tricloroetano

ANEXO 2

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS						
COMPUESTO	% EN LA MEZCLA	PESO MOLECULAR	FÓRMULA	SOLUBILIDAD EN AGUA	K _{ow}	K _{oc}
	(RBAC, 1973)	(RBAC, 1973)	(RBAC, 1973)	(KENAGA, 1986)	(KENAGA, 1986)	(KENAGA, 1986)
ALFA HCH	83-75	280.8	C ₆ H ₆ Cl ₆			
BETA HCH	35586	280.8				
GAMA HCH	0.13	280.8		0.15	85 814	911
DELTA HCH	0.08	280.8				
p,p'-DDT	63-77	354.5	C ₁₄ H ₉ Cl ₅	0.0017	880 000	23 800
p,p'-DDD	0.3-0.4	320.1	C ₁₄ H ₁₃ Cl ₃			
p,p'-DDE	-					
ALDRIN	> 95	364.9	C ₁₂ H ₄ Cl ₆	0.013	460 000	410
DDELDRIN	> 85	380.9	C ₁₂ H ₄ Cl ₆ O	0.022	305 000	35 600
ENDRIN		380.9	C ₁₂ H ₄ Cl ₆ O	0.024	218 000	34 000
ENDOSULFÁN		408.9	C ₈ H ₆ ClO ₂ S			
ENDOSULFÁN I (ALFA)						
ENDOSULFÁN II (BETA)						
HEPTACLORO	72	373.3	C ₁₀ H ₆ Cl ₇	0.03	238 000	30 000
	18 % de compuestos relacionados					
COMPUESTO	PUNTOS DE FUSIÓN °C	VIDA MEDIA días y/o años	PRESIÓN DE VAPOR mm Hg a 25°C	PRESIÓN DE VAPOR mm Hg a 48°C	PUNTO DE FUSIÓN °C	SFC PECES-H ₂ O
	(METCALF, 1948)	(ALBERT, 1968)	(RBAC, 1973)	(RBAC, 1973)	(METCALF, 1948)	
ALFA HCH	157.5-158			0.06	150-160	
BETA HCH	309			0.17	309-310	
GAMA HCH	112.5	2 años		0.14	112-113	325
DELTA HCH	138-139			0.09	138-139	
p,p'-DDT	108.8	10.5 años				61 600
ALDRIN	104-104.5	5 años	6 X 10 ⁻⁶			10 800
DDELDRIN	175-178	7 años	7.78 X 10 ⁻⁷			5 600
ENDRIN	240-242	10 años	2 X 10 ⁻⁷			4 050
ENDOSULFÁN		50 días				
ENDOSULFÁN I (ALFA)	108	22 días				
ENDOSULFÁN II (BETA)	212	8.3 días				
HEPTACLORO	95-96	4 años	0.0004			17 400

ANEXO 3

SISTEMA LAGUNAR CHANTUTO, PANZACOLA, CHIAPAS													
ESTACION No.	PLAGUICIDAS ORGANOCORADOS TOTALES EN SEDIMENTOS				CARBONO ORGANICO TOTAL (MATERIA ORGANICA) EN SEDIMENTOS				PORCENTAJES DE LAS FRACCIONES SEDIMENTARIAS AGRUPADAS				
	ABRIL, 1994	JULIO, 1994	FEBRERO, 1995	X	ABRIL, 1994	JULIO, 1994	FEBRERO, 1995	X	% GRAVA	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	% LODO
1	23.17	53.13	ND	38.15	8.14	8.48	13.89	10.17	0.17	23.66	52.47	23.69	76.16
2	36.34	15.45	ND	25.89	1.5	2.08	3.46	2.34	0.01	17.45	48.57	3.98	52.55
3	317.22		ND	317.22	0.97		2.42	1.89	0.64	51.25	36.06	12.05	48.11
4	13.43		ND	13.43	8.34		5.24	6.79	0.35	4.12	22.09	73.45	95.54
5	16.85		ND	16.85	7.51		7.75	7.83	0.19	0.86	93.82	5.33	99.15
6	33.6		44.62	38.11	1.29		0.35	0.82	0.07	79.8	12.55	7.59	20.14
7	63.89	161.62	36.09	87.2	1.49	0.37	2.5	1.45	0.01	93.38	3.39	3.22	6.61
8		9.67	17.45	13.56		5.66	6.01	5.83	0.43	6.01	54.41	36.15	90.58
9		101.99	53.13	77.56		2.18	2.3	2.24	1.33	46.1	42.27	10.3	94.84
10		11.49	21.25	16.37		0.99	5.5	3.24	0.06	89.32	7.58	3.05	10.63
11		3.4	3.69	3.55		10.26	7.07	8.66	0.65	12.35	40.83	46.17	87
12		12.42	4.15	8.29		7.82	6.57	7.19	0.09	4.05	88.6	7.26	95.86
SUMA TOTAL	504.5	369.17	180.38		29.24	37.84	63.06						
X época	72.07	46.15	25.77		4.18	4.73	5.28						
X LAGUNA													

SISTEMA LAGUNAR CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS, MÉXICO													
ESTACION No.	PLAGUICIDAS ORGANOCORADOS TOTALES EN SEDIMENTOS				CARBONO ORGANICO TOTAL (MATERIA ORGANICA) EN SEDIMENTOS				PORCENTAJES DE LAS FRACCIONES SEDIMENTARIAS AGRUPADAS				
	ABRIL, 1994	JULIO, 1994	FEBRERO, 1995	X	ABRIL, 1994	JULIO, 1994	FEBRERO, 1995	X	% GRAVA	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	% LODO
1	17.54	ND	ND	17.54	11.65		8.34	9.39	0.07	9.54	49.12	41.28	90.4
2	190.28		ND	190.28	7.8		6.7	7.25	0.01	5.6	53.59	40.8	94.39
3	223.83		113.9	113.9	7.05		7.37	7.21	0.05	19.04	52.96	27.95	80.91
4	67.61	14.8	10.2	30.8	8.38	6.75	7.13	7.42	0.46	8.79	56.31	34.44	90.75
5	77.16	15.68	15.14	35.99	7.12	7.45	8.57	7.71	0.46	2.25	51.18	16.12	97.3
6		117.93	22.11	70.02		0.67	8.5	4.59	0.07	94.96	3.48	1.49	49.7
7		138.15	854.44	498.3		2.23	1.65	1.94	0.19	81.21	12.08	6.52	18.6
8			37.93	37.93			6.95	6.95	1.16	11.62	32.18	55.04	87.22
SUMA TOTAL	576.42	288.36	943.8		42	25.28	55.21						
X época	115.28	71.59	157.3		8.4	5.06	6.9						
X LAGUNA													

X = PROMEDIO

ANEXO 1

LISTA DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS (METCALF, 1955)

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTIFICO
ALFA HCH	alfa-1,2,3,4,5,6-Hexaclorociclohexano
BETA HCH	beta-1,2,3,4,5,6-Hexaclorociclohexano
GAMA HCH	gama-1,2,3,4,5,6-Hexaclorociclohexano
DELTA HCH	delta-1,2,3,4,5,6-Hexaclorociclohexano
HEPTACLORO	1,4,5,6,7,8,8-heptacloro-3a,4,7,7a-tetrahidro-4,7-metanoindeno
ALDRÍN	1,2,3,4,10,10-hexacloro-1,4,4a,5,8,8a-hexahidro-1,4-endo,exo-5,8-dimetanonaftaleno
DIELDRÍN	1,2,3,4,10,10-hexacloro-6,7-epoxy-1,-4,4a,5,6,7,8,8a-octahidro-1,4-endo-exo-5,8-dimetanonaftaleno
ENDRÍN	1,2,3,4-10,10-hexacloro-1,4,4a,5,8,8a-hexahido-1,4-endo,endo-5,8-dimetanonaftaleno
p,p'-DDD	2,2-Bis (p-clorofenil)-1,1,1-dicloroetano
p,p'-DDT	2,2-Bis (p-clorofenil)-1,1,1-tricloroetano

ANEXO 2

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS						
COMPUESTO	% EN LA MEZCLA	PESO MOLECULAR	FÓRMULA	SOLUBILIDAD EN AGUA	K _{ow}	K _{oc}
	(RBAC, 1973)	(RBAC, 1973)	(RBAC, 1973)	(KENAGA, 1986)	(KENAGA, 1986)	(KENAGA, 1986)
ALFA HCH	65-75	290.8	C ₆ H ₆ Cl ₆			
BETA HCH	35586	290.8				
GAMA HCH	0.13	290.8		0.15	66 814	811
DELTA HCH	0.08	290.8				
p.p'-DDT	63-77	354.5	C ₁₄ H ₉ Cl ₅	0.0017	980 000	23 800
p.p'-DDD	0.3-0.4	320.1	C ₁₄ H ₁₁ Cl ₃			
p.p'-DDE	-					
ALDRÍN	> 95	364.9	C ₁₂ H ₆ Cl ₆	0.013	480 000	410
DIELDRÍN	> 85	380.9	C ₁₂ H ₄ Cl ₆ O	0.022	305 000	35 800
ENDRÍN		380.9	C ₁₂ H ₄ Cl ₆ O	0.024	218 000	34 000
ENDOSULFÁN		408.9	C ₈ H ₆ Cl ₂ S			
ENDOSULFÁN I (ALFA)						
ENDOSULFÁN II (BETA)						
HEPTACLORO	72	373.3	C ₁₀ H ₆ Cl ₇	0.03	238 000	30 000
	18 % de compuestos relacionados					
COMPUESTO	PUNTOS DE FUSIÓN °C	VIDA MEDIA días y/o años	PRESIÓN DE VAPOR mm Hg a 25°C	PRESIÓN DE VAPOR mm Hg a 40°C	PUNTO DE FUSIÓN °C	BPC PECES-H2O
	(METCALF, 1948)	(ALBERT, 1966)	(RBAC, 1973)	(RBAC, 1973)	(METCALF, 1948)	
ALFA HCH	157.5-158			0.06	159-160	
BETA HCH	309			0.17	309-310	
GAMA HCH	112.5	2 años		0.14	112-113	325
DELTA HCH	138-139			0.09	138-139	
p.p'-DDT	108.5	10.5 años				81 800
ALDRÍN	104-104.5	5 años	6 X 10 ⁻⁸			10 800
DIELDRÍN	175-178	7 años	7.78 X 10 ⁻⁷			5 800
ENDRÍN	240-242	10 años	2 X 10 ⁻⁷			4 050
ENDOSULFÁN		50 días				
ENDOSULFÁN I (ALFA)	106	22 días				
ENDOSULFÁN II (BETA)	212	8.3 días				
HEPTACLORO	95-98	4 años	0.0004			17 400

ANEXO 3

SISTEMA LAGUNAR CHANTUTO, PANZACOLA, CHIAPAS														
ESTACIÓN No.	PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS TOTALES EN SEDIMENTOS				CARBONO ORGÁNICO TOTAL (MATERIA ORGÁNICA) EN SEDIMENTOS				PORCENTAJES DE LAS FRACCIONES SEDIMENTARIAS AGRUPADAS					
	ABRIL, 1994	JULIO, 1994	FEBRERO, 1995	X	ABRIL, 1994	JULIO, 1994	FEBRERO, 1995	X	% GRAVA	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	% LODO	
	1	23.17	53.13	ND	38.15	6.14	8.48	13.89	10.17	0.17	23.66	52.47	23.69	76.16
2	36.34	15.45	ND	23.89	1.5	2.08	3.46	2.34	0.01	17.45	48.57	3.96	52.55	
3	317.22		ND	317.22	0.97		2.42	1.69	0.64	51.25	36.06	12.05	48.11	
4	13.43		ND	13.43	8.34		5.24	6.79	0.35	4.12	22.09	73.45	95.94	
5	16.85		ND	16.85	7.51		7.75	7.63	0.19	0.66	93.82	5.33	99.15	
6	33.6		44.62	39.11	1.29		0.35	0.82	0.07	79.8	12.55	7.59	20.14	
7	63.89	161.62	36.09	87.2	1.49	0.37	2.5	1.45	0.01	93.38	3.39	3.22	6.61	
8		9.67	17.45	13.56		5.66	6.01	5.83	0.43	8.01	54.41	36.15	90.56	
9		101.99	53.13	77.56		2.18	2.3	2.24	1.33	46.1	42.27	10.3	94.84	
10		11.49	21.25	16.37		0.99	5.5	3.24	0.06	89.32	7.58	3.05	10.63	
11		3.4	3.69	3.55		10.26	7.07	8.66	0.65	12.35	40.83	46.17	87	
12		12.42	4.15	8.29		7.82	6.57	7.19	0.09	4.05	88.6	7.26	95.86	
SUMA TOTAL	504.5	369.17	160.38		29.24	37.84	63.06							
X ÉPOCA	72.07	46.15	25.77		4.16	4.73	5.26							
X LAGUNA														

SISTEMA LAGUNAR CARRETAS-PEREYRA, CHIAPAS, MÉXICO														
ESTACIÓN No.	PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS TOTALES EN SEDIMENTOS				CARBONO ORGÁNICO TOTAL (MATERIA ORGÁNICA) EN SEDIMENTOS				PORCENTAJES DE LAS FRACCIONES SEDIMENTARIAS AGRUPADAS					
	ABRIL, 1994	JULIO, 1994	FEBRERO, 1995	X	ABRIL, 1994	JULIO, 1994	FEBRERO, 1995	X	% GRAVA	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	% LODO	
	1	17.54	ND	ND	17.54	11.65	8.18	8.34	9.39	0.07	9.54	49.12	41.28	90.4
2	190.28		ND	190.28	7.8		6.7	7.25	0.01	5.6	53.59	40.8	94.39	
3	223.83		113.9	113.9	7.05		7.37	7.21	0.05	19.04	52.96	27.95	80.91	
4	67.61	14.6	10.2	30.8	8.38	6.75	7.13	7.42	0.46	8.79	56.31	34.44	90.75	
5	77.16	15.68	15.14	35.99	7.12	7.45	8.57	7.71	0.46	2.25	51.18	16.12	97.3	
6		117.93	22.11	70.02		0.67	8.5	4.59	0.07	94.96	3.48	1.49	4.97	
7		138.15	854.44	496.3		2.23	1.65	1.94	0.19	81.21	12.08	6.52	18.6	
8			37.93	37.93			6.95	6.95	1.16	11.62	32.18	55.04	87.22	
SUMA TOTAL	576.42	286.36	943.8		42	25.28	55.21							
X ÉPOCA	115.28	71.59	157.3		8.4	5.06	6.9							
X LAGUNA														

X = PROMEDIO