

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS IZTACALA

**EVALUACION DE LOS NIVELES DE CONTAMINACION POR
PLAGUICIDAS ORGANOCORADOS EN AGUA Y SEDIMENTO
DE LA LAGUNA DE MECOACAN, TABASCO.**

BO 1349/97
g.3

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G O

P R E S E N T A
TERESA MARISELA URIBE RAMIREZ

LOS REYES IZTACALA, ESTADO DE MEXICO 1997.



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES IZTACALA
JEFATURA DE LA CARRERA DE BIOLOGIA

Los Reyes Iztacala, a 26 de mayo

de 1997

APROBACION DE TESIS

LIC. AMERICA LANDA ROMERO
JEFE DE LA UNIDAD
DE ADMINISTRACION ESCOLAR.
P R E S E N T E .

Por medio de la presente manifestamos a Ud. que como Miembros de la Comisión Dictaminadora del trabajo de Tesis del Pasante de Biología:

TERESA MARISELA URIBE RAMIREZ

titulado:

"Evaluación de los niveles de contaminación por plaguicidas organoclorados en agua y sedimento de la laguna de Mecoaacán Tabasco".

para obtener el grado de Licenciatura, después de haber sido cuidadosamente revisado y realizadas las correcciones que se consideraron pertinentes, declaramos nuestra aprobación del trabajo escrito, ya que reúne las características, calidad y decoro académico del título al que aspira.

A t e n t a m e n t e
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

M. EN C. ALFONSO LUGO VAZQUEZ

BIOL. HECTOR BARRERA ESCORCIA

BIOL. MARGARITA CANALES MARTINEZ

Q.F.I. RAUL ALFONSO REYES MEJIA

M. EN C. IGNACIO PEÑALOSA CASTRO

(Nombre completo)

Alfonso Lugo Vázquez
Hector Barrera Escorcía
Margarita Canales Martínez
Raul Alfonso Reyes Mejia
Ignacio Peñalosa Castro
(Firma)

EL PRESENTE TRABAJO SE REALIZÓ BAJO LA ASESORÍA DEL **Q.F.I. RAÚL ALFONSO REYES MEJÍA** Y EL **DR. ARNULFO ALBORES MEDINA**, EN EL LABORATORIO DE PLAGUICIDAS, SECCIÓN DE TOXICOLOGÍA AMBIENTAL DEL DEPARTAMENTO DE FARMACOLOGÍA Y TOXICOLOGÍA DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL.

Agradezco a Dios por haberme permitido realizar una de mis metas propuestas.

Este trabajo se lo dedico con amor y agradecimiento a
MIS PADRES

Camerino y Delfina

Por su apoyo y comprensión a lo largo de mi vida

Con amor a mis hermanos

Angélica, Fabiola y Fernando

Por su apoyo y estímulo en la realización de mis metas

Con cariño y respeto a mis abuelitos

Amado, Manuel, Mercedes y Agripina.

Por su confianza en mi

Gracias al **Q.F.I. Raúl A. Reyes Mejía**, por su asesoría, amistad y paciencia para la realización de este trabajo

Agradezco al **Q.F.I. Lucio Muñoz Cabrera y a la Secretaría de Pesca,**
por el muestreo y traslado de las muestras para este trabajo

A mis amigos:

Yolanda, Angélica, Marisela, Araceli, Angela, Raquel, Sabas y Stephanie

Por su amistad y estímulo para seguir adelante

A mis compañeros del departamento de Farmacología y Toxicología por su
amistad y ayuda incondicional

A mis amigos y compañeros de laboratorio

Rosa María, Araceli, Patricia, Ma. de los Angeles, Sandra y Victor

por su amistad y apoyo a lo largo de este trabajo

Gracias

RESUMEN

La contaminación ambiental es uno de los problemas que ha ido aumentando en los últimos años, la cual ha sido causada por el uso indiscriminado de compuestos químicos para diversos fines. Un ejemplo de estos compuestos son los plaguicidas organoclorados, los cuales han tenido una función muy importante en el control de enfermedades transmisibles como paludismo, dengue y otras más, además de contribuir de la misma manera al desarrollo agrícola.

Este tipo de compuestos presentan alta estabilidad química, además son muy solubles en grasas lo que les permite almacenarse en los tejidos animales y vegetales así como adherirse a partículas suspendidas en agua y sedimentos de los sistemas acuáticos.

La presencia de estos plaguicidas en el medio ambiente marino, ha sido reportada en numerosos trabajos científicos, siendo de especial interés su dispersión en zonas estuarinas y costeras; en donde se desarrollan numerosas especies de valor ecológico y comercial, las cuales son afectadas ya que pueden tomarlos directamente del agua ó a través del alimento donde estos compuestos están preconcentrados.

De ahí la importancia de establecer criterios de control de estos compuestos, para una vigilancia en zonas costeras y estuarinas afectadas por la presencia de los plaguicidas organoclorados los cuales constituyen un riesgo tanto ambiental como de salud a corto y largo plazo.

Por lo anterior se realizó la evaluación de los niveles de plaguicidas organoclorados por cromatografía de gases con detector de captura de electrones en agua, sedimentos y ostiones en la laguna de Mecocacán, Tabasco.

Encontrándose que los plaguicidas más ampliamente distribuidos en aguas, sedimentos y ostiones fueron: HCH- γ y sus isómeros, HCB.

Presentándose las concentraciones más altas durante el mes de Mayo en aguas y en sedimentos y ostiones en el mes de Septiembre.

Los niveles de concentración de los plaguicidas se encontraron de la siguiente manera:
agua > ostiones > sedimentos.

INDICE

	Pagina
LISTA DE ABREVIATURAS	ii
1.- INTRODUCCION	1
1.1 GENERALIDADES DE LOS PLAGUICIDAS	3
1.1.1 Derivados halogenados de hidrocarburos aromáticos	3
1.1.2 Derivados halogenados de hidrocarburos alicíclicos	4
1.1.3 Derivados halogenados de hidrocarburos ciclodiénicos	5
1.2 TOXICOLOGIA DE PLAGUICIDAS ORGANOCORADOS	5
1.2.1 Toxicidad crónica	5
1.2.2 Toxicidad aguda	6
1.2.3 Toxicidad de los plaguicidas hacia los organismos acuáticos	7
1.3 FUENTES DE CONTAMINACION DEL MEDIO AMBIENTE POR PLAGUICIDAS	9
1.3.1 Movilidad de los plaguicidas en el medio ambiente	9
1.3.2 Plaguicidas organoclorados en agua	10
1.3.3 Plaguicidas organoclorados en sedimento	10
1.3.4 Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente marino	12
1.3.5 Plaguicidas organoclorados en organismos marinos	12
1.4 BIOLOGIA DEL OSTION	13
1.4.1 Aspectos generales de la biología del ostión	13
1.4.2 Ciclo biológico	14
1.4.3 Epocas de reproducción del ostión en México	14
1.4.4 Plaguicidas organoclorados en bivalvos	15
1.5 OBJETIVO	17
2.- DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	18
2.1 Localización	18
2.2 Clima	19
3.- COLECTA DE MATERIAL	21
3.1 Muestreo	21
3.1.1 Sedimentos	21
3.1.2 Agua	21
3.1.3 Ostiones	22
4.- MATERIALES Y METODOS	23
4.1 Reactivos, adsorbentes y disolventes	23
4.1.1 Preparación de estándares	24
4.1.2 Cromatografía de gases	25
4.1.3 Identificación y cuantificación de plaguicidas organoclorados	26
4.1.4 Calculos de los resultados	27
4.2 ANALISIS QUIMICO	28
4.2.1 Extracción y purificación de plaguicidas organoclorados en muestras de agua	28
4.2.2 Extracción y purificación de plaguicidas organoclorados en muestras de sedimento	29
4.2.3 Extracción y purificación de plaguicidas organoclorados en muestras de ostiones	31
4.3 CONTROL DE CALIDAD	36
4.3.1 Análisis de recuperación	36
4.3.2 Análisis de duplicados	36

5.- RESULTADOS	39
5.1 PLAGUICIDAS EN AGUA	39
5.1.1 Plaguicidas alicíclicos	39
5.1.2 Plaguicidas ciclodiénicos	40
5.1.3 Plaguicidas aromáticos	41
5.2 PLAGUICIDAS EN SEDIMENTO	51
5.2.1 Plaguicidas alicíclicos	51
5.2.2 Plaguicidas ciclodiénicos	52
5.2.3 Plaguicidas aromáticos	53
5.3 PLAGUICIDAS EN OSTIONES	63
5.3.1 Plaguicidas alicíclicos, ciclidiénicos y aromáticos	63
6.- DISCUSION DE RESULTADOS	65
6.1 Agua	66
6.2 Sedimento	67
6.3 Ostiones	68
7.- CONCLUSIONES	76
8.- BIBLIOGRAFIA	78
9.- ANEXO	83

LISTA DE ABREVIATURAS

p,p'- DDT	Diclorodifeniltricloroetano
p,p'- DDE	Diclorodifenildicloroetileno
p,p'- DDD	Diclorodifenildicloroetano
HCH	Hexaclorobenceno
Epox. de Hepta.	Epóxido de heptacloro
Endosul.	Endosulfano
Sed.	Sedimentos
Org.	Organismos
G.P	Grado plaguicida
v/v	Volumen/volumen
ng/L	Nanogramos/litro
ng/g	Nanogramos/gramo
g/ml	Gramos/mililitro
ppb	Partes por billón
μl	Microlitros
μg	Microgramos
Σ-HCH	HCH-α + HCH-γ + HCH-β
Σ-DDT	p,p'-DDE + p,p'-DDD + p,p'-DDT
e.e	Error estandar

1.- INTRODUCCION

Debido al gran avance científico y tecnológico de la sociedad actual, en los últimos años se ha presentado el problema que se conoce como contaminación ambiental. la cual es causada por el uso indiscriminado de compuestos químicos para diversos fines, un ejemplo de ello son los plaguicidas organoclorados.

Los plaguicidas han tenido una función muy importante en el control de enfermedades transmisibles como el paludismo, dengue, tifo y otras más. De la misma manera han contribuido en el desarrollo agrícola.

La historia de los plaguicidas organoclorados comenzó en 1939 cuando se descubrió el DDT el cual se empleó abundantemente después de la segunda guerra mundial. Pero en 1946, se observó que muchos insectos habían desarrollado resistencia al DDT ocasionando con esto que se crearan plaguicidas organoclorados más potentes como el hexaclorobenceno, los derivados del hexaclorociclohexano (lindano), toxafeno y endrín (Martínez, 1982 y Botello, 1982).

Los compuestos organoclorados son plaguicidas de amplio espectro cuya propiedad más destacada es su alta estabilidad química. Además son muy solubles en grasas lo que les permite almacenarse en los tejidos animales y vegetales por el traslado a través de la cadena alimenticia y pueden adherirse a partículas suspendidas en agua y sedimentos de los sistemas acuáticos y en la materia orgánica del suelo (Alpuche, 1991).

El aire constituye una ruta importante para el transporte y distribución de plaguicidas a sitios muy diversos y distantes de aquel donde se aplicaron originalmente. Estos compuestos pueden encontrarse en forma de vapor, aerosol, o bien asociados con partículas sólidas. Estos están sujetos a transformaciones químicas y fotoquímicas debido a la presencia de agentes oxidantes y catalíticos (Alpuche, 1991 ; Mcewen, 1977).

Cuando los plaguicidas llegan al medio acuático son rápidamente absorbidos por los sedimentos, la materia coloidal, la vegetación acuática, los invertebrados acuáticos, y los peces (Rosales y Alvarez 1979).

Las especies acuáticas son especialmente sensibles a este tipo de compuestos, especialmente en sus estadios tempranos de desarrollo ya que el mecanismo a través del cual respiran, o se alimentan muchas de ellas, hace que grandes cantidades de agua sean filtradas a través de su organismo ocasionando que los compuestos organoclorados presentes en el agua se concentren en aquellos órganos y tejidos con mayor contenido graso (Rosales, 1979).

El interés por estudiar y evaluar la contaminación y los efectos de las actividades humanas en las áreas costeras y estuarinas nació a partir de una serie de hechos alarmantes tales como: el incremento de los derrames petroleros, la presencia de breas y alquitranes en la superficie del mar y de las playas cercanas a las principales rutas de transporte marítimo (Jeffrey, 1974), las altas concentraciones de metales tóxicos en peces y organismos marinos de importancia comercial (Jernelov, 1974) y la amplia distribución de residuos de hidrocarburos organoclorados en los organismos marinos de diferentes regiones geográficas del mar.

La contaminación en el medio marino por plaguicidas organoclorados ha ocasionado problemas en la salud de especies marinas, ocasionando con ello una alta mortalidad en especies que constituyen un recurso explotable para el hombre como los peces, crustáceos y moluscos.

Los moluscos, especialmente los bivalvos, son organismos filtroalimentadores los cuales en comparación con otros organismos marinos pueden soportar cambios bruscos en su medio ambiente, además de ser capaces de acumular en sus tejidos altas concentraciones de compuestos tóxicos (Rosales, 1979).

Los ostiones y mejillones, han sido utilizados ampliamente como organismos "centinela" como indicadores de contaminación, debido a que tienen la capacidad de acumular contaminantes como hidrocarburos (De Lappe, 1979; Koeman, 1968; Risebrough, 1976), metales pesados y compuestos radiactivos, sin sufrir intoxicaciones (Di Salvo 1975; Clark, 1973; Marchand, 1980; Tripp, 1985; Stepheson, 1979; Young, 1973).

En estudios realizados en ostiones (*Crassostrea virginica*) de las principales lagunas costeras del Golfo de México se detectó que el plaguicida que se encontraba presente en mayor concentración era el DDT y sus metabolitos con niveles entre 0.06 y 28 ppb, otros plaguicidas que se detectaron en menor concentración fueron: dieldrín, aldrín, HCB, endosulfano β y endrín. Los niveles de concentración más altos se han detectado en las cercanías de las áreas industriales o centros urbanos como los litorales de Veracruz y Tabasco (Botello, 1992; Rosales, 1979).

Salas, en 1986, realizó un estudio de plaguicidas organoclorados en sedimentos de la laguna de Meccoacán, Tabasco, encontrando que los niveles de concentración para la Σ - DDT oscilaban entre 163 -360.5 ppb, dieldrín de 10.4 - 157.2 ppb y la Σ -HCH de 29.4 - 80.9 ppb.

El Sistema lagunar de Mecoaacán se ubica en la zona litoral de Tabasco en el Golfo de México; esta laguna tiene un área aproximada de 5,168 ha. Entre la fauna acuática de interés económico se encuentra el camarón, tortuga verde y bancos de muchas especies de peces tales como el mujil, robalo, mojarra de mar, sábalo grande y pámpano, los que se reproducen y desarrollan en este sistema lagunar.

El 3% del área del sistema estuarino-lagunar de Mecoaacán lo ocupan bancos ostrícolas distribuidos de manera natural en la bocana de la laguna (Contreras, 1985).

Uno de los problemas ecológicos que se ha presentado en los últimos 20 años en esta laguna es la contaminación causada por hidrocarburos, metales pesados y plaguicidas ocasionando con ello una alta mortalidad de varias especies de importancia comercial (Castro, 1981; Gold, 1992). Pero en 1993 el problema se agravó aún más, para los pescadores de esta laguna ya que la producción de ostión y mojarra disminuyó hasta un 90 %. Por lo que creimos necesario la realización de un estudio ambiental en este sistema lagunar en relación a plaguicidas organoclorados, cuyos resultados permitieran la identificación de las diversas fuentes de origen, la concentración actual, la liberación y dispersión de estos contaminantes orgánicos; para así poder determinar el posible impacto que estos compuestos tuvieran sobre el ambiente y las poblaciones biológicas que se desarrollan en este importante sistema lagunar del Golfo de México.

1.1. GENERALIDADES DE LOS PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS

Una de las propiedades más importantes de los plaguicidas organoclorados es su persistencia en el ambiente, tanto biótico como abiótico, su persistencia se debe a que sus estructuras químicas son muy estables por lo que se degradan lentamente solo en condiciones ambientales extremas y a pH alcalino.

Entre los plaguicidas organoclorados los más importantes por las cantidades que se emplean debido a su bajo costo y por sus propiedades de bioacumulación son:

1.1.1. Derivados halogenados de hidrocarburos aromáticos

El compuesto más importante de este grupo es el diclorodifeniltricloroetano ó DDT. El DDT técnico es una mezcla compleja de compuestos que contienen entre un 75 y 76 % de p,p'- DDT el cual es el único que presenta propiedades insecticidas importantes.

Las propiedades químicas y bioquímicas del DDT se deben a la presencia de anillos aromáticos clorados y el grupo del tricloroetilo. El p,p'-DDT es muy estable bajo ciertas condiciones, ya que en presencia de un alcali fuerte, o durante su detoxificación este compuesto se transforma en p,p'-DDE, el cual no tiene propiedades insecticidas pero es más estable y persistente que el DDT. Las propiedades fisicoquímicas de sus análogos, entre ellos; el p,p'-DDD o TDE son similares a las del DDT (Kay, 1973; Mendez, 1976; Vega, 1977; Zweig, 1973).

Modo de acción

Estos compuestos tienen afinidad por las membranas biológicas, por lo que pueden unirse con las lipoproteínas de la membrana nerviosa y alterar la permeabilidad de los iones sodio y potasio. En mamíferos, peces y algunos insectos los síntomas debidos al contacto con el DDT y sus análogos son hiperactividad y convulsiones seguidas por parálisis y muerte, estos síntomas sugieren que existe un efecto sobre los nervios periféricos que provoca una acción muscular involuntaria. (Metcalf, 1971; White, 1971)

1.1.2 Derivados halogenados de hidrocarburos alicíclicos

El principal representante de este grupo es el hexaclorociclohexano γ o lindano. El hexaclorociclohexano técnico es una mezcla en proporciones variables de ocho isómeros y además contiene cantidades menores de subproductos como el heptaclorociclohexano y octaclorociclohexano. Los isómeros difieren en la orientación espacial de los enlaces cloro-carbono y el más tóxico de ellos es el hexaclorociclohexano gama (lindano) que tiene la mayor propiedad insecticida.

Modo de acción

En mamíferos e insectos pueden interactuar con los poros de la estructura lipoproteínica de los nervios del organismo y distorsionar la transmisión de los impulsos nerviosos, pudiendo llegar a causar la muerte del organismo (Metcalf, 1971).

1.1.3 Derivados halogenados de hidrocarburos ciclodiénicos

Los compuestos ciclodiénicos son un grupo de hidrocarburos cíclicos sintéticos. Algunos de los principales compuestos de este grupo son: heptacloro, aldrín, dieldrín y endosulfano, la principal característica química de este grupo es la presencia de un puente endometilénico en la molécula del compuesto; son químicamente estables, pero en presencia de peróxidos del ambiente y de organismos, se oxidan para transformarse en su correspondiente epóxido. por ejemplo el heptacloro se transforma en epóxido de heptacloro, dieldrín y endrín son los epoxi derivados del aldrín y isodrín respectivamente. El epóxido de heptacloro, y endrín son los insecticidas con mayor toxicidad.

Modo de acción

Estos plaguicidas son neurotóxicos y actúan preferentemente en los ganglios nerviosos periféricos, a lo largo de los nervios del organismo, probablemente por formación de cargas complejas de transferencia en la membrana presináptica (Albert, 1990).

1.2 TOXICOLOGIA DE PLAGUICIDAS ORGANOCORADOS

Existen dos tipos de intoxicación, la intoxicación crónica y la aguda.

La intoxicación crónica: es la que se manifiesta a largo plazo debido al continuo contacto con pequeñas cantidades de compuestos químicos, cuando éstos se encuentran en el aire, el agua, los alimentos, etc.

La intoxicación aguda: se manifiesta inmediatamente después de que el organismo estuvo en contacto con el compuesto tóxico. Por lo general, se debe al consumo de cantidades grandes de compuestos químicos y suele clasificarse como accidental, intencional y ocupacional.

1.2.1 Toxicidad crónica

Como se mencionó anteriormente, la toxicidad crónica se presenta después de un periodo de tiempo más largo, a causa de la exposición continua a cantidades pequeñas de plaguicidas o por la ingestión de residuos de plaguicidas a través de los alimentos, el agua y el aire.

Hasta la fecha, los resultados de todas las pruebas de alimentación controlada con plaguicidas organoclorados y por exposición ocupacional a ellos, no han revelado un nivel crítico en el cual causan síntomas de envenenamiento o cambios patológicos en el hombre. También los plaguicidas organoclorados pueden tener efectos negativos sobre la producción y la fertilidad de varias especies animales.

Se han llevado a cabo investigaciones en poblaciones ocupacionalmente expuestas a DDT y se ha sugerido que el DDT juega un papel importante en el desarrollo del cáncer mamario en mujeres (Wolf, 1993), cancer pancreatico (Garabrant, 1992) y leucemias (Faustini, 1993) así como también produce alteraciones en la función reproductiva, como la disminución en la cuenta de espermatozoides (Bercovici, 1983) y incremento en la frecuencia de nacimientos antes de termino (Saxena, 1981; Wassermann, 1982).

En el caso de aldrín y dieldrín por intoxicación, por exposición ocupacional, los afectados presentaron síntomas como, dolor de cabeza, fatiga, pérdida del apetito, pérdida de peso, insomio, pesadillas frecuentes, inhabilidad para concentrarse, pérdida de la memoria e hiperirritabilidad.

La intoxicación por lindano en algunos casos pueden provocar anemia aplástica, además de reacciones alérgicas y daños en la médula ósea (West, 1967)

1.2.2 Toxicidad aguda

Desde el punto de vista toxicológico, los plaguicidas organoclorados son tóxicos principalmente para el sistema nervioso central y desencadenan una variedad de síntomas, entre los cuales se pueden mencionar las alteraciones neuromusculares y de la conducta. También pueden causar alteraciones degenerativas en el hígado y los riñones, así como edemas cerebrales y de la columna vertebral.

Por ejemplo, la intoxicación aguda por DDT para la mayoría de los animales se presenta cuando se alcanza una concentración de 20 mg/l (20ppm) de DDT en la corriente sanguínea. Esta concentración equivale a 4000 veces la dosis que se requiere para el control de insectos. Por lo tanto, se puede decir que si el DDT se emplea como insecticida en las cantidades estrictamente necesarias, no producirá intoxicación aguda en los animales superiores.

En el humano, la ingestión de DDT provoca debilidad y mareos, por lo que se puede decir que la intoxicación aguda con DDT no se presentan generalmente síntomas graves, aunque algunas personas pueden ser más susceptibles.

El lindano es más tóxico que el DDT, su dosis letal media es de 190 mg/kg en ratas, los síntomas son similares a los del DDT.

Los síntomas de la intoxicación aguda por aldrín y dieldrín son los mismos que se mencionaron antes, sólo que cuando al animal intoxicado aparentemente se ha restablecido, los síntomas se pueden presentar nuevamente. Esto puede suceder hasta después de que ha transcurrido un mes de la intoxicación inicial. La dosis letal media del aldrín y dieldrín en el hombre es de 10 mg/kg, por lo que se considera más tóxico que el DDT (Vega, 1977)

1.2.3 Toxicidad de los plaguicidas hacia los organismos acuáticos

Tal vez la mitad de los plaguicidas actualmente en uso son insecticidas y se caracterizan por su selectividad tóxica para artrópodos terrestres. Desafortunadamente, algunas de las especies alimenticias más importantes, como la langosta, el camarón y el cangrejo, son también artrópodos.

Por ello, puede esperarse que estos animales sean muy vulnerables a los efectos de los insecticidas desarrollados para aniquilar a los artrópodos terrestres.

Como regla general, los crustáceos (langosta, camarón etc.), los moluscos (almejas y ostiones), y los peces, son los más sensibles hacia los plaguicidas, seguidos por los anfibios, los reptiles, las aves y los mamíferos (Armienta, 1974)

(Figura 1)



Fig. 1 Orden de sensibilidad de algunos animales hacia los plaguicidas.
(Armienta, 1974)

La interpretación de los resultados obtenidos en el laboratorio sobre la tolerancia de los artrópodos marinos hacia los plaguicidas es muy difícil ya que, ordinariamente, la toxicidad se evalúa en términos de mortalidad.

En el caso del camarón y el cangrejo, los efectos tóxicos de los plaguicidas se manifiestan, primero, en un aumento de la irritabilidad y, luego en pérdida del equilibrio y parálisis (Loosanof, 1960). En el laboratorio, el animal paralizado puede sobrevivir por días o semanas antes de sucumbir, mientras que, en la naturaleza, es una presa fácil para otros animales.

Por lo que se refiere al camarón, las post-larvas y los camarones juveniles son, en general, menos resistentes que los camarones adultos y que los cangrejos a la intoxicación por plaguicidas.

Además, debido a que los camarones se reproducen y se desarrollan en los estuarios, y a que éstos están relativamente cercanos a las fuentes de contaminación, las formas juveniles de camarón están muy expuestas a concentraciones altas de plaguicidas, por lo que los índices de mortalidad en ellas pueden ser elevados.

Por lo que se refiere a la sensibilidad de los ostiones y almejas hacia los plaguicidas es de particular interés debido a que como viven suspendidos en las aguas estuarinas, son especialmente vulnerables a cualquier cambio químico en el ambiente fluido que los rodea. Además, las formas adultas permanecen inmóviles sobre el fondo por lo que se encuentran imposibilitadas para moverse y salir de las aguas contaminadas.

Por otra parte los moluscos poseen la propiedad de almacenar plaguicidas organoclorados en sus tejidos, y de concentrarlos hasta 1000 veces más con respecto a las cantidades presentes en el ambiente (Loosanoff, 1947; Davis, 1960)

Se ha observado que los efectos de algunos plaguicidas sobre las larvas y los huevos de almeja y ostión, son en razón de su crecimiento.

La reacción de los ostiones maduros a los plaguicidas debe observarse a bajas concentraciones, ya que si éstas son altas, ó el medio es demasiado irritante para el ostión, éste cierra su concha; al hacerlo, deja de alimentarse y evita, por lo tanto, la acción tóxica de los contaminantes. Al igual que sucede con las formas juveniles, la toxicidad de los plaguicidas hacia los ostiones maduros se observa, inicialmente, en la disminución del crecimiento. (Davis, 1960)

1.3 FUENTES PRINCIPALES DE CONTAMINACION DEL MEDIO AMBIENTE POR PLAGUICIDAS

A. Intencionales

Aplicación directa sobre:

- 1.- Animales
- 2.- Cultivos
- 3.- Suelos
- 4.- Agua (control de mosquitos, etc.)
- 5.- Uso doméstico

B. No - intencionales

- 1.- Desechos industriales
 - a) Fabricación de plaguicidas
 - b) Desechos la industria alimentaria
- 2.- Corrientes de aire, lluvias, nevadas, etc.
- 3.- Animales muertos y heces de animales

1.3.1 Movilidad de los plaguicidas en el medio ambiente

Los plaguicidas que se aplican como rocíos aéreos en solución, como polvos ó directamente al suelo, en donde finalmente se acumulan, se degradan, y se mueven hacia el aire, el agua y los organismos invertebrados, distribuyéndose por todo el medio ambiente.

Por lo tanto, actualmente se pueden encontrar los residuos de estos plaguicidas en toda clase de ecosistemas, aún en lugares donde nunca se han aplicado.

En la (Figura 2), se observa un esquema con la distribución de los plaguicidas organoclorados en el medio ambiente, lo que nos muestra que estos compuestos se encuentran ampliamente distribuidos en aguas, suelos y organismos.

La presencia de estos residuos en la vida animal y vegetal ha producido efectos inesperados. Entre estos se pueden mencionar los daños de las plantas debidos a la fitotoxicidad y los cambios en la vegetación y la microflora. En animales domésticos y salvajes se han encontrado que los residuos de plaguicidas han ocasionado efectos fisiológicos dañinos y mortalidad en ciertas especies de animales, por ejemplo en las poblaciones de aves, ocasionan cambios en el metabolismo del calcio y en el metabolismo de hormonas sexuales provocando con ello una disminución de huevos así como una disminución en el nacimiento de aves debido a la cáscara delgada de los huevos, (Zweig, 1973; Kay, 1973) además de que metabólicamente ocasionaban una inducción de las enzimas microsomaes hepáticas, bioconcentración de toxicos en sus tejidos y movilización letal (Ewen, 1977).

En mamíferos se ha observado experimentalmente que los efectos son: inhibición del desarrollo sexual, alteraciones metabólicas y enzimáticas, disminución del nivel de actividad física, alteración en el sistema nervioso central, acumulación de estos tóxicos en tejido adiposo y leche, teratogénesis y carcinogénesis (Gopalaswamy, 1984; Kagan, 1985)

1.3.2 Plaguicidas organoclorados en agua

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

Los factores limitantes para la oxidación fotoquímica son el oxígeno y la luz, siendo el primero uno de las más importantes en el inicio de la degradación de los plaguicidas (Patil, 1972).

1.3.3 Plaguicidas organoclorados en sedimento

Una parte considerable de los plaguicidas organoclorados que llegan al mar se depositan rápidamente en los sedimentos costeros (Goldberg, 1979). La absorción puede producirse tanto en partículas orgánicas como minerales (Weber, 1972).

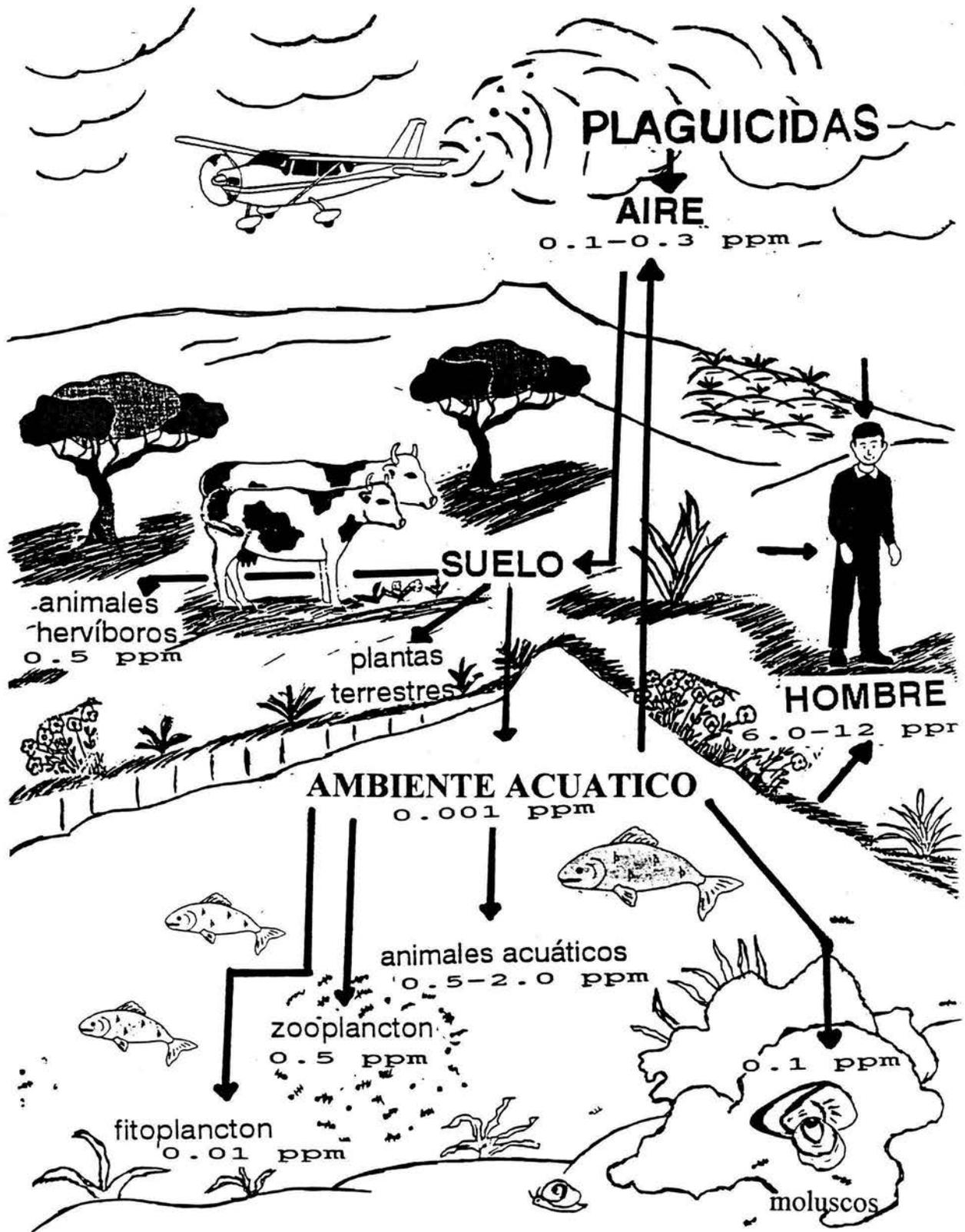


Fig. 2 Distribución de plaguicidas en el medio ambiente

La persistencia de estos compuestos en sedimentos es variable ya que cada tipo de sedimento es un sistema complejo con características determinadas por su origen, tamaño de la partícula, contenido de materia orgánica, pH, contenido de materia coloidal y el tipo de flora y fauna que estén presentes en el sedimento (Weber, 1972)

1.3.4 Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente marino

En el mar, la formación de materia orgánica es un proceso que lo realizan una gran variedad de organismos microscópicos a través de la fotosíntesis. Esta capacidad de producir materia orgánica se conoce como productividad primaria, y está íntimamente relacionada con la capacidad del mar para ser explotado.

La materia orgánica vegetal, una vez formada, es transferida a los animales a través de una compleja red alimenticia, de esta forma, todos los organismos que se encuentran en el mar como: crustáceos, moluscos, peces, cetáceos, etc., ó que dependen de la vida marina, como las aves, están sujetos, en forma fundamental, a la capacidad de formar materia orgánica que poseen estas formas microscópicas (Arenas, 1973).

El DDT y otros plaguicidas organoclorados en general al llegar al mar a través de los ríos, los drenes y por transporte aéreo, son absorbidos pasivamente por organismos microscópicos. Debido a que estas sustancias se caracterizan por su baja solubilidad en el agua y por su gran afinidad hacia las grasas, tienden a concentrarse en la materia orgánica y a ser transferidos, por este medio, a todos los organismos marinos.

Como resultado de este sistema de transferencia y concentración en la cadena alimenticia, los organismos más alejados de los productores primarios presentan una mayor cantidad de plaguicidas en su tejidos, ya que acumularon selectivamente los que se encontraban en todos los organismos de dicha cadena (Armienta, 1974).

1.3.5 Plaguicidas organoclorados en organismos marinos

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

Algunos plaguicidas son particularmente tóxicos al zooplancton, larvas de insectos y poblaciones de peces ya que les provocan la destrucción de branquias y la acumulación en organos específicos como (riñón, hígado y sistema nervioso),

inhibición en la tasa de crecimiento, alteración de la gametogénesis y la fecundación, eliminación de especies sensibles, desfasamiento de desove, inhibición de madurez sexual, reacción más lenta a estímulos externos, baja resistencia a las enfermedades, daño al sistema nervioso central que da como resultado la inestabilidad, dificultades respiratorias y movimientos lentos o inactividad (Alpuche, 1991; Botello, 1986).

1.4 BIOLOGÍA DEL OSTIÓN

En México existen aproximadamente nueve especies de ostión (Reguero, 1987), que son consumidas en diferentes proporciones; de estas nueve especies, tres son explotadas intensamente:

Crassostrea virginica, C. iridescens y C. gigas; esta última introducida al país en la década de los setentas.

Crassostrea virginica (Gmelin, 1791). Conocido comúnmente como ostión americano, esta especie es nativa de la costa norteamericana del Atlántico, su área de distribución en nuestro país abarca el Golfo de México y el Caribe soportando una intensa explotación en las lagunas costeras de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche.

1.4.1 Aspectos Generales de la Biología del Ostión

El ostión es un molusco bivalvo perteneciente a la familia Otreidae; se caracteriza por poseer valvas desiguales con una débil charnela sin dientes; la valva inferior (izquierda) se encuentra fijada al sustrato y es de forma convexa mientras que la valva superior (derecha) es libre y más ó menos aplanada y funciona como opérculo (Barnes, 1990).

Los filamentos branquiales externos están fusionados al manto y sus márgenes son orlados; carecen de pie o éste es muy rudimentario y poseen un solo músculo aductor bastante fuerte.

En su desarrollo larvario presenta un corto período de vida libre de 25 días aproximadamente, al cabo del cual la larva se fija al sustrato duro más apropiado para su desarrollo, formando bancos en las inmediaciones de las bocas de comunicación de las zonas estuario-marinas, en bahías protegidas ó en lagunas costeras.

Las características fisicoquímicas del agua, juegan un papel importante en el desarrollo del ostión; entre éstas, la temperatura y la salinidad son factores primordiales, ya que a temperaturas inferiores a 4°C los organismos entran en

hibernación con una tasa de crecimiento prácticamente nula; por otra parte, este parámetro es determinante en el desarrollo de los procesos reproductivos y nutritivos, manteniéndose dentro del rango comprendido entre 10 y 30°C.

Los ostiones se alimentan principalmente de plancton (diatomeas, dinoflagelados, etc), debido a que son organismos filtradores (Vázquez, 1988).

1.4.2 Ciclo Biológico

El ostión es un organismo dioico (sexos separados) que presenta alternancia de sexos al término del ciclo de reproducción: algunos individuos cambian su género de machos a hembras (protandria) ó de hembras a machos (protoginea).

El cambio de sexo se hace posible debido en parte a la sencillez de su aparato reproductivo. Frecuentemente los organismos tienden a desarrollarse como machos durante su primer ciclo reproductivo, luego en los siguientes ciclos estos organismos presentan subsecuentes cambios protándricos.

Después de que las gonadas alcanzan la madurez, un cambio brusco de temperatura ó salinidad provoca la emisión del esperma de los machos al medio; un componente químico del esperma, una feromona, estimula a las hembras para liberar los huevos. La fertilización se realiza en el agua al encontrarse los huevos con el esperma, dando inicio el desarrollo larvario, el cual comienza con una fase planctónica en la que las larvas forman parte del zooplancton.

Desde el desarrollo larvario hasta la etapa adulta, la dieta del organismo se compone principalmente de microalgas. Las bacterias libres, en colonias y adheridas al sedimento en suspensión son muy importantes desde el punto de vista nutricional; estos organismos tienen también la capacidad de asimilación de materia orgánica disuelta (Bahr, 1981).

1.4.3 Epocas de reproducción del ostión en México

Debido a las diversas condiciones ambientales que se encuentran en el país, los periodos de reproducción de las diferentes poblaciones de ostión varían a lo largo del año en el Golfo de México (Cuadro 1) (Arriaga, 1988).

Cuadro 1. Zonas y periodos de reproducción de ostión (*Crasostrea virginica*) en el Golfo de México

ENTIDAD	PERIODO DE DESOVE	LUGAR DE DESOVE
Tamaulipas	Abril-Junio Octubre-Diciembre	Laguna de San Andrés: canal de la uva, algodones y Bajo Morón. Garzas y Piedra Amarillas, Barras Ostional: Paso de Peñas, Curva Piedra, Ensenada y Estero Sur, Laguna de Morales; Viboreró, Mogotito y Pelicano. Río Soto la Marina: Carretas, Paso de Joaquín y Salinas.
Veracruz	Marzo-Abril	Laguna de Pueblo Viejo: El Quemado, El Tanque, El empilotado, La Ensenada y Frente a Mata de Chávez. Laguna de Tamiahua: Frente a la Ribera, Este de Isla Juana R., Sur de Isla Burros, Canal de Tarabitas, Machungos Sur y Estero de Milpas. Laguna de Tampamachoco: Ensenada de Martínez y Frente a la Cooperativa Vieja. Río Tuxpan: Frente a Jardines Laguna de Mandinga: Laguna Larga.
Tabasco	Marzo-Abril Agosto-Septiembre	Laguna Machona: El Triángulo y El Chichal. Laguna del Carmen: El Macayo y Frente a la Barra. Laguna Mecoacán: Gra-ya, Belice I, Belice II, Paso el Boyote y Longaniza.
Campeche	Mayo-Junio	Boca de Atasta, Palizada Vieja, Boca de San Francisco y Estero Pargo.

(Arriaga y Rangel, 1988)

1.4.4 plaguicidas organoclorados en bivalvos

Por lo que se refiere a la sensibilidad hacia los plaguicidas, los ostiones y almejas presentan características de particular interés, ya que sus estados larvarios, por vivir suspendidos en aguas estuarinas, son especialmente vulnerables a cualquier cambio químico en el ambiente fluido que los rodea. Además, las formas adultas permanecen inmóviles sobre el fondo y, por lo tanto, se encuentran imposibilitadas para moverse y salir de las aguas contaminadas.

La reacción de los ostiones maduros a los plaguicidas debe observarse a bajas concentraciones, ya que si éstas son altas, ó el medio es demasiado irritante para el ostión, y éste cierra sus valvas; al hacerlo, deja de alimentarse y evita, por lo tanto, la acción tóxica de los contaminantes.

La toxicidad de los plaguicidas hacia los ostiones tanto juveniles como maduros se observa inicialmente en la disminución de crecimiento. Cuando la exposición es prolongada el crecimiento puede cesar completamente y se presenta una elevada mortalidad (Davis, 1960)

Si los ostiones que sobreviven son transferidos a aguas no contaminadas, se observa una franca recuperación, lo que sugiere que los plaguicidas no se almacenan permanentemente. Sin embargo, los datos obtenidos hasta ahora son insuficientes para hacer una afirmación definitiva (Vivarés, 1992).

1.5 OBJETIVO

Cuantificar las concentraciones de plaguicidas organoclorados en los diferentes sustratos de la laguna de Mecoacán, Tabasco.

Objetivos particulares:

- 1.- Determinar y cuantificar en agua y sedimento los siguientes plaguicidas organoclorados: HCH- α , HCH- γ , HCH- β , aldrin, heptacloro, epóxido de heptacloro, HCB, dieldrin, endrín, endosulfano α , endosulfano β , sulfato endosulfano, p,p'-DDE, p,p'-DDD, p,p'-DDT durante los meses de Mayo, Septiembre y Diciembre de 1993 en la laguna de Mecoacán, Tabasco.
- 2.- Determinar si existen diferencias temporales en la concentración de los plaguicidas organoclorados en agua y sedimento en el área de estudio.
- 3.- Determinar si existe alguna relación entre la concentración de los plaguicidas organoclorados detectados en agua y sedimento con las épocas de aplicación en las cosechas.
- 4.- Realizar un estudio preliminar durante los meses de Septiembre y Diciembre de los niveles de bioconcentración de los siguientes plaguicidas: HCH- α , γ , β , aldrin, heptacloro, epóxido de heptacloro, HCB, dieldrin, endrín, endosulfano α , endosulfano β , sulfato endosulfano, p,p'-DDE, p,p'-DDD, p,p'-DDT en el banco de ostión Crassostrea virginica de la laguna de Mecoacán, Tabasco.

2.- DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

2.1 Localización

El sistema lagunar de Mecoacán se ubica en la zona litoral de Tabasco, en el litoral del Golfo de México y entre los meridianos $93^{\circ} 04'$ y los paralelos $18^{\circ} 16'$ y $18^{\circ} 26'$, forma parte del cuerpo deltaico de los ríos Grijalva y Usumacinta.

La laguna tiene un área aproximada de 5,168 ha. Su eje principal se orienta en dirección este-oeste y es paralelo a la línea de costa, mide 11.5 Km de norte a sur, y en su parte más ancha, 7 Km.

La profundidad de este cuerpo acuático oscila entre 0.30 y 2.30 m, y el promedio es de 1 m. El canal de acceso al mar registra algunos tramos con honduras de 8 m y se localiza al norte. La laguna es un par de canales en forma de pinzas que se abren permanentemente al mar a través de la Barra de dos bocas. Por la parte este de la laguna desemboca el río Escarbado (15 m de ancho), el cual sirve de enlace con el río González, que llega al Golfo de México. En la parte sureste se localiza el río Cuxcuchapa (15 m de ancho); el río Seco desemboca al noroeste de la laguna con un ancho aproximado de 100 m. Al sur se encuentra la laguna Tilapa es la prolongación de agua anexa más importante de la laguna de Mecoacán. Por el suroeste se encuentra la Ensenada del Chivero. La boca de acceso de la laguna a los canales de intercomunicación con el Océano se conoce como Boca Grande y se localiza en la parte norte del sistema.

El aporte principal de materia orgánica proviene del manglar que rodea a la laguna, así como del lirio acuático arrastrado por los ríos que desembocan en la misma, además, también introducen lirio las corrientes provenientes de otros ríos que desembocan el mar, como es el caso del río González (Contreras, 1985).

Las poblaciones más cercanas a la laguna son: Puerto Ceiba y Paraíso.

Los principales cultivos de temporal que se encuentran cercanos a la laguna son de maíz y frijol, además de que se encuentran como cultivos permanentes el mango y la piña. (Figura 3)

2.2 Clima

El clima característico del Estado de Tabasco es cálido húmedo (García, 1973).

La temperatura media anual es de 26°C, siendo su máxima temperatura en el mes de Julio con 28°C y su extrema máxima de 42°C, la mínima extrema es de 10°C en el invierno.

La precipitación media anual a lo largo de la costa es del orden de 1800 mm y un promedio de 4000 mm en las estribaciones de la Sierra de Chiapas; la evaporación media anual es de 1600 mm.

Los meses lluviosos son de Junio a Septiembre con una precipitación media de 240 mm, siendo el mes de Septiembre el más lluvioso con una precipitación media de 350 mm. Las lluvias son intensas en casi todo el año y los meses de Enero, Febrero, Marzo y Abril constituyen una temporada relativamente seca, que representa solo el 15% de la lluvia total anual. Tiene un escurrimiento medio anual de 300 mm, siendo el máximo en Octubre y el mínimo en el mes de Abril.

Los vientos dominantes en el área se presentan con rumbo noreste-sureste y tienen una velocidad media de 5 a 8 Km/h. En los meses de Octubre y Noviembre, es cuando se presentan perturbaciones meteorológicas (nortes), con rumbo norte-noreste (Castro, 1981).

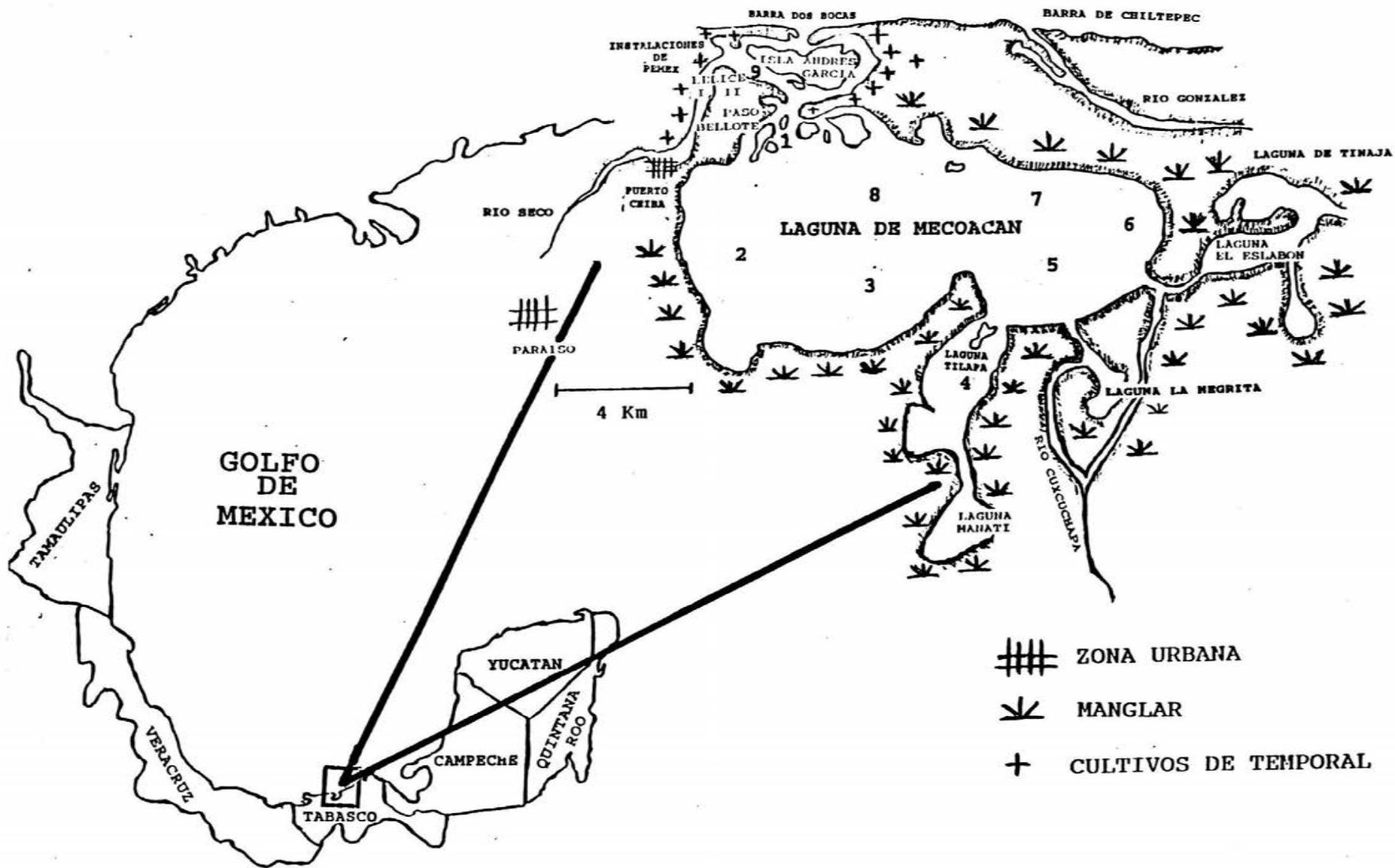


Fig. 3 Estaciones de muestreo en la laguna de Meacoacán, Tabasco.

3.- COLECTA DE MATERIAL

3.1 Muestreo

La colecta de material fue realizada por personal capacitado de la Secretaría de Pesca, bajo la supervisión del Q.F.I. Lucio Muñoz Cabrera.

Las nueve estaciones de muestreo fueron seleccionadas de manera tal que se cubriera toda la superficie de la laguna, en ella se realizaron tres muestreos durante los meses de Mayo (inicio del ciclo agrícola e inicio de lluvias), Septiembre (época de lluvias), y Diciembre de 1993 (época seca), en estos meses se obtuvieron muestras de agua y sedimento.

El muestreo de ostiones (*Crassostrea virginica*) solo se realizó en las estaciones 1 y 9, ya que en estos lugares se localizan las principales zonas de fijación de estos organismos, la colecta se llevó a cabo durante los meses de Septiembre y Diciembre de 1993. En el mes de Mayo no se obtuvo muestra debido a que los organismos eran muy pocos y demasiado pequeños.

3.1.1. Sedimentos

En las estaciones de la 1 a la 9 se colectaron aproximadamente un 500 g. de sedimento en frascos de vidrio previamente lavados con acetona y hexano, los cuales se mantuvieron a una temperatura entre los 0° y 4° C hasta el momento de su análisis.

3.1.2 Agua

En las estaciones de la 1 a la 9 se colectaron aproximadamente 1 litro de agua en un recipiente de vidrio color ámbar previamente lavado con acetona y hexano, los cuales se mantuvieron a una temperatura entre los 0° y 4° C hasta el momento de su análisis.

3.1.3 Ostiones

Los ostiones fueron obtenidos de las estaciones 1 y 9 durante los meses de Septiembre y Diciembre, se colectaron 20 organismos de cada una de las zonas, los cuales fueron desconchados y colocados en frascos de vidrio previamente lavados con acetona y hexano, y se mantuvieron a una temperatura entre los 0° y 4° hasta el momento de su análisis.

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

4.- MATERIALES Y METODOS

Para realizar el análisis de los plaguicidas organoclorados se deben tener ciertas precauciones, que van desde el lavado del material y su almacenamiento hasta la limpieza del extracto de la muestra, con la finalidad de evitar el deterioro de la columna y mantener el cromatógrafo operando apropiadamente. Los extractos de las muestras (tejido de organismos, aguas, leches, sedimentos etc.) generalmente contienen grandes cantidades de aceites, grasas y pigmentos, éstos pueden ocasionar problemas serios en el análisis como son: degradación de los plaguicidas, bajo porcentaje de recuperación, pérdida de sensibilidad y coleo de picos. La contaminación de reactivos, material de vidrio, equipo de extracción y jeringas de inyección pueden causar interferencias conduciendo a datos incorrectos ya que las técnicas detectan residuos que se encuentran en el orden de partes por billón, y se trabaja con métodos analíticos muy sensibles como es el de la cromatografía de gases con detector de captura de electrones. Los problemas que puede causar el material mal lavado, disolventes o reactivos "impuros" son muy graves ya que pueden interferir en el análisis haciendo aparecer picos extraños, en el cromatograma, o traslaparse con los picos de interés.

4.1 Reactivos, adsorbentes y disolventes

- Florisil malla 60 -100 activado (Sigma)
- Sulfato de sodio anhidro granular activado (72 hrs. a 650° C) (J.T. Baker)
- Acetona grado plaguicida (Baxter)
- Hexano grado plaguicida (Baxter)
- Iso - octano grado plaguicida (Baxter ó J.T. Baker)
- Cloruro de metileno grado plaguicida (Baxter)
- Gel de sílice malla 230 -400 (Sigma)
- Benceno grado plaguicida (J.T. Baker)
- Tolueno grado plaguicida (Baxter)
- Polvo de cobre (Baker)
- Eter etílico grado plaguicida (Baxter)

- Acido nítrico reactivo analítico (Analit)
- Agua purificada G.P.
- Estándares de plaguicidas organoclorados:

Aldrin, Dieldrin, Endrin, isómeros del hexaclorociclohexano (HCH): HCH- α , HCH- β , HCH- γ , Hexaclorobenceno, Heptacloro, Epóxido de heptacloro, Endosulfano α , Endosulfano β , Sulfato endosulfano, p,p'-DDE, p,p'-DDD, p,p'-DDT. (Soluciones Certificados por la EPA Y NIST) con un rango de pureza de 98 a 99%.

4.1.1 Preparación de estándares

Las soluciones estándares de los plaguicidas organoclorados se preparan basándose en la sensibilidad del cromatógrafo y en la concentración de los plaguicidas que se encuentran comunmente en diferentes alimentos ó sustratos similares analizados y reportados en la literatura.

Para esto, los plaguicidas se pesan y se disuelven en iso-octano para preparar soluciones de concentración de 1×10^{-3} g/ml a partir de las cuales, por diluciones sucesivas, se obtienen soluciones de concentración de 1×10^{-8} a 4×10^{-8} g/ml que se utilizan como estándares para el análisis por cromatografía gas-líquido con detector de captura de electrones.

En estas concentraciones, los cromatogramas de las soluciones estándar deben presentar picos bien definidos y fácilmente cuantificables en las condiciones de operación.

Las mezclas de estándares, utilizadas para el análisis cualitativo fueron las siguientes:

1.- Mezcla NIST :

Hexaclorobenceno, HCH- α , Heptacloro, Aldrin, Epóxido de heptacloro, cis-Clordano, trans-Nonaclor, Dieldrin, Mirex, o,p'-DDE, p,p'-DDE, o,p'-DDD, p,p'-DDD, o,p'-DDT, p,p'-DDT

Todos estos plaguicidas están a una concentración (2×10^{-8} g/ml).

2.- Mezcla I:

Hexaclobenceno, HCH- γ (1×10^{-8} g/ml), Heptacloro, Aldrín, Dieldrín (2×10^{-8} g/ml), Endosulfano- α , Endosulfano- β , Endrín aldehído (4×10^{-8} g/ml)

3.- Mezcla II:

HCH- α (1×10^{-8} g/ml), HCH- β , Aldrín, Epóxido de heptacloro, p,p'-DDE (2×10^{-8} g/ml), p,p'-DDD y Endrín (4×10^{-8} g/ml).

Las mezclas de estándares utilizadas para el análisis cuantitativo son las siguientes:

1.- HCH- α (1×10^{-8} g/ml), HCH- β (2×10^{-8} g/ml),

HCH- γ (1×10^{-8} g/ml)

2.- Hexaclorobenceno (1×10^{-8} g/ml), Endrín Aldehído (4×10^{-8} g/ml)

3.- Endosulfano- α , Endosulfano- β y Sulfato de endosulfano

(4×10^{-8} g/ml)

4.- Aldrín, Heptacloro y Epóxido de heptacloro (2×10^{-9} g/ml)

5.- Aldrín, dieldrín (2×10^{-8} g/ml) y Endrín (4×10^{-8} g/ml)

6.- Aldrín, p,p'-DDE (2×10^{-8} g/ml)

7.- Aldrín, p,p'-DDD (2×10^{-8} g/ml)

8.- Aldrín (2×10^{-8}) y p,p'- DDT (6×10^{-8} g/ml)

4.1.2 Cromatografía de gases

El análisis de las muestras se realizó empleando los Cromatógrafos de gases Varian 2400 con detector de captura de electrones y registradores Varian A-25 y Varian modelo 9176, con columnas de vidrio, de 6 pies de largo, 2mm de diámetro interno y $\frac{1}{4}$ pulgadas de diámetro externo, utilizando las siguientes fases estacionarias OV-17 1.5% + OV-202 1.95% y OV- 101 5%, sobre un soporte sólido chromosorb WHP malla 100/120. Como fase móvil se utilizó nitrógeno de alta pureza con trampa de tamiz molecular activado.

Condiciones de operación:

Fases estacionarias:

OV-17 1.5% + OV-202 1.95 %

tc: 190

td: 330

ti: 210

f_N: 30

fa: 30

vc: 0.25

OV-101 5%

tc: 180

td: 330

ti: 200

f_N: 30

fa: 30

vc: 0.25

tc : Temperatura de la columna (°C)

td : Temperatura del detector (°C)

ti : Temperatura del inyector (°C)

f_N : Flujo de nitrógeno.(ml/min).

fa : Flujo auxiliar de nitrógeno (ml/min)

vc : velocidad de la carta (cm / min).

4.1.3 Identificación y cuantificación de plaguicidas organoclorados

Para el análisis cualitativo se inyectaron de manera alternada en uno de los cromatógrafos, alícuotas (2-7 µl) de muestras y de mezclas de estándares dando así una identidad preliminar a los picos de los plaguicidas que coincidieron en tiempos de retención. La confirmación se llevó a cabo por el método de multicolumna (EPA, 1980).

Al confirmar la identidad de los plaguicidas se procedió a la cuantificación de los mismos utilizando el método del estándar externo. Debido a la escasa linealidad del detector de captura de electrones, el cromatograma del estándar y el de la muestra debieron presentar picos de similar altura y obtenerse consecutivamente.

4.1.4 Cálculos de los resultados

Concentración de plaguicidas organoclorados en agua (EPA, 1980)

$$\mu\text{g/l} = \frac{A \times B \times C \times D}{E \times F \times G}$$

Donde:

A = ng del estándar

B = altura del pico de muestra en mm ó número de cuentas de área.

C = volumen del extracto en μl .

D = factor de dilución.

E = altura del pico del estándar en mm ó número de cuentas de área.

F = volumen del extracto inyectado en μl .

G = volumen de muestra extraída en ml.

Concentración de plaguicidas organoclorados en sedimentos y ostiones. (EPA, 1980)

$$\mu\text{g/g} = \frac{h_m}{h_e} \times \frac{V_e}{V_m} \times \frac{C_e}{10^{-6}} \times \frac{\text{Vol. de dilución final}}{\text{Peso de la muestra utilizada en g.}}$$

Donde:

h_m = altura del pico de la muestra en mm ó número de cuentas de área.

h_e = altura del pico del estándar en mm ó número de cuentas de área.

V_e = volumen de inyección del estándar en μl .

V_m = volumen de muestra inyectado en μl .

C_e = concentración del estándar en g/ml.

10^{-6} = factor de conversión de g a μg .

4.2 ANALISIS QUIMICO

4.2.1 Extracción y purificación de plaguicidas organoclorados en muestras de agua (EPA, 1980).

Extracción:

1.- Transferir 250 ml de agua a un embudo de separación y agregar 2.5 g de sulfato de sodio anhidro y 19 ml de cloruro de metileno, agitar vigorosamente durante 2 minutos y esperar hasta que se separen las dos fases.

2.- La fase de cloruro de metileno se hace pasar por una columna empaquetada con sulfato de sodio anhidro granular purificado.

3.- Segunda extracción se repite el paso (1 y 2).

4.- Tercera extracción: se extrae con 12.5 ml de cloruro de metileno y se agita por 2 minutos y esperar hasta que se separen las dos fases.

5.- Los extractos de cloruro de metileno se pasan por una columna que contenga sulfato de sodio anhidro y ésta se enjuaga con 6.5 ml de cloruro de metileno.

6.- Los extractos de cloruro de metileno obtenidos de la extracción se evaporan en un evaporador rotatorio hasta un volumen aproximado de 2 ml se le agrega 3 ó 4 gotas de solución de concentración (tolueno) y 2 ml de hexano (G.P) se evapora a un volumen de 0.5 ml aproximadamente y se repite lo anterior hasta eliminar completamente el cloruro de metileno.

Purificación:

1.- Preparación de gel de sílice: activar el gel de sílice a 175°C por 48 horas. posteriormente se desactiva agregando 1 ml de agua por cada 5 g. de gel activado y agitar en un agitador de rodillos durante 2 hrs para homogenizar.

2.- Preparación de la columna:

a).- Agregar 1 g de gel de sílice desactivado y una pulgada de sulfato de sodio anhidro.

b).- Lavar la columna con 10 ml de hexano (G.P)

c).- Transferir la muestra cuantitativamente a la columna

d).- Recoger el eluato en un matraz balón

e).- Realizar varios lavados al matraz que contiene la muestra hasta a completar 10 ml de hexano (G.P), con la

finalidad de transferir cuantitativamente la muestra. **FRACCION I**

f).- Para obtener la **FRACCION II** se utilizan 15 ml de una mezcla de benceno-hexano (60:40 v/v)

g).- Enjuagar seis veces el matraz que contenía la muestra con 1 ml de la mezcla benceno-hexano y pasar a través de la columna

h).- La muestra se recoge en el mismo matraz de la fracción I

i).- Una vez obtenida la Fracción I y II, esta se evapora a un volumen de 0.5 ml aproximadamente y se transfiere cuantitativamente a un tubo de centrifuga y se lleva a un volumen de 10 ml. con hexano.

j).- Concentrar a 1ml e inyectar 3 μ l en el cromatógrafo de gases equipado con detector de captura de electrones

(Figura 4).

4.2.2 Extracción y purificación de plaguicidas organoclorados en muestras de sedimento (EPA, 1980)

Extracción:

1.- decantar y descartar la capa de agua que está sobre el sedimento, mezclar el sedimento hasta obtener una mezcla homogénea y transferirla a una charola donde se ventile parcialmente y dejarla secar durante 3 días a temperatura ambiente.

2.- Pesar 10 g del sedimento que se desea analizar

3.- Pesar 10 g de sulfato de sodio anhidro y agregarlo al sedimento y mezclar bien en un mortero.

4.- Preparar una columna de vidrio con llave de teflón de 42 cm de largo por 2.2 cm de diámetro interno, empacada con lana de vidrio y una capa de sulfato de sodio

5.- Transferir cuantitativamente a la columna el homogenado del sedimento con sulfato de sodio

6.- Eluir por la columna anterior 50 ml de una mezcla acetona-hexano 1:1, y recoger el eluato en un matraz balón de 100 ml.

7.- Evaporar en un evaporador rotatorio el eluato anterior a un volumen de 20 ml.

8.- La muestra evaporada transferirla a un embudo de separación y agregarle 60 ml de agua purificada más 5 ml de una solución saturada de sulfato de sodio y agitar por 2 minutos.

9.- Drenar la capa de agua y la capa de hexano transferirla a otro embudo de separación.

10.- El agua drenada es reextraída con 5 ml de una mezcla de 15% de cloruro de metileno en hexano. Llevar a cabo esto una vez más, permitir en cada extracción que se separen las fases y descartar la fase acuosa, combinar los extractos del disolvente en el embudo de separación donde primeramente se colocó la fase de hexano.

11.- Lavar los extractos de los disolventes con 20 ml de agua purificada por 2 veces, descartar los lavados.

12.- Pasar el extracto de disolventes por una columna empacada con sulfato de sodio anhidro para eliminar la humedad del extracto.

13.- Evaporar el extracto a un volumen aproximado de 1 ml agregar 5 ml de hexano y evaporar nuevamente, repetir esta operación las veces que sean necesarias hasta eliminar completamente los residuos de cloruro de metileno.

Purificación:

1.- Pasar el extracto final por una columna de vidrio de 42 cm de largo y 2.2 cm de diámetro interno, previamente preparada con lana de vidrio, 5 g de sulfato de sodio anhidro y 15 g de florisil, además de lavada con acetona y hexano.

2.- Eluir con 50 ml de una mezcla al 6 % de éter etílico en hexano obteniendo la **FRACCION I**.

3.- Eluir con 50 ml de una mezcla al 15 % de éter etílico en hexano obteniendo la **FRACCION II**.

4.- Recoger los eluatos en una matraz de balón de 250 ml y agregarle 3 gotas de solución de concentración (tolueno), evaporarlos a un volumen aproximado de 1 ml, agregar 5 ml de hexano y evaporar nuevamente y repetir la operación las veces que sea necesario hasta eliminar completamente los residuos de éter etílico.

5.- Transferir cuantitativamente la muestra anteriormente evaporada a un tubo de centrifuga y llevarlo a 10 ml con hexano.

6.- Evaporar a 1 ml en un evaporador rotatorio e inyectar 3 μ l en el cromatógrafo de gases con detector de captura de electrones (Figura 5)

Una de las interferencias más comunes es la presencia de sulfuros en las muestras de sedimentos, los cuales en cantidades excesivas enmascaran la elución de picos como son los hexaclorociclohexanos y el heptacloro por lo que es necesario limpiar los extractos con polvo de cobre activado para removerlos o tratar de minimizarlos (Thompson, 1976).

4.2.3 Extracción y purificación de plaguicidas organoclorados en muestras de ostiones (EPA, 1980)

Extracción:

- 1.- Pesar 10 g del ostión seco
- 2.- Pesar 10 g de sulfato de sodio anhidro y agregarlo al ostión y mezclar y homogenizar bien en un mortero.
- 3.- Preparar una columna de vidrio de 42 cm de largo por 2.2 cm de diámetro, con lana de vidrio y 1 g de sulfato de sodio
- 4.- Agregar a la columna el homogenado del ostión con sulfato de sodio
- 5.- Pasar por la columna anterior 50 ml de una mezcla acetona-hexano 1:1, y recoger en un matraz balón de 100 ml con boca esmerilada 24/40.
- 6.- Evaporar el eluato anterior a un volumen de 20 ml.
- 7.- La muestra evaporada transferirla a un embudo de separación y agregarle 60 ml de agua purificada más 5ml de una solución saturada de sulfato de sodio y agitar por 2 minutos.
- 8.- Drenar la capa de agua y la capa de hexano. transferirla a un embudo de separación.

9.- El agua drenada es reextraída con 5 ml de una mezcla de 15% de cloruro de metileno en hexano, llevar a cabo esto una vez más, permitir en cada extracción que se separen las fases y descartar la fase acuosa y combinar los extractos del disolvente en el embudo de separación donde primeramente se colocó la fase de hexano.

10.- Lavar los extractos orgánicos con 20 ml de agua purificada por 2 veces, descartar los lavados.

11.- Pasar el extracto de orgánicos por una columna con sulfato de sodio anhidro para eliminar la humedad del extracto.

12.- Evaporar el extracto a un volumen aproximado de 1 ml agregar 5 ml de hexano, evaporar nuevamente, repetir esta operación las veces que sean necesarias para eliminar los residuos de cloruro de metileno.

Purificación:

1.- Pasar el extracto final por una columna de vidrio de 42 cm de largo y 2.2 cm de diámetro interno, previamente preparada con lana de vidrio, 5 g de sulfato de sodio anhidro y 15 g de florisil activado.

2.- Eluir con 50 ml de una mezcla al 6 % de éter etílico en hexano obteniendo la **FRACCION I**.

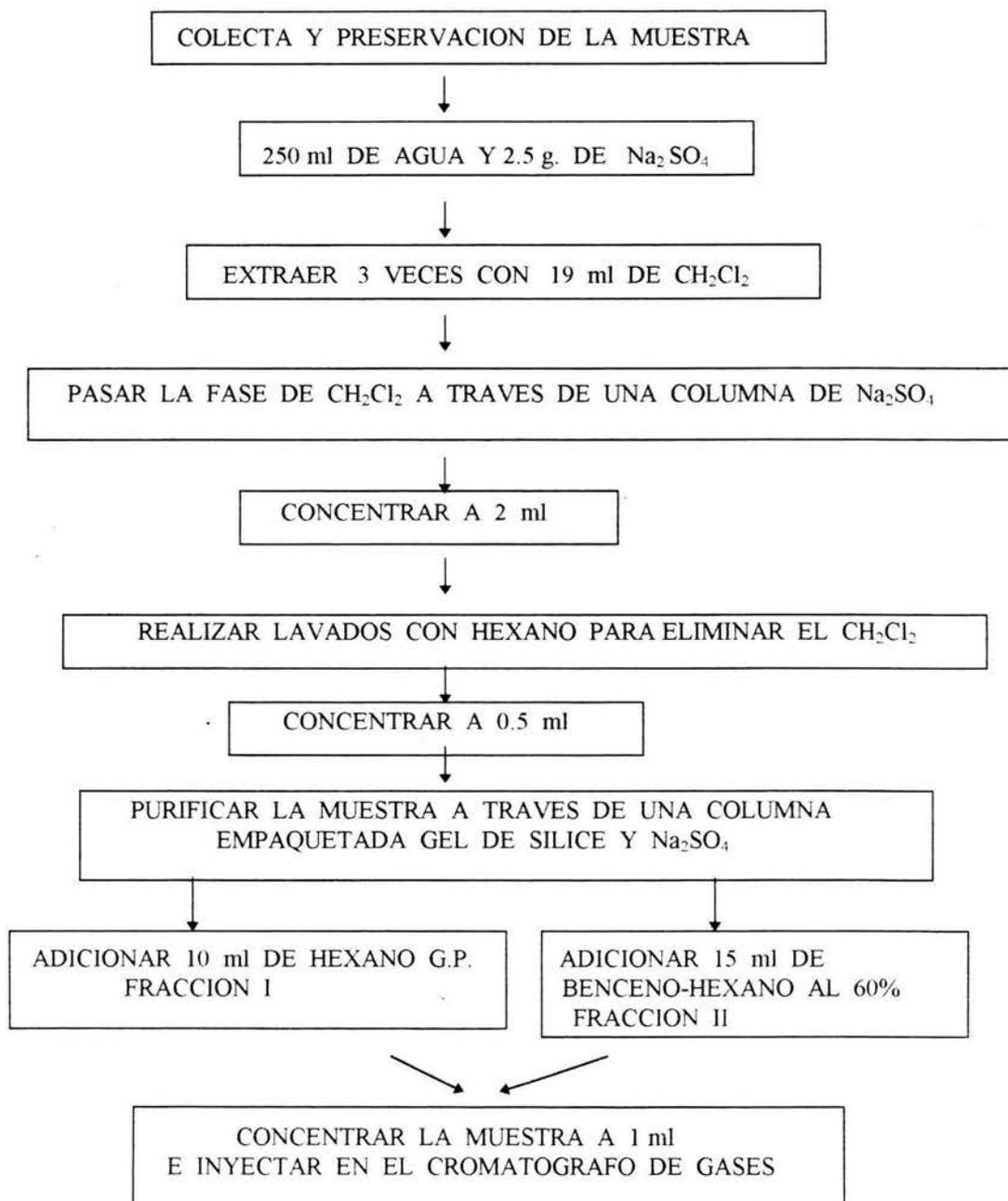
3.- Eluir con 50 ml de una mezcla al 15 % de éter etílico en hexano obteniendo la **FRACCION II**.

4.- Recoger los eluatos en una matraz de balón de 250 ml y agregarle 3 gotas de solución de concentración, evaporarlos a un volumen aproximado de 1 ml, agregar 5 ml de hexano y evaporar nuevamente repetir la operación las veces que sea necesario para eliminar los residuos de éter etílico.

5.- Transferir la muestra anteriormente evaporada a un tubo de centrifuga y llevarlo a 10 ml con hexano.

6.- Evaporar a 1 ml en un evaporador rotatorio e inyectar 3 μ l en el cromatógrafo de gases con detector de captura de electrones (Figura 6).

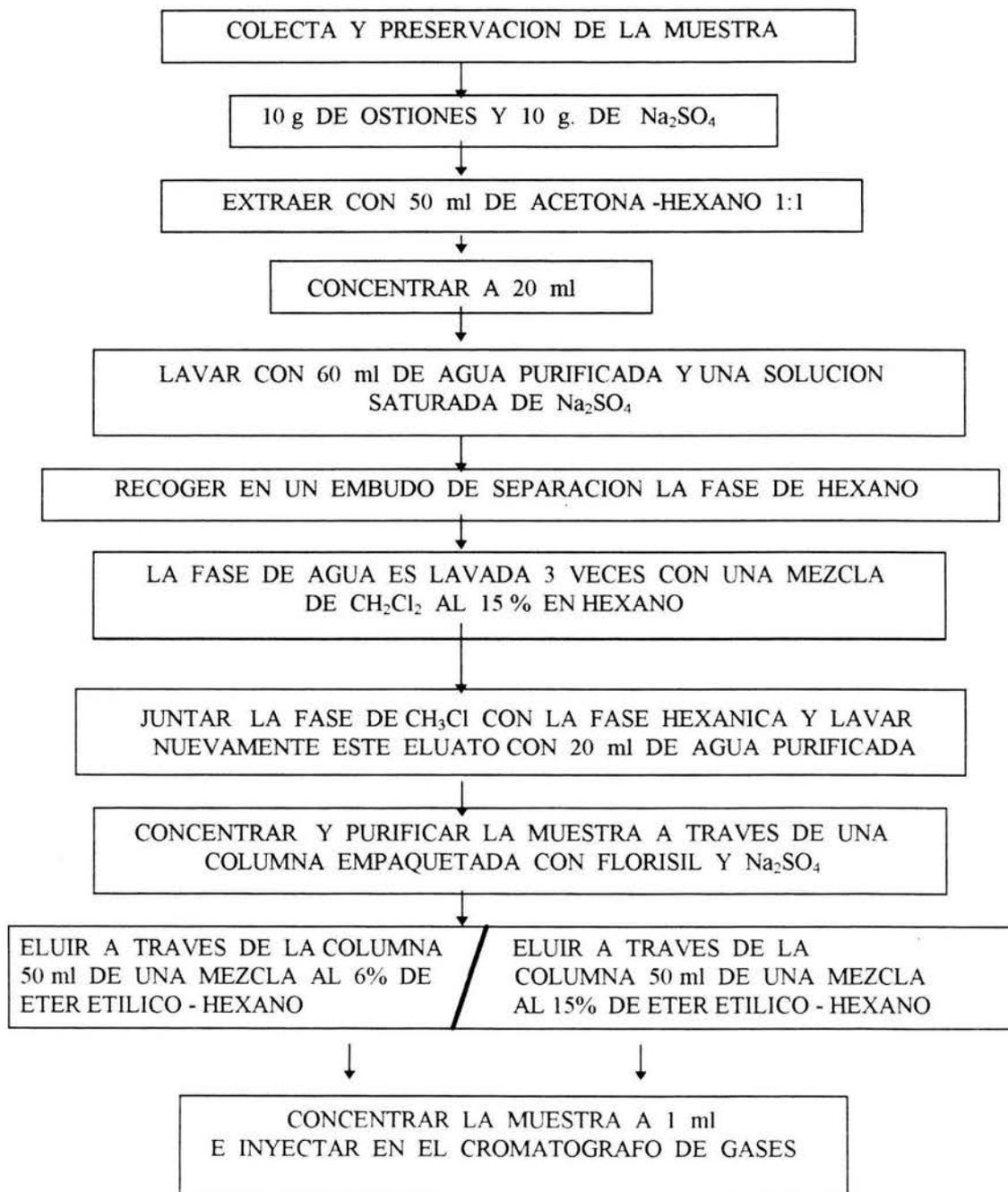
Fig. 4 **TECNICA DE ANALISIS DE PLAGUICIDAS
ORGANOCORADOS EN AGUA (EPA, 1980)**



**Fig. 5 TECNICA DE ANALISIS DE PLAGUICIDAS
ORGANOCLORADOS EN SEDIMENTOS (EPA, 1980)**



Fig. 6 **TECNICA DE ANALISIS DE PLAGUICIDAS
ORGANOCORADOS EN OSTIONES (EPA, 1980)**



4.3 CONTROL DE CALIDAD

Como parte del control de calidad en el laboratorio por cada serie de muestras analizadas se hizo un análisis en blanco con la finalidad de detectar las impurezas que se pudieran incorporar durante el proceso analítico, ya sea debido a los disolventes, reactivos ó material de vidrio que se utiliza durante el proceso. Por este medio se tiene la certeza de que los residuos encontrados en las muestras, son plaguicidas y no impurezas que se han incorporado durante el proceso y que son detectadas por el detector de captura de electrones.

4.3.1 Análisis de recuperación

Como parte del análisis de control de calidad de las muestras de agua, sedimento y ostiones , por cada serie de muestras analizadas, se hizo una adición de una mezcla de estándares de plaguicidas organoclorados (Certificados por la EPA y NIST) a una muestra de agua, sedimento y ostiones que contenían niveles mínimos de plaguicidas y los cuales no interferían con los plaguicidas adicionados. La mezcla contenía los siguientes plaguicidas: HCH- γ , heptacloro, aldrin, epóxido de heptacloro, p,p'-DDE (2 ng) y p,p'-DDD (4 ng), cuyos tiempos de retención fueron corto, intermedio y largo, respectivamente esto con la finalidad de verificar la eficiencia en la extracción del método analítico utilizado.

Los resultados de la adición de estándares de los plaguicidas mencionados se muestran en las tablas 15, 16 y 17, que corresponden a las series de aguas, sedimentos y ostiones, para los meses de Mayo, Septiembre y Diciembre, en las que se observan que las recuperaciones obtenidas por cada plaguicida adicionado, fluctuaron entre un 80 y 102 % por serie analizada, encontrándose que estos resultados se encuentran dentro del intervalo de los valores reportados en la literatura que van de un 70 % al 110% dependiendo del plaguicida adicionado (EPA 1980).

4.3.2 Análisis de duplicados

En cuanto a la reproducibilidad de los duplicados, el coeficiente de variación fue menor de 10 % para la mayoría de plaguicidas determinados; con la excepción de aquellos que se encontraron en concentraciones muy bajas como por ejemplo el HCH- α y el HCH- β , en los cuales el coeficiente de variación fue mayor, ya que para su cuantificación se

requiere concentrar a un volumen muy pequeño la muestra, ocasionando con ello que en los resultados obtenidos se presenten mayores diferencias en cuanto a la concentración, de las muestras.

TABLA 15. PORCENTAJES DE RECUPERACION EN AGUA

PLAGUICIDAS	MESES			
	MAYO	SEPTIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA ± DESV.ESTANDAR
HCH-γ	93.45 %	94.93 %	93.07 %	93.81 ± 0.98
Heptacloro	92.59 %	93.25 %	88.46 %	91.43 ± 2.59
Aldrin	87.93 %	89.74 %	81.01 %	86.22 ± 4.60
Epóxido de heptacloro	90.47 %	85.07 %	98.14 %	91.22 ± 6.56
p,p'- DDE	90.24 %	90.19 %	100.00 %	93.47 ± 5.64
p,p'- DDD	87.17 %	87.08 %	100.00 %	91.41 ± 7.43

TABLA 16. PORCENTAJES DE RECUPERACION EN SEDIMENTOS

PLAGUICIDAS	MESES			
	MAYO	SEPTIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA ± DESV.ESTANDAR
HCH-γ	85.33 %	80.26 %	99.71 %	88.43 ± 10.08
Heptacloro	87.49 %	80.00 %	96.26 %	87.91 ± 8.13
Aldrin	81.81 %	78.80 %	99.22 %	86.61 ± 11.02
Epóxido de heptacloro	90.32 %	101.30 %	100.00 %	97.20 ± 5.99
p,p'- DDE	86.62 %	101.47 %	101.56 %	96.55 ± 8.59
p,p'- DDD	80.00 %	85.66 %	100.00 %	88.55 ± 10.30

TABLA 17. PORCENTAJES DE RECUPERACION EN OSTIONES

PLAGUICIDAS	MESES		
	SEPTIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA ± DESV. ESTANDAR
HCH- γ	80.00 %	82.00 %	81.00 ± 1.44
Heptacloro	93.00 %	89.00 %	91.00 ± 2.82
Aldrin	90.00 %	96.00 %	93.00 ± 4.24
Epóxido de heptacloro	100.00 %	98.00 %	99.00 ± 1.41
p,p'- DDE	97.80 %	98.88 %	98.34 ± 0.76
p,p'- DDD	100.00 %	100.00 %	100.00 ± 0.00

5.- RESULTADOS

5.1 PLAGUICIDAS EN AGUA

5.1.1 Plaguicidas alicíclicos

Los plaguicidas alicíclicos detectados en las muestras de agua de las nueve estaciones analizadas de la Laguna de Mecoacán Tabasco durante los meses de Mayo, Septiembre y Diciembre de 1993 fueron los siguientes: HCH- α , HCH- β , HCH- γ (Tabla 1 y 2).

Para el mes de **Mayo** (inicio de lluvias), el plaguicida HCH- β fue el que se presentó con mayor frecuencia ya que fue detectado en 55.5 % de las estaciones analizadas con un intervalo de concentración de 12.76 a 24.76 ng/L encontrándose la concentración más alta en la estación 1.

El HCH- α y el HCH- γ , fueron detectados en 4 de las 9 estaciones, correspondiendo a un 44.4 % de frecuencia.

El HCH- α se presentó en un intervalo de concentración de 7.33 a 10.20 ng/L, teniendo la concentración más alta la estación número 4.

Para HCH- γ el intervalo de concentración fue de 10.95 a 41.25 ng/L donde la concentración más alta se presentó en la estación número 3.

Cabe mencionar que para la sumatoria de HCH- α , β y γ ; las estaciones que presentaron mayor concentración fueron: la número 1,3,4 y 7 con una concentración de 32.09, 41.25, 55.22 y 24.99 ng/L respectivamente. En la estación número 8 no fue detectado ninguno de estos plaguicidas.

Para el mes **Septiembre** (Epoca de lluvias) el compuesto alicíclico detectado con mayor frecuencia fue el HCH- γ ya que se presentó en una frecuencia del 100 % de las estaciones muestreadas con un intervalo de concentración de 1.29 a 3.66 ng/L, presentando la estación número 4 la más alta concentración.

El HCH- β fue encontrado con una frecuencia de 66.6 % con un intervalo de concentración de 2.52 a 27.25 ng/L, presentándose la concentración más alta en la estación número 9.

El HCH- α fue el plaguicida que se encontró con menor frecuencia y concentración, ya que solo fué detectado en un 44.4 % de las estaciones, con un intervalo de concentración de 0.98 a 2.20 ng/L, presentando la estación número 8 la concentración más alta para este compuesto.

Cabe mencionar que las estaciones que presentaron mayor concentración de la sumatoria de HCH- α , β y γ fueron: la estación 5 con 28.94 ng/L y la estación 9 con 31.12 ng/L.

En el mes de **Diciembre** el plaguicida alicíclico (Tabla 1 y 4) que presento mayor frecuencia fue el HCH- α con un 44.4 % y con un intervalo de concentración de 4.99 a 10.54 ng/L, encontrándose en la estación número 8 la concentración más alta.

El HCH- γ se encontró en un 33.3 % de las muestras, detectándose trazas en las estaciones 1 y 8, mientras que en la estación número 2 se presento una concentración de 61.84 ng/L.

El HCH- β solo se encontró en la estación número 3 con una concentración de 5.33 ng/L. En este mes las frecuencia de aparición de estos compuestos disminuyo notablemente.

Cabe mencionar que de los plaguicidas alicíclicos encontrados en las muestras de agua, solo el HCH- α fue el que presento diferencias significativas ($P < 0.05$) durante el mes de Mayo con respecto al de Septiembre (Figura 7). Esto se comprobó mediante el método de Student-Newman - Keuls (Método de comparación múltiple).

5.1.2 Plaguicidas ciclodiénicos

Los compuestos ciclodiénicos detectados en las muestras de agua durante el mes de Mayo, Septiembre y Diciembre de 1993 fueron los siguientes: Aldrin, Heptacloro, Epóxido de heptacloro y endosulfano- α (Tabla 3 y 4).

En el mes de **Mayo** los plaguicidas que se encontraron con mayor frecuencia fueron aldrin y heptacloro con un 55.5 % presentando un intervalo de concentración de 1.37 a 2.95 ng/L y de 2.17 a 15.26 ng/L respectivamente, observándose que la estación número 1 presentó la concentración más alta para estos compuestos.

El epóxido de heptacloro solo fue detectado en las estaciones 1 y 2, presentándose en la estación 2 la concentración más alta con 18.78 ng/L.

En este mes las estaciones 5 y 7 no presentaron ningún plaguicida ciclodiénico.

Las estaciones en las que no fueron detectados ninguno de estos plaguicidas fueron las siguientes: 2,3,5 y 7.

Para el mes de **Septiembre** y **Diciembre** el plaguicida que se encontró con mayor frecuencia fue heptacloro con 44.4 %, con los siguientes intervalos de concentración: de 1.22 a 10.37 ng/L. para el mes de Septiembre y de 1.99 a 3.09 ng/l para Diciembre, presentándose las concentraciones más altas en las estaciones 1 y 2 respectivamente.

Cabe resaltar que la estación número 8 fue la única en la que se presentaron los siguientes plaguicidas: Aldrín con 2 ng/L en el mes de Septiembre y Endosulfano- α con 59.42 ng/L para el mes de Diciembre.

Las estaciones que no presentaron ningún plaguicida ciclodienico fueron las siguientes: 2,3,5 y 7 en Septiembre y la 1,3,4 y 9 en Diciembre.

5.1.3 Plaguicidas aromáticos

Los plaguicidas aromáticos que se encontraron en las muestras de agua analizadas fueron: HCB (hexaclorobenceno) p,p'-DDE y p,p'-DDD, los cuales disminuyeron su frecuencia de aparición con el transcurso del tiempo durante el año (Tabla 5 y 6).

El plaguicida que se encontró más ampliamente distribuido en los meses de Mayo, Septiembre y Diciembre de 1993 fue el HCB ya que se detectó en un 88.8 % de estaciones analizadas, presentando concentraciones que fluctuaron entre 1.40 a 19.21 ng/L, en donde las concentraciones más altas se presentaron de la siguiente manera, en el mes de **Mayo** la estación número 1 con 19.21 ng/L, en **Septiembre** la estación número 6 con 5.39 ng/L y en **Diciembre** la estación número 8 con 17.45 ng/L.

El p,p'-DDE fue detectado con mayor frecuencia en el mes de **Mayo** con un 44.4 % presentando un intervalo de concentración de 4.57 a 6.63 ng/L, siendo la estación número 9 la que presentó este último valor. En el mes de **Septiembre** solo la estación 7 fue la que presentó este compuesto con una concentración de 2.60 ng/L.

El p,p'-DDD fue detectado solamente durante el mes de **Mayo** en dos de las estaciones analizadas presentando la estación número 9 la concentración más alta de 6.77 ng/L.

En las Figuras 8 y 9 se observa que de las concentraciones de plaguicidas ciclodienicos y aromáticos en las muestras de agua, ninguno fue estadísticamente significativo ($P > 0.05$) con respecto a los diferentes meses estudiados, lo cual se comprobó con una prueba de Anova.

Tabla 1. FRECUENCIA DE PLAGUICIDAS ALICICLICOS EN AGUA DE LA LAGUNA DE MECOACAN, TABASCO (1993)

Mes	Plaguicidas	Estaciones									Positivas/Total	% Frecuencia
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Mayo	HCH- α	P	P	*	P	*	P	*	*	*	4/9	44.4
	HCH- β	P	*	*	P	P	P	P	*	*	5/9	55.5
	HCH- γ	*	*	P	P	*	*	P	*	P	4/9	44.4
Septiembre	HCH- α	*	*	P	*	P	*	*	P	P	4/9	44.4
	HCH- β	*	*	P	P	P	*	P	P	P	6/9	66.6
	HCH- γ	P	P	P	P	P	P	P	P	P	9/9	100.0
Diciembre	HCH- α	P	P	P	*	*	*	*	P	*	4/9	44.4
	HCH- β	*	*	P	*	*	*	*	*	*	1/9	11.1
	HCH- γ	T	P	*	*	*	*	*	T	*	3/9	33.3

* : Ausente
P : Presente
T : Trazas

**Tabla 2. PLAGUICIDAS ALICICLICOS EN AGUA DE LA LAGUNA DE MECOACAN, TABASCO (1993)
CONCENTRACION EN (ng/L)**

<i>Estaciones</i>	<i>Mayo</i>				<i>Septiembre</i>				<i>Diciembre</i>			
	HCH- α	HCH- β	HCH- γ	Σ -HCH	HCH- α	HCH- β	HCH- γ	Σ -HCH	HCH- α	HCH- β	HCH- γ	Σ -HCH
1	7.33	24.76	N.D	32.09	N.D	N.D	2.88	2.88	8.77	N.D	T	8.77
2	12.80	N.D	N.D	12.80	N.D	N.D	2.32	2.32	4.99	N.D	61.84	66.83
3	N.D	N.D	41.25	41.25	0.98	2.52	2.85	6.35	4.99	5.33	N.D	10.32
4	30.00	15.42	9.80	55.22	N.D	3.80	3.66	7.46	N.D	N.D	N.D	N.D
5	N.D	12.69	N.D	12.69	1.85	25.41	1.68	28.94	N.D	N.D	N.D	N.D
6	10.20	13.71	N.D	23.91	N.D	N.D	2.64	2.64	N.D	N.D	N.D	N.D
7	N.D	12.76	12.23	24.99	N.D	7.74	1.55	9.29	N.D	N.D	N.D	N.D
8	N.D	N.D	N.D	N.D	2.20	5.04	1.29	8.53	10.54	N.D	T	10.54
9	N.D	N.D	10.95	10.95	1.93	27.25	1.94	31.12	N.D	N.D	N.D	N.D
Media	15.10	15.86	18.55	26.73	1.74	12.00	2.31	11.10	7.32	5.33	20.60	24.10
Desviación estandar	10.20	5.09	15.16	15.59	0.52	11.30	0.76	11.10	2.79	0	35.70	28.50

N.D: No detectado, concentración < a 0.002 ng.

T : Trazas, concentración \geq a 0.002 ng.

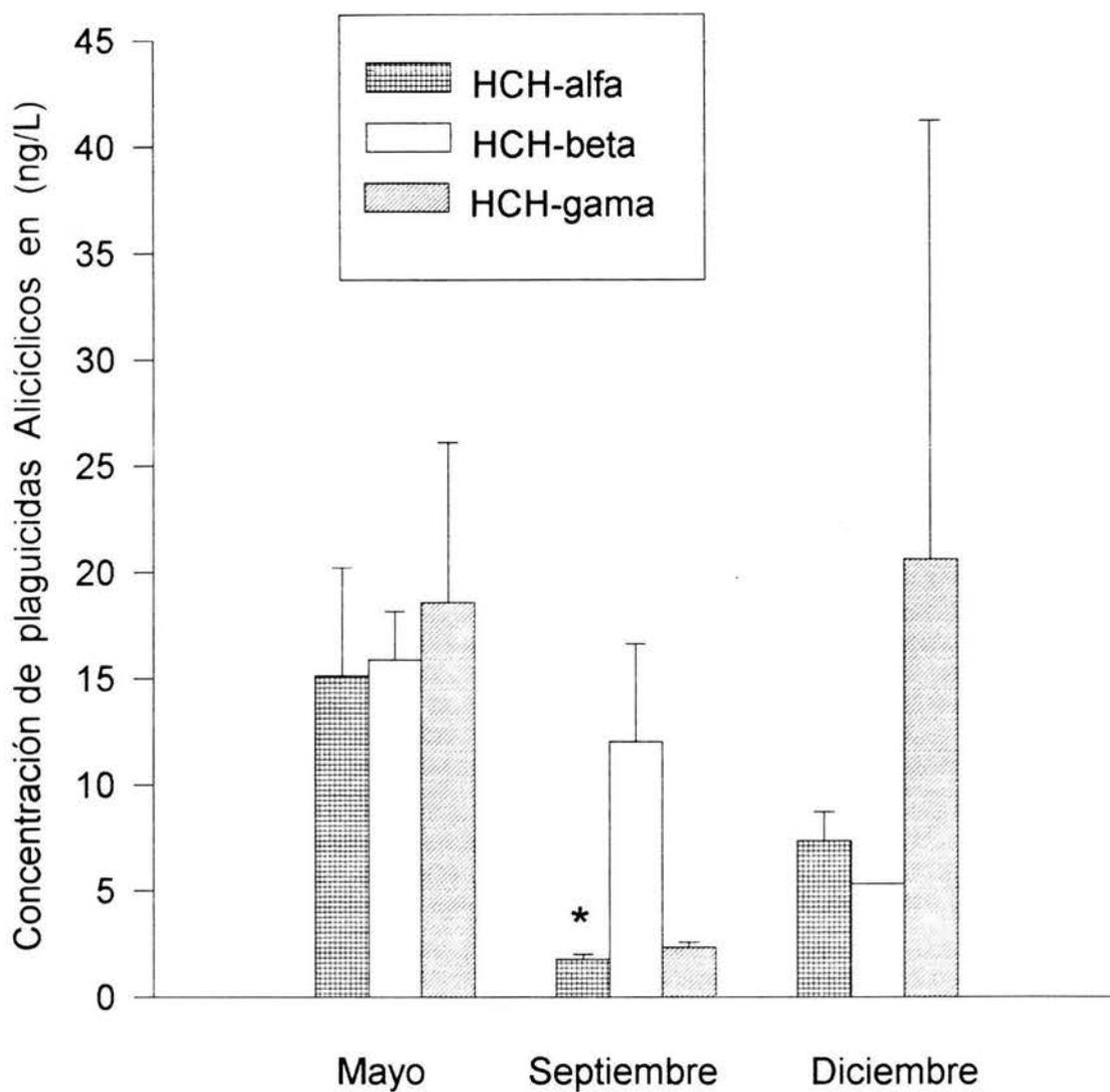


Fig. 7 Concentración de plaguicidas Alicíclicos en agua de la laguna de Meacoacán, Tabasco. Los resultados se expresan como la media \pm e.e n=9.
 * $p < 0.05$ vs Mayo, (SNK).

Tabla 3. FRECUENCIA DE PLAGUICIDAS CICLODIENICOS EN AGUA DE LA LAGUNA DE MECOACAN, TABASCO (1993)

Mes	Plaguicidas	Estaciones									Positivas/Total	% Frecuencia
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Mayo	Aldrin	P	*	P	T	*	P	*	*	P	5/9	55.5
	Heptacloro	P	P	P	*	*	P	*	P	*	5/9	55.5
	Epóxido Hepta.	P	P	*	*	*	*	*	*	*	2/9	22.2
Septiembre	Aldrin	*	*	*	*	*	*	*	P	*	1/9	11.1
	Heptacloro	P	*	*	P	*	P	*	*	P	4/9	44.4
Diciembre	Endosulfano-alfa	*	*	*	*	*	*	*	P	*	1/9	11.1
	Heptacloro	*	P	*	*	P	P	P	*	*	4/9	44.4

P : Presente

*** : Ausente**

T : Trazas

**Tabla 4. PLAGUICIDAS CICLODIENICOS EN AGUA DE LA LAGUNA DE MECOACAN, TABASCO (1993)
CONCENTRACION (ng/L)**

<i>Estaciones</i>	<i>Mayo</i>			<i>Septiembre</i>		<i>Diciembre</i>	
	ALDRIN	HEPTACLORO	EPOXIDO DE HEPTACLORO	ALDRIN	HEPTACLORO	ENDOSULFANO ALFA	HEPTACLORO
1	2.95	15.26	4.00	N.D	10.37	N.D*	N.D
2	N.D	3.42	18.78	N.D	N.D	N.D*	3.09
3	2.00	2.74	N.D	N.D	N.D	N.D*	N.D
4	T	N.D	N.D	N.D	6.48	N.D*	N.D
5	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D*	2.41
6	1.37	7.95	N.D	N.D	2.33	N.D*	2.31
7	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D*	1.99
8	N.D	2.17	N.D	2.00	N.D	59.42	N.D
9	2.61	N.D	N.D	N.D	1.22	N.D*	N.D
Media	1.78	6.30	11.39	2.00	5.10	59.42	2.45
Desviación estandar	1.16	5.50	10.45	0	4.18	0	0.46

N.D : No detectado, concentración < a 0.002 ng.

N.D* : No detectado, concentración < a 0.004 ng.

T : Trazas, concentración ≥ a 0.002 ng.

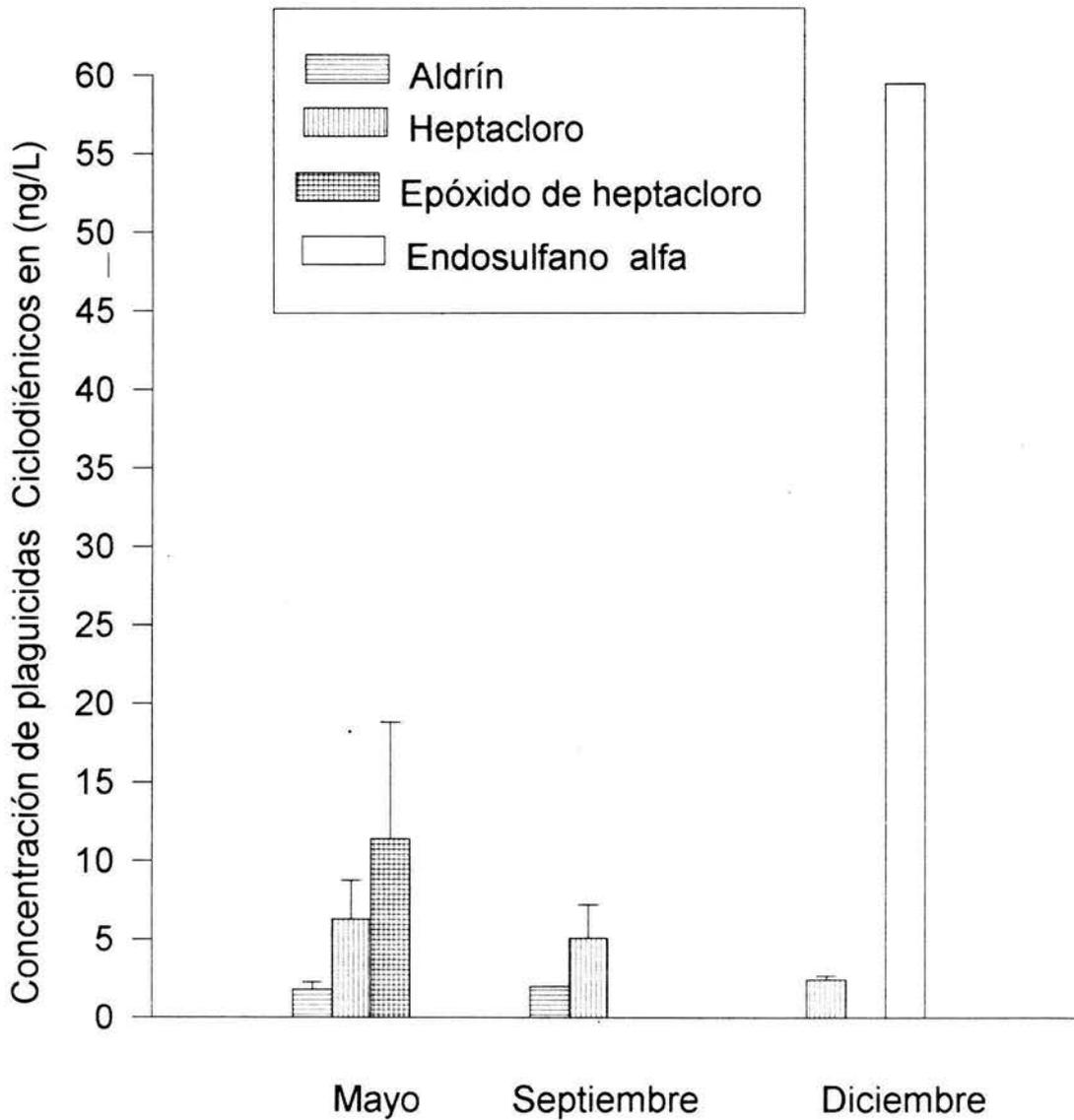


Fig. 8 Concentración de plaguicidas ciclodiénicos en agua de la laguna de Mecocacán, Tabasco. Los resultados se expresan como la media \pm e.e n=9

Tabla 5. FRECUENCIA DE PLAGUICIDAS AROMATICOS EN AGUA DE LA LAGUNA DE MECOACAN, TABASCO (1993)

Mes	Plaguicidas	Estaciones									Positivas/Total	% Frecuencia
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Mayo	Hexaclobenceno	P	*	P	P	P	P	T	P	P	8/9	88.8
	p, p'-DDE	P	*	P	*	*	*	*	P	P	4/9	44.4
	p, p'-DDD	*	*	*	*	*	*	P	*	P	2/9	22.2
Septiembre	Hexaclobenceno	P	P	*	P	P	P	P	P	P	8/9	88.8
	p, p'-DDE	*	*	*	*	*	*	P	*	*	1/9	11.1
Diciembre	Hexaclobenceno	P	P	*	P	P	P	P	P	P	1/9	88.8

P : Presente

*** : Ausente**

T : Trazas

**Tabla 6. PLAGUICIDAS AROMATICOS EN AGUA DE LA LAGUNA DE MECOACAN, TABASCO (1993)
CONCENTRACION EN (ng/L)**

<i>Estaciones</i>	<i>Mayo</i>			<i>Septiembre</i>		<i>Diciembre</i>
	HCB	p. p'-DDE	p. p'-DDD	HCB	p. p'-DDE	HCB
1	19.21	4.44	N.D	1.40	N.D	11.54
2	N.D*	N.D	N.D	2.18	N.D	5.04
3	12.86	5.86	N.D	N.D*	N.D	N.D*
4	12.22	N.D	N.D	3.16	N.D	6.62
5	5.63	N.D	N.D	4.54	N.D	7.73
6	7.73	N.D	N.D	5.39	N.D	6.36
7	T	N.D	2.80	4.33	2.60	4.74
8	6.19	4.57	N.D	3.14	N.D	17.45
9	5.12	6.63	6.77	4.58	N.D	17.03
Media	8.62	5.37	5.28	3.59	2.60	9.56
Desviación estandar	5.91	1.05	2.10	1.35	0	5.18

N.D : No detectado, concentración < a 0.004 ng.

N.D* : No detectado, concentración < a 0.001 ng.

T : Trazas, concentración ≥ a 0.001 ng.

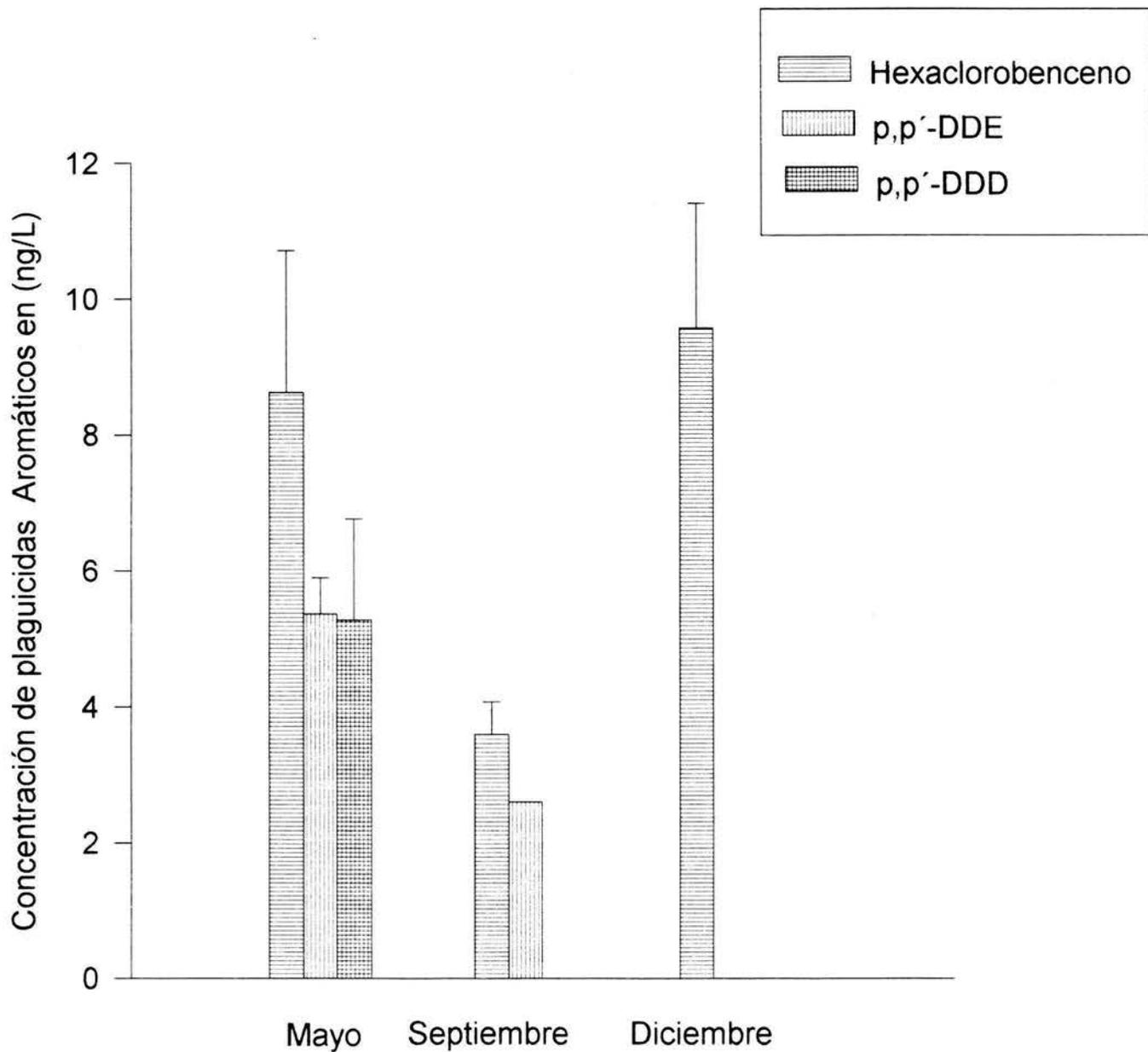


Fig. 9 Concentración de plaguicidas Aromáticos en agua de la laguna de Mecocán, Tabasco. Los resultados se expresan como la media \pm e.e. n=9

5.2 PLAGUICIDAS EN SEDIMENTO

5.2.1 Plaguicidas alicíclicos

Los plaguicidas alicíclicos detectados en las muestras de sedimento analizadas en las nueve estaciones de la laguna de Mecoacán, Tabasco, durante el mes de Mayo, Septiembre y Diciembre de 1993, fueron los siguientes: HCH- α , HCH- β y HCH- γ (Tabla 7 y 8).

Para el mes de **Mayo** (inicio de lluvias) estos plaguicidas presentaron una frecuencia alta ya que se encontraron en un 77.7% de las estaciones analizadas, con los siguientes intervalos de concentración:

El HCH- α , de 0.018 a 0.080 ng/g, presentando la estación número 5 la concentración más alta.

HCH- β , de 0.136 a 0.309 ng/g, donde la concentración más alta se encontró en la estación número 2.

Para el HCH- γ el intervalo de concentración fue de 0.019 a 0.148 ng/g encontrándose en la estación número 8 la concentración más alta.

Cabe mencionar que la sumatoria de las concentraciones del HCH- α , β y γ fueron superiores a 0.240 ng/g en las estaciones siguientes: 1,2,4,5,8 y 9. En las estaciones 6 y 7 no fueron detectados ninguno de estos compuestos.

En el mes de **Septiembre** (Epoca de lluvias) la frecuencia de aparición y de concentración de estos plaguicidas disminuyó notablemente, ya que sólo se detectaron trazas de estos, en tres de las estaciones de las cuales la estación número 4 fue la única que presentó concentraciones superiores a 0.10 ng/g para HCH α y β .

En el mes de **Diciembre** el plaguicida que se presentó con mayor frecuencia fue el HCH- α , ya que fue detectado en un 77.7 % de las estaciones, con un intervalo de concentración de 0.030 a 0.154 ng/g encontrándose la concentración más alta en la estación número 4.

La frecuencia con que se encontraron el HCH- α y HCH- γ fue de un 22.2 %, encontrándose para HCH- β las siguientes concentraciones, 0.092 y 0.220 ng/g siendo la estación número 4 la que presentó esta última concentración. El HCH- γ solo se encontró en las estaciones 2 y 3, de las cuales la estación número 2, presentó solo trazas de este compuesto.

Cabe mencionar que las estaciones 1 y 6 no presentaron ninguno de estos compuestos.

5.2.2 Compuestos ciclodiénicos

En las Tablas 9 y 10 se muestran los plaguicidas ciclodiénicos encontrados en las muestras de sedimentos de las diferentes estaciones de la laguna de Mecoacán Tabasco, durante los meses de Mayo, Septiembre y Diciembre de 1993.

En el mes de **Mayo** los plaguicidas ciclodiénicos encontrados en 7 de las 9 estaciones analizadas fueron los siguientes:

Aldrin que se encontró en 4 de las estaciones con intervalo de concentración de 0.070 a 3.769 ng/g, presentándose en la estación número 5 la concentración más alta.

Heptacloro se encontró en las estaciones 1,2,3 y 7 con un intervalo de concentración de 0.058 a 0.100 ng/g, siendo la estación número 2 la que presentó este último valor.

Estos dos plaguicidas fueron los que se presentaron con mayor frecuencia.

El epóxido de heptacloro se encontró sólo en dos de las estaciones, donde la estación número 5 fue la que presentó la concentración más alta con 0.240 ng/g.

Endosulfano α solo se presentó en la estación número 1 con una concentración de 0.707 ng/g.

En las estaciones 4 y 9 no se detectó ninguno de estos compuestos.

En el mes de **Septiembre** el plaguicida que se encontró más ampliamente distribuido fue el heptacloro con una frecuencia del 77.7 % y un intervalo de concentración de 0.022 a 0.263 ng/g, presentando la estación 7 la concentración más alta.

Endosulfano- α y endosulfano- β , sólo fueron detectados en una de las estaciones con la siguiente concentración 0.550 ng/g en la estación número 2 para endosulfano- α y 0.102 ng/g en la estación número 6 para endosulfano β .

Para el mes de **Diciembre** el heptacloro fue el plaguicida que se encontró más ampliamente distribuido ya que presentó una frecuencia de 55.5 % con un intervalo de concentración de 0.021 a 4.166 ng/g, presentando la concentración más alta la estación número 6.

Otros plaguicidas encontrados con menor frecuencia fueron: aldrín en la estación número 5 con una concentración de 0.028 ng/g y endosulfano- β en la estación número 6 con una concentración de 0.290 ng/g.

5.2.3 Plaguicidas aromáticos

Los plaguicidas aromáticos encontrados en las muestras de sedimento analizadas durante los meses de Mayo, Septiembre y Diciembre de 1993, se presentan en las tablas 11 y 12.

En el mes de **Mayo** los plaguicidas que se encontraron más ampliamente distribuidos fueron HCB y p,p'-DDE con una frecuencia de 55.5 %, presentando los siguientes intervalos de concentración: HCB de 0.027 a 0.104 ng/g encontrándose la concentración más alta de este compuesto en la estación número 5. p,p'-DDE de 0.015 a 0.237 ng/g, presentando la estación número 1 la concentración más alta.

Otro plaguicida encontrado fue el p,p'-DDD el cual sólo fue detectado en la estación número 4 con una concentración de 0.345 ng/g.

En el mes de **Septiembre** la presencia de estos plaguicidas disminuyó notablemente ya que sólo se encontró HCB con una frecuencia de 77.7 % y un intervalo de concentración de 0.028 a 0.139 ng/g, presentándose la concentración más alta en la estación número 9.

Para el mes de **Diciembre** los plaguicidas encontrados fueron HCB, p,p'-DDE y p,p'-DDD, en donde el plaguicida más ampliamente distribuido fue el p,p'-DDE en cuatro de las estaciones presentando un intervalo de concentración de 0.021 a 0.214 ng/g siendo la estación número 4 la que presentó la concentración más alta.

HCB y p,p'-DDD se encontraron sólo en dos de las estaciones analizadas, presentando la concentración más alta la estación número 4 con 0.144 ng/g para HCB y la estación número 9 con 0.370 ng/g para p,p'-DDD.

En las estaciones 2,5,7 y 8 no se detectaron ninguno de estos plaguicidas.

Cabe mencionar que las concentraciones de plaguicidas alicíclicos, ciclodiénicos y aromáticos encontrados en las muestras de sedimentos con respecto a los diferentes meses estudiados, no se obtuvieron diferencias significativas ($p > 0.05$), lo cual se comprobó mediante una Anova (Figuras 10, 11 y 12).

Tabla 7. FRECUENCIA DE PLAGUICIDAS ALICICLICOS EN SEDIMENTO DE LA LAGUNA DE MECOACAN, TABASCO (1993)

<i>Mes</i>	<i>Plaguicidas</i>	<i>Estaciones</i>									<i>Positivas/Total</i>	<i>% Frecuencia</i>
		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>		
Mayo	HCH- α	P	P	P	P	P	*	*	P	P	7/9	77.7
	HCH- β	P	P	P	P	P	*	*	P	P	7/9	77.7
	HCH- γ	P	P	P	P	P	*	*	P	P	7/9	77.7
Septiembre	HCH- α	P	*	*	P	P	*	*	*	*	3/9	33.3
	HCH- β	*	*	*	P	*	*	*	*	*	1/9	11.1
	HCH- γ	*	*	*	P	P	*	*	*	*	2/9	22.2
Diciembre	HCH- α	*	P	P	P	P	*	P	P	P	7/9	77.7
	HCH- β	P	*	*	*	*	*	*	P	*	2/9	22.2
	HCH- γ	*	P	P	*	*	*	*	*	*	2/9	22.2

P : Presente

*** : Ausente**

**Tabla 8. PLAGUICIDAS ALICICLICOS EN SEDIMENTO DE LA LAGUNA DE MECOACAN, TABASCO (1993)
CONCENTRACION EN (ng/g)**

<i>Estaciones</i>	<i>Mayo</i>				<i>Septiembre</i>				<i>Diciembre</i>			
	HCH- α	HCH- β	HCH- γ	Σ -HCH	HCH- α	HCH- β	HCH- γ	Σ -HCH	HCH- α	HCH- β	HCH- γ	Σ -HCH
1	0.019	0.231	0.036	0.286	T	N.D	N.D	N.D	N.D	0.092	N.D	0.092
2	0.024	0.309	0.062	0.395	N.D	N.D	N.D	N.D	0.036	N.D	T	0.036
3	T	0.136	0.022	0.158	N.D	N.D	N.D	N.D	0.030	N.D	0.026	0.056
4	0.019	0.293	0.037	0.349	0.105	0.750	T	0.855	0.154	N.D	N.D	0.154
5	0.080	0.212	0.019	0.311	T	N.D	T	T	0.092	N.D	N.D	0.092
6	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
7	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.050	N.D	N.D	0.050
8	0.018	0.136	0.148	0.302	N.D	N.D	N.D	N.D	0.050	0.220	N.D	0.270
9	T	0.196	0.052	0.248	N.D	N.D	N.D	N.D	0.056	N.D	N.D	0.056
Media	0.023	0.216	0.053	0.293	0.036	0.750	0.002	0.429	0.066	0.156	0.014	0.101
Desviación estandar	0.026	0.068	0.044	0.075	0.059	0	0	0.603	0.043	0.090	0.017	0.077

N.D: No detectado, concentración < a 0.002 ng.

T : Trazas, concentración \geq a 0.002 ng.

Tabla 9. FRECUENCIA DE PLAGUICIDAS CICLODIENICOS EN SEDIMENTO DE LA LAGUNA DE MECOACAN, TABASCO (1993)

Mes	Plaguicidas	Estaciones									Positivas/Total	% Frecuencia
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Mayo	Aldrin	P	P	*	*	P	P	*	*	*	4/9	44.4
	Heptacloro	P	P	P	*	*	*	P	*	*	4/9	44.4
	Epóxido Hepta.	*	*	*	*	P	*	*	P	*	2/9	22.2
	Endosulfano-alfa	P	*	*	*	*	*	*	*	*	1/9	11.1
Septiembre	Aldrin	P	P	P	*	P	*	P	P	P	7/9	77.7
	Endosulfano-alfa	*	P	*	*	*	*	*	*	P	1/9	11.1
	Endosulfano-beta	*	*	*	*	*	P	*	*	*	1/9	11.1
Diciembre	Aldrin	*	*	*	*	P	*	*	*	*	1/9	11.1
	Heptacloro	*	P	P	P	*	P	P	P	*	6/9	66.6
	Endosulfano-beta	*	*	*	*	*	P	*	*	*	1/9	11.1

P : Presente
*** : Ausente**

**Tabla 10. PLAGUICIDAS CICLODIENICOS EN SEDIMENTO DE LA LAGUNA DE MECOACAN, TABASCO (1993)
CONCENTRACION EN (ng/g)**

<i>Estaciones</i>	<i>Mayo</i>				<i>Septiembre</i>			<i>Diciembre</i>		
	ALDRIN	HEPTACLORO	EPOX. DE HEPTA.	ENDOSUL. ALFA	HEPTACLORO	ENDOSUL. ALFA	ENDOSUL. BETA	ALDRIN	HEPTACLORO	ENDOSUL. BETA
1	0.193	0.066	N.D	0.707	0.022	N.D*	N.D*	N.D	N.D	N.D*
2	0.190	0.100	N.D	N.D*	0.087	0.550	N.D*	N.D	0.147	N.D*
3	N.D	0.058	N.D	N.D*	T	N.D*	N.D*	N.D	0.037	N.D*
4	N.D	N.D	N.D	N.D*	N.D	N.D*	N.D*	N.D	2.078	N.D*
5	3.769	N.D	0.240	N.D*	0.041	N.D*	N.D*	0.028	N.D	N.D*
6	0.070	N.D	N.D	N.D*	N.D	N.D*	0.102	N.D	4.166	0.290
7	N.D	0.075	N.D	N.D*	0.263	N.D*	N.D*	N.D	0.047	N.D*
8	N.D	N.D	0.010	N.D*	0.071	N.D*	N.D*	N.D	0.021	N.D*
9	N.D	N.D	N.D	N.D*	0.079	N.D*	N.D*	N.D	N.D	N.D*
Media	1.060	0.074	0.125	0.707	0.080	0.550	0.102	0.028	1.080	0.290
Desviación estandar	1.810	0.018	0.162	0	0.086	0	0	0	1.710	0

N.D : No detectado, concentración < a 0.002 ng.

N.D* : No detectado, concentración < a 0.004 ng.

T : Trazas, concentración ≥ a 0.002 ng.

Tabla 11. FRECUENCIA DE PLAGUICIDAS AROMATICOS EN SEDIMENTO DE LA LAGUNA DE MECOACAN, TABASCO (1993)

Mes	Plaguicidas	Estaciones									Positivas/Total	% Frecuencia
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Mayo	Hexaclobenceno	*	*	P	P	P	P	P	*	*	5/9	55.5
	p, p'-DDE	P	*	*	P	*	*	P	P	P	5/9	55.5
	p, p'-DDD	*	*	*	P	*	*	*	*	*	1/9	11.1
Septiembre	Hexaclobenceno	P	P	P	P	P	*	*	P	P	7/9	77.7
Diciembre	Hexaclobenceno	P	*	*	P	*	*	*	*	*	2/9	22.2
	p, p'-DDE	*	*	P	P	*	P	*	*	P	4/9	44.4
	p, p'-DDD	*	*	*	*	*	P	*	*	P	2/9	22.2

P : Presente
*** : Ausente**

Tabla 12. PLAGUICIDAS AROMATICOS EN SEDIMENTO DE LA LAGUNA DE MECOACAN, TABASCO (1993)
CONCENTRACION EN (ng/g)

<i>Estaciones</i>	<i>Mayo</i>			<i>Septiembre</i>	<i>Diciembre</i>		
	HCB	p. p'-DDE	p. p'-DDD	HCB	HCB	p. p'-DDE	p. p'-DDD
1	N.D*	0.237	N.D	0.060	0.063	N.D	N.D
2	N.D*	N.D	N.D	0.126	N.D*	N.D	N.D
3	0.079	N.D	N.D	T	N.D*	0.021	N.D
4	T	0.090	0.345	0.111	0.144	0.214	N.D
5	0.104	N.D	N.D	0.072	N.D*	N.D	N.D
6	0.070	N.D	N.D	N.D*	N.D*	0.047	0.044
7	0.027	0.015	N.D	N.D*	N.D*	N.D	N.D
8	N.D*	0.025	N.D	0.028	N.D*	N.D	N.D
9	N.D*	0.035	N.D	0.139	N.D*	0.070	0.370
Media	0.056	0.080	0.345	0.076	0.104	0.088	0.207
Desviación estandar	0.041	0.092	0	0.051	0.057	0.086	0.230

N.D : No detectado, concentración < a 0.004 ng.

N.D* : No detectado, concentración < a 0.001 ng.

T : Trazas, concentración ≥ a 0.001 ng.

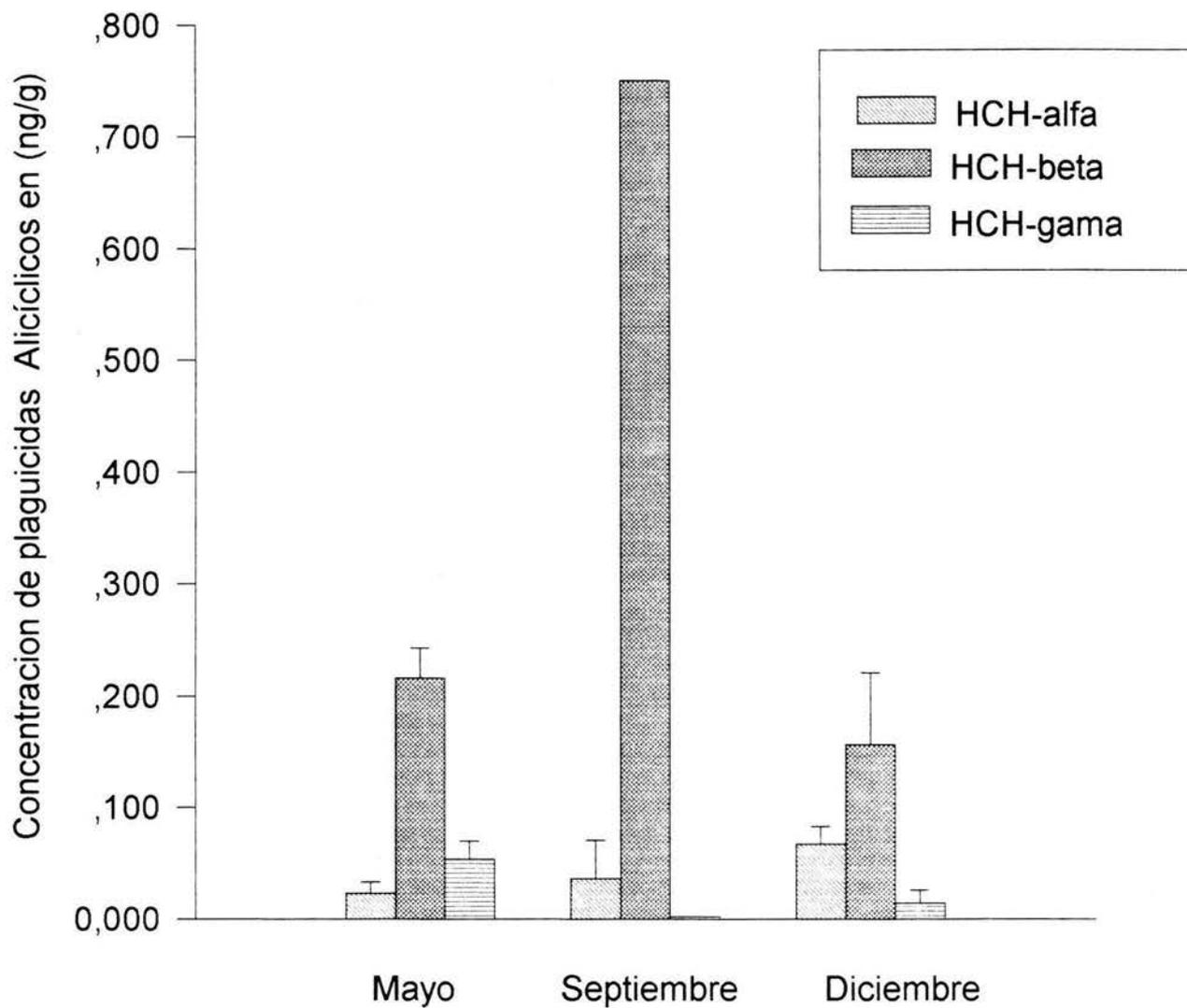


Fig. 10 Concentración de plaguicidas Alicíclicos en sedimento de la laguna de Mecoacán, Tabasco. Los resultados se expresan como la media \pm e.e n=9

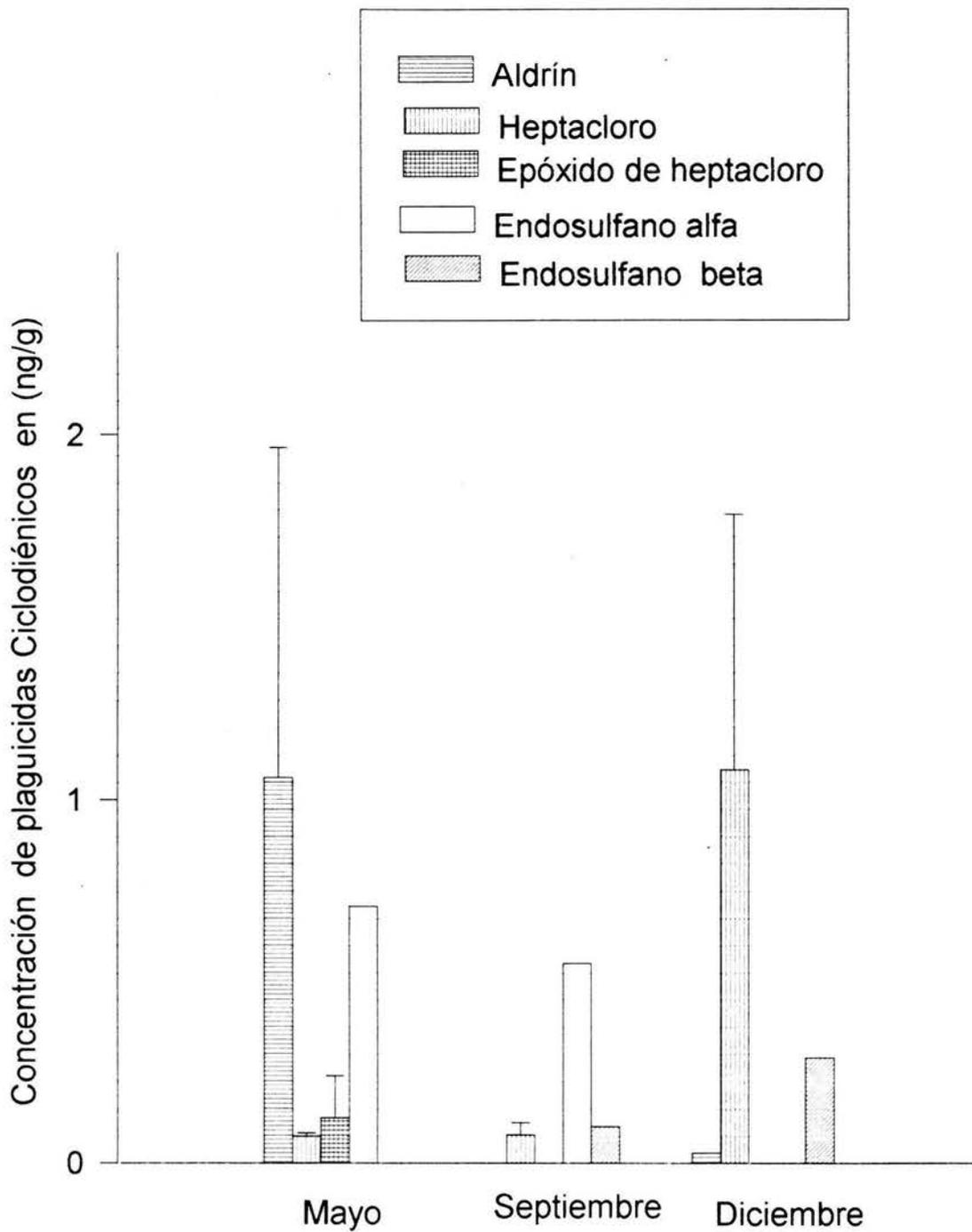


Fig. 11 Concentración de plaguicidas Ciclodiénicos en sedimentos de la laguna de Meacoacán, Tabasco. Los resultados se expresan como la media \pm e.e n=9

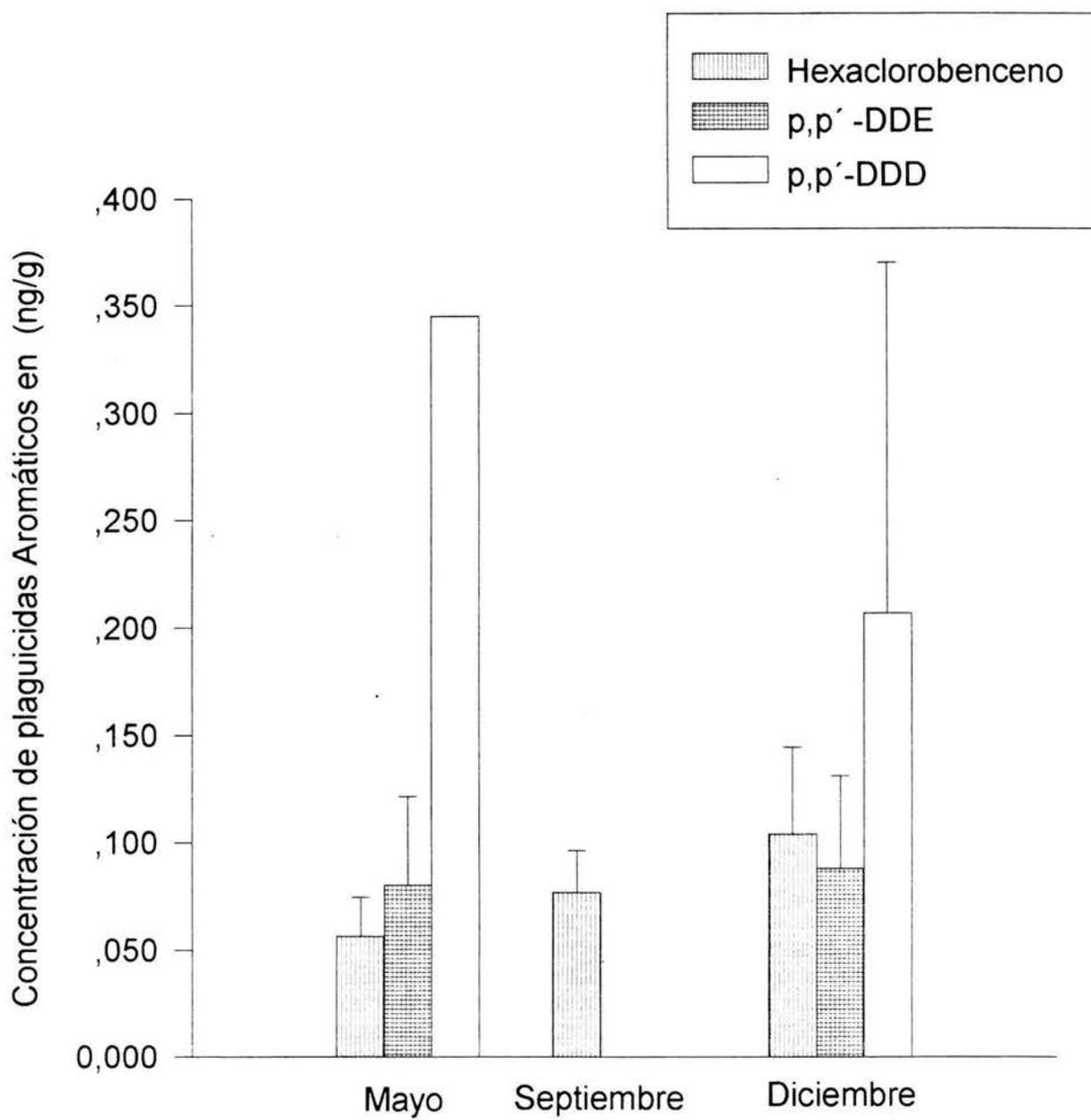


Fig. 12 Concentración de plaguicidas Aromáticos en sedimento de la laguna de Meacoacán, Tabasco. Los resultados se expresan como la media \pm e.e n=9.

5.3 PLAGUICIDAS EN OSTIONES

5.3.1 Plaguicidas alicíclicos, ciclodiénicos y aromáticos

En las Tablas (13 y 14) se muestran los plaguicidas organoclorados encontrados en ostiones *Crassostrea virginica* en las estaciones 1 y 9 durante los meses de Septiembre y Diciembre de 1993.

Estación número 1

En el mes de Septiembre los **plaguicidas alicíclicos** encontrados fueron los siguientes: HCH- β con una concentración de 32.95 ng/g y HCH- γ con 23.39 ng/g.

En el mes de Diciembre la distribución y la concentración de estos plaguicidas disminuyó, ya que sólo fue detectado el HCH- β con una concentración de 13.02 ng/g.

Los **plaguicidas ciclodiénicos** detectados fueron: aldrín y heptacloro los cuales solo se encontraron en el mes de Diciembre con las siguientes concentraciones: aldrín con 2.29 ng/g y heptacloro con 3.55 ng/g.

Dentro de los **plaguicidas aromáticos** el HCB fue el único que se encontró presente en los dos meses, con las siguientes concentraciones: 8.14 ng/g en Septiembre y 4.21 ng/g en Diciembre, observándose una disminución aproximada de un 50 % en la concentración de este plaguicida en el mes de Diciembre con respecto al de Septiembre.

Estación número 9

Los plaguicidas organoclorados encontrados en esta estación fueron los siguientes:

Dentro de los **plaguicidas alicíclicos** se encontraron: HCH- α y HCH- β , los cuales presentaron mayor concentración en el mes de Septiembre con respecto al de Diciembre.

HCH- α que sólo fue detectado en Septiembre con una concentración de 2.38 ng/g.

Otro de los plaguicidas identificados en esta estación fue el HCB el cual fue encontrado sólo en el mes de Septiembre con una concentración de 3.02 ng/g.

Por otra parte cabe mencionar que ningún plaguicida ciclodiénico fue identificado.

**Tabla 13. PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN OSTION Crassostrea virginica
DE LA LAGUNA DE MECOACAN, TABASCO (1993)
CONCENTRACION EN (ng/g)**

ESTACION # 9

<i>Mes</i>	<i>Plaguicidas Alicíclicos</i>				<i>Plaguicidas Aromáticos</i>
	HCH- α	HCH- β	HCH- γ	Σ -HCH	HCB
Septiembre	2.38	22.20	8.77	33.35	3.02
Diciembre	N.D	8.33	4.80	13.13	N.D*

N.D : No detectado, concentración < a 0.002 ng.

N.D* : No detectado, concentración < a 0.001 ng.

**Tabla 14. PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN OSTION Crassostrea virginica
DE LA LAGUNA DE MECOACAN, TABASCO (1993)
CONCENTRACION EN (ng/g)**

ESTACION # 1

<i>Mes</i>	<i>Plaguicidas Alicíclicos</i>			<i>Plaguicidas Ciclodiénicos</i>		<i>Plaguicidas Aromáticos</i>
	HCH- β	HCH- γ	Σ -HCH	ALDRIN	HEPTACLORO	HCB
Septiembre	32.95	23.39	56.34	N.D	N.D	8.41
Diciembre	13.02	N.D	13.02	2.29	3.55	4.21

N.D : No detectado, concentración < a 0.002 ng.

6.- DISCUSION DE RESULTADOS

Al analizar los resultados obtenidos en el estudio de contaminación por plaguicidas organoclorados en agua, sedimento y ostiones de la laguna de Mecoacán Tabasco, durante los tres muestreos realizados, se observó la presencia de plaguicidas que tienen uso restringido o prohibido en México (Diario Oficial de la Federación, 1991) y en varios países se limita su uso (EEC, 1986) ó recomendados para cultivos agrícolas y campañas de salud pública por organismos internacionales ONU (Restrepo, 1992) (Cuadro 2)

Los plaguicidas de uso restringido o prohibido que se encontraron en las muestras fueron los siguientes: El HCH- γ y sus isómeros, heptacloro, aldrín, los metabolitos del DDT y endosulfano α y β .

La presencia del HCH- γ , Endrin, Heptacloro y Endosulfano se puede deber a que son algunos de los principales compuestos empleados en las actividades agrícolas en el estado de Tabasco en el cual se cultiva el maíz, frijol, arroz, caña de azúcar, copra, naranja y mango. (Restrepo, 1988 y Contreras, 1988) (Cuadro 3). Además la presencia de los metabolitos del DDT y HCH- γ puede ser debida a que éstos son los principales plaguicidas utilizados por Campañas de Salud Pública para el control de vectores de enfermedades endémicas, como el Dengue y el Paludismo (Paludismo, 1992). Estos datos coinciden con los resultados obtenidos en este trabajo ya que todos estos plaguicidas fueron encontrados en las muestras analizadas, aunque algunos se presentaron con mayor frecuencia como es el caso de los derivados HCH y el heptacloro el cual no tiene uso restringido en México.

La amplia distribución de estos compuestos puede explicarse en función de las características fisicoquímicas de estas sustancias, y en especial de los hexaclorociclohexanos que poseen una alta presión de vapor y una baja solubilidad en agua en comparación con otros plaguicidas organoclorados como el p,p'- DDT, lo cual sugiere una intensa evaporación de estos compuestos a la atmósfera, además de que son compuestos muy estables é inertes (Goldberg, 1979), de ahí que gran parte de los compuestos rociados en áreas de cultivo y pantanos aledaños a este sistema lagunar sean detectados en los sustratos evaluados en este ecosistema.

6.1 Agua

Por otro lado si comparamos los resultados obtenidos en las muestras de agua de este estudio con los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua para plaguicidas organoclorados (Gaceta Ecologica, 1990) (Tabla 18) Podemos observar que para agua dulce ninguno de los plaguicidas encontrados en las muestras rebasaron los niveles máximos permitidos. Sin embargo tomando en cuenta los criterios para el uso del agua marina (en áreas costeras) se vió que al hacer la sumatoria de los plaguicidas presentes en las muestras HCH- α y β todas rebasaron los niveles máximos permitidos para la Σ -HCH.

Endosulfano- α fue otro de los plaguicidas que rebasó los niveles máximos permitidos para agua marina, aunque solo fue detectado en el mes de Diciembre en la estación número 8.

Los demás plaguicidas encontrados en las muestras de agua fueron: HCH- γ , aldrín, heptacloro, p,p'-DDE y p,p'-DDD, los cuales no rebasaron los niveles máximos permitidos para agua marina.

La finalidad de comparar nuestros resultados con los criterios ecológicos establecidos para agua dulce y marina fué debido a que el agua de la laguna se encuentra en contacto con agua marina por las corrientes y los movimientos de estas aguas ocasionados por las mareas las cuales se mezclan y dan origen a aguas salobres en donde habitan una gran variedad de organismos (ostiones, camarón, etc).

Otro de los compuestos que se encontró ampliamente distribuido en las muestras fue el HCB. Sin embargo, para este plaguicida no existe ningún criterio ecológico de la calidad del agua para ser comparado.

Además cabe mencionar que en México no se han realizado estudios de plaguicidas organoclorados en aguas de lagunas costeras por lo cual no fue posible comparar estos resultados con estudios nacionales.

Sin embargo al compararlos con estudios internacionales (Tabla 20) podemos observar que Heptacloro, Endosulfano- α y HCB se encontraron en concentraciones más alta con respecto a los estudios reportados para otros países.

Cabe observar que heptacloro y aldrín se encontraron sin que se presentaran sus productos metabólicos por lo que se asume que estos agroquímicos se aplicaron en fecha reciente.

Las Σ -HCH y la Σ -DDT se encontraron en concentraciones menores comparadas con las reportadas en Yugoslavia en 1992 y Egipto en 1985, no así con las reportadas en otros estudios internacionales en donde las concentraciones encontradas fueron más altas para este estudio.

Cabe señalar, que de los isómeros del hexaclorociclohexano, el HCH- γ fue el que se encontró con mayor concentración durante los muestreos, lo cual pudiera deberse a que este plaguicida se utiliza para el control de vectores de paludismo y dengue además de ser el más soluble por lo cual queda sujeto principalmente a los movimientos de las masas de agua (Marchand, 1985). Esto es de gran impacto sobre los organismos que se desarrollan en este sistema lagunar debido a que este isómero es el que tiene las propiedades de insecticida y a su vez es el más tóxico, además de que se ha demostrado su potencial de acción carcinogénica en animales de laboratorio (RIQPT; 1984), la presencia de este isómero nos indica que la aplicación de este plaguicida fue hecha en fecha cercana al muestreo.

En cuanto al DDT debemos mencionar que no se encontró en su forma original (p,p'-DDT) sino únicamente sus metabolitos el p,p'-DDE y p,p'-DDD de los cuales el primero se presentó con mayor frecuencia. Estos resultados indican que ha transcurrido un tiempo considerable (aproximadamente 5 años) desde la última aplicación del DDT; ya que la presencia de estos metabolitos, parece indicar que el compuesto original ha sido degradado.

Además cabe mencionar que las estaciones 1 y 9 son las que presentaron las concentraciones más altas de estos compuestos, lo cual se debe a que se encuentran cercanas a las principales zonas de cultivo de temporal.

6.2 Sedimento

Los sedimentos fueron otros de los sustratos analizados y para los cuales no existen límites máximos permisibles en nuestro país por lo cual no es posible saber si las concentraciones encontradas en este estudio son altas o bajas.

Comparando nuestros resultados con los reportados en sedimentos de diferentes lagunas costeras del Golfo de México (Tabla 19) y con estudios internacionales (tabla 20) encontramos que la Σ -HCH, heptacloro, endosulfano- α y la Σ -DDT presentaron una concentración menor comparados con las reportadas en otras lagunas costeras del Golfo de México y con las lagunas de otras partes del mundo.

Salas en 1986 reporta para esta misma laguna concentraciones más altas para Σ -HCH y para la Σ -DDT lo que pudiera ser indicador de que el uso de estos compuestos ha disminuído.

Cabe mencionar que de los isómeros del HCH, el que se presentó en mayor concentración fue el HCH- β lo que puede deberse a que ha transcurrido tiempo suficiente para su degradación por microorganismos que se encuentran

en la materia orgánica del sedimento.

Los plaguicidas Aldrín, heptacloro y la Σ - DDT se encontraron con más frecuencia en los sedimentos que en el agua para este estudio, esto se debe a que poseen una baja solubilidad en agua, lo cual favorece que se asocien con material particulado (Turlough, 1992). Además de que aldrin y heptacloro se presentaron en la forma original, ya que no se encontraron los metabolitos del aldrin (dieldrin) y el metabolito del heptacloro (epóxido de heptacloro) sólo se presentó en dos de las estaciones muestreadas durante el mes de Mayo, lo que hace evidente que la aplicación de estos plaguicidas fue realizada en fecha cercana al muestreo.

HCB fue otro de los plaguicidas que se encontró en las muestras y para el cual no se reportan datos en México para poder ser comparado. Pero comparando los resultados de este trabajo con estudios internacionales en donde se observa que la concentración de este compuesto es menor que las reportadas en estos trabajos (tabla 20).

Por otra parte cabe mencionar que las estaciones que presentaron mayor concentración de plaguicidas fueron: la 4 y la 5, lo cual puede deberse a que la corriente y el flujo de agua en estas zonas es menos fuerte, provocando con ello que los plaguicidas provenientes de la laguna Manati, del rio Cuxcuchapa, la laguna La Negrita y la laguna Eslabón se depositen con mayor facilidad en el sedimento.

6.3 Ostión (*Crassostrea virginica*)

Comparando los resultados obtenidos en este trabajo con los reportados (tabla 19 y 20) en otras lagunas costeras tanto del Golfo de México como de otros países. Podemos observar que la concentración de la Σ -HCH fue más alta para este estudio en donde la relación de la distribución de sus isómeros se presentó de la siguiente manera: $\beta > \alpha > \gamma$ lo cual nos indica que ha transcurrido tiempo suficiente para su degradación a HCH- β el cual es uno de los metabolitos más estables.

El aldrin y heptacloro fueron encontrados en su forma original en los ostiones por lo que se asume que estos compuestos se aplicaron en fecha reciente a la laguna y que dadas sus características fisicoquímicas como son coeficiente de partición octanol-agua y baja solubilidad en agua favorecieron que estos plaguicidas fueran rápidamente concentrados por estos organismos filtradores.

Cabe mencionar que el heptacloro fue el plaguicida que se encontró en más alta concentración comparado con los

reportados en estudios anteriores hechos en otras lagunas del Golfo de México. (tabla 19)

HCB fue uno de los plaguicidas encontrados en los ostiones y para los cuales en México no existen datos para poder ser comparados. Sin embargo Stylianos en 1992 encontro en organismos filtradores (almejas Mytilus galloprovincialis) en el Golfo Strimonikos, en Grecia (tabla 20) concentraciones 4 veces más bajas que la encontradas en este estudio.

En general cabe mencionar que la concentración de plaguicidas organoclorados en ostiones fue mayor en comparación con las encontradas en sedimentos, lo cual pudiera deberse básicamente, a las características fisicoquímicas de los plaguicidas lo cual les permite acumularse preferentemente en los tejidos de los seres vivos.

Además cabe señalar que los ostiones que presentaron mayor concentración y distribución de plaguicidas fueron los muestreados en la estación número 1, esto puede deberse a que hay menor circulación del agua mientras que en la estación 9 se encuentra en la bocana de la laguna la cual tiene mayor influencia de corrientes, lo que contribuye a la remoción y arrastre de estos plaguicidas hacia otras partes de la laguna que posteriormente se depositan en los sedimentos y ostiones.

Esto es de gran importancia ya que se ha reportado que a una concentración de 0.1 ng/g de aldrín, heptacloro, HCH's, p,p'-DDE y p,p'-DDT pueden provocar una disminución en el crecimiento de la concha hasta de un 80 % (Restrepo, 1988). Trabajos realizados por Davis en 1961, sobre efectos del DDT en la supervivencia y crecimiento del ostión, señalan que a concentraciones de 0.05 ppm de DDT durante catorce días puede causar mortalidad de larvas en un 90% y detienen por completo el proceso de crecimiento.

Comparando los niveles de plaguicidas organoclorados en ostiones con las regulaciones reportadas por agencias internacionales, en especial las especificadas por el gobierno de Estados Unidos, las cuales establecen límites máximos de plaguicidas organoclorados permisibles en alimentos para consumo humano (tabla 21) podemos observar que los organismos analizados en este estudio no rebasan los límites establecidos por dicha agencia. Sin embargo debe de considerarse que aunque los plaguicidas encontrados en las muestras de agua, sedimento y ostión no rebasaron en su mayoría los límites máximos establecidos por las diferentes agencias, estos junto con otros contaminantes (hidrocarburos y metales) ocasionan que una gran diversidad de especies mueran o se extingan completamente provocando con ello un

impacto ecológico en este sistema lagunar. Además de afectar la economía pesquera para los habitantes de este lugar (Moguel, 1996).

Cuadro 2 PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS CUYO USO Y/O VENTA HAN SIDO PROHIBIDOS Y RESTRINGIDOS

PLAGUICIDA	CAUSAS DE LAS RESTRICCIONES
ALDRIN	Riesgo para la salud e impacto ambiental adverso. Persistencia y bioacumulación.
ENDOSULFANO	Nocivo para la salud humana y organismos benéficos. Persistente y bioacumulable.
HCH (isómeros α , β)	Presencia de isómeros diferentes del isomero gama, debido a que presenta riesgo para la salud y carecen de potencial insecticida. Persistencia. Potencial carcinogénico. Biomagnificación.
HCH-gama (lindano)	Persistencia. Capacidad de Bioacumulación. Riesgos para la salud. La EPA canceló al registro en vista de las pruebas experimentales de carcinogenicidad, teratogenicidad, efectos reproductivos y otros.
HEPTACLORO	Persistencia. Bioacumulación. Riesgo para la salud humana. Toxicidad para las aves. Carcinogénico en animales de experimentación.
DDT	Riesgo para los ecosistemas. Persistentes. Capacidad de biomagnificación. Desarrollo de persistencia en plagas.

Diario Oficial de la Federación 1991.

EEC. 1986.

ONU (Restrepo, 1992).

**Cuadro 3. PRINCIPALES PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS EMPLEADOS EN ACTIVIDADES AGRICOLAS EN MEXICO
(Restrepo, 1988)**

PLAGUICIDAS	HORTALIZAS							BASICOS						FORRAJEROS		INDUSTRIALES					FRUTALES							
	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																		
HCB													X															
CLORDANO		X	X	X		X	X			X	X	X						X										
ENDOSULFANO	X	X	X	X		X	X	X		O	O	O		X				X	X	X	X	X			O	X	O	X
HEPTACLORO		X	X	X		X				X	X	X	O						X		O							

X : Plaguicidas recomendados
O : Plaguicidas no recomendados

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

Tabla 18. CRITERIOS ECOLOGICOS DE CALIDAD DE AGUA (CE-CCA-001/89) PARA PLAGUICIDAS ORGANOCORADOS ESTABLECIDOS POR SEDESOL.

PLAGUICIDAS	AGUA DULCE (ng/g)	AGUA MARINA (Arca Costera) (ng/g)
Σ -HCH	1000	3
HCH- γ	2000	200
ALDRIN	3000	1000
DIELDRIN	2000	700
ENDRIN	20	40
HEPTACOLORO	500	500
ENDOSULFANO α, β	200	30
p,p'-DDE	10000	100
p,p'-DDD	6	40
p,p'-DDT	1000	100

Gaceta Ecologica Vol. II No.6, Enero de 1990.

TABLA 19
Contenido de plaguicidas organoclorados en sedimentos y organismos de sistemas costeros del Golfo de México. (Valores promedios de datos reportados por diferentes autores)

Localidad	Plaguicidas (Concentración en ppb)																Referencia				
	Σ- HCH Sed. Org.		Heptacloro Sed. Org.		Aldrin Sed. Org.		Dieldrin Sed. Org.		Endrin Sed. Org.		Endosulfano - α Sed. Org.		Endosulfano - β Sed. Org.		Σ- DDT Sed. Org.			HCB Sed. Org.			
Laguna Pueblo Viejo, Ver.	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.06	---	16.0	---	---	Rosales et al., 1979			
Laguna Tampamachoco Ver.	---	---	---	---	---	---	1.1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	Rosales et al., 1979			
L. Alvarado, Ver.	---	---	---	---	---	---	0.3	---	0.03	---	---	---	---	---	9.0	---	---	Rosales et al., 1979			
L. Alvarado, Ver. R. Coatzacoalcos, Ver.	1.10	2.47	3.91	2.91	2.11	6.61	2.10	N.D	7.82	7.95	---	---	0.67	17.65	2.24	1.64	---	---	Botello, 1990		
L. Carmen, Tab.	0.55	---	0.84	---	0.22	---	0.56	---	0.27	---	---	---	---	---	0.27	---	---	---	---	Botello y Pérez, 1986	
L. Machona, Tab.	0.30	1.44	5.19	2.11	0.70	2.56	6.84	N.D	2.73	1.50	---	---	0.10	14.93	1.47	N.D	---	---	---	Botello, 1990	
R. Palizada, Camp	0.30	0.90	2.30	1.80	1.20	1.60	0.60	N.D	4.90	10.0	---	---	N.D	8.80	0.90	5.60	---	---	---	Botello, 1990	
L. Machona, Tab	0.08	1.46	0.04	0.20	0.03	0.41	0.33	0.44	0.34	6.67	---	---	---	---	0.38	0.89	---	---	---	Gold, G. 1995	
L. Bojórquez, Quinta Roo.	0.33	0.60	0.36	1.73	1.15	1.14	0.59	---	4.90	8.17	0.87	---	---	5.88	0.46	0.85	---	---	---	Diaz, G. 1992	
L. Carmen, Tab.	17.80	---	7.83	---	11.43	---	7.48	---	114.2	---	5.27	---	2.64	---	26.9	---	---	---	---	Diaz, G. 1992	
L. Machona, Tab.	0.28	1.43	2.69	2.29	0.70	2.56	6.84	---	2.73	1.50	0.45	0.83	0.06	14.93	0.54	2.09	---	---	---	Rueda, L. 1993	
L. Alvarado, Ver.	0.33	0.93	1.28	2.50	1.15	1.61	0.59	---	4.91	10.6	0.87	N.D	N.D	8.78	0.46	5.6	---	---	---	Rueda, L. 1993	
L. Mecoaacán, Tab	1.06	2.47	2.38	2.54	2.11	6.61	2.05	---	7.82	7.95	1.22	1.22	0.67	17.6	1.63	1.64	---	---	---	Rueda, L. 1993	
L. Mecoaacán, Tab	5.60	---	---	---	---	---	36.7	---	---	---	---	---	---	---	55.1	---	---	---	---	---	Salas, R. 1986
L. Mecoaacán, Tab	0.27	28.9	0.33	3.55	0.54	2.29	---	---	---	---	0.63	---	0.19	---	0.18	---	0.08	5.21	---	---	Resultados de este estudio.

Σ- HCH = HCH-α + HCH-β + HCH-γ
Σ-DDT = p,p'-DDE + p,p'-DDD + p,p'-DDT
Heptacloro = Heptacloro + Epóxido de heptacloro

Tabla 20
Estudios Internacionales del contenido de plaguicidas organoclorados en agua,
sedimentos y organismos

Localidad	Plaguicidas (Concentración en ppb)																					Referencia
	Σ-HCH			Heptacloro			Aldrin			Dieldrin			Σ-DDT			Endosulfano - α			HCB			
	A	S	O	A	S	O	A	S	O	A	S	O	A	S	O	A	S	O	A	S	O	
Lago Mellwaine, Africa.	---	22.0	---	---	---	---	---	12.0	---	---	16.0	---	---	81.0	---	---	---	---	---	---	---	Mhalanga, 1990
Bahia Morston Queensland, Australia.	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.17	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	Donald, 1974
Rio Guadalquivir, España.	0.07	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.02	---	---	---	---	---	---	---	---	Hernández, 1992
Golfo de Aqaba.	0.38	0.38	---	0.10	---	---	---	---	---	---	---	---	0.30	0.07	---	---	---	---	0.003	0.12	---	Alawi, M., 1995
Golfo Strimonikos, (N. Grecia)	6.45	---	0.85	---	---	---	9.8	---	---	---	---	---	---	---	4.35	---	---	---	1.9	---	1.1	Stylianios, 1992
Mar Mediterraneo (Egipto)	3.85	63.05	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	142.5	5.43	---	---	---	---	6.4	6.05	---	Mohamed, 1985
Rio Kupa, Croacia (Yugoslavia)	29.5	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2.0	---	---	---	---	---	2.0	---	---	Fingler, 1992
Rio Upper Rockaway, New Jersey.	---	---	---	---	5.05	---	---	---	---	---	---	---	---	19.9	---	---	---	---	---	---	---	Smith, 1987
Laguna de Mecoacán, Tabasco.	20.64	0.27	28.9	6.31	0.33	3.55	1.89	0.54	2.29	---	---	---	4.41	0.18	---	59.4	0.63	---	7.25	0.08	5.21	Resultados de este estudio

A = Agua
S = Sedimento
O = Organismos

Σ-HCH= HCH-α + HCH-γ + HCH-β
Heptacloro = Heptacloro + Epóxido de heptacloro
Σ-DDT = p,p'-DDT + p,p'-DDD + p,p'-DDE

Tabla 21

Niveles Permisibles de plaguicidas organoclorados en alimentos para consumo humano según las regulaciones de diferentes países.

LIMITES DE TOLERANCIA	TIPO DE COMPUESTO	REFERENCIA
500 - 700 ng/g	ORGANOCORADOS	F.D.A., en Rosales, 1979.
5000 ng/g	ORGANOCORADOS	F.N.I., 1969.
200 ng/g	ORGANOCORADOS	N.F.A., en Mugachia y Kanga, 1992.

F.D.A. Administración de los alimentos y medicamentos (Estados Unidos)

F.N.I. Fishing New International (Estados Unidos de America)

N.F.A. National Food Administration (Suecia)

7.- CONCLUSIONES

En general los niveles de concentración de los plaguicidas organoclorados presentes en las muestras de agua, sedimento y ostiones, mostraron el siguiente patrón:

Agua > ostiones > sedimentos

Los plaguicidas que se encontraron con mayor frecuencia en las muestras de agua, sedimentos y ostiones fueron: HCB y HCH- γ . Este último aún se sigue utilizando en cantidades altas en las entidades cercanas a la laguna a pesar de estar restringido su uso solo a campañas de salud pública.

Se observaron diferencias temporales en la concentración de plaguicidas organoclorados, encontrándose que en las muestras de agua se presentó una concentración más alta en el mes de Mayo (época de agricultura e inicio de lluvias), mientras que para las muestras de sedimento y ostiones las concentraciones más altas se presentaron en el mes de Septiembre.

La mayoría de los plaguicidas se encontraron en su forma original, lo que nos indica que la aplicación fue cercana a la época de muestreo.

Las muestras de ostiones analizadas presentaron niveles de plaguicidas organoclorados detectables, sin embargo ninguno rebasó los límites permisibles establecidos por Agencias Internacionales.

Todas las muestras de agua analizadas en los diferentes meses rebasaron los niveles máximos permitidos para la Σ -HCH en agua marina, establecidos por los Criterios Ecológicos de la calidad del agua para plaguicidas organoclorados.

Dadas las características de los plaguicidas organoclorados analizados y encontrados en aguas sedimentos y ostiones se considera que puede existir un riesgo tanto ambiental como de salud a corto y largo plazo, sobre el sistema lagunar y los organismos que lo habitan.

Estos compuestos se presentaron en mayor concentración en los ostiones, debido a su bioconcentración a través de la cadena alimenticia, y según pruebas experimentales provocan efectos mutagénicos, teratogénicos y carcinogénicos en el hombre.

Debido a los problemas que han ocasionado este tipo de compuestos es necesario realizar con más frecuencia estudios en lagunas costeras en relación a los agroquímicos (plaguicidas organoclorados, organofosforados, piretrinas etc.), metales pesados e hidrocarburos, para así poder determinar el posible impacto que estos compuestos tienen sobre el ambiente y en las diversas poblaciones biológicas que se desarrollan en estos sistemas.

También es importante realizar programas de control de uso, en donde el uso de agroquímicos se vea disminuido y/o controlado con el uso alternativo de otros medios de control (físicos y biológicos) de plagas.

Realizar programas de evaluación de riesgo que nos permitan fundamentar las medidas y restricciones en el uso de ciertos agroquímicos.

8.- BIBLIOGRAFIA

- Alawi, M. 1995. Levels of organochlorine pesticides in fish, algae, sediments and sea water samples in the Aqaba Gulf. *Toxicological and Environmental Chemistry* 51 (1+4):121-134.
- Albert, A.L. 1990. Los plaguicidas y sus efectos en el ambiente y la salud. CECODES, México. D.F. pp 331.
- Alpuche, G.L. 1991. Plaguicidas organoclorados y medio ambiente. *Ciencia y desarrollo*.XVI (96): 45-55.
- Arenas, F.V. 1973. Resultados e implicaciones de un estudio experimental sobre la productividad y la contaminación del mar. Memoria de la primera reunión nacional sobre problemas de la contaminación ambiental, Vol. I, pp419, México.
- Armienta, A.V. 1974. Evaluación preliminar de la contaminación por residuos de plaguicidas organoclorados en el sistema de drenaje del distrito de riego no. 10 del Estado de Sinaloa. Tesis de la Universidad Autonoma de Sinaloa. pp. 74.
- Arriaga, B.R. y Rangel, D.C. 1988. Diagnostico de la situación actual y perspectivas del cultivo de ostión en México. Secretaria de Pesca.
- Bahr, L.M. and Lanier, W.P. 1981. The ecology of intertidal oyster reefs of the south Atlantic coast: a community profile. U.S. fish and wildlife service report no. FWS/OBS-81/15 Washington D.C.
- Barnes, R.D. 1990. Zoología de los invertebrados. 4ª de. Editorial Interamericano. México. pp 307-330.
- Bercovici, B., Wassermann, M., Cucos, S., Ron, M., Wassermann, D y Pines, A.1983. Serum levels of polychlorinated biphenyls and some organochlorine insecticides in women with recent and former missed abortions. *Environ Res* (30):169-174.
- Botello, V.A. 1982 . La contaminación en el mar. *Ciencia y Desarrollo* Marzo-Abril (43): 91-101. Centro de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.
- Botello, V.A. y Paez F.O. 1986. El problema crucial: la contaminación . Serie medio ambiente en Coatzacoalcos. Centro de Ecodesarrollo, México. I, pp. 177.
- Botello, V.A. y Ponce, V.G. 1984. Contaminación de lagunas Costeras. Centro de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. pp. 103-112.
- Botello, V.A. 1990. Impacto ambiental de los hidrocarburos organoclorados y de microorganismos patógenos específicos en lagunas costeras del Golfo de México. Informe Anual 1989-1990. Proyecto OEA-CONACYT. pp.69.
- Botello, V.A., Ponce, V.G., Toledo, A., Díaz, G:G. y Villanueva, S. 1992 Ecología, recursos costeros y contaminación en el Golfo de México. *Ciencia y desarrollo* XVII (102): 28-48
- Castro, G.S. 1981. Determinación de los niveles de hidrocarburos en sedimentos recientes y en ostión *Crassostrea virginica* de la laguna de Mecoacán Tabasco. México. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. 113 pp.
- Clark, R.C., Finley, S.J. 1973. Paraffin hydrocarbon patterns un petroleum polluted mussels. *Mar. Pollut. Bull* (4): 172-176.
-

- Contreras, F. 1985. Las lagunas costeras mexicanas. Centro de ecodesarrollo secretaria de pesca. México, D.F. pp. 148-152.
- Contreras, F., Herzing, M. y Botello, V.A. 1988. Atlas del Golfo y Caribe Mexicano. Diagnóstico Ambiental Centro de Ecodesarrollo Secretaría de Pesca. México.
- Davis, H.C. 1960. Effects of some pesticides on eggs and larvae of oysters and clams. Proc. of the national Shellfisheries association, 51, Washington D.C.
- Davis, H.C. 1961. Effects of some pesticides on egg and larvae of oysters *Crassostrea virginica* and clams *Venus mercenaria*. Commer. Fisheries Review. 23 (12):8-23.
- De Lappe, B.W.; Risebrough, R.W. and Young, D.R. 1979. Changes in the levels of DDE and PCB contamination of California coastal waters, (1971-1977); use of the mussel *Mytilus californianus* as a indicator species. Proceedings of the international Symposium on multimedia global monitoring of environmental pollution, Riga 11-16 Dec, 1978.
- Diario Oficial de la Federación. 1991. Catálogo Oficial de plaguicidas. Tomo CDLV (13). México, D.F. 1ra y 2da. Sección 128.
- Diaz, G.G. 1992. Determinación de hidrocarburos organoclorados en sedimento y organismos de la plataforma continental y zonas costeras del Golfo de México. Tesis de Doctorado en Oceanografía Química. U.N.A.M. UACEP y P del CCH. pp. 169.
- Di Salvo, H., Guard, F. and Hunter, L. 1975. Tissue hydrocarbon burden of mussels as potential monitor of environment hydrocarbon insult. Environ. Sci. Technol. 9 (3): 241-251.
- Donald, E.C. 1974. Residues in fish, wildlife and estuaries. Pest. Monit J. 8 (3): 162-166.
- EEC. 1986 Council Directive 86/363/EEC of 24 July 1986 on Maximum limits for pesticide residues in animal food products. Official Journal of the European Communities, no. L221/43 of 7 August 1986.
- EPA. 1980. Manual of Analytical Methods for the Analysis of Pesticides in Humans and Environmental Samples. Sección 5(A), 10(A), 11(B). United States, Environmental Protection Agency.
- Faustini, A., Forastiere F. D., Beta L., Magliola E. y M; Perucci, C.A. 1993. Cohort study of mortality among farmers and agricultural workers. Med Lar. (84):31-41.
- Fingler, S. 1992. Levels of polychlorinated biphenyls, organochlorine pesticides, and chlorophenols in the Kupa River water and in drinking waters from different areas en Croatia. Bull. Environ. Contam. Toxicol. (49): 805- 812.
- Fishing New International (F.N.I.). 1969. Pesticides limits applied in U.S.A. (8):85
- Gaceta Ecologica. 1990. Criterios Ecológicos de Calidad del agua. SEDESOL. II (6):36
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). UNAM. Instituto de Geografía. pp 246.
- Garabrant, D.H., Held, J., Langholz, B, Peters, J.M., Mack, T.M. 1992. DDT and related compounds and risk of pancreatic cancer. J. Natl Cancer Inst. (84):764-771.
- Gold-Bouchot G. 1992. Diagnóstico del estado de la población de ostión en tres ecosistemas costeros de Tabasco. Reporte final para la laguna de Mecoacán CINVESTAV-IPN Unidad Mérida.

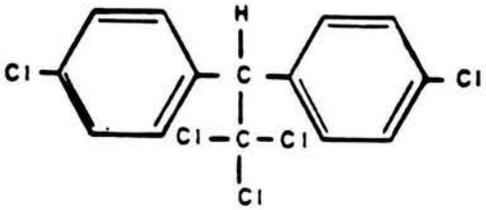
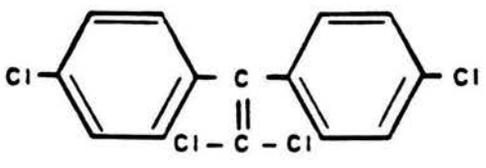
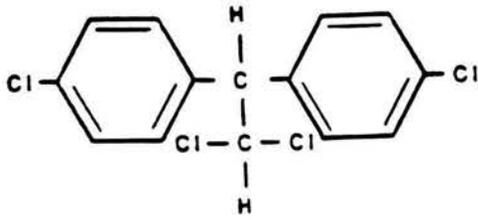
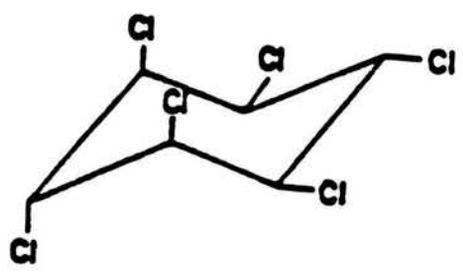
- Gold-Bouchot G. 1995. Organochlorine pesticide residue concentrations in biota and sediments from Río Palizada, México. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* (54): 554-561.
- Goldberg, E.D. 1979. *The health of the oceans*. U.N.E.S.C.O. Press. Paris. 172 pp.
- Gopaldaswamy, U.V. and Aiyar, S.A. 1984. Effects of Lindanes on liver mitochondrial function on the rat. *Bull Environ. Contam. and Toxicol.* 33 (1): 106-113.
-
- Hernández, M.L, Fernández, A.M. and González, J.M. 1992. Organochlorine pollutants in water, soils, and Earthworms in the Guadalquivir River, Spain. (49): 192-198.
- Jeffrey, L.M., Pequegnat, E.W. 1974. Pelagic Tar in the Gulf of México and Caribbean Sea, *Marine Pollution monitoring*, NBS Spec. Publ. (409), Proc. Symp. Worskshop. pp. 233-235.
- Jernelov, A. 1974. Heavy metals, metalloids and synthetic organs., in the sea, 5, editado por E. D. Goldberg, Wiley-Interscience.
- Johnson, D. W. 1968. Pesticides and fishes. A review of selected literature. *Trans. Am. Fish. Soc.*, (97):398-424.
- Kagan, Y.S. 1985. *Principles of Pesticide Toxicology*, UNEP/IRPTC/ Centre of International Projects, GKNT. Moscú. pp. 70-76.
- Kay, K. 1973. Toxicology of pesticides: Recent advances. *Environ. Res.*, 6, 202-243.
- Koeman, J.H., Veen, J. and Brouwer, E. 1968. Residues of chlorinated hydrocarbon insecticides in the North Sea environment. *Helgolander Wiss. Meeresunters.* (17): 375-380.
- Laws, E.R., Curley, A. and Biros, F.J. 1967. Men with intensive occupational exposure to DDT. *Arch. environ. Health*, 15, 766.
- Loosanoff, V.L. 1947. Effects of DDT upon setting, growth and survival of oysters. *Fishing Gazette*, 64, (5):94-96.
- Loosanoff, V.L. 1960. Some effects of pesticides on marine arthropods and molusks. The Robert A. Taft Sanitary Engineering Center Technical Report, W 60-3, pp 89-93 Washington, D.C.
- Martinez, L.M. 1982. Estudios sobre los efectos de los residuos de plaguicidas en la biota acuática, tesis Facultad de Ciencias, UNAM. México, pp 5-7.
- Marchand, M. and Cabane, F. 1980. Hydrocarbures dans les moules et les huitres. *Rev. int. Océanogr. Méd.* tome LIX pp 3-30
- Marchand, M. and Capris C.J. 1985. Hydrocarbons and halogenated hydrocarbons an costal waters of the English Channel and the North Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 16 (2): 78-81.
- McEwen, F. and Stephenson, G. 1977. *The use and significance of pesticides in the environment*, John Wiley and Sons (eds). Nueva York, pp. 166- 179, 260-262, 235, 430-440.
- Mhlanga, T.A., Madziva, J.T. 1990. Pesticide residues en Lake Mellwaine. Zimbabwe. *Ambio*, XIX (8):368-372
- Mendez, H.F. 1976. Residuos de plaguicidas organoclorados en grasa y en hígado humanos en tres localidades de la República Mexicana. Tesis profesional IPN. México D.F.

- Metcalf, R.L. 1971. The Chemistry and Biology of pesticides, in "Pesticides in the Environment", ed. por R. White-Stevens, J., Parte 1, Seccs. 1.1 y 1.4.
- Mohamed, A. 1985. Organochlorine insecticides and PCBs in Water, Sediment, and Fish from the Mediterranean Sea. Bull. Environ. Contam. Toxicol. (34): 216-227.
- Moguel, J. 28 de Febrero de 1996. Mecoacán 1993: el despertar ecológico del sureste. La Jornada del Campo. Año 4 (44).
- Mugachia, J.C.; Kanja, L. and T. E. Maitho. 1992. Organochlorine pesticide residues in Estuarine fish from the Athi River, Kenya. Bull. Environ. Contam. Toxicol. (49): 199-206.
- Paludismo y otras enfermedades transmitidas por vector. Marzo, 1992. 4(1):2-6. Dirección General Epidemiología, Secretaría de Salud.
- Patil, K. C., Matsumura, F. and Boush, M.C. 1972. Metabolic transformation of DDT, Dieldrin, Aldrin and Endrin by marine microorganisms, Environ. Sci. Technol., 6, pp 1061-1063.
- Reguero, M. y Arriaga, R. 1987. Estado actual de la pesquería de ostión. Pesquerías de México. Fac. Ciencias UNAM.
- Restrepo, I. 1992. Los plaguicidas en México. Comisión Nacional de derechos humanos. pp 81-96.
- Restrepo, I. 1988. Naturaleza muerta. Los plaguicidas en México. Centro de Ecodesarrollo. México, Editorial Andromeda S.A pp. 236
- Risebrough, R.W., De Lappe, B.W. and Schmidt, T.T. 1976. Bio-accumulation factors of chlorinated hydrocarbons between mussels and seawater. Mar. Pollut. Bull. 7(12): 225-228.
- RIPQPT. 1984. Registro internacional de productos químicos potencialmente tóxicos (PNUMA) 7 (1): 43.
- Rosales, M.T. 1979. Sobre la dispersión de compuestos organoclorados en el medio ambiente marino: nota científica. An. Centro Cienc. del mar y limnol. Univ. Nal. Autón. México 6 (1): 33- 36.
- Rosales, M.T. y Alvarez, L.R. 1979. Niveles actuales de hidrocarburos organoclorados en sedimentos de las lagunas costeras del Golfo de México. An. Centro Cienc. del mar y limnol. UNAM, 6 (2): 1-6.
- Rueda, Q.L. 1993. Determinación de plaguicidas organoclorados en sedimentos y organismos (moluscos y peces) de lagunas costeras en el Sureste de México. Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala, UNAM. pp. 78.
- Salas, R. 1986. Estudio hidrológico y nivel de alteración causado por organoclorados en las lagunas Mecoacán y Carmen-Machona. Tabasco. México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. 56 pp.
- Saxena, M.C. and Siddiqui, M.K. 1982. Pesticide pollution in India in milk of woman, buffalo, and goat. J. Dairy Sci. (65):430-434.
- Smith, A.J., Harte P.T. and Hardy, A.M. 1987. Trace-Metal and organochlorine Residues in sediments of the Upper Rockkawa y River. New Jersey.
- Stephenson, M.D. and Martin, M. 1979 Trace metal concentrations in the California mussel *Mytilus californianus* California mussel watch 1977-1978 II Water Quality Monitoring Report. (79-22). Californic Dept. Fish and Game State mussel watch proj. 2201 Garden Road Monterrey, Ca. 93940 U.S.A.

- Stylianos, D.K. and Athanasios, P. K. 1992. Seasonal fluctuations of organochlorine Compounds in the water of the Strimon River (N. Greece). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* (49): 375-380.
- Thompson, J.F. 1976. Analysis of pesticide residues in human and environmental samples. V.S. EPA, Research Triangle Park, N.C.
- Tripp, B.W. and Farrington, W.J. 1985. Using Sentinel Organismos to Monitor Chemical Changes in the Coastal Zone. Progress or Paralysis. In: *Gambling with the Shore. Proceedings of the ninth Annual Conference of the Coastal Society*, October 14-17, 1984. Atlantic City, NJ.
- Turlough, F.G. and Kennedy, R.I. 1992. Distribution and dissipation of endosulfan and related cyclodienes in sterile aqueous systems: Implications for studies on biodegradation. *J. Agric. Food Chem.* (4): 2315-2323.
- Vázquez, C. y Arriaga, R. 1988. Cultivo de moluscos. Métodos de cultivo Serie básica de Maricultura (2). Dirección General de Acuicultura SEPESCA México.
- Vega, D. P. 1977. Determinación de residuos de plaguicidas organoclorados en leches maternas y otras leches procedentes de la Región Lagunera. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico Regional de la Laguna, Torreón Coahuila. pp 92.
- Vivarés, C. 1992. ¿ Es peligroso consumir mariscos ? Contaminación, vigilancia y salud pública. *Mundo Científico* 11 (111): 326-334.
- Wassermann, M., Ron, M., Bercovicic, B. y Wassermann, D. 1982. Premature delivery and organochlorine compounds: Polichlorinated biphenyls and some organochlorine insecticides. *Environ Res* (28):106-112.
- Weber, J. B. 1972. Interaction of organic pesticides with particulate matter in aquatic and soils systems. In: Gouff R.F. (Ed). *Advances in Chemistry Series* 111: 120.
- Wets, I. 1967. Lindane and hematologic reactions. *Arch environ. Halth*, 15, 97.
- White-Stevens, R. 1971. Pesticides en the environment. 1. pp 82-93. Ed. Marcel Decker, Inc., Nueva York.
- Wolff, M.:S., Tonolio, P.G., Lee E.W., Rivera, M.:K. y Dubin, N. 1993. Bolld levels of organochlorine residues and risk of breast cancer. *J Natl Cancer Inst.*(8):648-652.
- Young, D.R. and Folsom, T.R. 1973. Mussels and Barnacles as indicators of the variation of Mn, Co and Zn in the environment. In *Radioac. Contam. of the Marine Environ.* pp. 633-650. Vienna, Austria: International Atomic Energy Agency.
- Zweig, G. 1973. "Pesticide residues in food", *Qual. Plant. Pl. Fds., Hum. Nutr.*, XXIII, 1/3, 77-113.

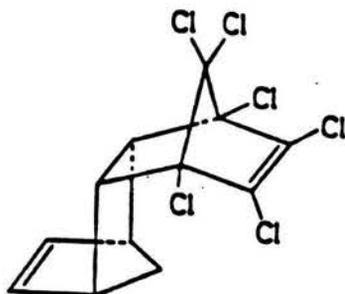
9.- ANEXO

CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE DERIVADOS CLORADOS

PRODUCTO	NOMBRE CIENTIFICO Y FORMULA	DATOS FISICO-QUIMICOS
p,p' - DDT	p,p'-diclorodifenil- 1,1,1, tricloro-etano 	Sólido cristalino. El DDT técnico es una mezcla de compuestos que contiene entre un 75% y 76% de p,p'-DDT el cual, solamente este presenta propiedades insecticida. Insoluble en agua. Soluble en benceno, acetato de etilo, hexano acetona. No volatil. Muy estable química y bioquímicamente
p,p' - DDE	p,p' - diclorodifenil - 1,1, dicloroetileno 	No se produce industrialmente. No tiene acción insecticida. Principal producto que se obtiene durante el metabolismo del DDT. Es muy persistente y Solubilidad similar al DDT.
p,p' - DDD	p,p' diclorodifenil -1,1, dicloroetano 	Metabolito del DDT. Tiene propiedades insecticidas. Sólido p.f. 112°C. y Solubilidad similar al DDT.
HCH (lindano)	Hexáclorociclohexano 	Sólido p.f. 112.9°C. Presenta propiedades insecticidas. Moderadamente soluble en agua. Soluble en benceno, acetona, hexano, cloroformo y etanol. Presión de vapor baja. Muy estable al calor y a la oxidación. Pero no a alcalis.

Aldrin

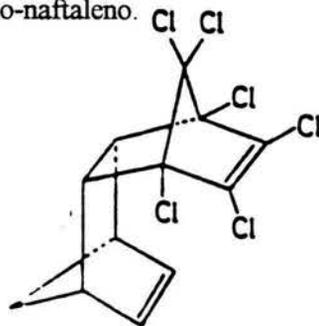
1, 2, 3, 4, 10, 10 - hexacloro - 1,4,4a,
5,8,8a-hexahidro- exo 1,4, endo- 5,8
dimetano-naftaleno



Sólido. p.f. 104°C. Insoluble en
Presenta propiedades de insectida
Insoluble en agua y Soluble en
xileno, acetona y benceno.
Se oxida facil mente para dar
dieldrin. Estable en medio básico.

Isodrin

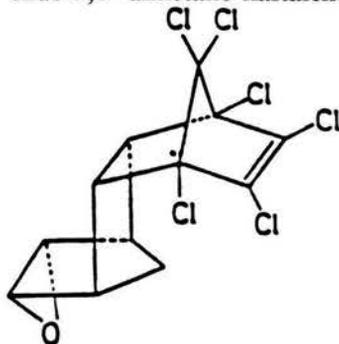
1,2,3,4,10,10 - hexacloro - 1,4,4a,
5,8,8a-hexahidro-endo-1,4-endo-5,8-
Dimetano-naftaleno.



Sólido. p.f 240- 242°C
No es un insecticida.
Pero se utiliza para
la producción de endrin.

Dieldrin

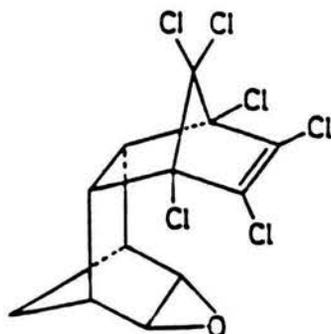
1,2,3,4,10,10-hexacloro 6,7-epóxi-
1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahidro exo 1,4-
endo 5,8- dimetano-naftaleno



Sólido. p.f. 176°C Presenta
propiedades de insectida
Insoluble en agua y Soluble en
benceno, xileno, tetracloruro y de
carbono. Estable en medio
básico.

Endrin

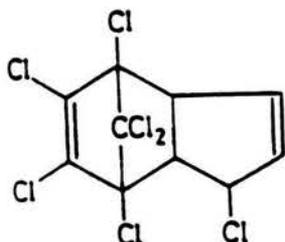
1,2,3,4,10,10 hexacoro 6,7-epóxi-
1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahidro endo 1,4-
endo 5,8- dimetano-naftaleno



Sólido. Insoluble en agua
y soluble en benceno.
propiedades de insectida
Producto de la oxidación del
isodrin. Altamente tóxico
para el hombre, animales
domesticos e insectos.

Heptacloro

1,4,5,6,7,8,8, heptacloro -3a,4,7,7a - tetrahidro- 4,7, metanoindeno.



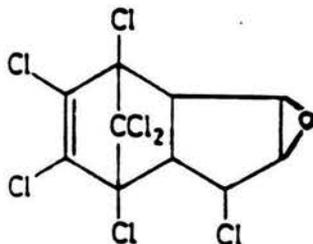
Sólido. p.f. 95°C.

El producto técnico tiene 65% de heptacloro y el resto de compuestos relacionados con el, con un intervalo de fusión entre 46 y 75°C.

propiedades de insectida.
insoluble en agua y Soluble en cloroformo, tetracloruro de carbono y xileno. Es estable a la luz, al aire, la humedad, los ácidos y los álcalis.

Epóxido de heptacloro

1,4,5,6,7,8,8-heptacloro 4,7-metano 3a,4,7,7a-tetrahidro,2,3 epóxi-4,7-metanoindeno.

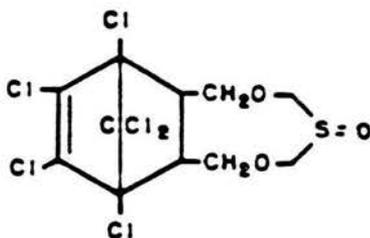


Producto de degradación del heptacloro.

Más tóxico que el heptacloro.

Endosulfano

1,2,3,4,7,7,- hexacloro-biciclo (2,2,1) heptano - 5,6, bisoximetilen - sulfito.

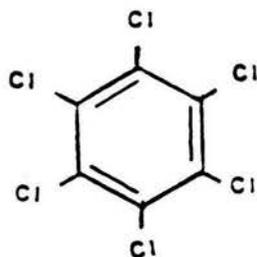


Sólido p.f. 109°C.

propiedades de insectida
El producto técnico tiene un intervalo de fusión entre 70-110°C. Soluble en cloroformo, xileno, acetona. Estable a la luz solar. Se hidroliza en medio ácido y básico.

Hexaclorobenceno (HCB)

Hexaclorobenceno



Sólido cristalino, p.f. 230°C

Soluble en eter, benceno y cloroformo