

03083

1
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGIA

Proyecto de Especialización, Maestría y Doctorado
en Ciencias del Mar de la UACP y P del CCH

"DETERMINACION DE HIDROCARBUROS
ORGANOCOLORADOS EN SEDIMENTO Y
ORGANISMOS DE LA PLATAFORMA
CONTINENTAL Y ZONAS COSTERAS
DEL GOLFO DE MEXICO"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS DEL MAR

(Oceanografía Química)

P R E S E N T A :

GILBERTO DIAZ GONZALEZ

MEXICO, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1992

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

UNAM



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CONTENIDO

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
1. INTRODUCCION	1
1.1 Plaguicidas	2
a) Su uso	3
b) Composición	5
c) Forma de aplicación	5
d) Persistencia	5
e) Toxicidad	5
1.2 Bifenilos Policlorinados (PCB's)	7
1.3 Antecedentes	7
2. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	11
2.1 Laguna de Terminos, Campeche	11
2.2 Laguna de Alvarado, Veracruz	15
2.3 Laguna del Carmen, Tabasco	17
2.4 Laguna Machona, Tabasco	19
2.5 Laguna de Bojorquez/Sistema Lagunar Nichupte, quintana, Roo.	20
2.6 Plataforma Continental	22
3. MATERIALES Y METODOS	24
3.1 Extracción de Residuos de Plaguicidas Organoclorados y PCB's en Sedimentos. METODO PROPUESTO POR ALBERT, L., 1981. INIREB	27
3.2 Ejercicio de Intercalibración para La Metodología de Hidrocarburos Organoclorados en Sedimentos y Organismos	29
3.2.1 Descripción de Los Metodos de Extracción usados en Los Ejercicios de Intercalibración	29
3.2.2 Cromatografía de Gases	30
3.2.3 Ejercicio de Intercalibración para La Metodología de Hidrocarburos Organoclorados en Tejido de Atun	40
3.2.4 Ejercicio de Intercalibración de Bifenilos Policlorinados (PCB's) en el Medio Marino, con Estandares Certificados	51
3.2.5 Areas Costeras y Plataforma Continental	56
4. RESULTADOS Y DISCUSION	59
Ejercicio de Intercalibración	59
Bifenilos Policlorinados (PCB's)/Primer paso	69
Laguna de Términos, Campeche/Cuenca Central	76
Laguna de Términos, Campeche/Sistemas Fluvio-Lagunares	81
Sistema Candelaria-Panlau/Sedimentos	81

Sistema Candelaria-Panlau/Pastos	87
Sistema Candelaria-Panlau/Peces	90
Sistema Palizada del Este/Sedimentos	97
Sistema Palizada del Este/Pastos	101
Sistema Palizada del Este/Peces	104
Laguna del Carmen, Tabasco/Sedimentos	110
Laguna del Carmen, Tabasco/Ostión (<i>Crassostrea virginica</i>)	114
Laguna de Machona, Tabasco/Sedimentos	117
Laguna de Machona, Tabasco/Ostión (<i>Crassostrea virginica</i>)	120
Laguna de Alvarado, Veracruz/Sedimentos	122
Laguna de Alvarado, Veracruz/Peces	126
Laguna de Alvarado, Veracruz/Ostión (<i>Crassostrea virginica</i>)	128
Laguna de Bojórquez/Sistema Lagunar Nichupté, Quintana Roo.	131
Crucero Oceanográfico OGMEX V Plataforma Continental de Campeche - Sedimentos - ...	135
Crucero Oceanográfico OGMEX V Plataforma Continental de Campeche -Organismos - ...	139
Crucero Oceanográfico OGMEX VII Plataforma Continental de Tabasco - Sedimentos - ...	143
5. CONCLUSIONES	150
6. LITERATURA CITADA	156
ANEXOS	163

RESUMEN

Este estudio describe las técnicas analíticas probadas y seleccionadas en el Laboratorio de Contaminación Marina del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM para la determinación de PCB's y Plaguicidas Organoclorados. La técnica EPA (1979) modificada por Garay (1982) de uso común en el laboratorio para el análisis de sedimento y sometida al ejercicio de intercalibración, presentaron valores similares al compararla con el Método de Referencia No.17 propuesto por la Agencia Internacional de Energía Atómica, Mónaco (1982). El Método de Referencia No. 14 propuesto también por la Agencia citada y modificado por Díaz y Botello (1989) para el análisis de organismos, resuelve en forma semejante a la técnica EPA (1979) modificada por Garay (1982).

La importancia de la primera es que abate los costos de análisis en un 50% ya que usa Sílica como adsorbente y la segunda Florisil que es un reactivo caro y difícil de obtener en el mercado sobre todo para los países en desarrollo, por lo que su aplicación y uso en los citados países ahorraría considerablemente el costo de los análisis para plaguicidas y por lo tanto se tendría de esta manera una mayor información sobre la distribución y concentración de estos contaminantes en los ambientes tropicales, información que actualmente es casi nula debido al alto costo para obtenerla.

En relación al ejercicio de intercalibración de los PCB's en su fase preliminar, la columna (1) capilar de 25 m x 0.2 mm ID x .5 um de grosor de capa, logró separar los Bifenilos Policlorinados individuales del 1 al 10 propuestos en el estándar de referencia por la Universidad de Kiel, Instituto de Meereskunde, República Federal Alemana, en cambio la (2) de 25 m x 0.32 mm ID x 0.25 um, sólo separó del CB52 en adelante; probablemente el grosor de capa de la fase estacionaria fué un factor limitante.

Las técnicas de Plaguicidas Organoclorados previamente evaluadas fueron aplicadas en su mayoría a sedimentos (finos), peces, ostión y macrofitas sumergidas de: La Laguna de Términos, Camp., y sus Sistemas Fluvio-Lagunares, Laguna del Carmen, Tab., Laguna de Machona, Tab., Laguna de Alvarado, Ver., Laguna de Bojórquez (Nichupté), Q. Roo, Plataforma Continental de Tab., y Camp. (OGMEX V y VII).

La tendencia de los plaguicidas totales en los sedimentos analizados, de los diferentes sistemas costeros estudiados fué la siguiente: Sistema Candelaria-Panlau Laguna de Términos Cuenca Central OGMEX VII Sistema Palizada del Este Laguna de Bojorquez OGMEX VI Laguna de Alvarado Laguna del Carmen Laguna de Machona.

Las macrofitas sumergidas estudiadas presentaron el siguiente orden de concentración total: Sistema Palizada del Este Sistema Candelaria-Panlau.

El total de plaguicidas en moluscos bivalvos ocurrió en el siguiente orden: Laguna de Machona Laguna de Alvarado Laguna del Carmen. Los peces analizados mostraron el siguiente patrón de su concentración total: Sistema Palizada del Este Candelaria Panlau OGMEX VI Laguna de Alvarado.

El contenido total de plaguicidas en los diferentes grupos de organismos analizados presentó el siguiente comportamiento: Peces Macrofitas sumergidas Ostión Camarón.

ABSTRACT

This study describes the analytical techniques proved and selected in the Marine Pollution laboratory of the Institute of Marine Sciences and Limnology of the National University of Mexico, to determine the chlorinated hydrocarbons and PCB's. The EPA (1979) technique, modified by Garay (1982), of common use in the laboratory to analyze sediment and submitted to the exercise of intercalibration, presented similar values when compared to the Method of Reference No. 17, proposed by the International Agency of Atomic Energy (Mónaco, 1982). The Method of Reference No. 14, proposed also by the mentioned agency, and modified by Dfaz and Botello (1989) for the analysis of organisms, resolves in a similar way as the EPA's (1979) technique, modified by Garay (1982).

The importance of the first one is that it reduces the costs of the analysis in 50%, as it uses silica as absorbent, and the second Florisil, wich is a reagent expensive and difficult to obtain in the market, mainly in developing countries; for wich its application and use in the mentioned countries would reduce the cost of pesticide analyses considerably and, therefore, a better information would be obtained on the distribution and concentration of these pollutants in the tropical environments; this information is very scarce due to the high costs involved in obtaining it.

In relation to the exercise on intercalibration of the PCB's in their preliminary phase, column (1) capillary of 25 m x 0.2 mm ID x .5 um layer width, was able to separate the individual polychlorinated byphenyls from 1 to 10 proposed in the standard of reference by the University of Kiel, Institute of Meereskunde, Federal Republic of Germany; on the other hand, column (2) of 25 m x 0.32 mm ID x 0.25 um, only separated from CB52 on; it is possible that the width of the layer of the stationay phase was a limiting element.

The previously evaluated techniques of organochlorine pesticides were applied mainly in (fine) sediments, organisms and submerged macrophytes from: Laguna de Términos, Campeche, and its fluvial lagoonal systems, Laguna del Carmen, Tabasco, Laguna de Machona, Tabasco, Laguna de Alvarado, Veracruz, Laguna de Bojórquez (Nichupté, Q. Roo, Continental Shelf of Tabasco, and Campeche (OGMEX V and VIII).

The tendency of total pesticides in the analyzed sediments, from the different studied costal systems, was the following: Candelaria-Panlau System Laguna de Términos Central Basin OGMEX VII Eastern Palisade System Laguna de Bojórquez OGMEX V Laguna de Alvarado Laguna del Carmen Laguna de Machona.

The studied submerged macrophytes presented the following order of total concentration: Eastern Palisade System Candelaria-Panlau System.

The total of pesticides in bivalve mollusks occurred in the following order: Laguna de Machona Laguna de Alvarado Laguna del Carmen. The analyzed fishes showed the following total concentration pattern: Eastern Palisade System Candelaria Panlau OGMEX V Laguna de Alvarado.

The total content of pesticides in the different groups of analyzed organisms presented the following behaviour: fishes submerged macrophytes oyster shrimp.

1. INTRODUCCIÓN

La zona costera es una delicada área de transición entre la tierra y el mar, en donde los procesos de producción, consumo o intercambio de energéticos se efectúan con una extraordinaria intensidad.

Los ambientes acuáticos son complejos y diversos. Ello incluye distintos tipos: lagos, estanques, ríos, estuarios, zona costera plataforma continental y aguas oceánicas, dentro de ellos existen diferentes componentes bióticos y abióticos. Dentro de los bióticos encontramos muchas combinaciones de plantas, animales y microorganismos que habitan nichos ecológicos específicos en cada ecosistema. Los componentes abióticos incluyen el ambiente físico, como es el sustrato y material suspendido; cada ecosistema es entonces un producto de complejas interacciones de estos dos componentes.

Las propiedades físicas y químicas de los ecosistemas acuáticos pueden ser reguladoras de la actividad biológica y del impacto de compuestos tóxicos y otros xenobióticos que ingresan a éstos sistemas. La vulnerabilidad del ambiente acuático al daño químico depende de varios factores, incluyendo las propiedades físicas y químicas del agente contaminante y sus productos de transformación; concentración de los contaminantes que entran al ecosistema; duración y tipo de entradas, que pueden ser agudas o crónicas, derrames intermitentes o descargas continuas; propiedades del ecosistema que les permite resistir cambios que pueden resultar de la presencia de compuestos químicos, por ejemplo la capacidad del agua de mar de amortiguar el pH o regresarlo a su estado original después que el contaminante es removido del sistema, en una laguna costera puede ser apartado por la acción mecánica de las olas o de las mareas y también es muy importante la ubicación del ecosistema en relación al sitio de liberación de los tóxicos (Rand *et al.*, 1985).

Un tóxico es un agente que puede producir una respuesta adversa en un sistema biológico, dañando seriamente su estructura o función y en algunos casos provocando la muerte. El efecto adverso puede ser definido en términos de una medición que está fuera de lo "normal" para la salud de los organismos (Rand *op cit*).

Los contaminantes que entran al ecosistema acuático son de orígenes y fuentes diversas, tales como el escurrimiento de tierras agrícolas, aguas subterráneas, sedimento, aportes antropogénicos, atmosféricos, descargas industriales y plantas de tratamiento.

En el ambiente acuático la concentración, transporte, transformación y destino de un contaminante, son primariamente controlados por las propiedades físicas, químicas y biológicas del ecosistema, dentro de estas propiedades podemos citar la estructura molecular, la solubilidad en el agua y la presión de vapor. Las constantes de hidrólisis, fotólisis, degradación biológica y depuración por los organismos. Algunas de las propiedades de los cuerpos de agua que pueden afectar la disponibilidad del contaminante, son relaciones de área superficial a volumen, temperatura, salinidad, pH, flujo, profundidad, cantidad de material suspendido, tamaño de partículas sedimentarias y contenido de carbón orgánico (Hassall 1990).

Un contaminante o sus productos de conversión, promueven una respuesta adversa o tienen un efecto tóxico sobre los organismos, los contaminantes al estar en contacto con el organismo reaccionan con el sitio receptor apropiado dependiendo de la concentración y el tiempo de exposición, el tiempo requerido para producir un efecto adverso varía con el tipo de contaminante y las especies de organismos.

Los organismos acuáticos pueden estar expuestos a contaminantes presentes en el agua, sedimento o partículas alimenticias. Los contaminantes hidrofílicos son más fácilmente asimilados por los organismos que los contaminantes hidrofóbicos que son estrechamente adsorbidos o liberados a partículas suspendidas o materia orgánica. Los primeros pueden entrar a un organismo a través del cuerpo, agallas o boca. La ruta de exposición puede afectar factores cinéticos tales, como absorción, distribución, biotransformación y excreción. Así las especies

difieren en susceptibilidad a los contaminantes, ésto puede deberse a diferencias en accesibilidad, con ciertas especies, en suma, las tasas y patrones de metabolismo, excreción y factores genéticos pueden sustancialmente afectar esta susceptibilidad. Los factores dietéticos también influyen la toxicidad porque producen cambios en la composición del cuerpo, funciones bioquímicas y fisiológicas y estatus nutricional del organismo (Rand *et al.*, 1985).

1.1 PLAGUICIDAS

Las mezclas químicas se conocen desde hace mucho tiempo. En el siglo XX ha evolucionado la ciencia de la farmacología y más recientemente el desarrollo de mezclas químicas para uso en el mejoramiento de la agricultura y control de plagas. De esta manera antes que el hombre conociera la biología y otros aspectos de las plagas, desarrolló métodos biológicos, culturales y físicos tendientes a la protección de los cultivos, los animales domésticos y él mismo. Muchas de estas prácticas fueron comprobadas posteriormente en una forma científica. Las primeras evidencias del uso de productos químicos para el control de plagas, data del año 2,500 a.C. en Circa, cuando los Sumerios usaron compuestos de azufre para el control de insectos y entre ellos los ácaros. En el 1,500 a. C. en la cultura China, se desarrollaron insecticidas derivados de plantas para proteger semillas y para el tratamiento de plantas infestadas con insectos. Varios siglos antes de Cristo, los Chinos desarrollaron importantes técnicas de control de insectos, ya que utilizaron enemigos naturales combinándolos con las épocas de siembra o plantación (AMIPFAC 1985).

El propósito primario de los pesticidas ó plaguicidas es prevenir, controlar, o eliminar pestes. Los pesticidas han beneficiado a la humanidad porque controlan insectos y roedores que son vectores de enfermedades, plantas nocivas y artrópodos. Estos fueron diseñados para afectar ciertos organismos y persistir en el ambiente por un tiempo específico, por lo tanto los plaguicidas son considerados como un grupo único de compuestos.

Otro grupo de agentes químicos considerados actualmente como pesticidas, son los herbicidas, usados como defoliantes para remover la maleza en los cultivos agrícolas previo a la cosecha; el cloro es usado en plantas generadoras de energía para enfriar sus sistemas o prevenir el crecimiento de organismos sésiles; fumigantes tales como el bromuro de metilo y p-diclorobenceno; biocidas usados en exploraciones petroleras; y tan comunes como conservadores de maderas como es la creosota y el pentaclorofenol.

Las plagas son la principal causa de pérdidas de cosechas tanto en el campo como en los almacenes. Rudd (1964) estimó el perjuicio anual debido a roedores en los Estados Unidos de \$ 2 mil millones de dólares. La pérdida debida a insectos fué de \$ 4 mil millones. Sin embargo el daño más sorprendente ocurrió en semillas con \$ 11 mil millones anuales. Si esas estimaciones fueron razonablemente exactas en 1964 - 1970, entonces la pérdida presente ajustada a dólares debe ser enorme.

En el pasado el control químico de las plagas fue acompañado con una relativa cantidad de cobre inorgánico y compuestos de arsénico o pesticidas de origen natural como piretroides y rotenona. El desarrollo de compuestos químicos orgánicos para controlar plagas se desarrolló lentamente hasta la Segunda Guerra Mundial cuando se descubrió el DDT; el pesticida que tuvo el impacto más grande sobre ecosistemas acuáticos naturales en muchas áreas del mundo fué probablemente el "Paris green" (acetoarsenito de cobre) que fué aplicado a criaderos de mosquito para controlar la malaria.

El amplio uso dado al DDT, se debió básicamente a que fué efectivo para combatir una amplia variedad de plagas y sus propiedades persistentes que le permitieron permanecer activo por meses o años, además relativamente barato de fabricar. Sus cualidades estimularon la investigación para otros compuestos orgánicos sintéticos para controlar plagas. Los esfuerzos iniciales de la investigación se concentraron sobre el grupo al que el DDT pertenece, los organoclorados o grupo de los hidrocarburos clorinados producidos fueron el Dieldrín, Endrín, Metoxiclor y otros.

En las pasadas tres décadas el uso de pesticidas sintéticos en los Estados Unidos se ha incrementado (Ridgway *et al.*, 1978). El incremento ha sido probablemente por la existencia de tipos o clases de pesticidas, de ésta manera el número de nuevos compuestos químicos introducidos anualmente ha declinado. Usualmente, sólo 70-100 nuevos

productos químicos o agentes de control biológico reciben niveles de registro cada año, una fracción de los miles de productos químicos industriales introducidos anualmente para uso comercial. La producción mundial de pesticidas en 1975 fué estimada como 3.7 billones de libras, de los cuales Estados Unidos produjo la mitad (Ridgway *et al.*, 1978). Sobre las bases de estas estimaciones, aproximadamente 70% de nuevos productos químicos producidos en Estados Unidos son usados en la agricultura, insecticidas, herbicidas y fungicidas comprenden aproximadamente el 90% de todos los pesticidas usados en los campos de cultivo. De acuerdo a Ridgway *et al.* (1978), aproximadamente el 70% de todos los pesticidas son usados en las cosechas de algodón, maíz, frutas, y vegetales, sin embargo, de todos los pesticidas usados en granjas, el uso de herbicidas se ha incrementado más que el uso de fungicidas, fumigantes y otros tipos.

La producción industrial y datos del uso de los hidrocarburos clorinados que tienen una alta toxicidad y larga persistencia en el ambiente es difícil de obtener. Con frecuencia países y corporaciones individuales categorizan esos datos como información de su propiedad para proteger sus intereses políticos y económicos. Sin embargo a pesar de la incertidumbre de los datos, la información disponible sugiere que las tasas de producción de pesticidas clorinados persistentes no están disminuyendo sobre una base global. Donde varios cientos de miles de toneladas de DDT cada año fueron producidas y usadas en los sesentas (Goldberg, 1976), por lo que la producción anual de todos los pesticidas persistentes a la fecha es probable que esté alrededor de varios millones de toneladas.

El registro estadístico del uso de los hidrocarburos organoclorados medido por algunos países puede ser importante, así podemos citar a Chile que en 1979 utilizó 6500 toneladas de pesticidas clorados, incluyendo 1288 toneladas de hexacloruro de benceno y 4400 toneladas de Aldrín (CPPS, 1981). Ecuador usó en 1970 cerca de 100 toneladas de hexacloruro de benceno y una cantidad igual de Endrín (CPPS, 1981). Estos son pequeños países con alto consumo per capita de pesticidas persistentes. El hexaclorociclohexano ha sido extensivamente fabricado en Japón y China, y niveles ambientales recientes muestran que ha sido claramente dispersado en los trópicos y el hemisferio sur (Tanabe, *et al.*, 1982). En la India solamente, la producción de hexacloruro de benceno está alrededor de 30,000 toneladas por año. Del uso y fabricación de plaguicidas y herbicidas se han presentado serios problemas ambientales como el de Bophal en India que causó centenares de muertos y así reportes recientes nos indican la presencia de estos compuestos en casi todos los ambientes (suelo, aire, agua). En retrospectiva, es difícil de entender cómo los descubrimientos del DDT y los otros compuestos organoclorados, que fueron tan efectivos en el control de plagas y tan resistentes a la degradación no incluyó la posibilidad de que su uso a gran escala pudiera tener algunos deterioros y efectos indeseables sobre especies benéficas y el medio ambiente.

Para el estudio de los plaguicidas se pueden adoptar varios esquemas dividiéndolos según su uso en la protección de la salud, del hombre, de los animales o de las plantas, en el caso de los plaguicidas para uso agrícola, una clasificación práctica es la propuesta por la AMIPFAC (1985). Los plaguicidas a menudo son clasificados según:

- a) Su uso, b) Su composición, c) Su forma de aplicación, d) Su modo de acción, e) Su persistencia y f) Su toxicidad.

a) Su uso

Respecto a su uso, los plaguicidas se clasifican según el tipo de plaga a combatir:

- Insecticidas: que atacan insectos (pulgas, pulgones, escarabajos, mosquitos, etc.).
- Herbicidas: luchan contra las malezas.
- Fungicidas: que atacan a hongos causantes de enfermedades de cultivos (mildiu, moteado, oidium, podredumbre, roya, etc.).
- Rodenticidas: destinados a exterminar ratas, ratones, etc.
- Nematicidas: usados contra nemátodos.

Dentro de este rubro, hay otra clasificación modificada por Schmitt *et al.* (1985).

COMPUESTO	USO Y OCURRENCIA
Bifenilos policlorinados (PCB's)	
Total PCB	Fluido dieléctrico en capaci-
Aroclor 1016	tores; fluido de transforma-
Aroclor 1242	dores; fluidos hidráulicos;
Aroclor 1248	plastificantes, papel carbón.
Aroclor 1254	
Aroclor 1260	
PCB's por numero de clorinación (2-10)	
DDT y estructuras químicas relativas	
DDE (o-p y p-p')	Insecticidas; metabolitos del DDT
DDD (TDE; o-p, y p-p')	Insecticidas; metabolitos del DDT
DDT (o-p y p-p')	Insecticidas; padres del DDD/DDE
Total DDT	Suma de padres y metabolitos
Metoxiclor	Insecticida.
Plaguicidas ciclodiénicos	
Clordano técnico	Insecticida; mezcla de constituyentes.
Clordano (trans- y cis-)	Insecticida; constituyentes mayo-
	res del clordano técnico.
Oxiclordano	Metabolito del clordano.
Heptacloro	Insecticida; constituyente menor
	del clordano técnico.
Heptacloro epóxido	Metabolito del heptacloro.
Endosulfán (I y II)	Insecticidas; 7:3 mezcla de este-
	reoisómeros.
Endosulfán sulfato	Metabolito de los endosulfanes.
Aldrín	Insecticida
Dieldrín	Insecticida; metabolito del Al-
	drín.
Endrín	Insecticida.
Insecticidas Hexaclorociclohexanos	
alfa-BHC	Mezcla del insecticida BHC
gama-BHC (Lindano)	Insecticida; constituyente del
Beta-BHC	BHC
Plaguicidas hexaclorociclopentadienos	
Kepona	Acaricida, larvicida y fungicida.
Mirex	Insecticida; control de hormigas
Canfenos clorinados	
Toxafeno	Insecticida (del algodón)
Derivados de Acidos Carboxílicos	
2,4-D (2,4-DEP)	Herbicida de semillas (cereales)
2,4,5-T	Herbicida de plantas maderables
Clorinados bencenos y fenoles	
HCB (hexaclorobenceno)	Fungicida
PCP (pentaclorofenol)	Preservativo de las maderas

b) Composición

Los plaguicidas pueden ser naturales o sintéticos, orgánicos e inorgánicos. Algunos autores los dividen con base en su composición, entre los más importantes están:

- Organoclorados sintéticos que se caracterizan por poseer estructuras hidrocarbonadas unidas a átomos de cloro. Estas estructuras pueden ser ciclodiénicas, alicíclicas o aromáticas. Poseen una gran estabilidad y afinidad por los tejidos grasos y se bioacumulan a lo largo de la cadena trófica, ejemplos: DDT, Endrín, Dieldrín, Toxafeno, Heptaclor, Lindano. Esto está relacionado con el Coeficiente de Partición lípido/agua, que nos muestra cuanto de una sustancia se disuelve en agua y cuanto en lípido; este coeficiente de una manera indirecta proporciona información sobre la solubilización y distribución de una sustancia en un organismo vivo, i.e. el Aldrín y el DDT tienen un coeficiente de partición lípido/agua mayor a uno, por lo tanto son liposolubles (Anexo 6).

- Organofosforados

Plaguicidas sintéticos derivados del ácido fosfórico. Los sustituyentes de este ácido pueden ser grupos alquilo, alcoxi o alquiltio de cadena corta o bien grupos amida o átomos de azufre. Estos compuestos son degradados con relativa facilidad y son muy solubles en agua. Ejemplos: Malatión, Parathiones, Dipterex, Dibrón, DDVP. Las sustancias con solubilidad acuosa mayor a 500 ppm son muy móviles en los suelos y en los otros elementos del ecosistema; su mayor concentración se encuentra en los ecosistemas acuáticos. Por otro lado las sustancias con una solubilidad acuosa mayor de 25 ppm no son persistentes en los seres vivos, situando en este caso a los compuestos organofosforados, en tanto que aquellas con una solubilidad acuosa menor a 25 ppm tienden a inmovilizarse en los suelos y a concentrarse en los organismos, es por ello que los plaguicidas organoclorados se agrupan en esta categoría (Anexo 7).

- Carbámicos

Plaguicidas sintéticos; cuyo precursor es la fisostigmina, alcaloide producido por la *Physostigma venenosum*. Son ésteres carbónicos N-metilados y N, N'-dimetilados de numerosos enlaces y fenoles heterocíclicos. Son plaguicidas de amplio espectro y, dependiendo de los sustituyentes que posean, pueden ser insecticidas, herbicidas, fungicidas, nematocidas o molusquicidas. Ejemplos: Bayón 50, Sevín, Cotorán.

c) Forma de aplicación

Los plaguicidas pueden emplearse a través de dos sistemas principales:

Aplicando el producto químico tal cual, sin formulación alguna. Este es el caso menos frecuente.

Utilizando el producto químico debidamente acondicionado en un vehículo adecuado, cuyo carácter puede ser muy variado (como agua o polvo). De esta manera se dice que el producto está formulado. Ejemplos de este tipo, tenemos las formulaciones sólidas como polvos espolvoreables, polvos solubles, gránulos. Por otro lado están las formulaciones líquidas, las que son solubles en agua y emulsionables.

Cabe señalar que los ingredientes activos de la mayoría de los plaguicidas son relativamente insolubles en agua pero solubles en compuestos orgánicos y que aproximadamente el 75% de todos los plaguicidas son aplicados como rocío, rociados principalmente como emulsiones de agua.

d) Persistencia

Plaguicidas que tienen una vida breve, ya que pierden su actividad dentro de una sola temporada de cultivo (de 0-12 semanas aproximadamente) en condiciones ambientales normales. Ejemplos de éstos son los compuestos organofosforados como el malatión y el paratión. Sin embargo, dentro de éstos hay algunos sumamente tóxicos para otros organismos.

- Moderadamente persistentes

Aquellos cuya su actividad se reduce en 18 meses como máximo en condiciones ambientales ordinarias. Ejemplos: son la mayoría de los herbicidas.

— Persistentes

La actividad tóxica de estos plaguicidas se pierde muy lentamente (1-20 años). Ejemplos: son el DDT, el Aldrín y el Toxafeno. Los diferentes grados de permanencia de un plaguicida está dado entre otras causas por su Presión de Vapor, ya que ésta determina su volatilidad. Los compuestos con presión de vapor mayor a 10^{-3} mm de Hg a 25°C son muy volátiles, por lo tanto tienen gran movilidad y se dispersan hacia la atmósfera; existen substancias ligeramente volátiles, menos móviles, con presiones entre 10^{-4} a 10^{-6} mm de Hg a 25°C , y las no volátiles, que son mas persistentes en suelos y agua, con presión de vapor menor a 10^{-7} mm de Hg, esta propiedad la encontramos en los herbicidas que tienen presiones de vapor muy bajas y cuyo componente más usual son las triazinas.

— Permanentes

Aquellos plaguicidas cuya actividad dura más de 20 años. Las afirmaciones acerca de su persistencia son frecuentemente imprecisas ya que la descomposición de éstos depende tanto de la forma de aplicación, de las dosis utilizadas y frecuencia de uso; así como de la naturaleza de los suelos, presencia de riego o de lluvias, de la temperatura y de su exposición a la luz solar. Ejemplos: son los compuestos de mercurio, arsénico y plomo. Dentro de un organismo éstos resultan muy nocivos ya que se acumulan dando origen a males que a veces pueden llegar a ser mortales incluso para el hombre.

e) Toxicidad

La aplicación de los plaguicidas representa un riesgo tóxico inherente al producto empleado, sea cual fuere. Esta toxicidad y sus consecuencias inmediatas o remotas han mantenido una preocupación constante en el hombre.

La toxicidad de los plaguicidas presenta distintos aspectos según su trascendencia. Por lo que a sus efectos más inmediatos se refiere, se consideran 3 clases de toxicidad (Hodges 1973).

— Toxicidad oral aguda

Se refiere a la ingestión "de una sola vez" de un producto. Se expresa en términos de "Dosis Letal Media" (DL-50 o DL50-ORAL si es administrada por vía oral) que significa la cantidad de producto expresada en mg/kg de peso y administrada de una sola vez, capaz de matar dentro del lapso de 14 días la mitad de una población compuesta por lo menos de 10 ratas de laboratorio.

— Toxicidad dérmica

Son los riesgos tóxicos debidos al contacto y absorción del plaguicida por la piel. Se expresa también en DL-50, y los ensayos se efectúan por aplicación tópica del tóxico sobre la piel afeitada del animal.

— Toxicidad crónica

Por medio de dietas alimenticias preparadas con dosis variadas del tóxico, se averiguan los niveles de peligro del plaguicida a través de su administración repetida a lo largo del tiempo. Se determina cual es el nivel al que no se presentan síntomas tóxicos que sean visibles, ya sea morfológicos, histológicos o fisiológicos.

Estos datos tienen gran importancia por lo que respecta a la estimación de riesgos tóxicos debidos a residuos de plaguicidas que quedan en los alimentos.

Además de éstas clases de toxicidad existen otra clase de peligro como son: toxicidad por inhalación, riesgos a ojos, efectos en la reproducción, efectos en la formación de tumores malignos, toxicidad a otros animales.

1.2 BIFENILOS POLICLORINADOS (PCB'S)

Otro grupo de compuestos que están íntimamente relacionados con los pesticidas son los Bifenilos Policlorinados (PCB's) que son producidos industrialmente desde 1929, y recientemente se les ha incluido dentro de los productos tóxicos.

El descubrimiento de la acumulación de los PCB's en la naturaleza fué hecho por Jensen en 1966 y en el ambiente mundial por Reynolds (1971) y Hutzinger *et al.* (1974).

Los PCB's son compuestos clorinados formados por la clorinación directa del anillo bifenílico, químicamente son muy similares al DDT, Dieldrín y Aldrín. La mezcla de varios isómeros con frecuencia llamados clorobifenilos, fueron identificados por la U.S. Manufactures registrándolos bajo el nombre de "Aroclor" basándose en el porcentaje de cloro (p.e., 21, 42, 54, 60%). Uno de éstos compuestos usuales es el Aroclor 1254 que es una mezcla de isómeros de los bifenilos policlorinados con un promedio de contenido de cloro del 54% por peso. De este modo los 209 componentes individuales en las mezclas difieren en propiedades

físicas, químicas y biológicas, la evaluación del impacto potencial de varias mezclas de aroclor es complicado (Anexo 8).

En comparación a los pesticidas, los Bifenilos Policlorinados (PCB's) nunca fueron lanzados intencionalmente al ambiente. Su uso más bien fue diseñado para sistemas "cerrados" tales como fluido de capacitores, retardantes del fuego, fluidos en bombas de vacío, transferencia de calor, aditivos de aceites hidráulicos, pinturas, adhesivos, etc., debido a la estabilidad química de los PCB's y sus excelentes propiedades dieléctricas. De aproximadamente 1.25 billones de libras compradas por las industrias de Estados Unidos, cincuenta mil millones de libras han sido destruidas por incineración o degradadas en el ambiente, y aproximadamente 44 millones están todavía en el ambiente según un reporte a la Oficina de Sustancias Tóxicas (Duffee *et al.* 1976).

Durante los últimos siete años, una investigación extensiva sobre PCB's se ha venido realizando sobre material biológico del Báltico, éste trabajo fue llevado a cabo por la Oficina de Protección Nacional del Ambiente de Suiza.

En México existen muy pocos estudios relacionados con el problema, por lo que se torna imperativo determinar y evaluar los beneficios que los plaguicidas han traído al hombre, así también como los peligros y consecuencias en la salud y en el ambiente derivados del uso inadecuado de estos compuestos.

El objetivo de este estudio es encontrar las técnicas más adecuadas para evaluar niveles actuales de plaguicidas organoclorados y bifenilos policlorinados (PCB's) en organismos y sedimentos de la plataforma continental y zonas costeras del Golfo de México y por ende en sistemas costeros tropicales.

La información obtenida a través de la ejecución de una investigación de ésta naturaleza pretende contribuir a:

- a) Incrementar la confiabilidad de los datos obtenidos en el laboratorio optimizando las técnicas analíticas a usar en la determinación de los contaminantes propuestos, participando en ejercicios de intercalibración con laboratorios de reconocida trayectoria internacional, como la Agencia Internacional de Energía Atómica con sede en Mónaco (Plaguicidas organoclorados) y la Universidad de Kiel, Instituto de Meereskunde, República Federal Alemana (Bifenilos Policlorinados [PCB's]).
- b) Evaluar las diferencias en cuanto a la distribución de las concentraciones de Plaguicidas Organoclorados de las lagunas costeras y la plataforma Continental.

1.3 ANTECEDENTES

En México, el uso y aplicación de plaguicidas y fertilizantes tanto para la agricultura como para la salud pública, se inició en 1946. Su uso intensivo se dió primero en el algodón, de gran importancia por la demanda que tenía en el

exterior. Gradualmente, se fueron aplicando a los cultivos destinados al mercado nacional. Paralelamente algunos agroquímicos se utilizaron para controlar los vectores asociados a enfermedades endémicas y para combatir diversas plagas domésticas.

La superficie agrícola en los 82 municipios costeros abarca más de un millón de hectáreas, en las que se siembran principalmente maíz, frijol, arroz, soya, sorgo y cártamo; diversos frutales, como naranja, mango y aguacate; y plantaciones de café, caña de azúcar, cacao, copra, plátano y henequén. Debido a las plagas que afectan los cultivos, el empleo de insecticidas, herbicidas y fungicidas es frecuente en todas las áreas cañeras, arroceras, cafetaleras, cacaoteras y plataneras; en menor escala, en la copra, el henequén y los cultivos básicos. El uso de fertilizantes se ha incrementado debido al agotamiento del suelo en sembrados con cultivos perennes. Los compuestos químicos utilizados se han detectado ya en el medio marino.

La estructura de la industria de los plaguicidas en México está conformada por empresas que efectúan dos procesos productivos bien definidos: a) en primer término, destacan las que fabrican ingredientes activos (grado técnico); para su procesamiento se requiere de materias primas básicas y productos intermedios que se derivan lo mismo de la petroquímica que de la metalúrgica y de fermentación. Son ingredientes de alta concentración y toxicidad, por lo que su manejo inadecuado es muy riesgoso; b) existen también las empresas formuladoras que se dedican a mezclar los ingredientes activos con otros materiales (inertes, disolventes y emulsificantes) para elaborar los productos terminados a diferentes concentraciones. Estos son los que se aplican en la agricultura.

En 1959 se comienzan a fabricar los agroquímicos sintéticos en nuestro país (DDT, BHC), los fungicidas a base de tiocarbamatos y algunos otros productos inorgánicos. Desde entonces, la industria citada se vio favorecida y creció gracias al cultivo del algodón altamente tecnificado y requería gran cantidad de plaguicidas; pero también por la presencia de buenas condiciones para instalar nuevas plantas químicas y la construcción de grandes obras de irrigación que estimulaban el uso masivo de diversos insumos agrícolas. A pesar del crecimiento de la industria, el continuo aumento en la demanda de agroquímicos provocó que durante los años sesenta se importara un gran número de productos; a finales de esa década llegaron a ser 165 diferentes (Restrepo, 1988).

Para cubrir este déficit de plaguicidas, el Gobierno Federal inició en 1968 un programa de fabricación de DDT, BHC y toxafeno, a través de Guanomex (hoy fertilizantes Mexicanos, FERTIMEX). Actualmente 35 empresas conforman la industria de plaguicidas.

Entre ellas destacan 11, que son solamente importadoras, mientras que 24 empresas producen los ingredientes activos, éstas últimas disponen de una capacidad instalada de aproximadamente 62 mil toneladas al año.

Los plaguicidas importados provienen en su mayor parte de los Estados Unidos, alrededor de 12 mil toneladas promedio anual; y poco más de un 10% de la República Federal de Alemania. Esos dos países, junto con Suiza, Italia, Dinamarca, Israel, Japón, Francia, el Reino Unido, en orden de importancia abastecen el 95% de la importaciones.

El Mercado de los Plaguicidas en el País ha ido en constante aumento; en 1960 se vendieron 14 mil toneladas con un valor de 127 millones de pesos, para 1977 fueron 122 mil, seis años después 34 mil toneladas. La Asociación Mexicana de Estudios para la Defensa del Consumidor, calculó que en 1986 se vendieron en México alrededor de 60 mil toneladas. Dentro de los volúmenes vendidos, los insecticidas ocuparon en promedio 51%, los herbicidas 31 %, los fungicidas 15% y el 3% restante otros (Restrepo, 1988).

Con frecuencia la prensa y las publicaciones especializadas recogen denuncias sobre intoxicación de personas y daños al medio en todo el país. En el agro las cosas son más difíciles, se ha llamado la atención sobre el uso anárquico y elevado de plaguicidas y se enfatiza la falta de protección a los trabajadores del campo.

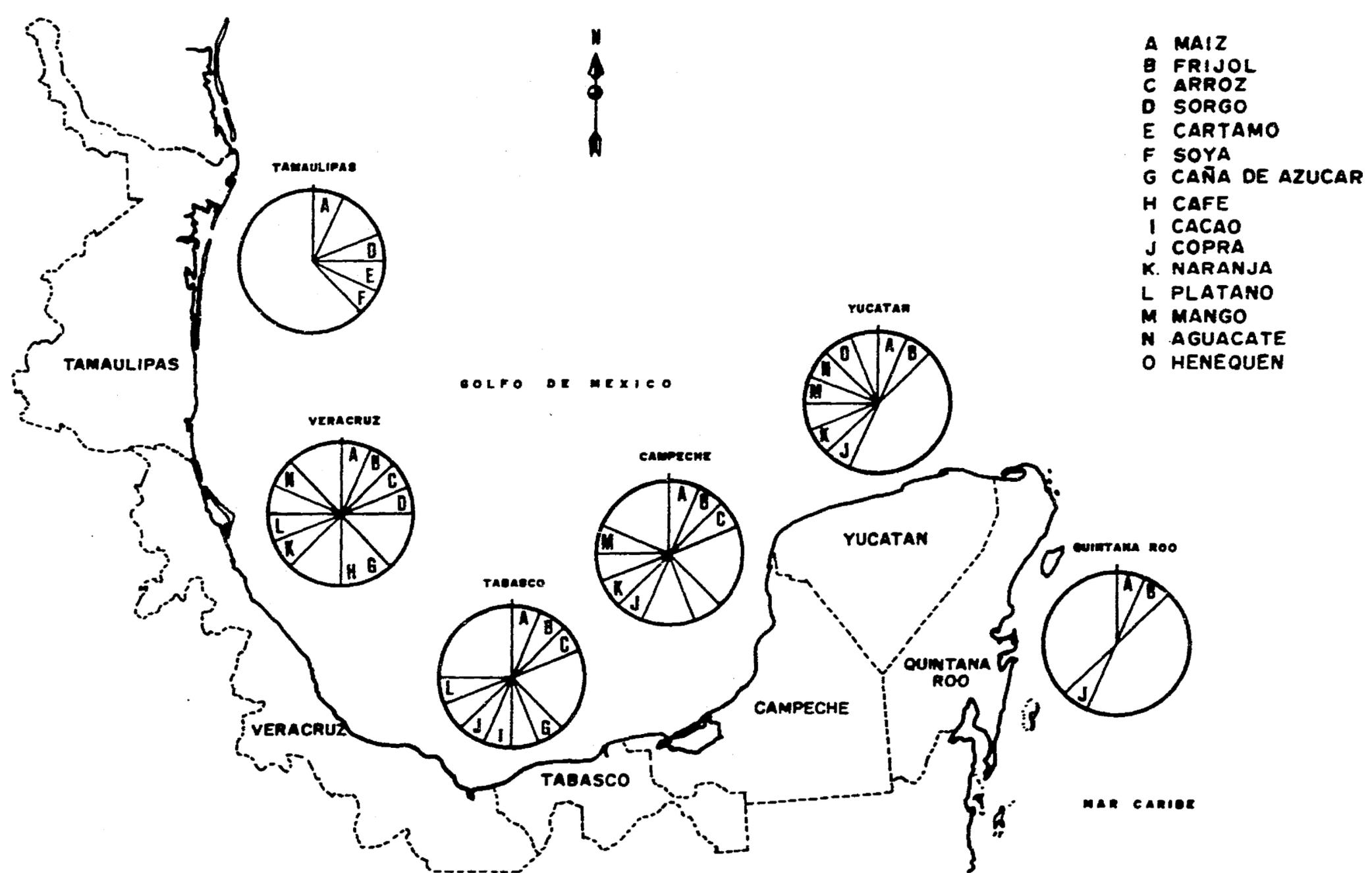


FIGURA 1. Principales cosechas en los Estados costeros del Golfo de México.
 (Atlas del Golfo y Caribe de México, Diagnóstico Ambiental, Centro de Ecodesarrollo, 1988)

Además de los daños producidos en el hombre, el uso desmedido de plaguicidas provoca alteraciones de diversa índole en el agua, el suelo y el aire, perjudicando a la fauna, la flora y contaminando los alimentos, como consecuencia, cambia el tipo de organismos que pueden sobrevivir en las nuevas condiciones y por lo tanto se producen drásticas variaciones en el ecosistema acuático (Fig. 1) (Atlas del Golfo y Caribe de México, Diagnóstico ambiental. Centro de Ecodesarrollo, 1988). En México se desconoce aún con precisión la magnitud real y potencial de estos desequilibrios ambientales.

Tal vez una de las instituciones que más ha aportado al conocimiento de los compuestos organoclorados y fosforados en México es el Instituto de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB) a través de su División de Estudios sobre Contaminación Ambiental, enfocado principalmente a los alimentos de origen animal y vegetal, compilados algunos por Albert (1988).

Dentro de las aportaciones del INIREB citaremos dos estudios sobre la presencia de plaguicidas organoclorados en peces; el primero de ellos (Albert *et al.*, 1975) se dedicó a algunas especies comestibles que se venden en la Ciudad de México (carpa, charal). Sus resultados mostraron que estas especies contenían cantidades excesivas de dichos plaguicidas. En el segundo estudio se analizaron especies de agua dulce del río Blanco en el estado de Veracruz (Albert y Figueroa, 1985). Este estudio confirmó los resultados del primero predominando en ambos los DDT's, observándose que las muestras más contaminadas con hidrocarburos clorados se obtuvieron en el Complejo Lagunar de Alvarado, lugar donde desemboca el río Blanco, en el estado de Veracruz.

Dentro de los primeros trabajos realizados en el medio ambiente marino se encuentra el de Rosales *et al.*, (1977) sobre PCB's e insecticidas organoclorados en ostiones de las lagunas costeras del Golfo de México; Rosales (1979) informó en sedimentos de las lagunas costeras del Golfo de México y Mar Caribe niveles de concentración de DDT y Dieldrín que oscilaron entre 0.3 - 2.27 ng/g (peso seco) y 0.16 - 0.60 respectivamente; por otra parte Botello y Páez (1986) detectaron en muestras de sedimento en el área del río Coatzacoalcos isómeros del BHC, Aldrín, Dieldrín con un valor promedio de 1.5 ng/g.

2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1 LAGUNA DE TÉRMINOS, CAMPECHE

La Laguna de Términos es una clásica laguna marginal, se encuentra situada en el litoral del Golfo de México entre los meridianos 91°15' y 92°00' de longitud Oeste y los paralelos 18°25' y 19°00' de latitud Norte.

Es una de las lagunas costeras más extensas del país, cuenta con una longitud máxima de 60 km y aproximadamente con 28 km de ancho teniendo una superficie de 50 km (Vargas, 1978). Está limitada al norte por la Isla del Carmen, la cual la separa del Golfo de México (Botello, 1978). Se comunica con el mar a través de dos bocas permanentemente abiertas, ubicadas en los extremos de la isla: Boca de Puerto Real en el lado Este y Boca del Carmen al Oeste. Existe una entrada de agua oceánica por la boca Este con un delta interno bien definido, mientras que Boca del Carmen manifiesta un delta de carácter externo ya que a través de ella, el agua de la laguna se mezcla con el mar (Mancilla y Vargas, 1980) (Figs. 2, 2a y 2 b).

En general, es un cuerpo de agua somero con una profundidad promedio de 4.5 m. En la región Este, limita con la Plataformade Yucatán la cual está constituida por rocas, principalmente del tipo de las calizas contrastando con la zona Oeste donde ocurre una depositación de detritus terrígenos aportado por los ríos (Phleger y Ayala, 1971).

La planicie costera del área de la Laguna de Términos está drenada principalmente por cuatro ríos:

- a) Río Candelaria cuya cuenca se localiza en la Península de Yucatán y en su cauce se encuentran grandes cantidades de carbonato de calcio.
- b) Río Palizada, forma parte de la red hidrológica de los ríos Mexcalapa, Grijalva y Usumacinta.
- c) Río Chumpán se genera en la planicie costera por la unión de los ríos San Joaquín y Salsipuedes.
- d) Río Sabancuy desemboca por el oriente y los arroyos Colax, Lagarteros y Chivojá Grande; por el sur los ríos Mamantel, Candelaria y sus afluentes que convergen en la Boca de Balchacah, el Chepe, el Palizada y los arroyos las Peñas y Marentes, que desembocan en la Laguna del Este la cual se comunica con la Laguna de Términos por el Oeste al igual que lo hacen las lagunas y esteros de Pom, Atasta y Puerto Rico, todos comunicados entre sí (Botello, 1978).

El tipo de marea es mixto-diurno con una amplitud promedio de 0.4 m (Grivel y Arce, 1977). La onda de marea penetra a la laguna por ambas bocas, produciendo un encuentro de las ramas marcales muy cerca del centro de la laguna (Mancilla y Vargas, 1980).

El clima de la región es tropical del tipo cálido-húmedo, de la categoría Amw según la clasificación de García (1973). La temperatura máxima es de 36°C durante el verano y el valor mínimo es de 17°C registrándose en el invierno.

Existen 3 estaciones climáticas muy marcadas durante el año: secas (febrero-mayo), lluvias (junio-septiembre) y nortes (octubre-febrero).

Los vientos dominantes tienen una dirección noroeste-suroeste, ocurriendo durante el invierno fuertes tormentas tropicales y huracanes en los cuales predominan vientos del cuadrante norte, es de donde toman su nombre (Botello, 1978).

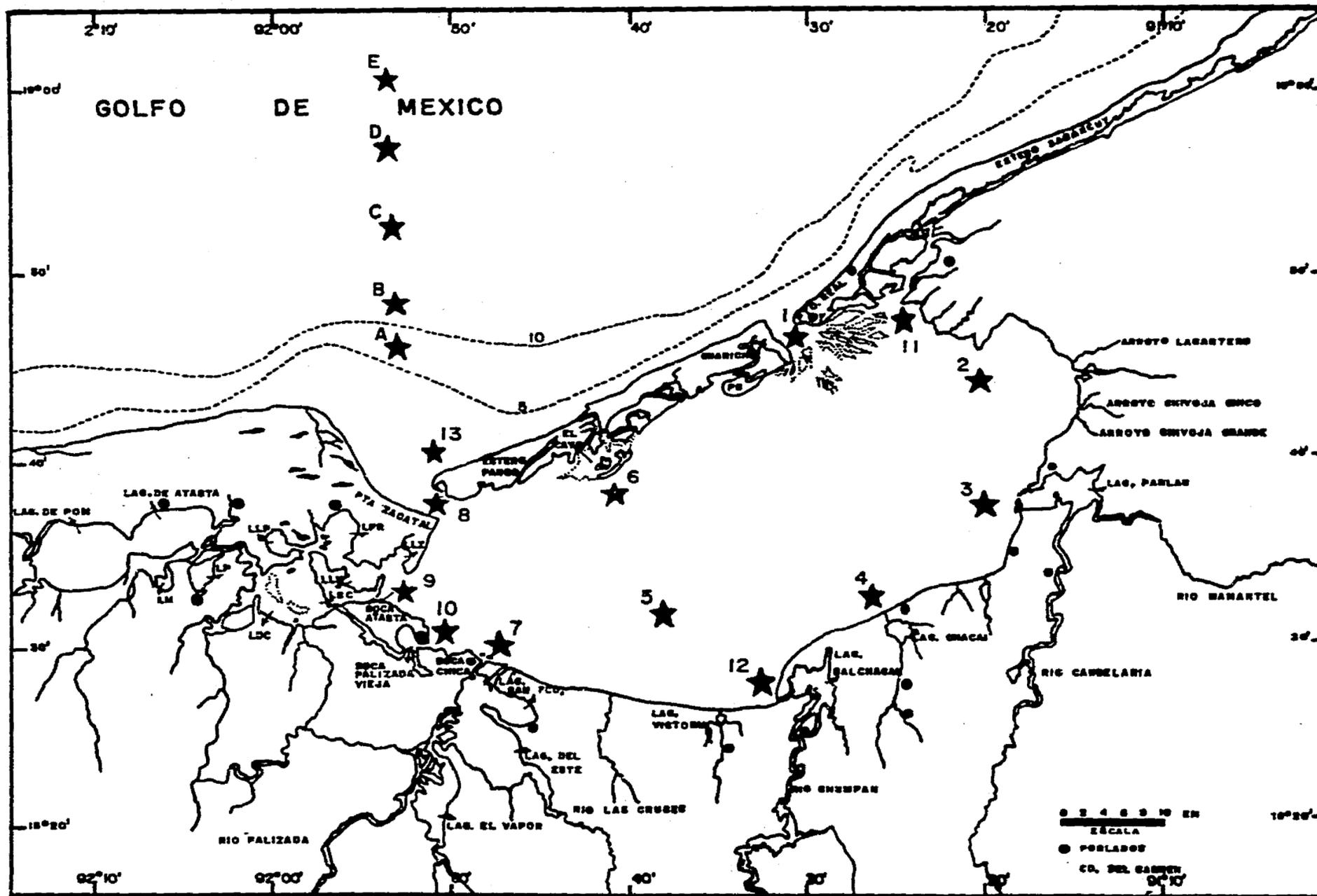


FIGURA 2. Estaciones de muestreo en la Laguna de Términos, Campeche

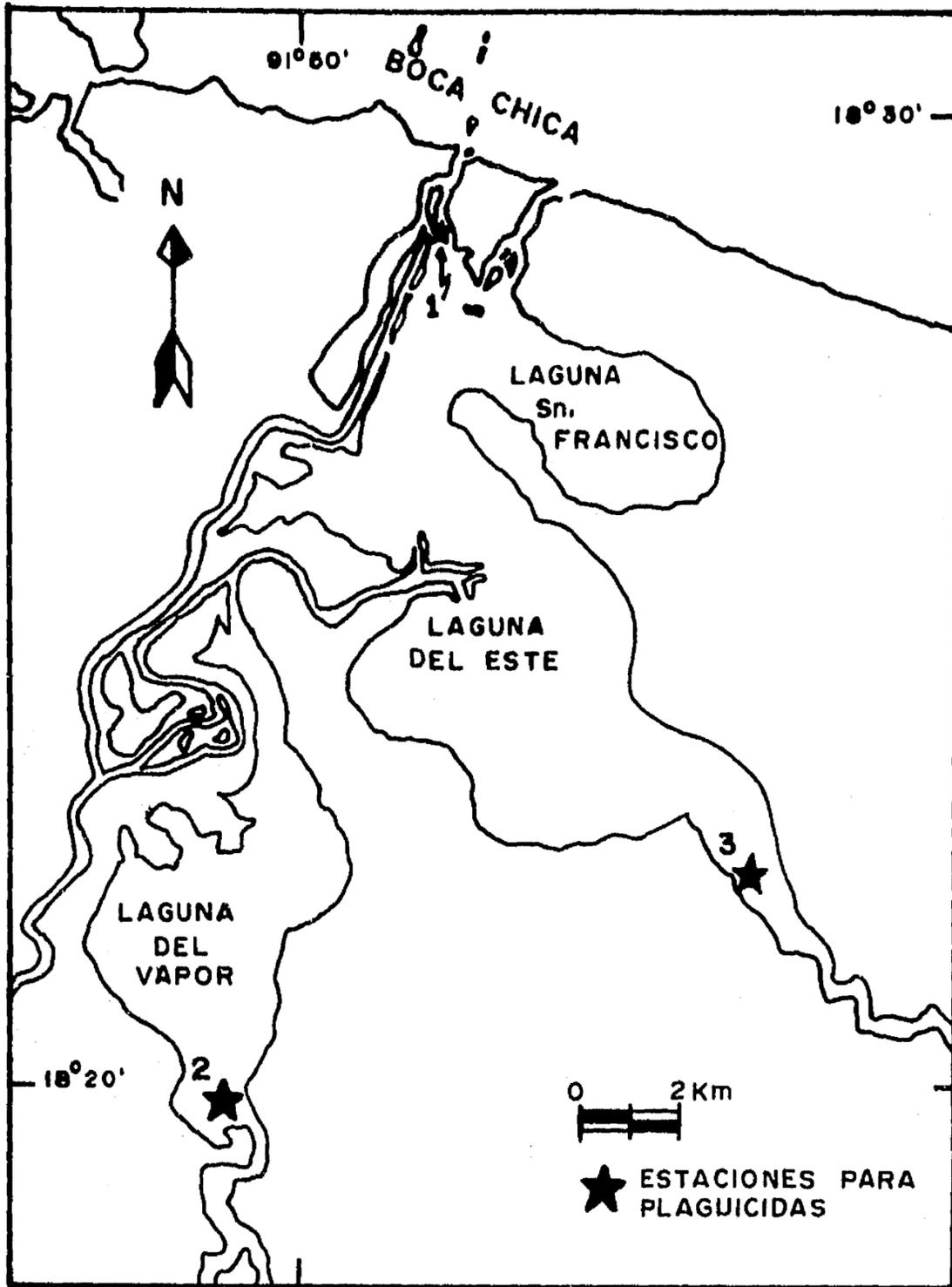


FIGURA 2a. Sistema Palizada del Este.

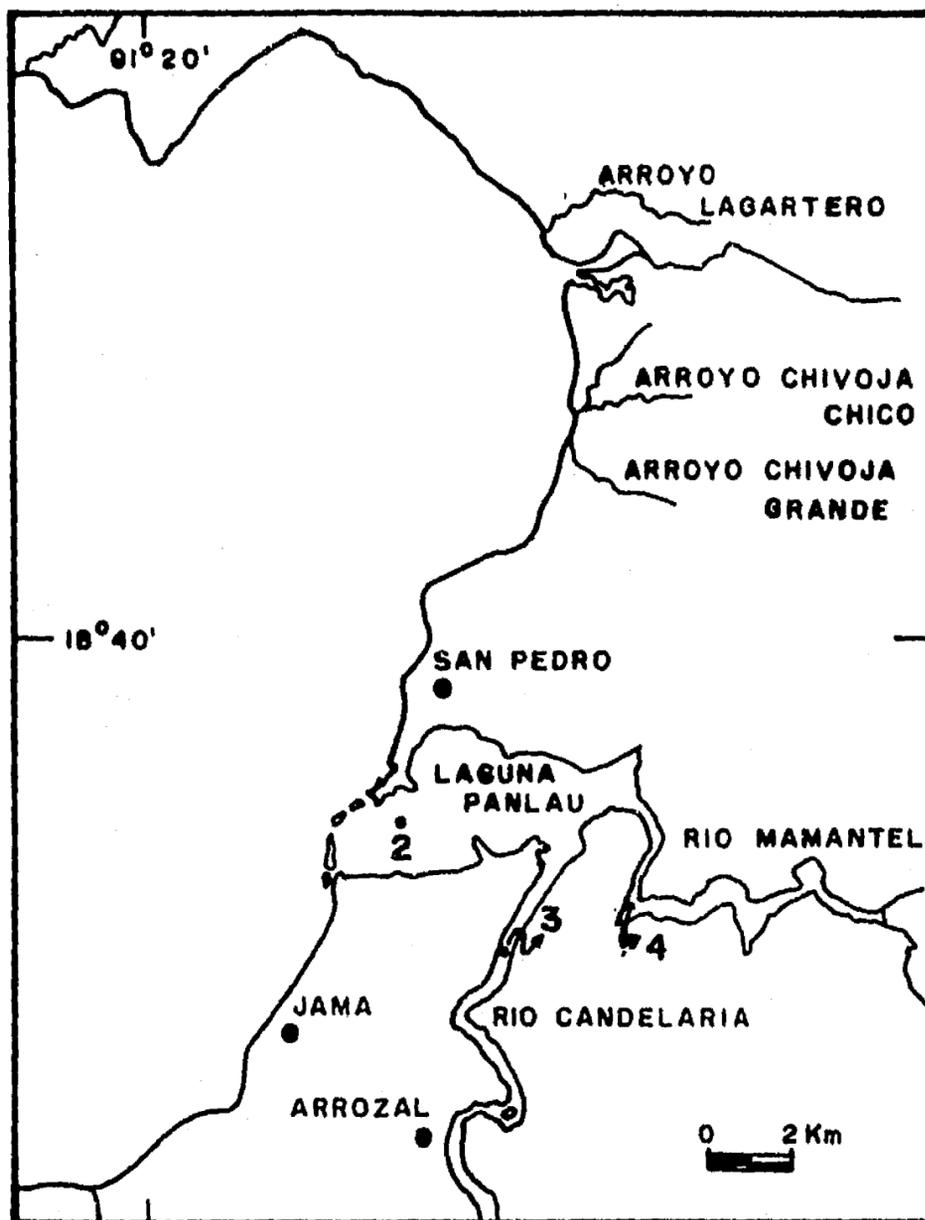


FIGURA 2b. Sistema Palizada del Este.

La precipitación promedio es de 1680 mm con un intervalo que fluctúa entre 1200 hasta 2000 mm por año, observándose el valor máximo durante los meses de junio a noviembre (Yáñez y Day, 1982).

La salinidad varía dependiendo de la época del año. Durante la estación de lluvias desciende hasta 12 o/oo y en el estiaje aumenta a 38 o/oo.

Existe una gradación de la salinidad, ésta es mayor cerca de la Isla del Carmen y disminuye hacia la región continental debido a los aportes fluviales de esta zona (Amezcuca y Yáñez, 1980).

Los sedimentos de la Laguna de Términos está constituido por arenas, limos y arcillas. La distribución del tipo de grano varía en las diferentes zonas de la laguna debido principalmente a las corrientes y al aporte de los ríos. En la región Oeste existe una predominancia de grano fino representado por limos y arcillas siendo el aporte fluvial el posible causante de este sedimento característico. Por otro lado, en la zona Este se encuentra un dominancia de las arenas carbonatadas con más del 70% de carbonato de calcio que proviene de calizas de la Plataforma de Yucatán a través de escurrimientos, oleaje y descarga del río Candelaria (Phleger y Ayala, 1971).

La vegetación emergente en las márgenes de la laguna está caracterizada principalmente por palmeras y diversas especies de mangle, entre los que destacan por su abundancia *Avicennia germinans*, *Rizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*.

Las plantas sumergidas constituyen importantes praderas de *Thalassia testudinum* ubicadas en regiones cercanas a la Isla del Carmen (Day y Yáñez, 1982). Los bancos ostrícolas se encuentran en la zona Oeste y están en contacto con agua ricas en materia orgánica y sedimento fino.

2.2 LAGUNA DE ALVARADO, VERACRUZ

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

El sistema estuarino-lagunar de Alvarado se forma por la Laguna de Alvarado propiamente dicha, por Buen País y Camaronera. Se extiende longitudinalmente en dirección Este-Oeste a lo largo de aproximadamente 17 km. Se introduce en tierra hasta 5 km con un ancho aproximado de 4.5 km. Su comunicación con el mar tiene un ancho de 400 m y está orientada ligeramente hacia el norte. La superficie de la Laguna de Alvarado es de 6,200 ha. (Figura 3).

De acuerdo con García (1973), el clima es de tipo Aw''2(i) y la región hidrológica es la 28. Lankford (1977) la clasifica en dos tipos: I-D que se caracteriza por tener una barrera física, continuos barridos por lluvias estacionales formando una batimetría usualmente modificada por deltas lagunares, la energía se debe a la acción conjunta de la marea y flujo del río, salinidad con gradientes hiposalinos y II-B formada por barreras de varios tipos: lodo, arena, manglares; aporte directo del río o tributarios, las modificaciones batimétricas van de lento a rápido, energía típicamente muy baja excepto en los canales, salinidades muy bajas (ejemplo: Laguna de Tlalixcoyan); Carranza-Edwards, *et al* (1975), la ubican en la unidad Morfotectónica II que se extiende desde Punta Delgada Ver., hasta las inmediaciones de Coatzacoalcos, Ver., desde el punto de vista tectónico se clasifica a esta unidad como costas de mares marginales.

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

Acerca de las características hidrodinámicas de la desembocadura del río Acula, antes de que éste arribe a la laguna, recibe un brazo de agua proveniente de la laguna de Tlalixcoyan. Esta se une a la de Alvarado por el lado Sur, y se comunica previamente con el río Blanco (Figura 3).

El tipo de sedimento del sistema lagunar es arenoso, limo-arcilloso y areno-limo-arcilloso (Rosales *et al.*, 1979).

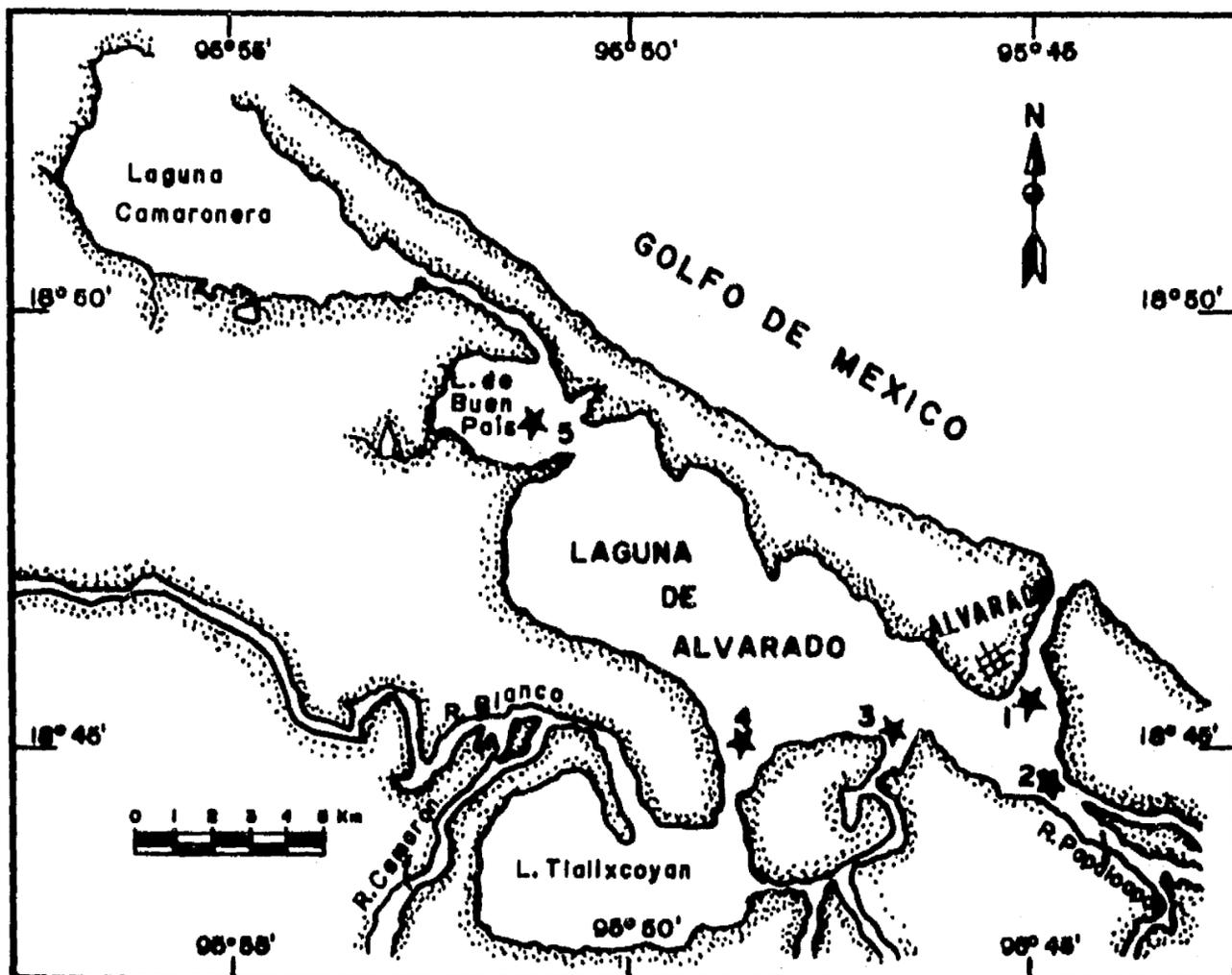


FIGURA 3. Localización de las estaciones de muestreo en la Laguna de Alvarado, Veracruz ().

Prácticamente todo el contorno de las lagunas que componen el sistema se rodean de manglares; en pequeños tramos, se divisan pastos halófitos. Entre éstos hay palmeras y algunos árboles medianos y grandes pertenecientes a la selva pantanosa (SARH, 1972). En la época de lluvias invade a la laguna el lirio acuático (*Eichornia crassipes*), llamado comúnmente "pantano" por los habitantes.

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

Hidrología (Lab. de Oceanografía, UAMI, 1984):

	Mínima	Máxima
Salinidad	1.87	13.85‰
Temperatura	25.5	31.0 °C
Oxígeno disuelto	2.1	5.6 ml/l
% de saturación de O ₂	37.0	107.0
pH	8.4	7.7
N-NH ₄	3.09	20.45 ug-at/l
NO ₃ + NO ₂	1.41	4.90 ug-at/l
P-PO ₄	0.51	4.48 ug-at/l
Clorofila a	5.93	99.25 mg/m ³

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

-
- a) Influencia dulceacuñcola, cercana a la desembocadura de los rios, en la que hay un aporte continuo de agua dulce que se incrementa en la época de lluvias;
 - b) zona de estratificación, ubicada en las regiones de influencia mareal; en ella el agua dulce va por encima de la marina;
 - c) zona de influencia nerítica, que va del canal de comunicación a la parte sureste de la laguna, y
 - d) la zona de mezcla ó agua estuarina, que domina el resto de la laguna.

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

Entre los crustáceos, se cuentan *Penaeus sp.*, *Penaeus setiferus*, *Callinectes sapidus*, *Macrobrachium acanthurus* y entre los moluscos *Crassostrea sp.*

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

2.3 LAGUNA DEL CARMEN, TABASCO

Se localiza en el norte de Tabasco, en el litoral del Golfo de México, entre los paralelos 18°14' y 18°18' latitud Norte y los meridianos 93°45' y 93°53' longitud Oeste.

La Laguna del Carmen tiene una extensión aproximada de 8,800 ha. con una profundidad media de 1.80 m; posee comunicación permanente con el mar en su extremo poniente a través de un canal natural denominado "Barra de Santa Ana". Esta barra varía en forma y profundidad a través del tiempo. Delata profundidades en el canal natural hasta del orden de 4 m. Desde el aire se observan claramente bajos que impiden la libre circulación del agua y forman una barra interior en la cual se aprecia la invasión de arenas hacia el interior de la laguna. En la parte Noroeste de la entrada se localizan instalaciones (muelle) de PEMEX, y en ese lugar atracan embarcaciones de la misma (CYCOMSA, 1972).

Según García (1973), el clima de la región se caracteriza por ser tipo Am(f)w"(1) , con vientos dominantes del Noreste . Se trata de la región hidrológica 29, cuyas características principales son:

	Mínima	Máxima
Evaporación	916	2021.7 mm anual
Precipitación	379	5394 mm anual
Temperatura	2	48 °C
Gasto máximo	9000	m ³ /seg

En cuanto a su origen, Lankford (*op cit*) la clasifica dentro del tipo II-A el cual presenta típicamente barreras arenosas el aporte de agua de lluvia puede ser directo o el río puede entrar a la laguna a través de sus bocas, las modificaciones batimétricas ocurren rápidamente, energía generalmente baja excepto dentro de los canales, salinidades bajas aunque con variaciones estacionales de corto término; Carranza Edwards (*op cit*) en la unidad Morfotectónica III comprendida entre Coatzacoalcos, Ver. y la porción oriental de la Laguna de Términos, Camp., tectónicamente se considera que esta unidad representa una costa de mares marginales; genética y geomorfológicamente se trata de costa Primarias de depositación subaérea, por depositación de ríos.

Este cuerpo acuático forma parte del sistema estuarino-lagunar Carmen-Machona; lagunas que se comunican entre sí por un canal de nombre Pajonal. El sistema tiene un par de lagunas asociadas y de menor tamaño: La Palma con 11 km² y la Redonda con 6 km²; la primera es producto de inundación, y la segunda tiene un origen similar a la del Carmen y la Machona.

En el extremo Noreste de la Laguna del Carmen, está la punta "El Caballito", y frente a ésta se localiza el Campo Arjona, comprendido en el cordón litoral y el cual separa las lagunas del mar. De esta zona hacia el Este se encuentra la laguna que intercomunica el Carmen con la Machona y que tiene un área aproximada de 9 km². Esta laguna de intercomunicación se extiende desde la zona "Del Caballito" en el Carmen hasta la punta conocida como "De Sishal", la cual ya se halla en la Machona (Figura 4).

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

Los sedimentos son principalmente limo-arcillosos y limo-arenosos.

La Laguna del Carmen se rodea de mangle (*Avicennia nitida*) y en su interior crecen importantes bancos ostrícolas de la especie *Crassostrea virginica* (Medina *et al.*, 1981).

Hidrología (CECODES, 1981):

	Mínima	Máxima
Temperatura	23.8	31.8 °C
Salinidad	1.50	36.7 ‰
Oxígeno disuelto	1.40	5.70 ml/l
N-NH ₄	1.40	90.8 ug-at/l
P-PO ₄	0.400	6.9 ug-at/l
Clorofila a	0.10	73.8 mg/m ³
Productividad		
primaria bruta	0.0	164.2 mgC/m ³ /hr

La composición planctónica de la Laguna del Carmen se dá principalmente por algas, dentro de éstas se encuentran grandes comunidades de diatomeas *Skeletonema*, *Rhizosolenia*, *Biddulphia*, etc., y densas poblaciones de dinoflagelados (*Ceratium*, *Peridinium*, *Goniaulax* y *Dynophysis*). Los integrantes zoo-planctónicos de este sistema son principalmente temporales, como estados larvarios de algunos crustáceos decápodos y/o moluscos bivalvos, por ejemplo, la larva zoea de cangrejo azul o jaiba (*Callinectes sp.*) y larvas de *Crassostrea virginica*. El zooplankton permanente se caracteriza por foraminíferos, copépodos y ostrácodos entre otros.

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

Petróleos Mexicanos ha utilizado las lagunas del Carmen y la Machona tanto para la explotación de sus recursos petroleros como para el transporte por agua de los equipos de perforación (CYCOMSA, 1972).

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

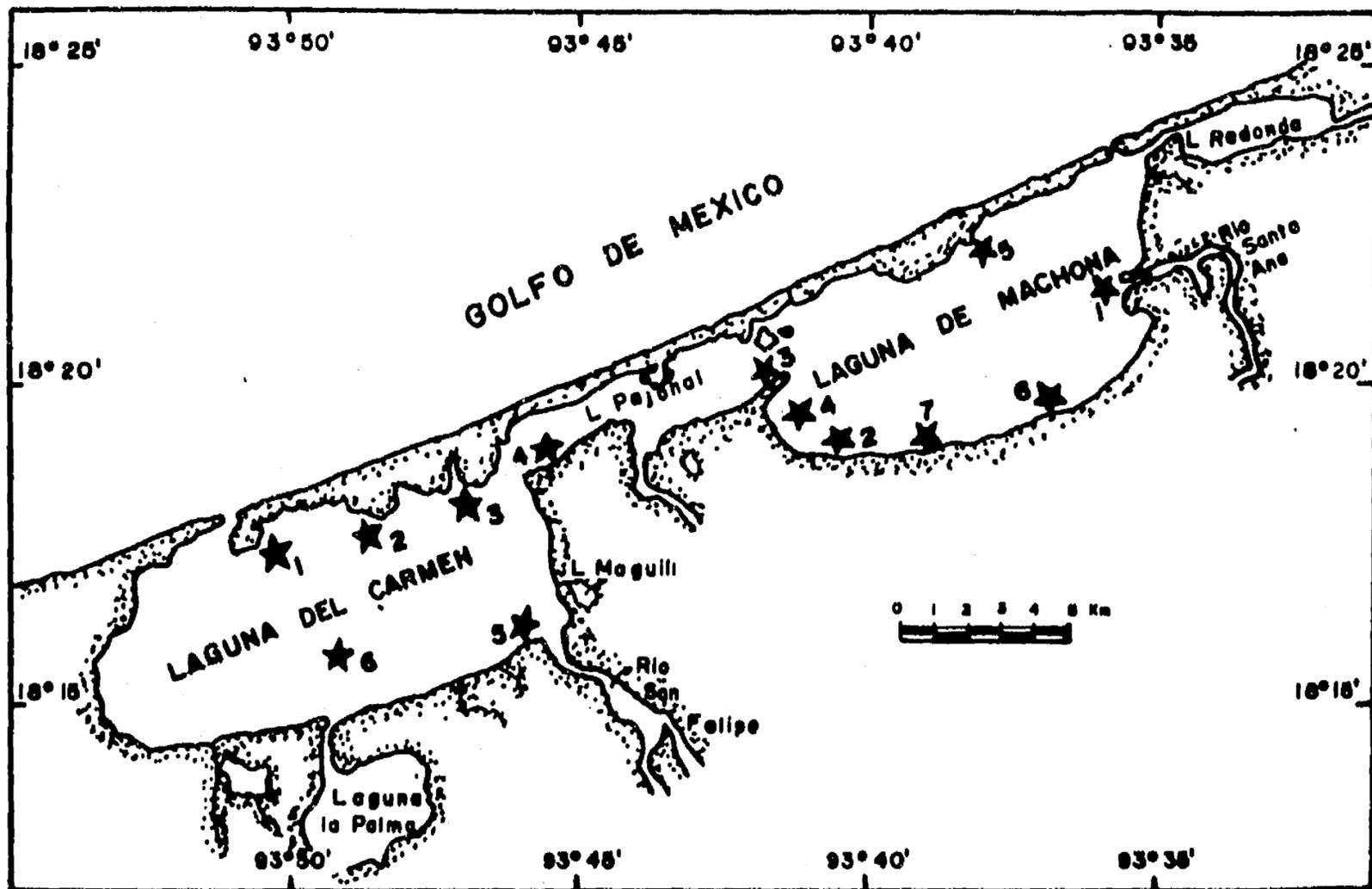


FIGURA 4. Localización de las estaciones de muestreo en el Sistema Lagunar de Carmen-Machona, Tabasco.

2.4 LAGUNA MACHONA, TABASCO

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

La del Carmen y la Machona forman el principal sistema estuarino lagunar de esta zona, mismo que también se integra con la laguna-canal que las comunica entre sí (Pajonal); con la laguna de Palma, que se relaciona con la del Carmen, con la laguna del Arrastradero, ligada a la Machona, y con el río Santa Ana, que desemboca en la misma.

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

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

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

La Machona guarda una forma bastante redondeada; además, posee menor superficie que la del Carmen. Por su margen Este desemboca el río Santa Ana. En las riberas de la laguna se localizan algunas pequeñas rancherías. En el extremo Noreste de la Machona se divide un canal profundo (50 m de ancho y 4 m de profundidad), que se comunica a la laguna del Arrastradero con la Machona. Esta ocupa una superficie de 4.5 km². (Figura 4).

La vegetación circundante se constituye principalmente de vegetación de pantano (mucalera y popalera) (Medina, 1981).

Hidrología (CECODES, 1981).

	Mínima	Máxima
Temperatura	23.8	32.5 °C
Salinidad	2.7	36.9 ‰
Oxígeno disuelto	1.7	5.3 ml/l
N-NH ₄	0.7	37.40 ug-at/l
P-PO ₄	0.2	18.2 ug-at/l
Clorofila a	0.0	57.5 mgC/m ³ /hr
Productividad primaria bruta	0.0	401.2 mgC/m ³ /hr.

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

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

2.5 LAGUNA DE BOJORQUEZ/SISTEMA LAGUNAR NICHUPTTE, QUINTANA ROO.

Está situada en la parte Noreste de la Península de Yucatán, en el Estado de Quintana Roo, se encuentra en una región tropical con clima cálido, subhúmedo con lluvias aisladas. Localizado a los 86° 44' de longitud Oeste y 21° 31' de latitud Norte, aproximadamente.

El sustrato de toda la región es virtualmente carbonato de calcio, en tanto que el sedimento dentro de la laguna es lodo aragonítico, probablemente resultado de la desintegración de foraminíferos, cordáceos y algas rojas (Brady, 1972). El sistema está formado por la Laguna de Nichupte propiamente, una laguna más o menos aislada conocida como Laguna de Bojórquez y dos lagunillas, las de Somosaya y Rio Inglés que se caracterizan por presentar numerosos cenotes sumergidos, los cuales aportan cantidades considerables de agua dulce al sistema (Fig. 5).

La profundidad promedio es de 1.5 m a 2.0 m y rara vez excede 3.5 m. Dentro de la cuenca lagunar se encuentran dos bajos que dividen prácticamente la cuenca en tres partes y que determinan el movimiento de las masas de agua. Las zonas más profundas están localizadas en los canales de comunicación con el mar, el canal de Cancún, al N de la laguna, el canal de Nizuc al S y el canal de la Zeta en la parte media (Jordan *et al.* 1978). Estas cuencas comparten características que las sitúan dentro de la definición tradicional de laguna costera de Emery y Stevenson (1958) y Lankford (1977).

En su dinámica el sistema es principalmente afectado por el viento y secundariamente por las mareas, las cuales son de tipo semidiurno y de muy pequeña amplitud.

El intercambio entre mar y laguna se realiza básicamente a través del canal de Cancún y afecta principalmente la parte N de la cuenca, no así al resto de la laguna debido a la presencia de los bajos. Según Jordan *et al.* (1978); la laguna presenta características hiposalinas sin ninguna estratificación, la temperatura varía de 28 a 31°C y el contenido de oxígeno puede considerarse relativamente bajo con valores medios de 3.0 a 3.5 ml/l.

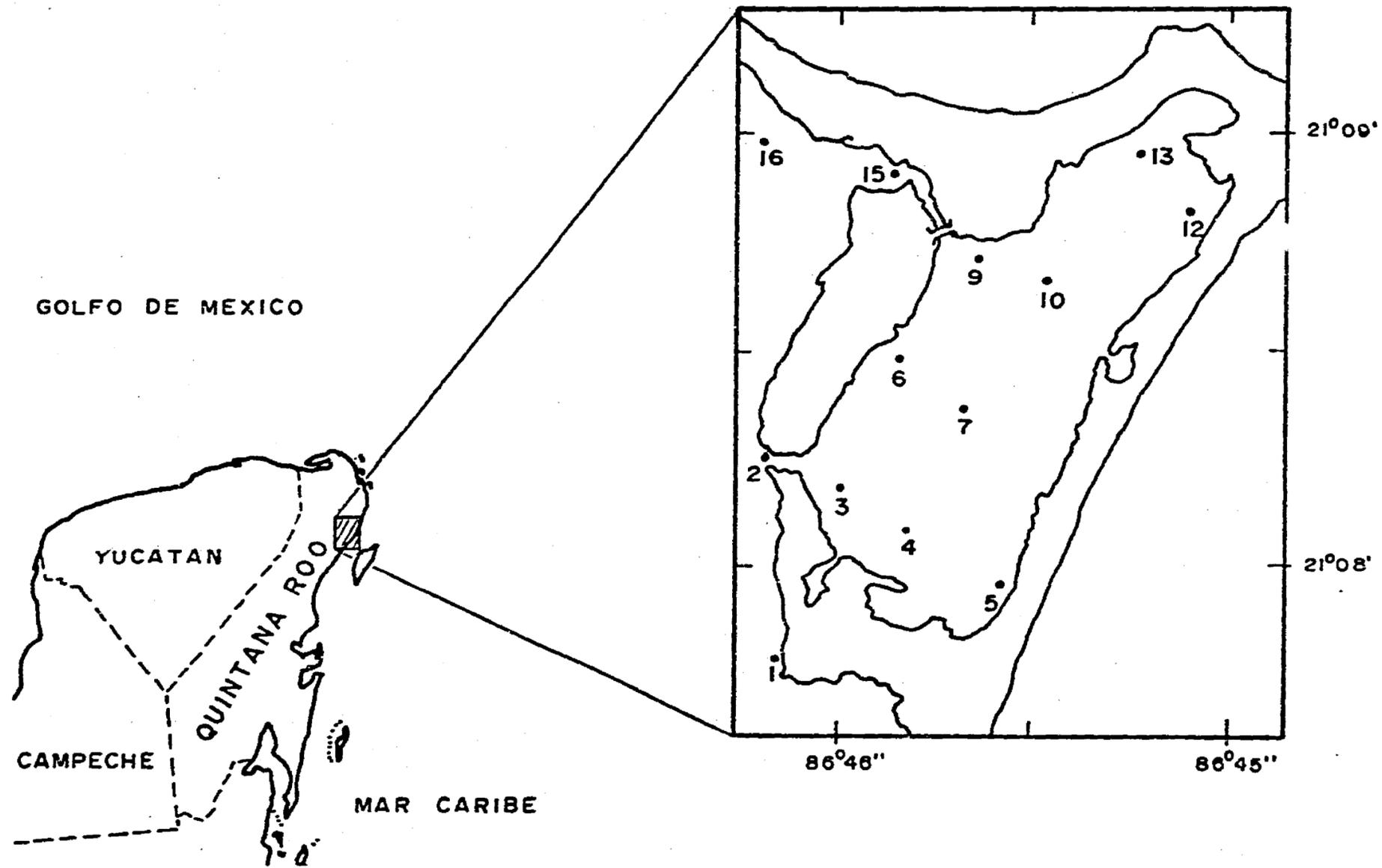


FIGURA 5. Estaciones de muestreo en la Laguna de Nichupte, Q. Roo.

La laguna está rodeada en su margen interno por abundantes manglares principalmente *Rizophora mangle* y *Avicenia sp.* que unen la tierra firme con la Isla Cancún, en el lado occidental, estos manglares crecen sobre una llanura de inundación y son sustituidos por selva baja perenifolia, a medida que se adentran a tierra.

En relación a la vegetación marina es notable la presencia de *Thalassia testudinum*, presentando su máxima concentración en los fondos de la cuenca y su mínima en los canales o zonas de corrientes, donde se encuentra arena, o una cubierta parcial de *Thalassia* en pequeños parches junto con *Penicillus capitatus*.

El fondo de la laguna se encuentra cubierto en gran parte por algas marinas en las que se incluyen los géneros *Caulerpa Sp.*, *Chaetomorpha sp.*, *Hypnea sp.*, *Champia sp.*, *Acantophora sp.*, *Cladophora sp.*, *Acetabularia sp.*, y *Polisiphonia sp.*, entre otras; éstas se desprenden con gran facilidad cubriendo la superficie, formando grandes masas de materia orgánica en descomposición, lo que contribuye al proceso de eutroficación al que está sujeto la laguna (Merino y Gallegos, 1986).

2.6 PLATAFORMA CONTINENTAL

La zona de muestreo comprendió la plataforma continental de los estados de Tabasco y Campeche, México. Entre los meridianos 91°59'09" y 93°06'00" de longitud Oeste y los paralelos 18°28'08" y 20°11'08" latitud Norte (Figura 6). Esta área fué cubierta a bordo del B/O "JUSTO SIERRA" de la UNAM, como parte de las campañas oceanográficas OGMEX V y OGMEX VII que se efectuaron en los meses de octubre de 1988 y enero de 1989 respectivamente.

Hidrografía

La gran masa que llena la cuenca del Golfo de México proviene del Mar Caribe y está constituida en su mayoría por restos de agua intermedia antártica, se presenta también agua subtropical, la cual está definida por la capa de máxima salinidad a profundidades de 100 a 200 m (Armstrong y Grady, 1967); por otra parte de acuerdo a Capurro (1969), el núcleo de ésta masa de agua presenta una salinidad de 36.8 ‰ y una temperatura próxima a los 22.5°C.

Clima

Como lo señalan Vasili'ev y Torin (1969), en la mayor parte del Golfo de México el clima es tropical. En la parte sur el clima predominante es cálido subhúmedo con lluvias en verano (García, 1973).

Los vientos la mayor parte del año, a excepción del periodo de nortes cuya velocidad oscila entre 50 a 72 nudos en dirección Nornoroeste, con una intensidad máxima a los 8 nudos, predominantemente con dirección Estesureste (Gutiérrez-Estrada, 1977). Los nortes, se presentan en el periodo de octubre a febrero (Bessonov *et al.*, 1971), lo mismo que ciclones y huracanes (Olvera-Limas, *et al.*, 1975).

Sedimentos

Las principales fuentes de sedimentos provienen del sistema fluvial Grijalva-Usumacinta y de la descarga de la Laguna de Términos (Gutiérrez-Estrada, 1977), existiendo una área de sedimentos ferrígenos sobre la plataforma continental entre el Rfo Coatzacoalcos y las lagunas del Carmen y Machona (Lecuanda y Ramos, 1985).

La provincia carbonatada del Este se encuentra formando la plataforma continental de la porción Este del Golfo, en ella hay sistemas arrecifales como Cayo Arcas (20°10' latitud Norte y 95°57' longitud Oeste) y los Triángulos Sur, Este y Oeste (20°55' latitud Norte y 92°10' longitud Oeste), además existe una área de transición sedimentológica entre estas dos provincias, la cual se encuentra frente a la Laguna de Términos.

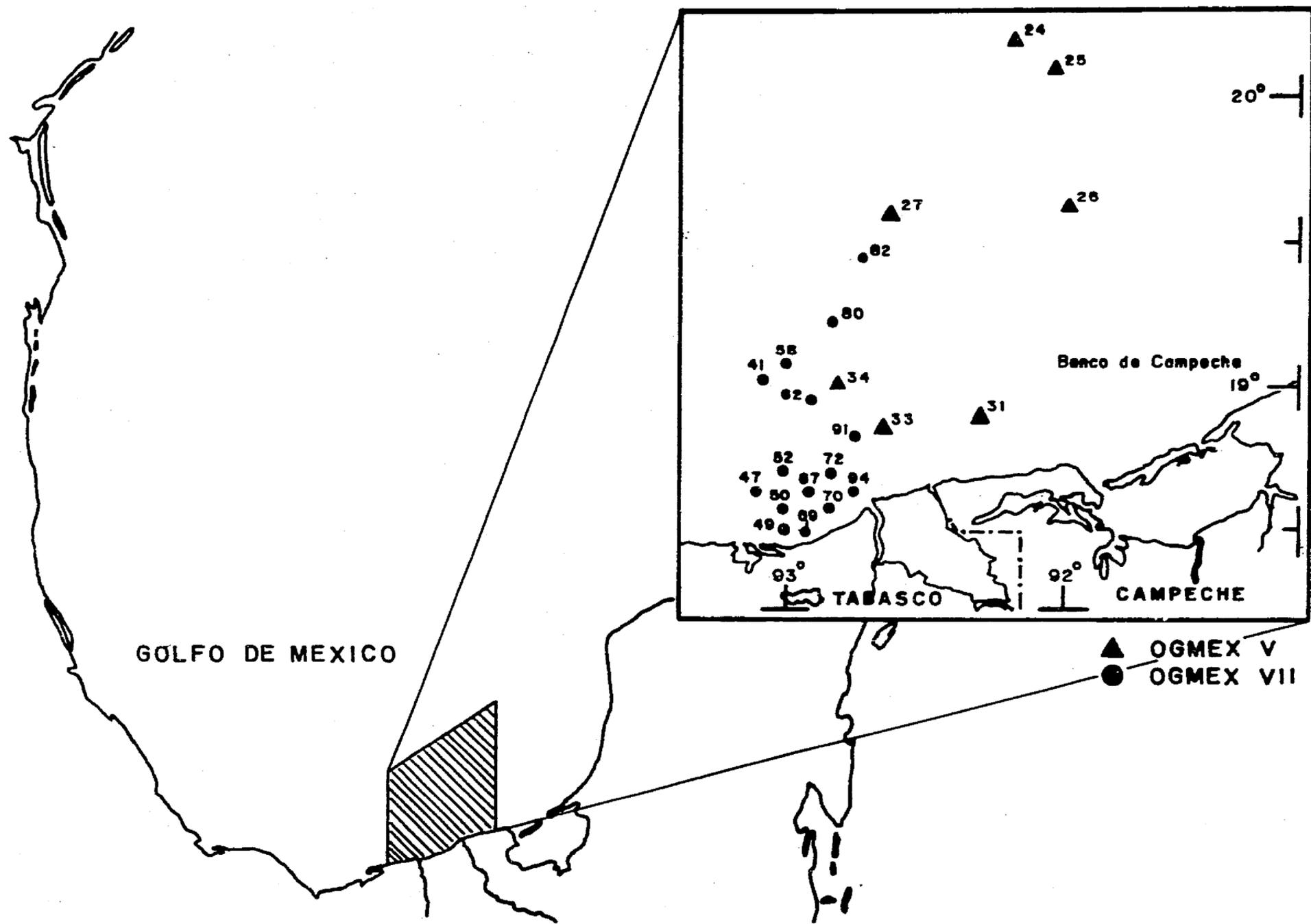


FIGURA 6. Estaciones de muestreo en la plataforma Continental de los estados de Tabasco y Campeche.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Es importante enfatizar las medidas previas al análisis de compuestos organoclorados, que van desde el lavado de material y su almacenamiento hasta la limpieza del extracto de la muestra que consiste en remover la mayor parte del material coextraído que interfiere, para evitar el deterioro de la columna y mantener el cromatógrafo operando apropiadamente. Los extractos de muchas muestras (productos de consumo diario, tejido de animales, cosechas, aceites) generalmente contienen grandes cantidades de grasas, aceites y pigmentos. Si éstos residuos son inyectados dentro de una columna cromatográfica, se pueden tener problemas serios en el análisis debido a muchos factores como pueden ser la degradación de pesticidas, una resolución pobre, bajo porcentaje de recuperación, pérdida de sensibilidad del detector o coleo de picos. La contaminación de reactivos, material de vidrio, equipo de extracción, y jeringas de inyección pueden causar interferencias conduciendo a análisis incorrectos ya que las técnicas detectan residuos que se encuentran en el orden de partes por billón (ug/l agua, ng/g sedimento o tejido), y se trabaja con métodos analíticos muy sensibles como es el de cromatografía de gases con detector de captura de electrones, los problemas que puede causar material mal lavado, disolventes o reactivos "impuros" son muy graves ya que puede interferir en el análisis haciendo aparecer picos extraños, en el cromatograma, o traslaparse con picos de interés.

Destilación de solventes

En general los disolventes "Grado Reactivo Analítico" (G.R.A), contienen impurezas que pueden interferir con el análisis de residuos y pueden disminuir la sensibilidad del detector del cromatógrafo que se esté usando. Estos deben purificarse por una o dos destilaciones en material de vidrio, con tratamiento químico. La purificación de los disolventes se efectúa por doble destilación, en equipo de vidrio siguiendo el siguiente procedimiento.

Primera destilación. Enjuagar con Acetona y Hexano Grado Plaguicida (G.P) todo el material. Vertir aproximadamente 3.5 a 4 litros del disolvente grado reactivo analítico (G.R.A) en un matraz redondo de 5 litros de capacidad. Agregar unas piedras de ebullición.

Calentar a la temperatura de ebullición del disolvente. Destilar a una velocidad aproximada de 20 ml/min. Eliminar 10% de "cabezas". Recoger el destilado en garrafones de vidrio ámbar de 1 galón de capacidad. Tapar el garrafón con tapa y contratapa de teflón. Etiquetar segunda destilación o redestilación.

Poner el disolvente de la destilación en un matríz redondo de 5 litros y seguir el procedimiento descrito para la primera destilación. Al terminar la segunda destilación debe comprobarse la pureza de cada disolvente para lo cual se hace la siguiente prueba:

Colocar aproximadamente 80 ml del disolvente que se desea probar, en un matraz redondo de 100 ml. Añadir unas gotas de Tolueno en Isoctano al 1%. El tolueno retiene las impurezas que pueda contener el solvente. Evaporar a sequedad en un evaporador rotatorio. Enjuagar el matríz con 1 ml de hexano G.P.

Inyectar de 0.5 -1 microlitro en el cromatógrafo de gases con Detector de Captura de Electrones. Previa inyección de 1 microlitro de una mezcla de estándares de plaguicidas. Dejar correr la carta 1.3 veces el tiempo de retención del p,p'-DDT para detectar las impurezas con un tiempo de retención alto.

El cromatograma no debe presentar picos detectables y el frente del disolvente debe ser angosto y no sobreponerse con los picos detectados de los BHC (familia de los Hexaclorociclohexanos) que son los plaguicidas de menor tiempo de retención. Si el cromatograma presenta picos o frente de disolvente ancho la purificación debe repetirse.

Si el disolvente pasa la prueba de pureza, recortar el cromato-grama y pegarlo en el garrafón correspondiente. Este disolvente se considera "Grado Plaguicida" (G.P). Anotar correctamente de que disolvente se trata y fecha de destilación. Colocar contratapas de teflón rígido a los garrafones, para evitar su contaminación durante el almacenamiento.

Cuando no se pueden obtener reactivos nanogrado, se purifican los reactivos grado analítico (G.R.A). El procedimiento es específico para cada reactivo:

Sulfato de sodio anhidro

El sulfato de sodio es generalmente usado para remover pequeñas cantidades de agua en los extractos de la muestras, por lo general se coloca una pulgada de sulfato de sodio anhidro en el tope del adsorbente, para asegurarse de que el eluato en la columna esté seco, evitando con ello interferencias en el proceso de separación de los compuestos, por todo esto, es necesario purificarlo de acuerdo con el siguiente procedimiento. Colocar el sulfato de sodio en cápsulas de porcelana, procurando que queden bien llenas. Ponerlas en la mufla y llevar a 600°C por 72 horas. Bajar a 120°C dejar por 2 horas aproximadamente. Pasar el sulfato a frascos ámbar de boca angosta, sellar con parafilm y etiquetar.

Alúmina

La Alúmina activada es preparada por la deshidratación parcial del hidróxido de aluminio a una temperatura aproximada de 400°C por 4 horas. La alúmina así preparada es básica y muy higroscópica. Para algunos casos, en las separaciones se requerirá la alúmina ácida o neutra. La neutra es obtenida lavando la básica con agua destilada hasta que el extracto es neutro. Cuando la alúmina ácida es requerida, el adsorbente puede ser obtenido por suspensión de la alúmina en ácido hasta que el extracto tenga un pH de 4 - 6. La deactivación parcial de la alúmina es alcanzada por la adición de varios porcentajes de agua destilada por peso al adsorbente activado, mezclando por 2 horas y equilibrándose toda la noche antes de usarse. La reactivación de la alúmina deactivada puede hacerse de 150 a 200°C.

Sílica gel

También conocida como sílica o ácido silícico, tiene la fórmula general $\text{SiO}_2 \times \text{H}_2\text{O}$ y está hecha de estructuras de siloxano poroso tridimensional con superficie polar de silanol, grupos Si-O-H. La activación de sílica gel por calentamiento a aproximadamente 200°C, los componentes adsorbidos físicamente sobre los grupos hidroxilo libres pueden liberar una molécula de agua para formar un sitio menos activo de adsorción consistiendo de un puente de hidrógeno entre dos átomos de sílice. De acuerdo con esto, un incremento en la actividad de la sílica fué observado sobre la activación por calentamiento a 200°C, mientras que las activaciones mas allá de esta temperatura conducen a una disminución en adsorción de sustancias que pueden formar hidrógenos libres. La deactivación de sílica gel es acompañada por la adición de varios porcentajes de agua al adsorbente activado. Procedimientos exitosos de limpieza usando sílica gel han sido aplicados a residuos de plaguicidas organoclorados y algunos organofosforados.

Florisil

El Florisil es un silicato de magnesio sintético fabricado por Floridin Company. Su activación normal es a 650°C y se almacena a 130°C, justo antes de usarse debe mantenerse al florisil en su forma más activa. Este adsorbente es usado ampliamente para la limpieza y separación en columna de plaguicidas organoclorados.

Lana de vidrio

Este material se usa principalmente para taponar la columnas de vidrio y es la que va a retener el adsorbente emulsionado con solventes, pero para ello se requiere su purificación como a continuación se indica.

Colocar en Soxhlet una cantidad apropiada. Colocar en un matr az redondo aproximadamente 300 ml de Acetona G.P. por 8 horas seguido de Hexano G.P., tambi en por 8 horas. Sacar y colocar en un refractario, secar en la estufa a 130°C por una hora. Guardar en un frasco de boca ancha. Sellar y etiquetar.

Purificación del agua

El agua destilada es una fuente común de interferencia en los análisis de plaguicidas, ya que ésta es usada continuamente, ya sea para deactivar el adsorbente o para el lavado de los extractos. Esta se considera "pura" y se puede usar para el análisis de residuos de plaguicidas, solamente si su extracto hexánico ha pasado la prueba de pureza, de los disolventes ya descritos.

Si el cromatograma del extracto hexánico presenta picos, el agua debe purificarse antes de usarla en el análisis de residuos de plaguicidas.

Prueba de pureza del agua

Tomar 100 ml del agua que desea probar y extraiga con 50 ml de hexano G.P. Pasar la fase hexánica a través de un tubo But con Na₂SO₄ anhidro. Recoja en un matr az redondo de 100 ml. Concentrar en un rotoevaporador a sequedad. Reconstituir con 1 ml de hexano G.P. Inyecte de 0.5 -1 ul en el cromatógrafo con Detector de Captura de Electrones. Si el extracto no pasa la prueba, existe el siguiente método de purificación.

Método de Partición

Disuelva 30 g de NaCl purificado en 1500 ml del agua que desea purificar. Extraiga la solución con 3 porciones de cloroformo G.P. (2 min) de 150 ml cada una. Deseche los extractos clorofórmicos. Realice prueba de pureza antes descrita.

Preparación de Estándares de Plaguicidas Organoclorados

Se prepararon a partir de soluciones individuales de plaguicidas organoclorados y PCB's EPA 608-S, Cats. 4-8753 y 4-8858 Supelco, la presentación viene en  mpulas de vidrio con capacidad de 1 ml disuelto en metanol y sus concentraciones est n entre 20 - 200 ug/ml. En el caso que nos ocupa, las diluciones de trabajo se prepararon en isooctano G.P., ya que éste solvente tiene un alto punto de ebullición permitiendo una adecuada conservación de la mezcla de los estándares en cuestión, sobre todo cuando las concentraciones de trabajo fluctúan desde 0.005 ug/ml hasta 0.03 ug/ml. Las mezclas de PCB's usadas en este trabajo fueron 1254 y 1260, los DDT's estuvieron representados por p,p'-DDE, p,p'-DDD y p,p'-DDT; entre los Pesticidas Ciclodienicos se utilizaron sólo en la primera técnica propuesta al Clordano, pero se desecharon en las siguientes por su complejidad, sin embargo se optó por los más estables como Heptacloro, Heptacloro epóxido, Endosulfán (I y II), Aldrín, Dieldrín y Endrín; por último los insecticidas hexaclorociclohexanos Alfa BHC, Gama BHC (Lindano) y Beta BHC.

Reemplazo de un solvente por otro

El reemplazo de un tipo de solvente por otro en el extracto de una muestra es una práctica común en muchos procedimientos analiticos, ésto se da principalmente cuando el extracto en la muestra est  en un solvente que es incompatible con el detector p.e., solventes halogenados interferirán con el Detector de Captura de Electrones por lo que deben cambiarse por solventes compatibles tales como hexano, benceno o isooctano. En cromatografía de adsorción, la elución en la columna comienza con frecuencia con solventes no polares o de baja polaridad (hexano, heptano, ciclohexano, tetracloruro de carbono, tolueno benceno, cloroformo) seguido por los de polaridad intermedia (tetrahidrofuran, éter etilico, acetato de etilo, piridina, acetona, butanol, propanol, etanol, metanol, agua) y finalmente con los más polares ( cido acético) varios autores difieren un poco en esta serie; sin embargo, esta variación no afecta apreciablemente la selección de solventes propuesta (Chau *et al.*, 1982).

Se probaron varios métodos para la extracción y purificación de las fracciones de plaguicidas organoclorados cuyos procesos se describen a continuación.

**3.1 EXTRACCION DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS Y PCB's EN SEDIMENTOS.
METODO PROPUESTO POR Albert, L., 1981. INIREB.**

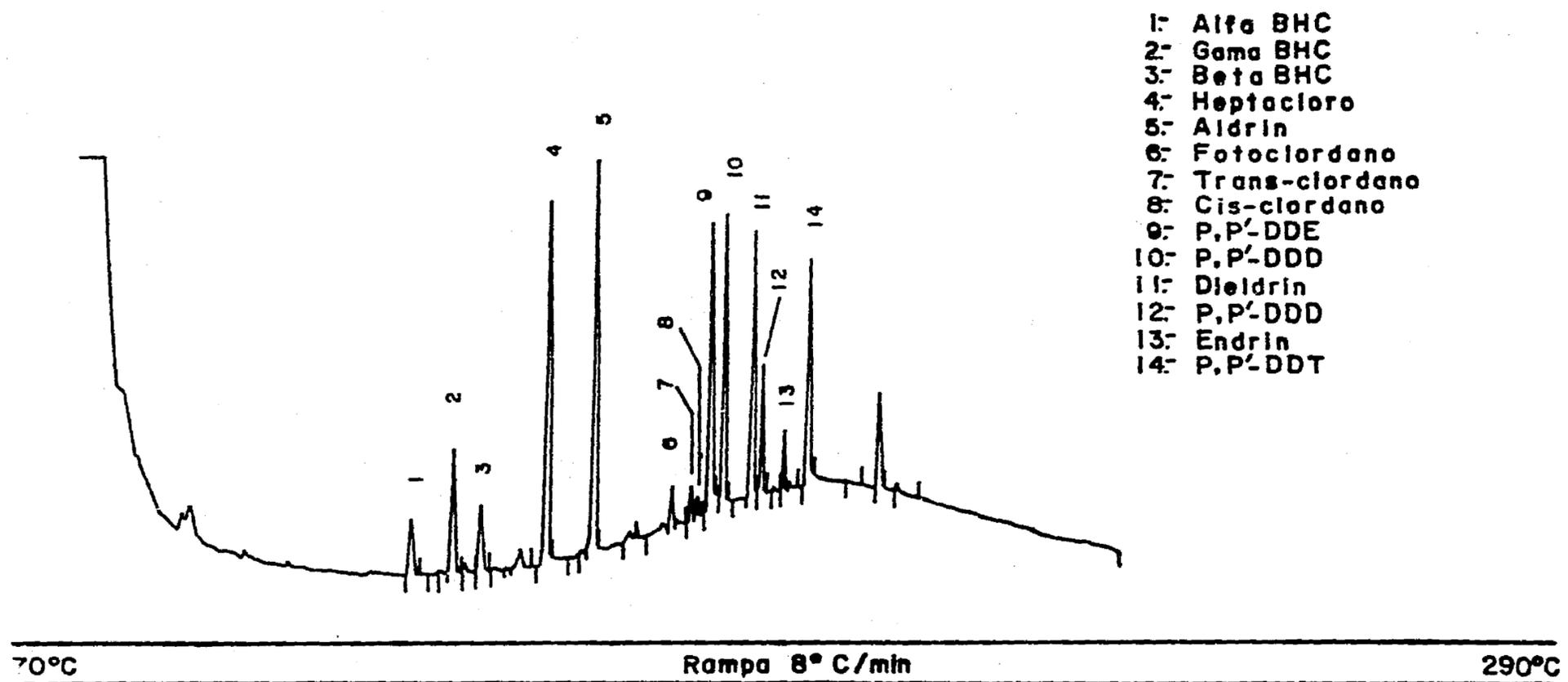
- 1) Pesar 10 g de sedimento homogenizado (peso seco); colocar en un frasco para licuarlo y añadir 120 ml de acetona y mezclar a velocidad media por 15 minutos.
- 2) Dejar que se sedimenten las partículas y transferir el disolvente a un Buchner. (Filtrar con vacío).
- 3) Bajar con una espátula el sedimento que se haya pegado a las paredes y añadir 120 ml de acetona más 100 ml de agua purificada. Mezclar a velocidad media durante 10 min. Dejar sedimentar y filtrar el extracto orgánico.
- 4) Repetir el paso anterior.
- 5) A los residuos añadir 50 ml de acetona y transferir todo al Buchner.
- 6) Transferir el extracto orgánico a un embudo de separación, enjuagar el kitazato con hexano y añadir 40 ml de agua. Añadir 150 ml de hexano en 2 porciones. Agitar, dejar separar las fases. Pasar extracto orgánico a un segundo embudo.
- 7) Enjuagar la mezcla extracto-disolvente con 200 ml de agua purificada. Descartar los lavados y pasar el extracto a través de un tubo But con Na₂SO₄. Recoger en un matraz de destilación de 500 ml.
- 8) Añadir unas gotas de Keeper (Tolueno en isooctano al 1%), concentrar hasta un volumen de 2-3 ml.
- 9) Empacar una columna para cromatografía con 30 g de Florisil desactivado al 2% + 2 pulgadas de Na₂SO₄ purificado.
- 10) Enjuagar la columna con 50 ml de hexano y desechar.
- 11) Transferir el extracto concentrado a la columna y eluya con 200 ml de cloruro de metileno/hexano al 25%.
- 12) Recojer el eluato en un matraz de destilación de 500 ml, añada unas gotas de "Keeper" y concentre a sequedad.
- 13) Reconstituir con 2 ó 3 ml de hexano y transfiera a un tubo de centrífuga lleve a un volumen de 5 ml e inyecte al cromatógrafo.

Con ésta técnica se analizaron 11 muestras de sedimentos recientes, de la Laguna de Términos, Campeche perteneciente a la época de nortes (enero de 1986), este procedimiento químico como se observará en los resultados, es bastante complicado por lo que no se utilizó en el Ejercicio de Intercalibración.

Cromatografía de gases aplicada a la técnica descrita

Para el análisis de los plaguicidas se empleó un Cromatógrafo de gases con sistema capilar, marca Hewlett Packard, Modelo 5890A, equipado con Detector de Captura de Electrones, fuente de poder Ni63, acoplado a un Integrador de Areas Modelo 3290A, columnas capilares de sílice fundido de 25 m de longitud, 0.20 mm de diámetro interno y 0.5 µm de grosor de capa, fase Fenil Metil Silicón al 5%, Gas acarreador Nitrógeno 1 ml/min, Gas auxiliar Nitrógeno 30 ml/min, Temperatura del Inyector 260°C, Temperatura del Detector 300 °C, Programa de Temperatura: temperatura inicial 170°C, temperatura final 290°C, Tiempo inicial 4 min, Tiempo final 5 min, Rampa 8 °C/min, Tiempo de purga 0.5 min, Modo de inyección Spletless. El solvente fué hexano bidestilado.

La identificación y cuantificación de los plaguicidas se realizó con base en los tiempos de retención y el área de los picos, comparados con el patrón establecido por los estándares de concentración conocida de acuerdo a Murtaugh y Bunch (1976).



CROMATOGRAMA.- Tiempo de retención de la mezcla de estandares de hidrocarburos organoclorados (Chemical Polyscience).

Solo para este caso en particular se usó una mezcla comercial de la (Chemical Polyscience), cuya codificación en el orden de elución variará un poco debido a ligeras impurezas en los estándares (Cromatograma 1).

Orden de Elución	Tiempo de Retención en minutos	Compuesto
1	8.61	Alfa BHC
2	9.48	Gama BHC
3	10.07	Beta BHC
4	11.43	Heptacloro
5	12.40	Aldrín
6	14.03	Fotoclordano
7	14.42	Trans-clordano
8	14.53	Cis-clordano
9	14.79	p,p'-DDE
10	15.06	p,p'-DDD o TDE
11	15.66	Dieldrín
12	15.88	p,p'-DDD o TDE
13	16.34	Endrín
14	16.84	p,p'-DDT

3.2 EJERCICIOS DE INTERCALIBRACION SOBRE LA METODOLOGIA DE HIDROCARBUROS ORGANOCORADOS EN SEDIMENTOS Y ORGANISMOS

Es indudable que en todo programa de protección ambiental y de contaminación, el control dependerá de la disponibilidad para identificar y medir exactamente contaminantes específicos en el ambiente, es por ello que tratamos de establecer la optimización de las técnicas. Estas técnicas se citan a continuación; en ellas se usó material certificado proveniente del Laboratorio Internacional de Radioactividad Marina con sede en Mónaco.

Descripción del material

SEDIMENTO.

Aproximadamente 80 kg de sedimento fué colectado en el Mar Mediterráneo durante el crucero RV TYRO (Crucero EROS 200, 1 - 17 de julio de 1987) en la estación No. 154 (42°35.5'N, 4°23.7'E) a una profundidad de 1240 m. El sedimento fué congelado a bordo del barco y en el laboratorio de Mónaco fué liofilizado, molido y pasado a través de una tamíz de 150 micras y homogeneizado.

3.2.1 DESCRIPCION DE LOS METODOS DE EXTRACCION USADOS EN LOS EJERCICIOS DE INTERCALIBRACION. ANALISIS DE PLAGUICIDAS ORGANOCORADOS Y FOSFORADOS EN SEDIMENTOS TECNICA DE LA EPA (1979) MODIFICADA POR GARAY (1982).

Procedimiento de Extracción

Se pesan de 1-5 g de sedimento (en base húmeda) en un papel filtro, se dobla y se coloca en un equipo Soxhlet. Se pesa igual cantidad para la determinación de humedad. Se extrae con 150 ml de acetona-hexano (1:1) en el balón del equipo Soxhlet. Conectar el agua de refrigeración y calentar de 5 a 8 horas. Remover el extracto y colocarlo en un embudo de decantación de 500 ml. Añadir 150 ml de agua desionizada y agitar fuertemente. Remover la capa acetona-agua (parte inferior) y conservar la de hexano (capa superior). Lavar la capa de hexano con 150 ml de agua desionizada, desechar la capa acuosa (parte inferior). Pasar el extracto a un Erlenmeyer de 125 ml que contiene sulfato de sodio anhidro, agitar y dejar en reposo por dos horas. Concentrar el extracto a Baño María hasta aproximadamente 5 ml.

Remoción de sulfuros

En ciertos tipos de muestras tales como sedimentos de áreas de alta actividad biológica, la presencia de azufre y compuestos sulfurados es frecuente. El azufre y sus compuestos relativos pueden causar interferencias en el análisis del Aldrín y otros pesticidas organoclorados, de esta manera es necesario removerlos o minimizar su concentración para evitar interferencias en el análisis y prolongar la vida del Detector de Captura de Electrones. El método más popular es tratar la muestra o extracto de la muestra con polvo de cobre activado o mercurio elemental, aunque se recomienda más el cobre porque es menos tóxico para el analista.

Purificación del extracto

Pasar todo el extracto a la parte superior de la columna empacada con 13 g de florisil desactivado al 1% y enjuagar el recipiente con hexano por 2 veces, drenando estos residuos a la columna. Eluir con 200 ml de una mezcla de éter al 6% en hexano (FRACCION 1). En esta fracción sale Aldrín, Heptacloro éxido, DDE, DDD y DDT de los organoclorados y Etión de los organofosforados.

Eluir con 200 ml de una mezcla de éter al 15% en hexano (recibir en otro matraz Erlenmeyer) y esta será la (FRACCION 2). En esta fracción sale: Dieldrín y Endrín (de los organoclorados). Concentrar cada fracción hasta 5 ml y envasar en tubos de 10 ml hasta su análisis cromatográfico. Con ésta técnica se realizaron 5 determinaciones (Tablas 1, 1A, Gráfica 1 y Cromatogramas 2-6).

3.2.2 CROMATOGRAFIA DE GASES

En general se siguió el mismo procedimiento ya descrito con algunas modificaciones, se empleó un Cromatógrafo de gases con sistema capilar, marca Hewlett Packard, Modelo 5890A, equipado con Detector de Captura de Electrones, fuente de poder Ni63, acoplado a un Integrador de Areas Modelo 3290A, con columna capilar de sílice fundido de 25 m de longitud, 0.20 mm de diámetro interno y 0.5 μ m de grosor de capa, fase Fenil Metil Silicón al 5%, Gas acarreador Nitrógeno 1 ml/min, Gas auxiliar Nitrógeno 30 ml/min, Temperatura del Inyector 260 °C, Temperatura del Detector 320 °C, Programa de Temperatura: temperatura inicial 60 °C, temperatura final 290 °C, Tiempo inicial 2 min, Tiempo final 10 min, Rampa 8 °C/min, Tiempo de purga 0.5 min, Modo de inyección Splitless. El solvente usado fue n-hexano (Aldrich). Estas condiciones prevalecieron para todos los análisis del ejercicio de intercalibración.

La identificación y cuantificación de los plaguicidas se realizó con base en los tiempos de retención y el área de los picos, comparados con el patrón establecido por los estándares de concentración conocida de acuerdo a Murtaugh y Bunch (1976).

Límites de detección

Tomando en cuenta el concepto de límite de detección como la concentración más baja de un elemento en solución que puede ser detectado con 95% de certeza, las concentraciones de los estándares propuestos fluctuaron entre 5 - 30 ng/ml, debido a que la respuesta del detector de captura de electrones no es lineal.

Cálculo de los resultados

Estos se realizaron de la siguiente forma:

Concentración (ng/g) = $\frac{hm}{he} \cdot \frac{Ve}{Vm} \cdot Ce \cdot \frac{Vam}{Wm} \cdot 1000$ de donde:

hm = Área de la muestra (cuentas)

he = Área del estándar (cuentas)

Ve = Volumen del estándar inyectado (μ l)

Vm = Volumen de muestra inyectada (μ l)

Ce = Concentración del estándar (μ g/ml)

Vam = Volumen aforo de la muestra (ml)

Wm = Peso de la muestra (g)

**PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS
VALORES PROMEDIO SEDIMENTOS
GRAFICA 1**

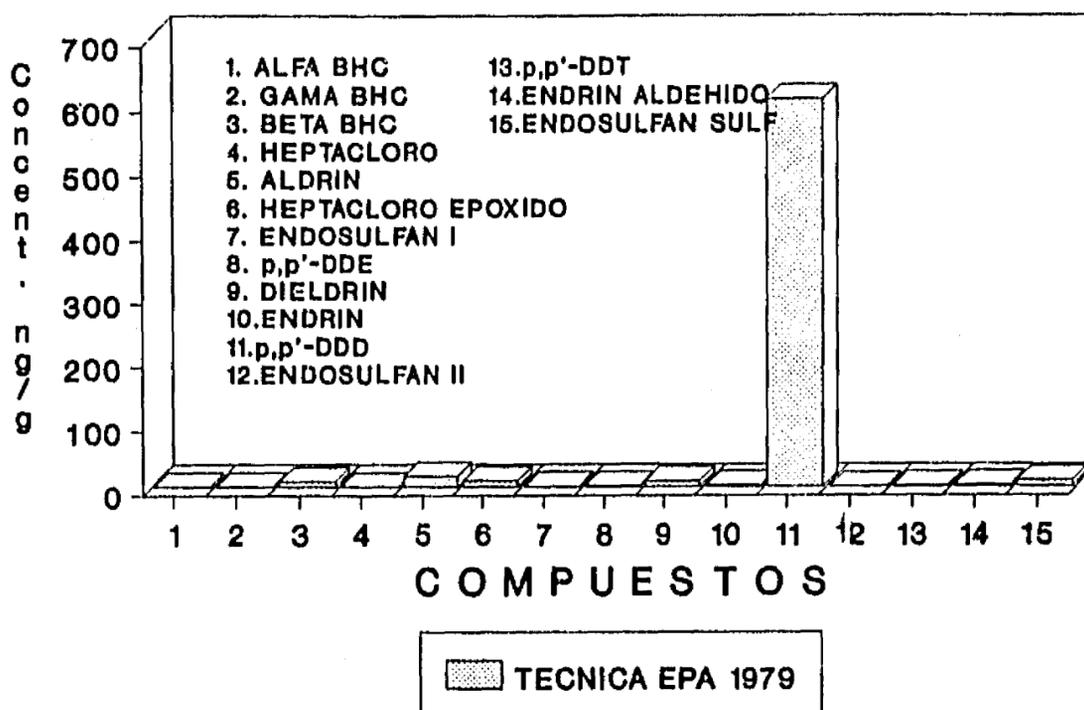


TABLA 1. EJERCICIO DE INTERCALIBRACION DE COMPUESTOS ORGANOCOLORADOS
Determinaciones de las muestras de sedimento usando la técnica EPA (1979) modificada por Garay (1982).

Compuestos determinados	Concentración (peso seco) ng/g					Media X	% Desv. Estandar V /X*100	Mínimo detect. Na2SO4 4.0 g	
	Peso promedio de muestra usado: 2 g								
	1a.Deter.	2a.Deter.	3a.Deter.	4a.Deter.	5a.Deter.				
1 ALFA BHC	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	---	---	0.3	2.82
2 GAMA BHC	N.D	N.D	N.D	N.D	0.35	0.35	---	0.4	3.1
3 BETA BHC	5.6	5.8	6.02	7.4	16.03	8.17	54.5	0.1	1.0
4 HEPTACLORO	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	---	---	0.3	40.7
5 ALDRIN	19.5	26.8	16.9	7.3	12.3	16.6	44.4	0.1	1.13
6 HEPTACLORO E.	N.D	N.D	N.D	N.D	10.1	10.1	---	0.1	19.01
7 ENDOSULFAN I	1.5	N.D	0.3	1.2	1.0	1.0	51.0	0.8	---
8 p,p'-DDE	1.6	N.D	N.D	N.D	N.D	1.6	---	0.1	1.7
9 DIELDRIN	10.3	14.5	4.7	7.4	N.D	9.2	45.5	0.3	4.61
10 ENDRIN	3.0	N.D	N.D	N.D	N.D	3.0	---	0.2	10.71
11 p,p'-DDD	710.6	952.2	804.8	488.0	77.0	606.5	56.2	0.9	---
12 ENDOSULFAN II	N.D	N.D	N.D	N.D	0.63	0.63	---	0.2	0.81
13 p,p'-DDT	2.4	N.D	N.D	N.D	1.3	1.9	41.0	0.5	---
14 ENDRIN ALDEHIDO	2.9	N.D	N.D	N.D	N.D	2.9	---	0.6	1.03
15 ENDOSULFAN SULF.	3.4	16.5	5.6	6.7	16.8	9.8	65.3	1.4	6.85
Aroclor 1254	127.3	49.9	40.8	42.3	90.4	70.14	53.9		
Aroclor 1260	24.2	25.8	16.6	16.7	46.3	25.9	47.1		

N.D. = No detectado

TABLA 1A. EJERCICIO DE INTERCALIBRACION DE COMPUESTOS ORGANOCORADOS EN SEDIMENTOS
MARINOS CLAVE SD-M-2/OC (Concentración reportada ng/g peso seco).

Código	HEPTACLORO											
	labs.	LINDANO	HEPTACLORO	ALDRIN	EPOXIDO	p,p'-DDE	DIELDRIN	ENDRIN	p,p'-DDD	p,p'-DDT	1254	1260
1.	--	--	--	--	0.35	--	--	0.08	0.03	0.95	--	--
2.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4.30	--	--
3.	16.00	--	7.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.	0.36	--	--	--	0.35	--	--	1.02	0.94	12.24	2.95	--
5.	0.72	1.35	3.47	--	0.30	--	--	0.17	1.34	--	1.85	--
6.	0.83	--	--	--	2.30	--	--	1.20	0.90	3.10	--	--
7.	4.10	--	--	--	1.97	--	--	0.53	0.99	12.80	1.21	--
8.	0.79	--	--	0.15	0.37	0.16	--	--	0.48	10.55	3.74	--
9.	0.143	--	--	--	0.037	--	--	--	0.153	0.47	--	--
10.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.	2.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	25.00	--
12.	--	--	--	--	--	--	--	--	0.30	--	--	--
13.	7.18	--	0.22	--	--	--	1.25	--	--	22.76	37.18	--
14.	--	--	--	--	0.80	--	--	0.20	--	54.20	--	--
15.	2.27	0.56	--	--	0.293	--	--	--	0.476	16.65	9.83	--
16.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	2.00	--	--
17.	0.05	0.05	0.10	0.16	0.20	0.24	0.40	0.28	0.52	1.044	1.04	--
*18.	0.35	--	16.60	10.10	1.60	9.20	3.00	606.50	1.90	70.14	25.90	--
19.	0.145	--	0.012	--	0.028	0.05	--	0.14	0.06	1.30	--	--
Media	2.69	0.66	4.57	3.47	0.72	2.41	1.55	67.79	0.67	15.18	12.08	--
Desv.												
Est.	4.49	0.65	6.50	5.74	0.79	4.52	1.32	202.02	0.56	21.28	13.65	--

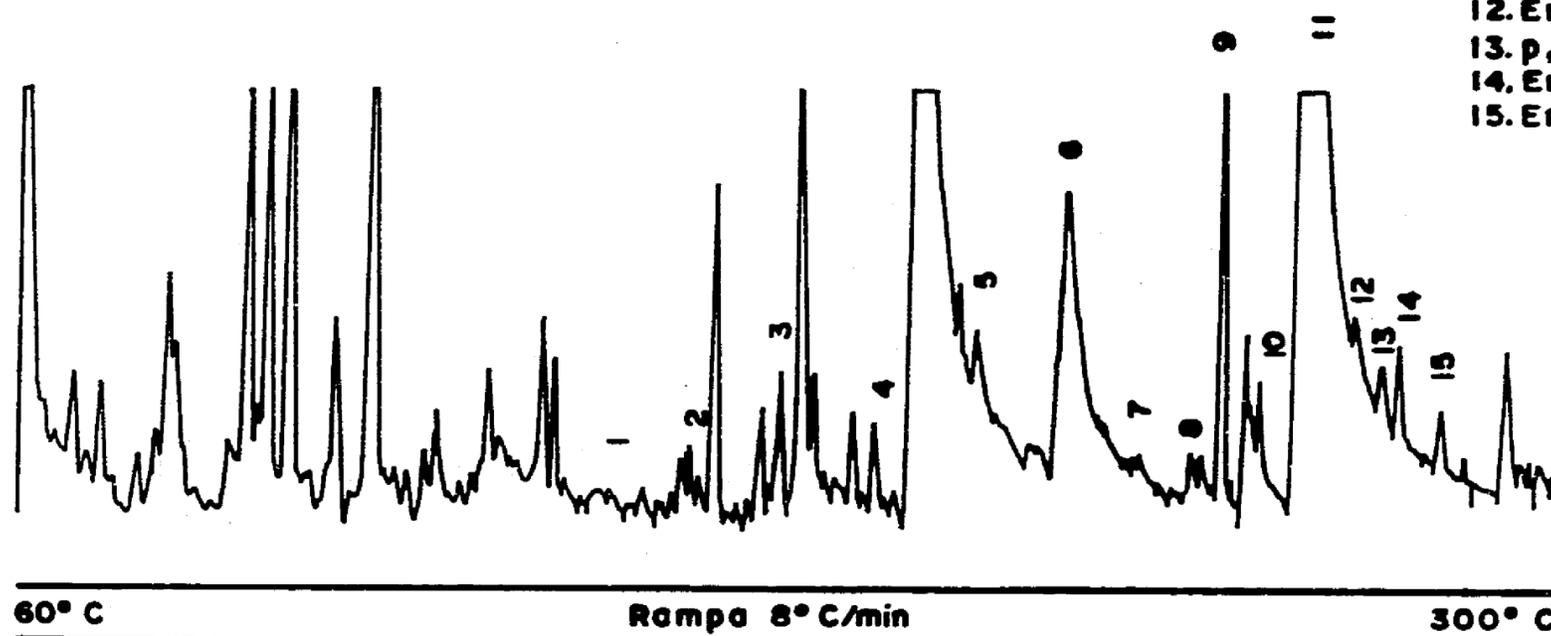
(Laboratorios 3, 6, 13, 14, 18 datos altos en algunos parámetros)

-- = No registrado

*Laboratorio de Contaminación
Marina, ICMYL UNAM

1^a Determinación
Método EPA (1979)
Peso Sed. 1.9921 g
V.I. = 0.5 μ
V.R. = 1 ml

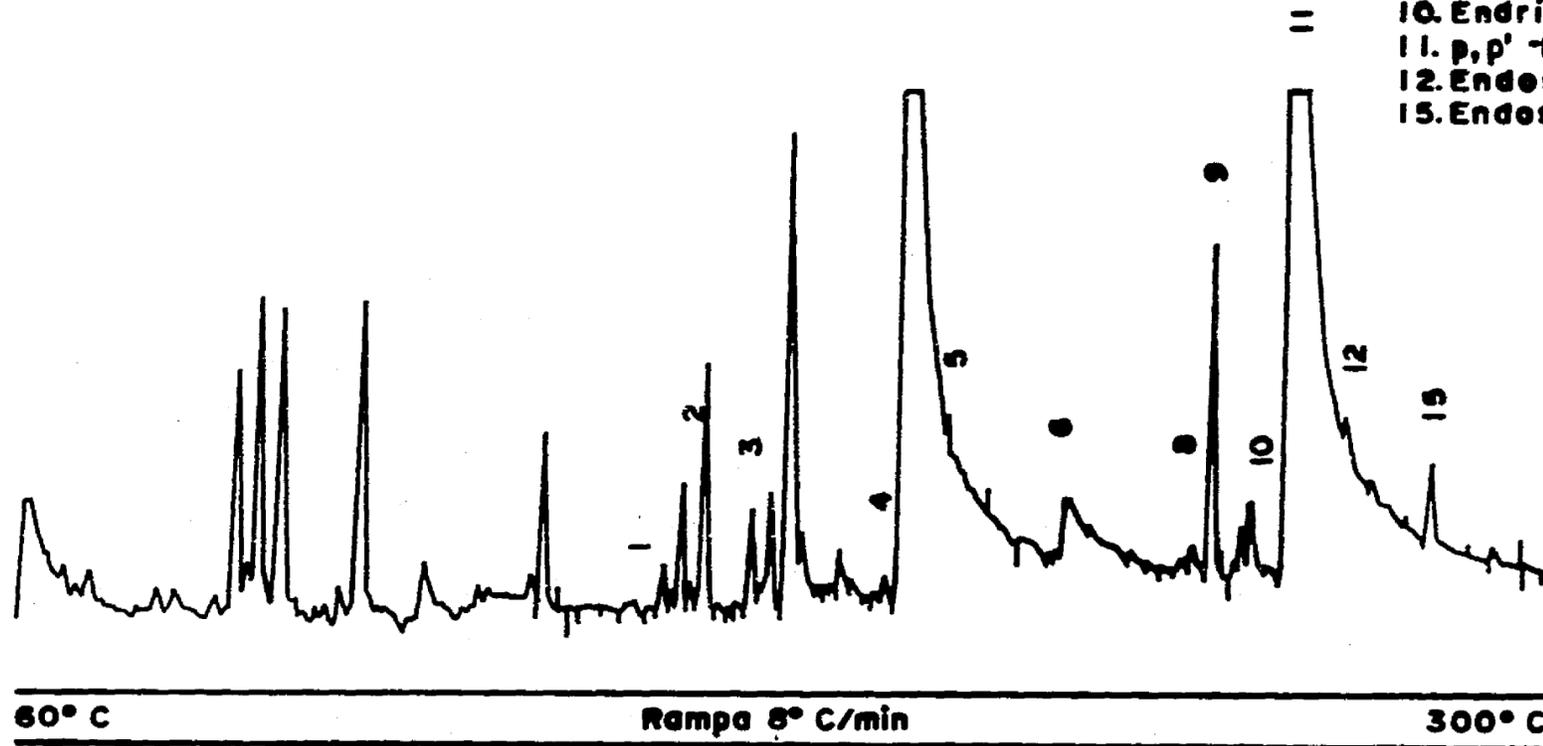
1. Alfa BHC
2. Gama BHC
3. Beta BHC
4. Heptacloro
5. Aldrin
6. Heptacloro epóxido
7. Endosulfán I
8. p,p'-DDE
9. Dieldrin
10. Endrin
11. p,p'-DDD ó TDE
12. Endosulfán II
13. p,p'-DDT
14. Endrin aldehido
15. Endosulfán Sulfato



CROMATOGRAMA 2- Sedimentos Método EPA (1979).

2ª Determinación
Método EPA (1979)
Peso Sed. 1.98 g
V.I. = 0.3 µl
V.R. = 1 ml

1. Alfa BHC
2. Beta BHC
3. Gamma BHC
4. Heptacloro
5. Aldrín
6. Heptacloro epóxido
8. p,p'-DDE
9. Dieldrín
10. Endrín
11. p,p'-DDD o TDE
12. Endosulfan II
15. Endosulfan Sulfato

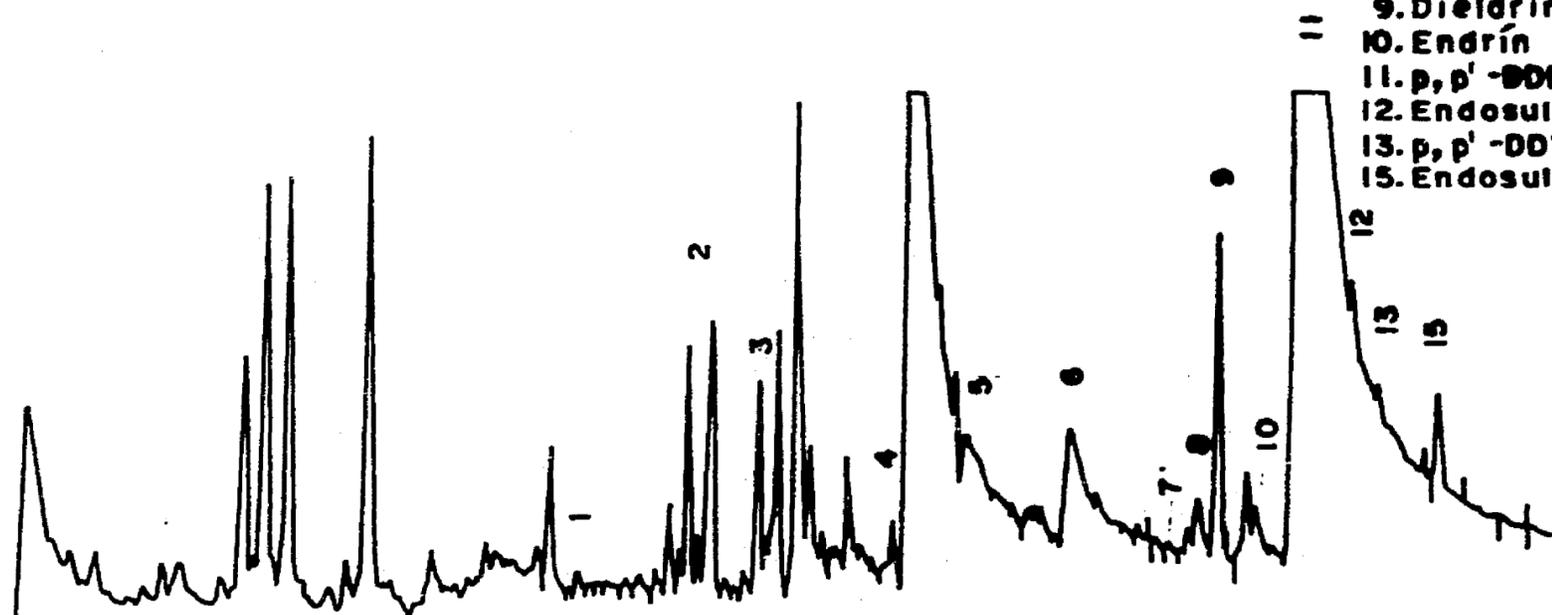


CROMATOGRAMA 3.- Sedimentos Método EPA (1979).

3^a Determinación
Método EPA (1979)
Peso Sed. 3.0216
V.I. = 0.4 µl
V.R. = 1 ml

1. Alfa BHC
2. Gama BHC
3. Beta BHC
4. Heptacloro
5. Aldrín
6. Heptacloro epóxido
7. Endosulfan I
8. p, p' -DDE
9. Dieldrín
10. Endrín
11. p, p' -DDD o TDE
12. Endosulfan II
13. p, p' -DDT
15. Endosulfan Sulfato

35



60° C

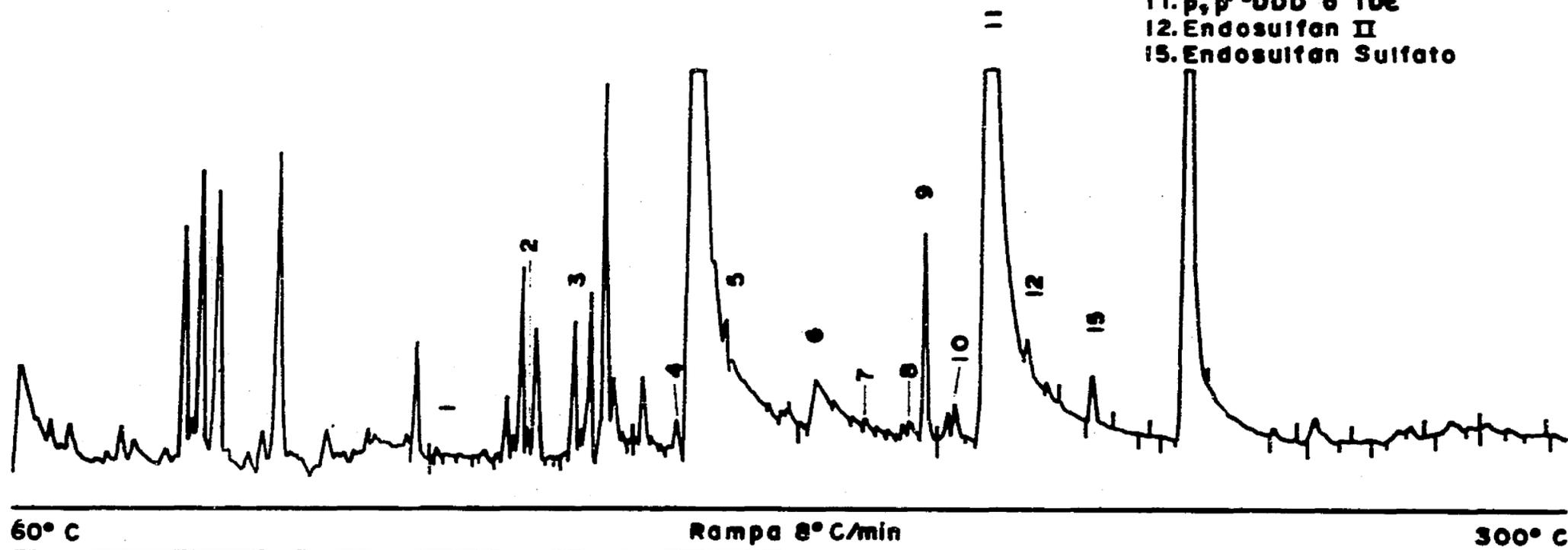
Rampa 8° C/min

300° C

CROMATOGRAMA 4.- Sedimentos Método EPA (1979).

4ª Determinación
Método EPA (1979)
Peso Sed. 2.1179 g
V. I. = 0.4 µl
V. R. = 1 ml

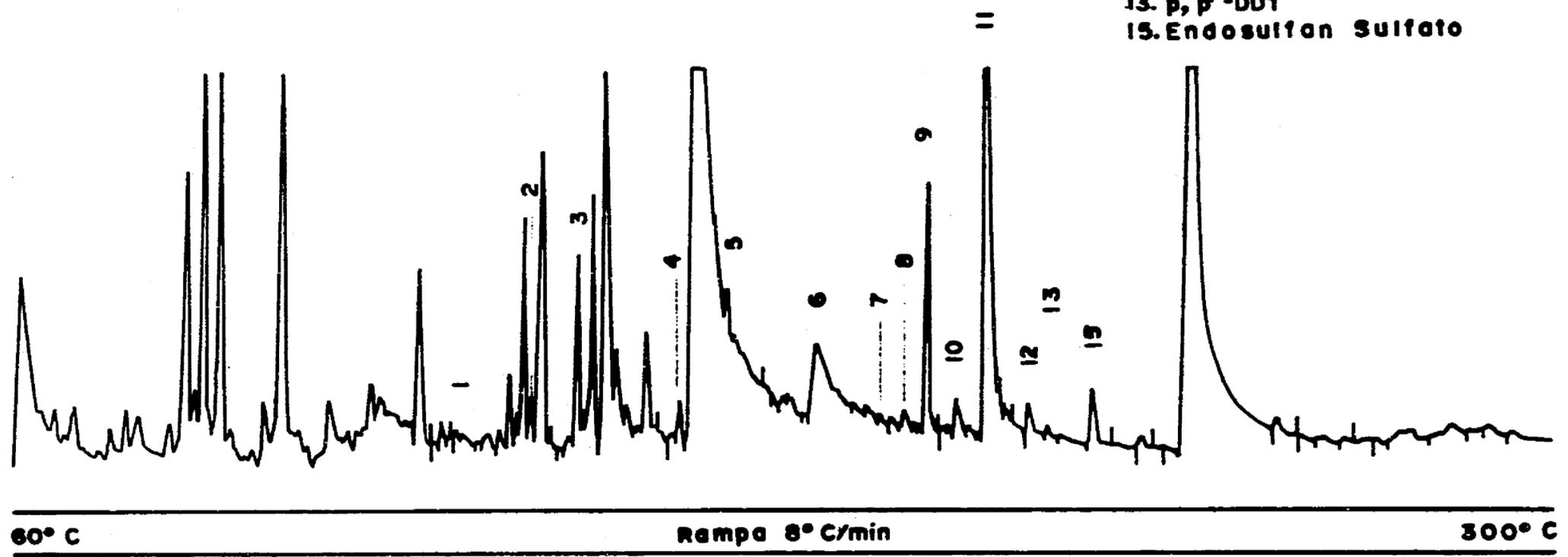
1. Alfa BHC
2. Beta BHC
3. Gamma BHC
4. Heptacloro
5. Aldrin
6. Heptacloro epóxido
7. Endosulfán I
8. p,p'-DDE
9. Dieldrin
10. Endrin
11. p,p'-DDD ó TDE
12. Endosulfán II
13. Endosulfán Sulfato



CROMATOGRAMA 5.- Sedimentos Método EPA (1979).

5^a Determinación
Método EPA (1979)
Peso seco Sed. 1.9986 g
V.l. = 0.3 µl
V.R. = 1 ml

1. Alfa BHC
2. Gama BHC
3. Beta BHC
4. Heptacloro
5. Aldrín
6. Heptacloro epóxido
7. Endosulfón I
8. p,p'-DDE
9. Dieldrín
10. Endrín
11. p,p'-DDD o TDE
12. Endosulfan II
13. p,p'-DDT
15. Endosulfan Sulfato



CROMATOGRAMA 6.- Sedimentos Método EPA (1979).

La mezcla de estándares de plaguicidas organoclorados catálogo 4- 8858 de Supelco, cuyo orden de elución estará de acuerdo con las condiciones cromatográficas ya citadas para el ejercicio de intercalibración (Véase Cromatograma 7).

Orden de Elución	Tiempo de Retención en minutos	Compuesto	Concentración (ng/ml)
1	22.81	Alfa BHC	5.0
2	23.79	Gama BHC	5.0
3	24.50	BetaBHC	5.0
4	25.88	Heptaclo	5.0
5	26.89	Aldrín	5.0
6	27.96	Heptaclo epóxido	5.0
7	28.98	Endosulfán I	10.0
8	29.38	p,p'-DDE	10.0
9	29.67	Dieldrín	10.0
10	30.28	Endrín	10.0
11	30.51	p,p'-DDD o TDE	30.0
12	30.98	Endosulfán II	10.0
13	31.49	p,p'-DDT	30.0
14	31.62	Endrín aldehído	30.0
15	32.31	Endosulfán sulfato	30.0

DETERMINACION DE DDT's, PCB's Y OTROS HIDROCARBUROS EN SEDIMENTOS MARINOS POR CROMATOGRAFIA DE GASES. Método de referencia para estudios de contaminación No.17. PROPUESTO POR LA IAEA (Agencia Internacional de Energía Atómica), 1982.

Extracción de muestras, determinación de la relación PESO HUMEDO/PESO SECO.

1. Procedimiento con muestras secas. Seleccione de 10 - 20 g del sedimento, pese esta submuestra y liofilícela. Cuando esté seca, pésela de nuevo y calcule la relación Peso Húmedo/Peso Seco. Entonces pulverice la muestra usando un mortero. Pese un rango de 2 - 10 g dependiendo del tipo de sedimento y colóquelo en un papel filtro previamente lavado con hexano por espacio de 8 horas. Extraiga en Soxhlet con 250 ml de hexano por 8 horas. Somete al mismo procedimiento un filtro vacío y éste será el BLANCO.

2. Procedimiento sin liofilizar. Permita que el sedimento se descongele y tome una submuestra de 10-20 g., pese esta submuestra y séquela en un horno a 105°C. Cuando esté seca pésela y calcule la relación Peso Húmedo/Peso Seco. Seleccione de 30-40 g de submuestra húmeda y colóquela en un mezclador, agregue 100 g de sulfato de sodio anhidro y mezcle a alta velocidad por 102 minutos. Transfíralo al papel filtro, dóblelo y colóquelo en un Soxhlet con 250 ml de hexano por 8 horas. Extraiga la misma cantidad de sulfato de sodio para usarlo como BLANCO.

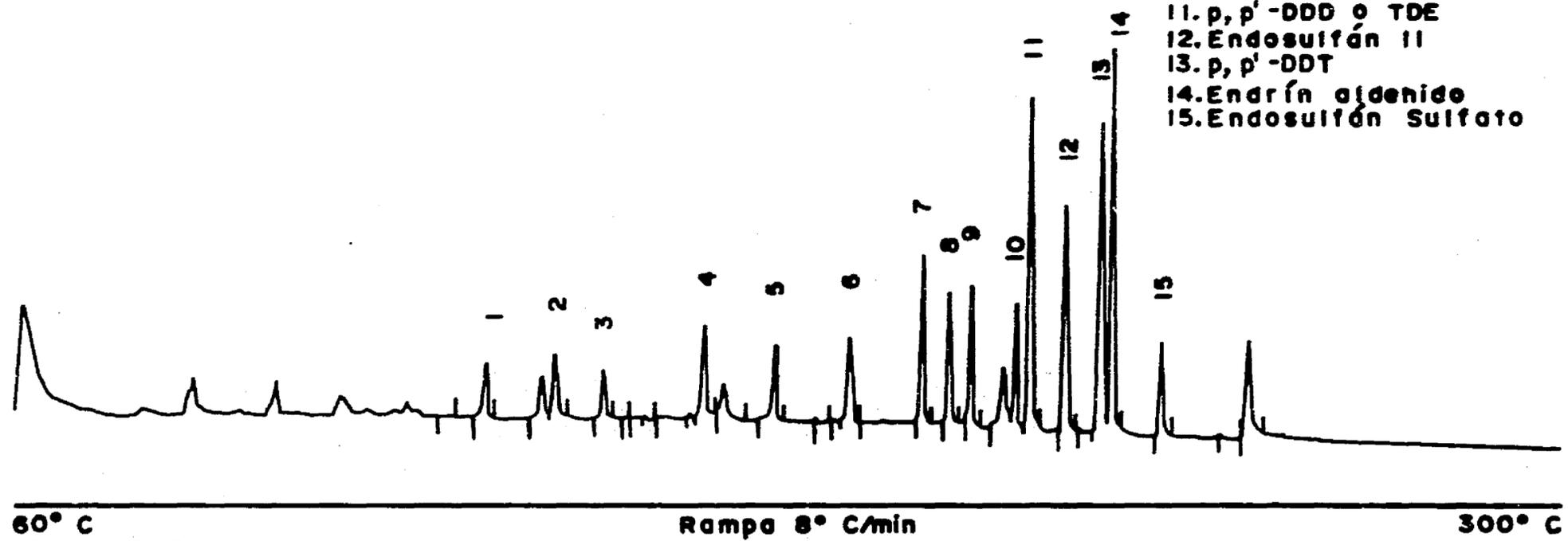
Para ambos procedimientos 1 y 2: concentre el extracto en un rotoevaporador hasta aproximadamente 10 ml (la temperatura del baño no debe exceder los 30 °C). Transpáselos a un concentrador Kuderna-Danish y concentre a 1 ml.

Separación del extracto

Una columna de florisil es preparada con 13 g parcialmente desactivada al 1.25%, se prepara una emulsión con hexano y se empaca, entonces se eluye con 60 ml de hexano (FRACCION I), después se eluye con 50 ml de una mezcla hexano/dietil éter (9:1) seguida de 20 ml de hexano/dietil éter (8:2) (FRACCION II). Las dos fracciones son concentradas a volúmenes apropiados y se inyectan al cromatógrafo de gases.

MEZCLA PLAGUICIDAS
Cat. 48858 SUPELCO
Conc. 5-60 ng/ml (en Isocetano)
V.l. = 1 µl

1. Alfa BHC
2. Gama BHC
3. Beta BHC
4. Heptacloro
5. Aldrín
6. Heptacloro epóxido
7. Endosulfán I
8. p,p'-DDE
9. Dieldrín
10. Endrín
11. p,p'-DDD ó TDE
12. Endosulfán II
13. p,p'-DDT
14. Endrín aldehído
15. Endosulfán Sulfato



CROMATOGRAMA 7.- Estandar de Plagicidas Organoclorados

Con el objeto de comparar ambas técnicas (EPA 1979 Modificada por GARAY (1982) y el METODO DE REFERENCIA No. 17) se pesó la misma cantidad de sedimento (2.99 g) y se procedió a la extracción, los resultados se muestran en Tabla 2, Gráfica 2 (Cromatogramas 8 y 9).

3.2.3 EJERCICIO DE INTERCALIBRACION PARA LA METODOLOGIA DE HIDROCARBUROS ORGANOCOLORADOS EN TEJIDO DE ATUN

Descripción del material

ORGANISMOS (atún).

Un lote de 16 ejemplares de ATUN, pesando cada uno entre 17.4 - 19.9 kg., fueron colectados al norte del Mar Mediterráneo, después de haber sido fileteados, se liofilizaron usando una bomba de vacío a 10/Torr.

La homogeneidad de este material fué verificado para compuestos organoclorados por la determinación de algunos compuestos (Alfa BHC, Gama BHC (Lindano), DDE, DDD, DDT, Aroclor 1254) en varias muestras tomadas al azar. Las determinaciones reflejaron la homogeneidad del material.

Contenido de humedad.

El agua contenida en el atún se determinó a 85°C, secando a peso constante en el Laboratorio de Mónaco, encontrándose un 4.5%, sin embargo el contenido puede cambiar con la humedad del medio ambiente y la temperatura, se recomienda por lo tanto que el contenido de estos materiales sea determinado en una submuestra separada y ésta debe secarse por 44 horas a la temperatura de 85 °C, previo a efectuar el análisis.

Descripción de los métodos de extracción usados.

METODO MICROCUANTITATIVO PARA LA DETERMINACION DE PLAGUICIDAS ORGANO CLORADOS Y FOSFORADOS EN TEJIDOS DE PECES. Técnica de la EPA (1979) Modificado por Garay (1982).

DESCRIPCION DEL METODO.

Preparación de la Micro-columna de Florisil.

Se coloca un pequeño tapón de fibra de vidrio en el extremo de la columna. Se empaqueta la columna con 1.6 g de florisil activado a 600°C. Se lava la columna con 50 ml de hexano, seguido de 50 ml de metanol. Se deja secar a temperatura ambiente por una hora. Se guarda la columna en un horno a 130°C por una noche antes de usarse. Después de 12 horas, sacarla y dejarlas reposar a temperatura ambiente, en una hora quedan listas para ser usadas.

Preparación del extracto.

Pesar 0.5 g - 1 g de tejido en base húmeda, pesar la misma cantidad para la determinación de humedad. Macerar la muestra de tejido en una licuadora u otro mezclador con 2 ml de Acetonitrilo. Centrifugar y vaciar el sobrenadante a un Erlenmeyer de 50 ml. Se repite la extracción 2 veces más, colectando el sobrenadante al Erlenmeyer. Agregar 25 ml de solución acuosa de sulfato de sodio anhidro al 2% al Erlenmeyer. Agitar fuertemente y tapar con papel aluminio. Dejar en reposo 10 minutos.

Extraer la mezcla de acetonitrilo acuoso con una porción de 5 ml y dos porciones de 2 ml de n-hexano. Combinar los tres extractos en un Erlenmeyer y agregar sulfato de sodio anhidro. Agitar y dejar en reposo. Concentrar el extracto a 1 ml.

PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS COMPARACION TECNICAS EN SEDIMENTO

GRAFICA 2

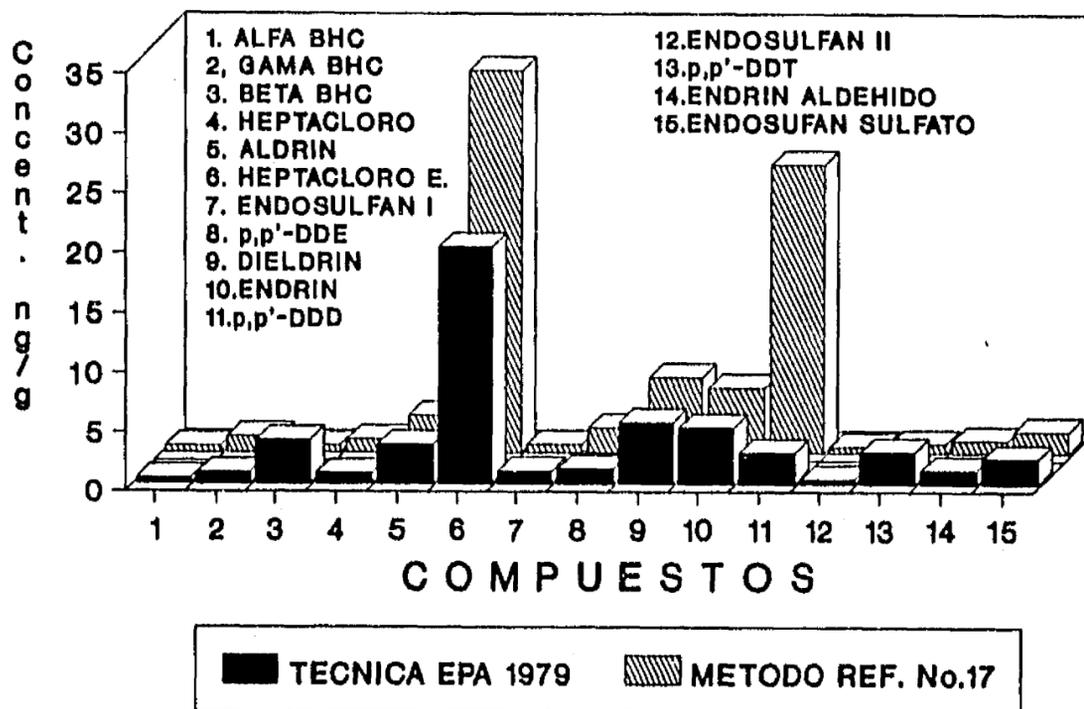


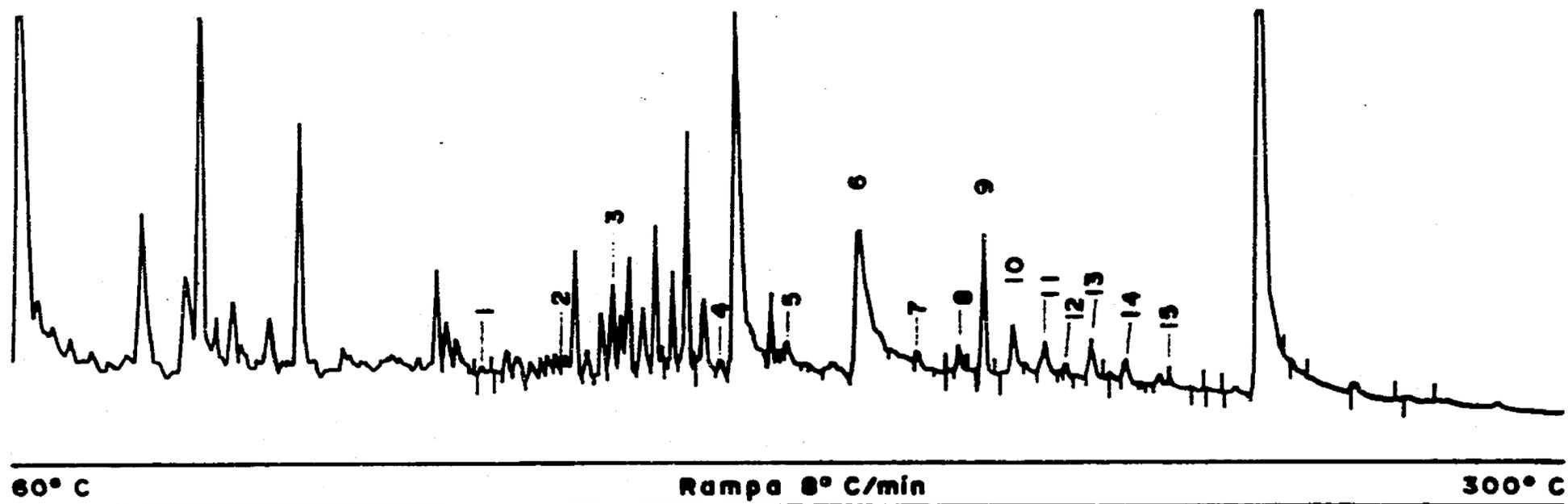
TABLA 2. COMPARACION DE TECNICAS PARA COMPUESTOS ORGANOCOLORADOS USANDO
2.99 g de SEDIMENTO CERTIFICADO.

Compuestos Determinados	C o n c e n t r a c i ó n (peso seco) ng/g			
	EPA (1979) MODIF. GARAY (1982)		METODO REF. No.17	
	F1	F2	F1	F2
1. ALFA BHC		0.39		0.61
2. GAMA BHC		0.91		1.42
3. BETA BHC		3.71		0.66
4. HEPTACLORO		0.85		1.15
5. ALDRIN		3.31		3.17
6. HEPTACLORO EPOXIDO		19.83		32.04
7. ENDOSULFAN I		1.02		0.72
8. p,p'-DDE		1.24		2.17
9. DIELDRIN		5.23		6.40
10. ENDRIN		4.76		5.50
11. p,p'-DDD		2.64		24.17
12. ENDOSULFAN II		0.37		0.56
13. p,p'-DDT		2.68		0.78
14. ENDRIN ALDEHIDO		1.09		1.12
15. ENDOSULFAN SULFATO		2.14		1.86
Aroclor 1254	130	-----	91	-----
Aroclor 1260	30	50.17	47	82.33

4^a Determinación
Método EPA (1979)
Peso Sed. 2.9912 g
V.I. = 0.4 µl
V.R. = 1 ml

1. Alfa BHC
2. Gama BHC
3. Beta BHC
4. Heptacloro
5. Aldrín
6. Heptacloro epóxido
7. Endosulfán I
8. p, p' -DDE
9. Dieldrín
10. Endrín
11. p, p' -DDD o TDE
12. Endosulfán II
13. p, p' -DDT
14. Endrín aldehído
15. Endosulfán Sulfato

42

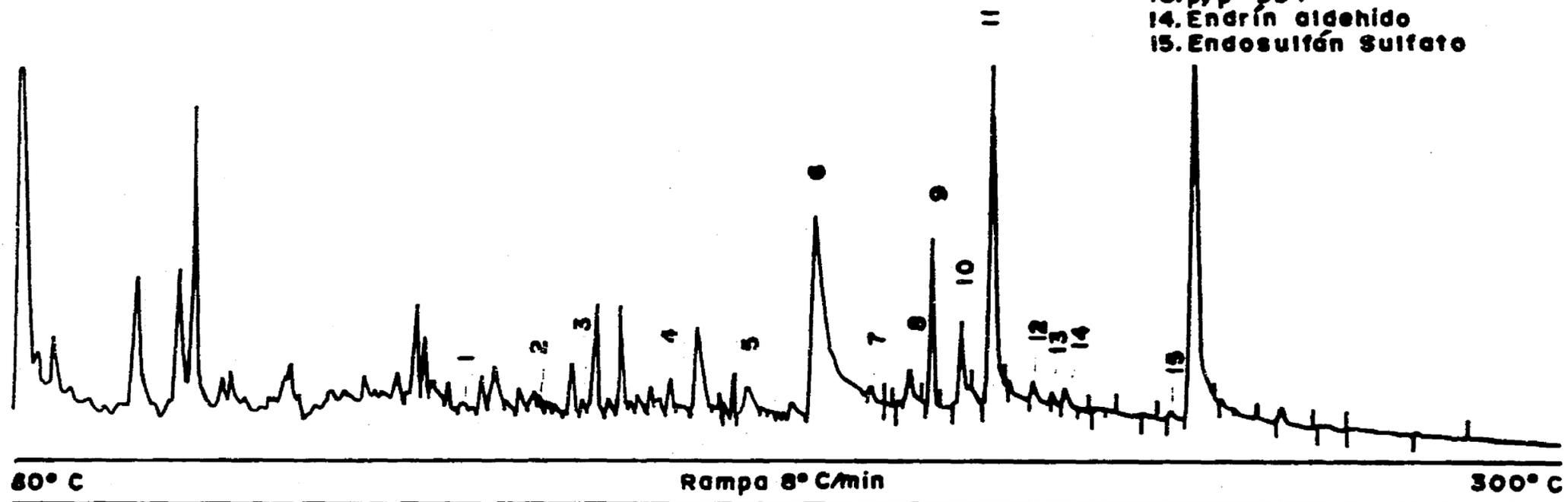


CROMATOGRAMA 8.- Comparación de Técnicas Sedimento

Método Ref. N° 17
Peso Sed. 2.9911g
V.l. = 0.4µl
V.R. = 1ml

1. Alfa BHC
2. Gama BHC
3. Beta BHC
4. Heptacloro
5. Aldrín
6. Heptacloro epóxido
7. Endosulfán I
8. p, p' -DDE
9. Dieldrín
10. Endrín
11. p, p' -DDD o TDE
12. Endosulfán II
13. p, p' -DDT
14. Endrín aldehido
15. Endosulfán Sulfato

43



CROMATOGRAMA 9.- Comparación Técnicas Sedimento. Método Referencia No. 17

Purificación del extracto.

Prehúmedezca la columna de florisil con 10 ml de hexano y deséchelo. Transfiera el extracto a la columna. Recoja el eluyente en un Erlenmeyer de 50 ml. Enjuague el envase del extracto dos veces con n-hexano. Proceda a la elución y colección usando un total de 12 ml de n-hexano, seguido por 12 ml de metanol al 1% en hexano. Estos 24 ml representan la FRACCION 1. (Contendrá Dieldrín, Heptacloro epóxido, Endrín, Beta BHC, Gama BHC, pp-DDD).

Colecte una 2a. FRACCION por elución de una segunda porción de 12 ml de metanol al 1% en hexano. Esta fracción contendrá: Dieldrín, Heptacloro epóxido, Endrín, Beta BHC, Gama BHC, p,p'-DDD de los organoclorados y Diazinón, Etión, Etil Paratión, Malatión y Metil Paratión de los fosforados.

Concentre las dos fracciones hasta aproximadamente 1 ml en tubos graduados y se guardan hasta el momento de ser inyectados llevándolos a un volumen conveniente dependiendo de la concentración de la muestra. Con esta técnica se realizaron cuatro determinaciones (Tablas 3, 3A, Gráfica 3 y Cromatogramas 10 - 13).

DETERMINACION DE DDT's Y PCB's EN ORGANISMOS MARINOS SELECCIONADOS POR CROMATOGRAFIA DE GASES. Métodos de Referencia para Estudios de Contaminación Marina No. 14, Rev. 1., propuesta por la IAEA, 1986. Modificado por (Díaz y Botello, 1989).

Pese entre 2-10 g de tejido del organismo a analizar, con su respectiva réplica para la determinación de humedad. Colóquelo en un filtro de celulosa previamente lavado con hexano en un aparato Soxhlet. Agregue 200 ml de hexano ó éter de petróleo al matraz y extraiga por 8 horas, con un promedio de 4 a 5 ciclos por hora.

DETERMINACION DE LA RAZON PESO HUMEDO/PESO SECO.

Se determina por pesadas repetidas. Una submuestra de 1-2 g es introducida dentro de un matraz a 105°C por 24 horas. El matraz es transferido al desecador para que se enfríe y se pesa de nuevo. El procedimiento es repetido hasta peso constante. La razón PESO HUMEDO/PESO SECO es calculado.

Concentracion del Extracto.

El extracto se concentra en un evaporador rotatorio hasta aproximadamente 10 ml, la temperatura del baño no debe exceder los 30°C. El extracto se trata con 3 ml de ácido sulfúrico concentrado con el fin de hidrolizar todos los lípidos, el extracto debe de quedar incoloro, en caso de no ser así agregue un poco más de ácido sulfúrico. Centrifugue por 10 minutos a 2500 r.p.m., transfiera el sobrenadante a un tubo limpio y agregue una pequeña cantidad de sulfato de sodio anhidro y rotoevapore hasta aproximadamente 1 ml.

SEPARACION DE PCB's Y DDT's.

El extracto tratado con ácido sulfúrico concentrado y reducido a 1 ml se pasa a través de una columna de vidrio de 0.9 - 1.1 cm de diámetro interno y 30 cm de longitud conteniendo en emulsión con hexano 2 g de sílica desactivada con agua desionizada al 3% y 2 g de sulfato de sodio anhidro.

Se procede a la elución con 7 ml de hexano y ésta será la PRIMERA FRACCION. (Contendrá PCB's, DDE y algunos otros pesticidas tales como hexaclorobenceno).

Eluir con 10 ml de dietil éter en hexano al 25% (v/v) ésta será la SEGUNDA FRACCION. (Contendrá DDT's, DDD's, la mayoría de los toxafenos y componentes del Clordano y algunos otros pesticidas como hexaclorociclohexanos). Concentre de 1 a 5 ml e inyecte al cromatógrafo.

Nota: No hay un método perfecto disponible para separar los PCB's, sin embargo, el método que se ha descrito, da PCB's en la primera fracción y aproximadamente el 90% de recuperación del Toxafeno y Clordano en la segunda fracción.

**PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS
VALORES PROMEDIO DE ATUN**

GRAFICA 3

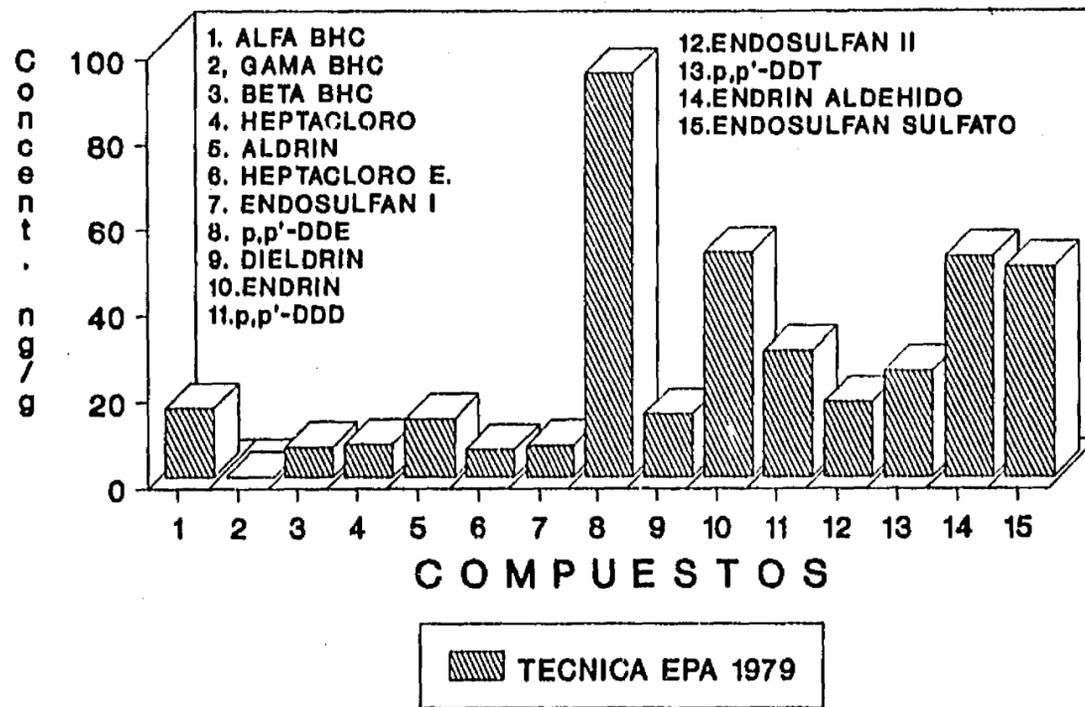


TABLA 3. EJERCICIO DE INTERCALIBRACION DE COMPUESTOS ORGANOCOLORADOS

Determinación de las muestras de organismos usando la Técnica EPA (1979) modificada por Garay 1982.

Compuesto determinado	Concentración (peso seco) ng/g				Media	% Desv. Std V/X*100	Mínimo detect.
	Peso promedio de tejido usado: 1 g						
	1a. Deter.	2a. Deter.	3a. Deter.	4a. Deter.			
1 ALFA BHC	N.D	10.6	17.7	19.0	15.8	28.7	0.3
2 GAMA BHC	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.4
3 BETA BHC	4.9	7.3	6.2	9.0	6.8	25.4	0.1
4 HEPTACLORO	5.8	7.9	3.2	12.8	7.4	54.8	0.3
5 ALDRIN	6.1	15.4	18.8	13.1	13.3	40.2	0.1
6 HEPTACLORO EPOXIDO	2.3	5.0	7.6	10.1	6.2	53.8	0.1
7 ENDOSULFAN I	3.7	7.9	9.3	7.9	7.2	33.6	0.8
8 p,p'-DDE	80.7	151.2	87.4	57.1	94.1	42.7	0.1
9 DIELDRIN	10.4	23.0	17.0	7.4	14.4	48.2	0.3
10 ENDRIN	51.9	68.8	48.8	38.6	52.0	24.1	0.2
11 p,p'-DDD	14.1	69.3	12.1	20.4	29.0	93.5	0.9
12 ENDOSULFAN II	6.3	8.2	26.0	28.5	17.2	67.3	0.2
13 p,p'-DDT	24.9	35.0	22.5	15.7	24.5	32.6	0.5
14 ENDRIN ALDEHIDO	55.0	78.3	39.0	32.5	51.2	39.8	0.6
15 ENDOSULFAN SULFATO	45.7	71.4	34.6	43.2	48.7	32.5	1.4
Aroclor 1254	1796.8	2559.7	1988.2	2619.7	2241.1	18.3	-
Aroclor 1260	246.6	505.5	514.4	576.9	460.8	31.7	-

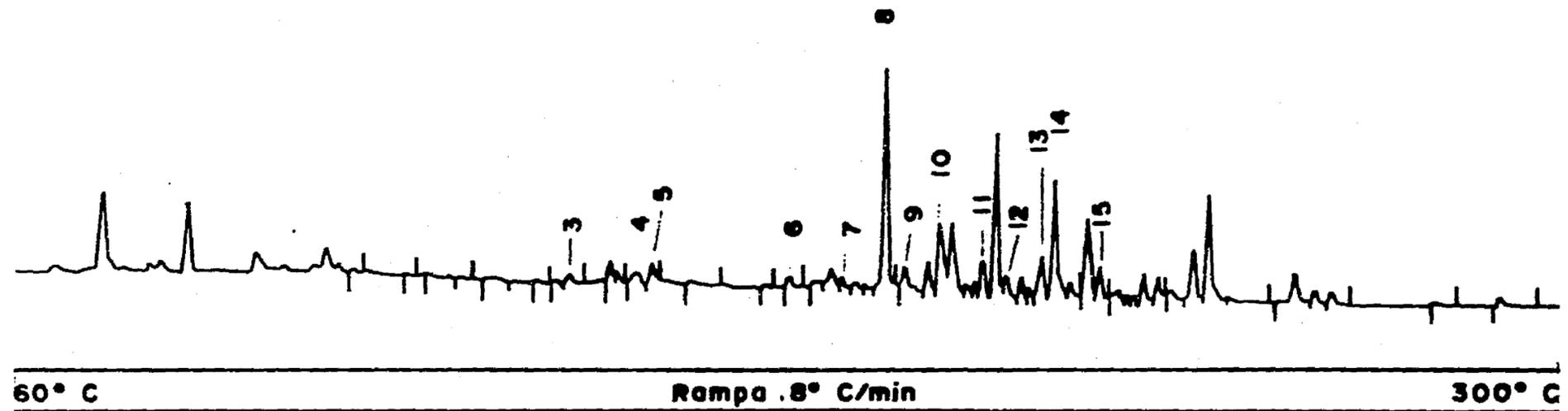
TABLA 3A. EJERCICIO DE INTERCALIBRACION DE COMPUESTOS ORGANOCORADOS EN TEJIDO DE ATUN, CLAVE IAEA 351 (Concentración reportada ng/g peso seco).

Código	LINDANO	ALDRIN	p,p'-DDE	DIELDRIN	ENDRIN	p,p'-DDD	p,p'-DDT	1254	1260
1.	--	--	115.00	--	--	29.00	40.00	--	599.00
2.	111.00	142.00	n.d	--	197.00	--	87.00	1277.00	--
3.	0.50	--	165.20	--	--	50.40	43.10	1553.00	--
4.	0.90	--	204.00	2.60	--	31.00	44.00	--	--
5.	0.50	n.d	125.00	2.30	n.d	30.70	21.00	1421.00	960.00
6.	--	--	199.10	--	--	35.20	108.00	1029.00	--
7.	n.d	--	45.90	--	--	8.70	25.00	274.00	127.00
8.	n.d	--	n.d	24.67	n.d	10.51	n.d	11.20	194.80
9.	2.81	3.23	188.68	6.08	--	--	28.36	260.00	--
10.	2.80	--	225.00	--	--	35.00	47.00	--	990.00
11.	1.13	1.27	30.92	--	8.43	8.82	23.66	--	189.00
*12.	n.d	13.30	94.10	14.40	52.00	29.00	24.50	2241.10	460.80
13.	1.70	--	168.00	1.40	0.06	34.60	43.40	330.00	524.00
14.	3.00	n.d	198.00	2.00	n.d	22.00	8.00	1392.00	--
15.	0.56	1.91	121.93	9.60	11.14	12.52	44.35	377.90	395.50
16.	--	--	134.00	--	--	64.00	90.00	--	--
17.	--	--	133.00	--	--	16.00	104.00	--	1010.00
18.	3.43	--	24.20	--	--	4.30	95.70	652.70	--
19.	n.d	n.d	n.d	4.30	4.50	25.85	95.60	94.70	240.00
20.	--	--	93.00	--	--	--	--	--	707.00
21.	--	113.30	70.00	--	--	--	--	--	--
22.	--	--	249.60	--	--	228.10	66.40	966.30	--
23.	n.d	n.d	101.50	n.d	--	n.d	240.00	--	--
24.	2.90	n.d	235.60	n.d	n.d	44.20	48.80	1074.10	986.20
25.	0.45	--	150.00	--	--	22.00	28.00	93.00	410.00
Media	10.13	46.00	140.00	7.50	46.00	37.09	61.17	815.44	557.00
Desv.									
Est.	30.00	64.00	63.00	7.70	77.00	47.00	50.00	651.53	325.00

--- No registrado; n.d. = No detectado (Datos aceptables, laboratorios
 *Laboratorio de Contaminación Marina, ICMYL UNAM 1, 4, 5, 10, 12, 13, 15, 25)

1^a Determinación
Organismos
Método EPA (1979)
V.I. = 1 µl
V.R. = 5 ml

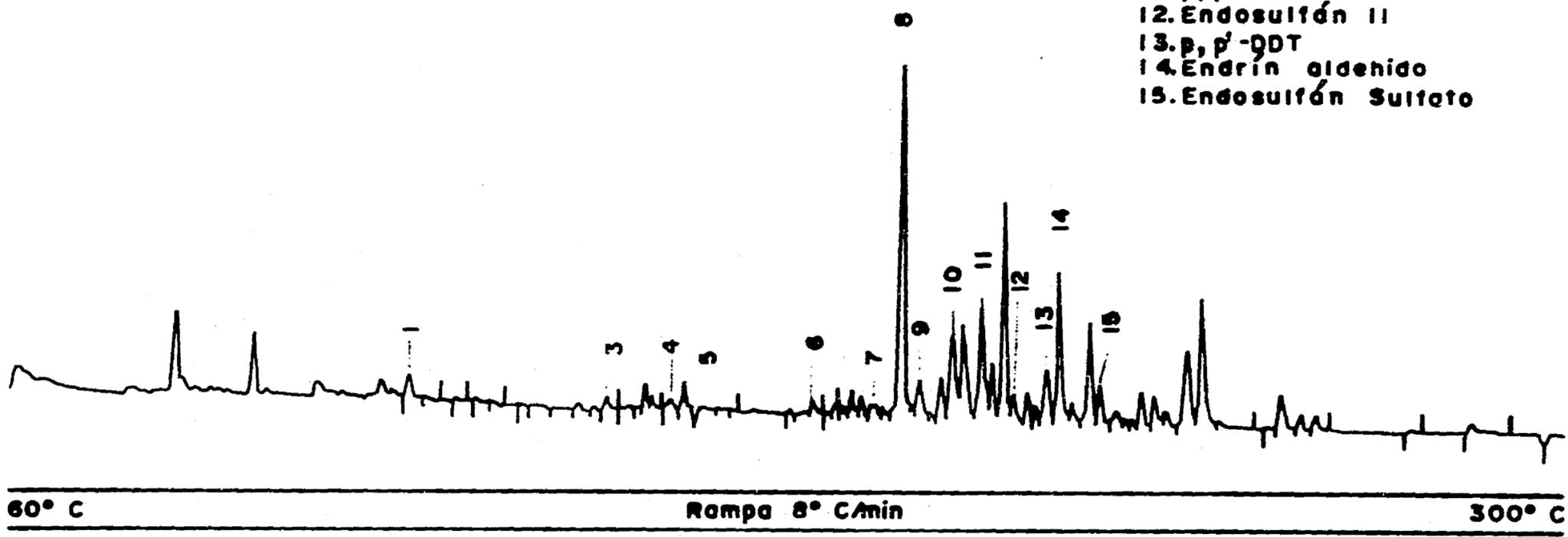
3. Beta BHC
4. Heptacloro
5. Aldrín
6. Heptacloro epóxido
7. Endosulfón I
8. p,p'-DDE
9. Dieldrín
10. Endrín
11. p,p'-DDD o TDE
12. Endosulfón II
13. p,p'-DDT
14. Endrín aldehido
15. Endosulfón Sulfato



CROMATOGRAMA 10.- Organismos Método EPA (1979)

2ª Determinación
Organismos
Método EPA (1979)
V.I. = 1 µl
V.R. = 5 ml

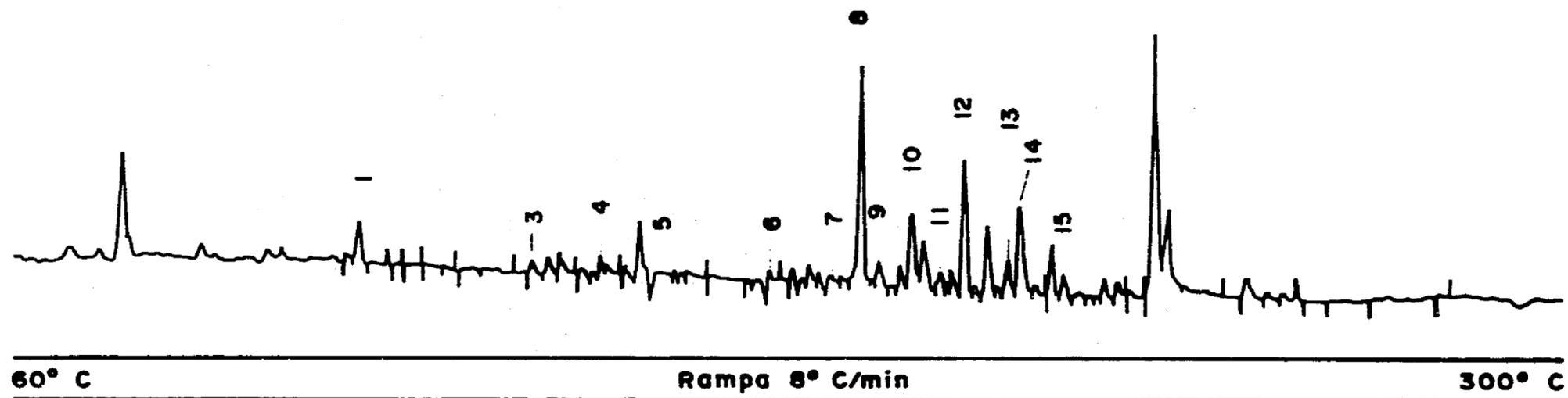
- 1. Alfa BHC
- 3. Beta BHC
- 4. Heptacloro
- 5. Aldrín
- 6. Heptacloro epóxido
- 7. Endosulfón I
- 8. p,p'-DDE
- 9. Dieldrín
- 10. Endrín
- 11. p,p'-DDD ó TDE
- 12. Endosulfón II
- 13. p,p'-DDT
- 14. Endrín aldehído
- 15. Endosulfón Sulfato



CROMATOGRAMA 11.- Organismos Método EPA (1979)

3ª Determinación
Organismos
Método EPA (1979)
V.I. = 1.2 µl
V.R. = 5 ml

1. Alfa BHC
3. Beta BHC
4. Heptacloro
5. Aldrín
6. Heptacloro epóxido
7. Endosulfán I
8. p,p'-DDE
9. Dieldrín
10. Endrín
11. p,p'-DDD ó TDE
12. Endosulfán II
13. p,p'-DDT
14. Endrín aldehído
15. Endosulfán Sulfato

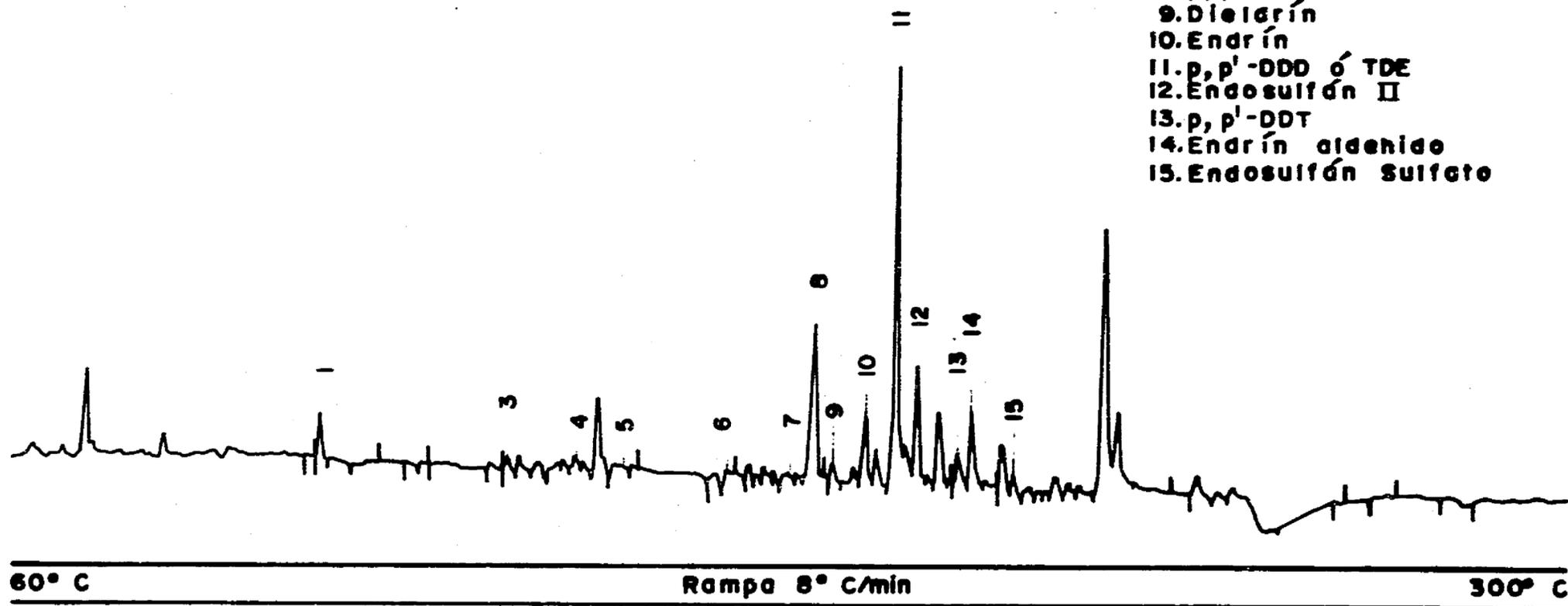


CROMATOGRAMA 12.- Organismo Método EPA (1979)

4^a Determinación
Organismos
Método EPA (1979)
V.I. = 1.1 µl
V.R. = 5 ml

1. Alfa BHC
3. Beta BHC
4. Heptacloro
5. Aldrín
6. Heptacloro epóxido
7. Endosulfón I
8. p, p'-DDE
9. Dieldrín
10. Endrín
11. p, p'-DDD ó TDE
12. Endosulfón II
13. p, p'-DDT
14. Endrín aldehído
15. Endosulfón Sulfato

50



CROMATOGRAMA 13.- Organismo Método EPA (1979)

COMPARACION DE AMBAS TECNICAS DE EXTRACCION PARA ORGANISMOS.

Con el objeto de comparar la técnica de la EPA (1979) modificada por Garay (982) y el Método de referencia No. 14 propuesto por la IAEA (1986) y modificado por (Díaz y Botello 1989), se pesó la misma cantidad (1 g) y se procedió a la extracción, usando como adsorbente SILICA, los resultados de este experimento se muestran en (Tabla 4, Gráfica 4, Cromatogramas 14 y 15).

3.2.4 EJERCICIO DE INTERCALIBRACION DE BIFENILOS POLICLORINADOS (PCB's) EN EL MEDIO MARINO, CON ESTANDARES CERTIFICADOS

Los PCB's son mezclas complejas de compuestos que no pueden ser resueltos por medio de columnas empacadas, tampoco hay un estandar simple disponible para su cuantificación, cada pico en el cromatograma de una muestra puede corresponder a una mezcla de uno o más compuestos individuales. Estas dificultades han conducido a la recomendación de varios procedimientos de cuantificación. El método mas usual para cuantificar PCB's es por comparación de los perfiles cromatográficos de los extractos purificados con los estándares de Aroclor, otro método es la cuantificación por medio de Bifenilos Policlorinados individuales del 1 al 10 usando columnas capilares con diferente polaridad y varias rampas de temperatura. Los PCB's han sido lanzados al mercado bajo diferentes nombres (Aroclor, Fenoclor, Clofen, Kenneclor, Enchlor, Decaclorobifenil, etc). En su mayoría es imposible aparejar una formulación sencilla (salvo fuera de las series con diferentes grados de clorinación, tales como Aroclor 1016, 1242, 1248, 1260) con el cromatograma de la muestra. Una formulación técnica (o mezcla de formulaciones) deben ser seleccionadas tan íntimas al extracto como sea posible y en el caso de extractos de muestras de organismos, Aroclor 1254 y 1260 son con frecuencia los más afines. Relativo a éstas dos mezclas se analizaron las muestras de organismos y sedimento del Ejercicio de Intercalibración.

GUIA PARA EL EJERCICIO DE INTERCALIBRACION DE BIFENILOS

POLICLORINADOS EN EL MEDIO MARINO - PRIMER PASO.

Descripción del material.

Se recibieron cuatro ampulas enviadas de la República Federal de Alemania conteniendo lo siguiente:

Ampula A: Contiene 10 CLOROBIFENILOS (CB's) disueltos en aproximadamente 5 ml de isooctano en concentraciones de 750 ng/ml para cada uno de los CB congéneres presentes.

Ampula B: Incluye los mismos 10 CB's disueltos en aproximadamente 5 ml de isooctano en una concentración desconocida. Algunos CB's con diferente identidad pueden ser agregados.

Ampula C: Posee el estandar interno, Octacloronaftaleno, disuelto en 5 ml de isooctano. Concentración: 4.3 ug/ml.

Ampula D: Contiene 5 ml de isooctano y se usara como blanco.

METODOLOGIA.

Para este análisis la metodología recomienda 2 columnas capilares de 50 m de diferente polaridad, pero al no disponer el Laboratorio de Contaminación Marina de este material, usamos una capilar de sílice fundido de 25 m de longitud, 0.20 mm de diámetro interno y 0.5 um de grosor de capa, fase fenil metil silicón al 5% (Columna 1) y la segunda de 30 m de longitud, 0.32 mm de diámetro interno y 0.25 um de grosor de capa, fase fenil metil silicon al 5% (Columna 2). Las muestras fueron analizadas por medio de un cromatógrafo de gases Hewlett Packard 5890A, equipado con Detector de Captura de Electrones, Fuente de Poder Ni 63, acoplado a un Integrador de Areas H.P Modelo 3390A.

**PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS
COMPARACION TECNICAS EN ATUN
GRAFICA 4**

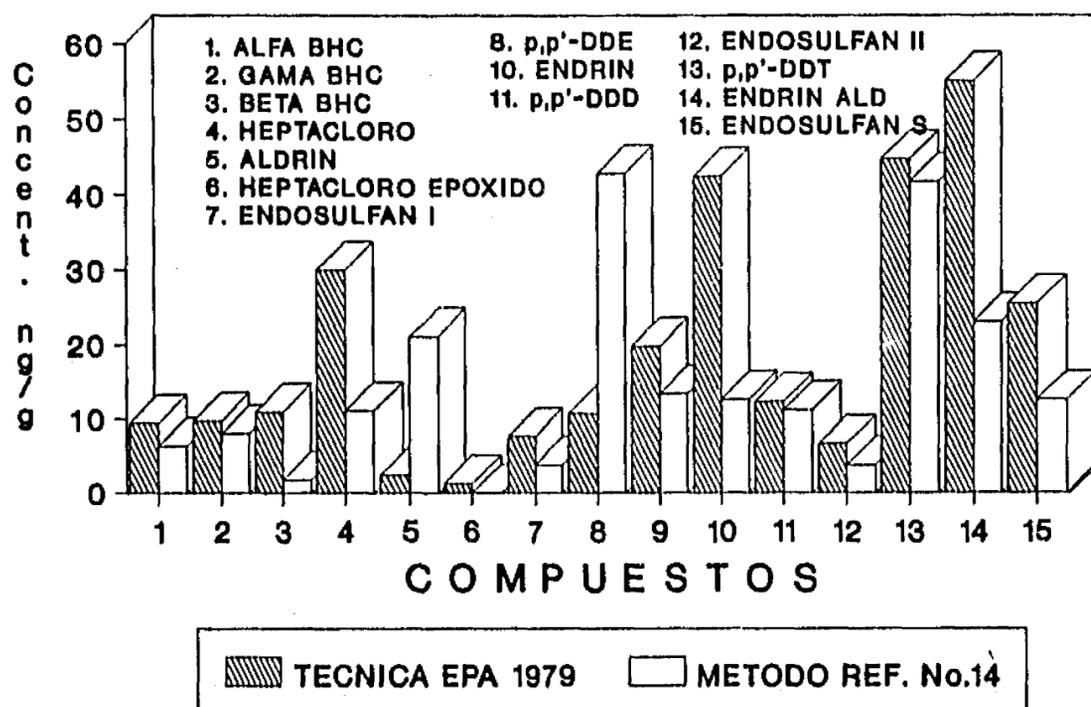
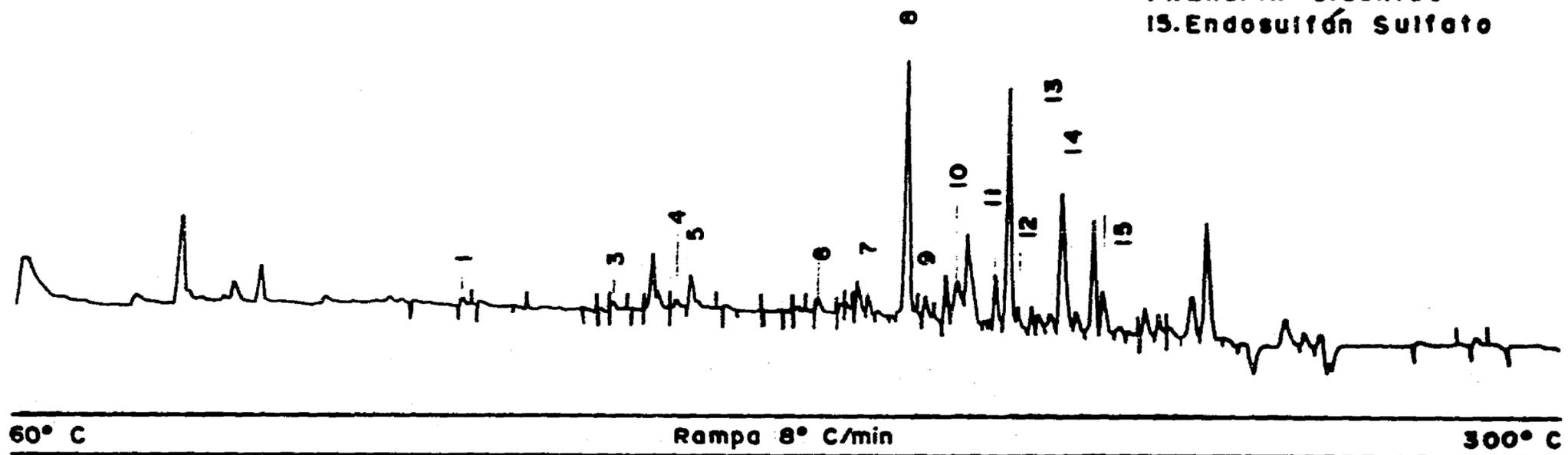


TABLA 4. COMPARACION DE TECNICAS PARA COMPUESTOS ORGANOCOLORADOS
USANDO 1 g DE TEJIDO DE ATUN CERTIFICADO.

Compuestos determinados	C o n c e n t r a c i ó n (peso seco) ng/g			
	EPA (1979) MODIF. GARRY (1982)		METODO REF. No. 14	
	F1	F2	F1	F2
1. ALFA BHC		9.4		6.3
2. GAMA BHC		9.7		8.0
3. BETA BHC		10.9		1.7
4. HEPTACLORO		30.0		11.1
5. ALDRIN		2.4		21.1
6. HEPTACLORO EPOXIDO		1.2		N.D
7. ENDOSULFAN I		7.6		3.7
8. pp'-DDE		10.7		42.8
9. DIELDRIN		19.8		13.4
10. EENDRIN		42.4		12.6
11. p.p'-DDD		12.3		11.2
12. ENDOSULFAN II		6.6		3.7
13. p.p'-DDT		44.7		41.7
14. ENDRIN ALDEHIDO		55.1		23.1
15. ENDOSULFAN SULFATO		25.5		12.6
Aroclor 1254	1528.6	-----	1583.8	-----
Aroclor 1260	1144.8	288.3	1513.0	213.0

5ª Determinación
Organismos
Método Ref. N°14 IAEA
Fracción 1
V.I. = 1 µl

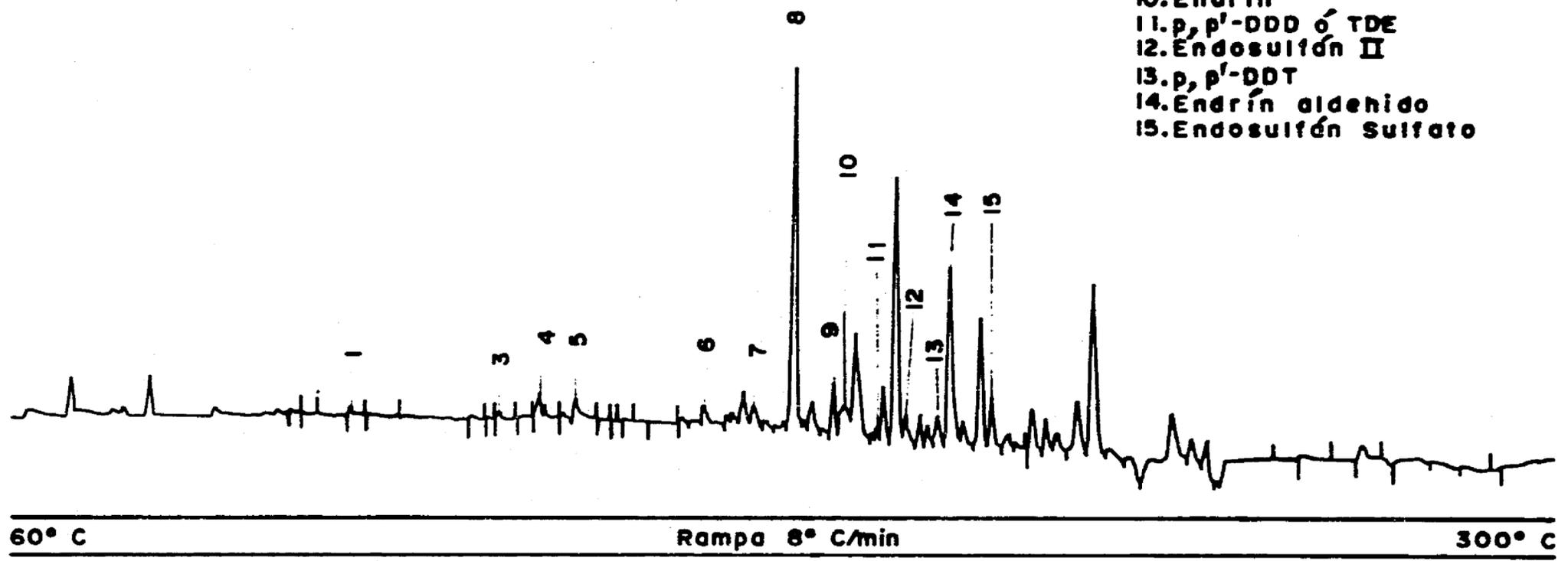
1. Alfa BHC
3. Beta BHC
4. Heptacloro
5. Aldrín
6. Heptacloro epóxido
7. Endosulfán I
8. p, p'-DDE
9. Dieldrín
10. Endrín
11. p, p'-DDD ó TDE
12. Endosulfán II
13. p, p'-DDT
14. Endrín aldehído
15. Endosulfán Sulfato



CROMATOGRAMA 14.- Comparación Técnicas Organismos. Método referencia No. 14

6^a Determinación Organismos
Método Ref. Nº 14 IAEA
Fracción I
V.I. = 1µl

- 1. Alfa BHC
- 3. Beta BHC
- 4. Heptacloro
- 5. Aldrín
- 6. Heptacloro epóxido
- 7. Endosulfón I
- 8. p, p'-DDE
- 9. Dieldrín
- 10. Endrín
- 11. p, p'-DDD ó TDE
- 12. Endosulfón II
- 13. p, p'-DDT
- 14. Endrín aldehido
- 15. Endosulfón Sulfato



CROMATOGRAMA 15.- Comparación Técnicas Organismos. Método referencia No. 14

Las condiciones de operación fueron las siguientes:

Gas acarreador:	Nitrógeno 1 ml/min
Gas auxiliar:	Nitrógeno 30 ml/min
Temperatura del Inyector:	260°C
Temperatura del Detector:	300°C
Programa de temperatura:	Temperatura inicial 60°C, Tiempo inicial 2 min, 1a.Rampa 15°C/min, Temperatura 190°C, 2a.Rampa 2°C/min, Temperatura final 300°C.
Tiempo de purga:	0.5 min
Modo de inyección:	Spletless
Solvente:	n-hexano (Aldrich)

Los bifenilos policlorinados (PCB's) a identificar fueron los siguientes:

NUMERO DE COGENERE (IUPAC)	NUMERO DE CLOROS	ESTRUCTURA	Tiempo de Retención relativo al OCTACLORONAFTALENO.
CB28	3	2,4,4' Triclorobifenilo	0.4031 min
CB31	3	2,4',5 Triclorobifenilo	0.4024
CB52	4	2,2',5,5' Tetraclorobifenilo	0.4557
CB101	5	2,2',4,5,5' Pentaclorobifenilo	0.5816
CB105	5	2,3,3',4,4' Pentaclorobifenilo	0.7049
CB118	5	2,3',4,4',5 Pentaclorobifenilo	0.6693
CB138	6	2,2',3,4,4',5' Hexaclorobifenilo	0.7403
CB153	6	2,2',4,4',5,5' Hexaclorobifenilo	0.7036
CB180	7	2,2',3,4,4',5,5' heptaclorobifenilo	0.8362
CB189	7	2,3,3',4,4',5,5' heptaclorobifenilo	0.9142

La metodología del Ejercicio propone los gases y flujos siguientes:

- Usar hidrógeno como gas acarreador
- El flujo óptimo para el gas acarreador debe ser:
Hidrógeno: 30-45 ml/min
Helio: 25-30 ml/min
- Las diluciones pueden ser preparadas usando balanzas o jeringas, calibrando de ésta forma matraces que no hayan sido calentados. Los participantes deben de tener sus propios solventes. La ampula D sirve unicamente como blanco para checar sus jeringas, etc.
- El 2,2,4-Trimetilpentano (isooctano) debe usarse para todas las diluciones.

Cuando se ha optimizado el cromatógrafo de gases, se lleva a cabo la prueba de linealidad (Tablas 7-12 y Gráficas 7-12). Deben hacerse ocho diferentes diluciones de la Ampula A de acuerdo al siguiente orden.

Diluciones de A	Concentraciones de CB's (pg/ul) Estándar interno			OCTACLORO- NAFTALENO
	CB52	CB101	CB180	
A1 (1/100)	7.5	7.5	7.5	100 - 200
A2 (2/100)	15.0	15.0	15.0	100 - 200
A3 (3/100)	22.5	22.5	22.5	100 - 200
A4 (5/100)	37.5	37.5	37.5	100 - 200
A5 (1/10)	75.0	75.0	75.0	100 - 200
A6 (2/10)	150.0	150.0	150.0	100 - 200
A7 (3/10)	225.0	225.0	225.0	100 - 200
A8 (5/10)	375.0	375.0	375.0	100 - 200

Se inyecta la muestra desconocida B a la que se ha agregado el estándar interno (OCN). Seleccione dos soluciones estándar de la serie A1 - A8. Estas serán llamadas AI y AII, abarcando las concentraciones de cada CB en la muestra desconocida. Inyecte los estándares, la muestra y el blanco de acuerdo al siguiente esquema. Se inyecta primero el blanco.

Día 1: columna 1: D, AI, AII, B
 Día 2: columna 1: D, AI, AII, B
 Día 3: columna 1: D, AI, AII, B
 Día 4: columna 1: D, AI, AII, B
 Día 5: columna 2: D, AI, AII, B
 Día 6: columna 2: D, AI, AII, B

Se miden las áreas de los 10 CB's y el estándar interno, muestra y blanco (Cromatogramas 16 y 17). Se indican en el cromatograma y se calculan las concentraciones de los 10 CB's en la muestra desconocida y en el blanco.

3.2.5. AREAS COSTERAS Y PLATAFORMA CONTINENTAL

Los organismos y sedimentos marinos utilizados en esta investigación, fueron colectados durante enero de 1986, junio y octubre de 1988; enero, febrero, marzo y noviembre de 1989 en cinco lagunas costeras del Golfo de México consideradas como las más importantes, por sus aspectos ecológicos y socioeconómicos, así como la plataforma continental adyacente (Figuras 1 y 6).

Las muestras de sedimentos se obtuvieron empleando una draga Van Veen, y cada muestra fué almacenada en recipientes de vidrio tratados previamente con metanol bidestilado y cubiertos con papel de aluminio para evitar contaminación.

Los organismos se colectaron manualmente algunos y otros con las artes de pesca adecuadas, almacenados también en recipientes de vidrio libres de plaguicidas, siendo congelados a -20 °C antes de su análisis, siguiendo las recomendaciones de Sherma (1973). Posteriormente todas las muestras fueron secadas a 60 °C y se procedió a la extracción de plaguicidas.

Granulometría

La materia orgánica se destruyó con H₂O₂ al 25% para la determinación de porcentajes de grava, arena, limo y arcilla de cada muestra siguiendo el método convencional de tamices y pipetas de Folk (1974).

Materia orgánica

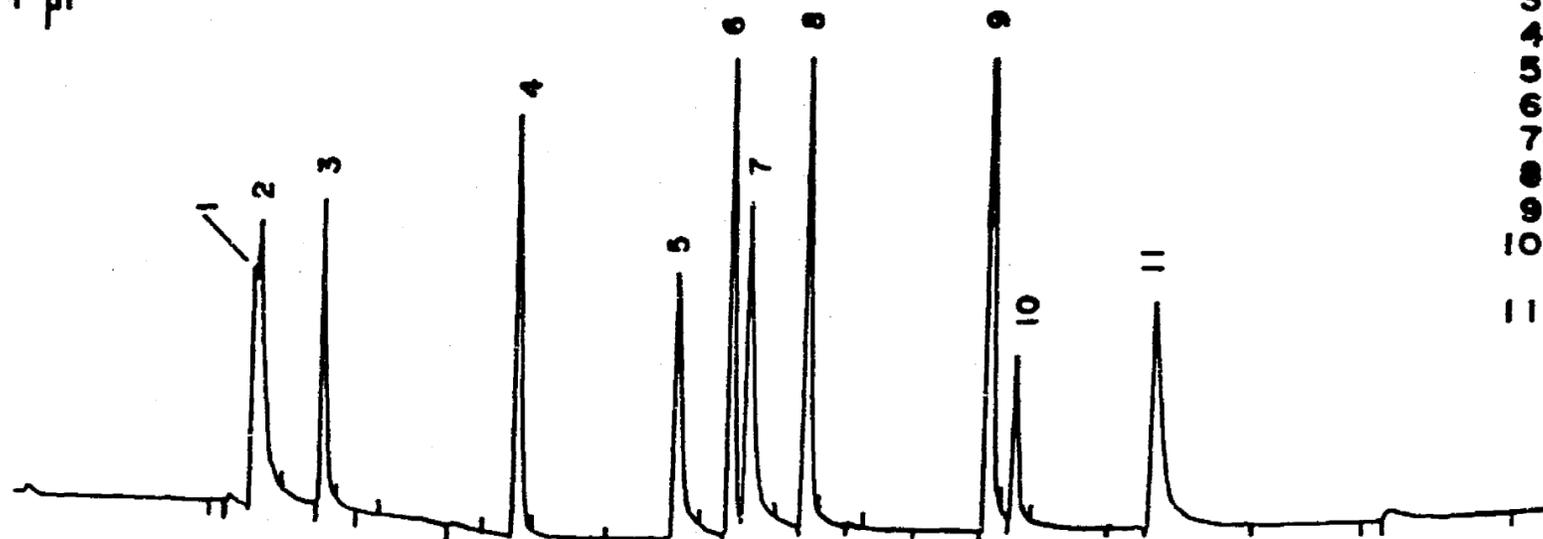
Se evaluó por titulación del exceso de dicromato de potasio usado en la oxidación de la materia orgánica con una solución 0.5N de sulfato ferroso y se expresó como el porcentaje de carbono orgánico (Gaudette *et al.*, 1974).

CROMATOGRAMA 16.

Column 1
AG+ISTD
V.I. = 1 µl

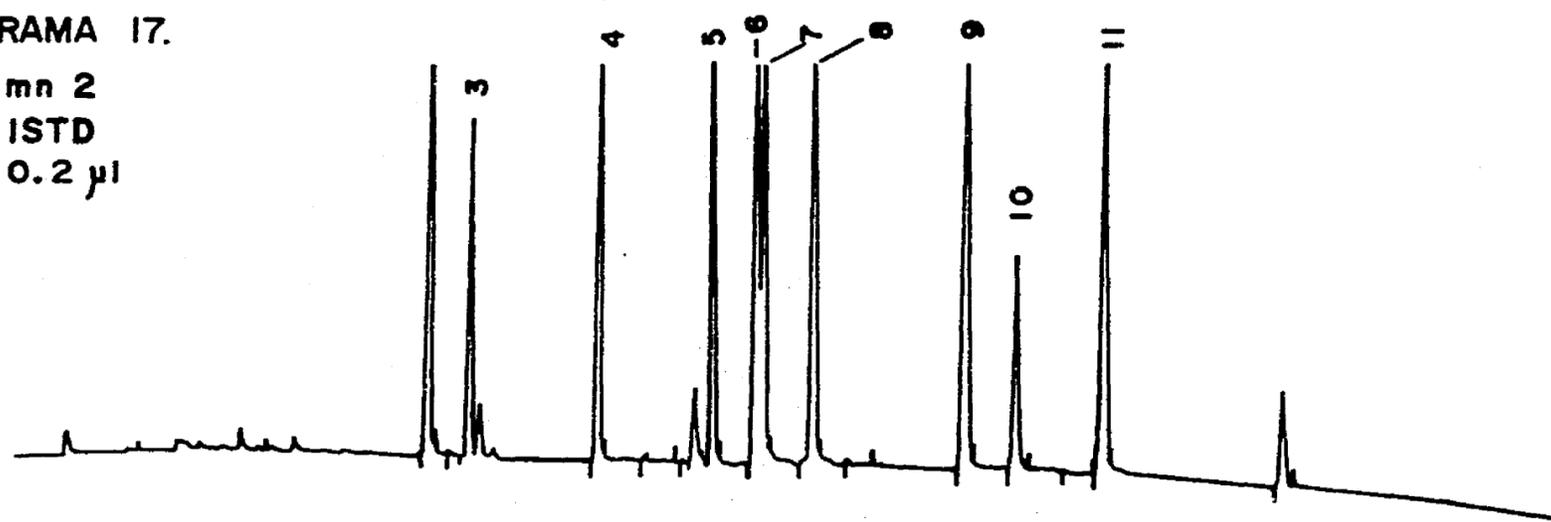
B IFENILOS POLICLORINADOS INDIVIDUALES

- 1-CB 28
- 2-CB 31
- 3-CB 52
- 4-CB 101
- 5-CB 105
- 6-CB 118
- 7-CB 130
- 8-CB 153
- 9-CB 180
- 10-OCN (Octacloro-
-naftaleno)
- 11-CB 189



CROMATOGRAMA 17.

Column 2
AB+ISTD
V.I. = 0.2 µl



60° C 1ª Rampa 15° C/min 2ª Rampa 2° C/min 300° C

CROMATOGRAMA 16 y 17.- BIFENILOS POLICLORINADOS INDIVIDUALES

Procedimiento Químico

Se desarrollaron métodos adecuados para la extracción y purificación de las fracciones de plaguicidas de los diversos materiales estudiados. Las técnicas empleadas fueron METODO DE REFERENCIA PARA ESTUDIOS DE CONTAMINACION EN SEDIMENTOS No. 17, IAEA, MONACO, 1982 Y METODO DE REFERENCIA PARA ESTUDIOS DE CONTAMINACION EN ORGANISMOS No. 14, IAEA, MONACO, 1986, MODIFICADO POR DIAZ Y BOTELLO (1989) que se describen en la sección 3.2.1.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

EJERCICIO DE INTERCALIBRACION EN SEDIMENTOS.

Los sedimentos que componen el ecosistema acuático pueden ser el último destino de los plaguicidas y otros contaminantes; las partículas suspendidas entran al agua moviéndose lentamente almacenándose en los distintos cuerpos de agua. Estos pueden ser considerados como una mezcla matriz de compuestos inorgánicos (como arcillas, arenas y otros minerales), partículas y compuestos orgánicos disueltos, biota asociada, particularmente bacterias, y cationes y aniones disueltos en la fase intersticial (Chau *et al.*, 1982).

Las características anotadas con anterioridad hacen de los sedimentos un valioso dispositivo de vigilancia frente a problemas de contaminación, de ahí el loable esfuerzo del Laboratorio Internacional de Energía Atómica (IAEA) y el Laboratorio de estudios del Ambiente Marino (MESL) con sede en Mónaco, de invitar a dependencias que se dediquen a esta actividad para intercalibrarse y de esta manera obtener un panorama del grado de avance de las mismas.

Uno de los lineamientos del Ejercicio de Intercalibración mencionado fue que los análisis de las muestras certificadas fueran realizadas con la técnica usual del laboratorio, debido a ello se le dió prioridad a las metodologías ya probadas en el laboratorio y por esta razón se usó la técnica propuesta por la EPA (1979) Modificada por Garay (1982) con la se realizaron cinco determinaciones (Tabla 1, Gráfica 1), de cuyos resultados se desprende que en cuanto a la concentración media de la familia de los DDT's, concentraciones bajas se detectaron en p,p'-DDE con 1.6 ng/g y p,p'-DDT 1.9 ng/g, no así para el isómero p,p'-DDD cuyo valor alcanzó un promedio de 606.5 ng/g. Al comparar éstos datos con los valores promedio obtenidos por los laboratorios participantes en el ejercicio de intercalibración se observa que el p,p'-DDE y DDT están acorde con los valores esperados, sin embargo el p,p'-DDD fue el más alto de todos los laboratorios (Tabla 1A), aunque esta concentración es frecuente en áreas contaminadas no debe descartarse alguna probable contaminación del adsorbente. Bajo condiciones aeróbicas oxidativas la formación de DDE es favorecida, mientras que en ambientes reductores se produce el DDD (Matsumara, 1973). De acuerdo a Glooschenko *et al.* (1976) en estudios realizados sobre sedimentos que estuvieron en condiciones anóxicas en las partes altas de los Grandes Lagos, éstos tienden a alcanzar grandes cantidades de DDD y DDE, asociando al DDD con descargas de desechos que pueden ser anaeróbicos.

En cuanto a la familia de los Hexaclorociclohexanos, el valor más notable correspondió al Beta BHC con concentración media de 8.17 ng/g y solo en la quinta determinación se encontró Gama BHC (Lindano) con 0.35 ng/g siendo uno de los isómeros más importantes debido a su toxicidad. No fue posible establecer comparación con el Alfa y Beta BHC, dado que el Ejercicio contempló exclusivamente al Lindano cuyo rango de aceptación fluctuó entre 0.05 - 4.10 ng/g, por lo que el valor obtenido estuvo dentro de lo admisible (Tabla 1A).

El comportamiento de los plaguicidas Clodiénicos indican que el Aldrín apareció en el 100% de las muestras y alcanzó la más alta concentración con un promedio de 16.6 ng/g, también el Endosulfán sulfato apareció en todas las muestras aportando un valor medio de 9.8 ng/g, el Dieldrín se presentó en un 80% con un valor de 9.2 ng/g y Endosulfán I aportó una concentración de 1.0 ng/g. Sin embargo el Heptacloro epóxido a pesar de presentar un valor de 10.1 ng/g se presentó solo en un 20% junto al Endrín con 3.0 ng/g, Endrín aldehído con 2.9 ng/g, Endosulfán I con 1.0 ng/g y finalmente el Endosulfán II con 0.63 ng/g. El Ejercicio de Intercalibración no tomó en cuenta la familia del Endosulfán ni el Endrín Aldehído, por lo tanto no fue posible relacionarlos (Tablas 1, 1A y Gráfica 1).

En cambio de acuerdo con el Ejercicio, el límite de tolerancia para el Aldrín fue de 7.0 ng/g, Dieldrín de 0.24, Heptacloro Epóxido 0.16 y Endrín 1.25 ng/g, por lo tanto, al cotejar esta información con nuestros datos, se observan valores altos para el Aldrín y Dieldrín, ligeramente también para Endrín, en cuanto al Heptacloro Epóxido cuatro

determinaciones estuvieron en el valor esperado, sin embargo la quinta determinación no permitió caer dentro del límite esperado (Tablas 1, 1A y Gráfica 1).

Los solventes usados para esta investigación fueron bidestilados en el laboratorio y pasaron la prueba de pureza al ser inyectados al cromatógrafo de gases equipado con Detector de Captura de Electrones, sin embargo al usarse varios solventes desde la extracción, elución e inyección al cromatógrafo, todas las posibles impurezas son factibles de sumarse pudiendo interferir con compuestos de interés.

Una de las interferencias más comunes es la presencia de peróxidos contenidos en el Dietil Eter, que altera seriamente la elución de pesticidas a través de la columna de Florisil y como el peróxido es polar puede ocasionar traslape en la fracción de pesticidas, sin embargo esto no se observó en ninguna de las muestras analizadas (véanse Cromatogramas del 2 al 6).

Otro caso es la presencia de sulfuros, se ha comprobado que en cierto tipo de muestras de sedimentos proveniente de áreas con alta actividad biológica, la presencia de azufre y compuestos relativos es frecuente, pudiendo causar interferencias en el análisis del Aldrín, si las cantidades de sulfuros son excesivas enmascaran la elución de picos como el Gama BHC, Heptacloro y Heptacloro epóxido por lo que es necesario limpiar los extractos con polvo de cobre activado para removerlos o tratar de minimizarlos (Thompson, 1976). En el caso que nos ocupa, se siguió la técnica propuesta y según nuestra apreciación, probablemente la contaminación pudo provenir desde la limpieza del Florisil con solventes, activación en la mufla y desactivación con agua purificada en los que posiblemente se incorporaron compuestos de la familia del DDT.

El veredicto de este Ejercicio de Intercalibración con muestras certificadas de sedimentos marinos provenientes del Mar Mediterráneo y con la participación de 19 laboratorios a nivel internacional se resumen en (Villeneuve *et al.*, 1989) donde informa que los valores del metabolito DDD, Aldrín, Dieldrín, Heptacloro Epóxido y Endrín sobrepasó los niveles detectados por ellos en el Laboratorio de Mónaco, en cambio la aportación de los PCB's estuvieron dentro de los límites admisibles, el resto de los plaguicidas coinciden en su identificación y concentración, por lo que entran dentro del marco de referencia considerados por el citado laboratorio y que las causas probables de las altas concentraciones encontradas es por contaminación del adsorbente y deficiente remoción de sulfuros.

Comparación de Técnicas en Sedimento.

La Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA) con sede en Mónaco junto con las muestras certificadas de sedimento, enviaron también el Método de Referencia No. 17 para estudios de contaminación en sedimentos marinos, por lo que estuvimos ante la oportunidad de comparar la técnica mencionada en igualdad de condiciones con la técnica EPA (1979) Modificada por Garay (1982) de uso común en el Laboratorio de Contaminación Marina, tomando en cuenta las experiencias anteriores, se usó otro lote de solventes y el adsorbente recientemente desactivado, los resultados de esta experiencia se pueden apreciar en la Tabla 2 y Gráfica 2, donde se redujeron sensiblemente las concentraciones del metabolito p,p'-DDD que en las cinco determinaciones del Ejercicio de Intercalibración fué de 606.5 ng/g promedio, en cambio se observa con un valor de 2.64 ng/g para la técnica usual y 24.17 ng/g para el Método de Referencia No. 17, sin embargo se obtuvieron valores altos en relación a los datos del Ejercicio de Intercalibración en ambas técnicas para el Heptacloro epóxido, Dieldrín y Endrín.

Por otro lado, en ambas técnicas se registraron compuestos que al ser comparados con el Ejercicio de intercalibración entraron dentro de los niveles aceptables, apareciendo entre ellos, Gama BHC (Lindano), Heptacloro, Aldrín, p,p'-DDE y p,p'-DDT.

Con excepción de las diferencias anotadas, se observa una similitud entre ambas técnicas anotándose en la Tabla 2 la suma total de plaguicidas de 50.17 ng/g para la primera técnica y 82.33 ng/g para la segunda.

En cuanto a la aportación de los Bifenilos Policlorinados en las cinco determinaciones del Ejercicio de Intercalibración citado, se observó que la concentración relativa al Aroclor 1254 fue de 70.14 ng/g promedio, el Aroclor 1260 proporcionó un valor medio de 25.9 ng/g, valores considerados como tolerables en el Ejercicio mencionado, los estándares de Aroclor se pueden apreciar en los Cromatogramas 18 y 19.

Tomando como referencia los valores anotados se pudo observar en los resultados de ambas técnicas un valor elevado para el Aroclor 1254 en EPA (1979) modificada por Garay (1982) y menor en el Método de Referencia No. 17, en cambio ambas técnicas arrojaron resultados similares en cuanto al Aroclor 1260 se refiere, y cotejados con el Ejercicio caen dentro de los resultados admisibles, tornándose más fuerte la evidencia en cuanto a semejanza de técnicas (Tabla 2, Gráfica 2).

Por otra parte como se apuntó en la parte de los objetivos una de nuestras metas fué la de encontrar una técnica que se ajustara a las posibilidades económicas, una de las primeras en conocer fué la de Albert (1981) y se aplicó en 11 muestras de sedimentos de la Laguna de Términos, Campeche, observándose que ésta técnica es una de las mejores en cuanto a extracción de PCB's se refiere, pero tiene la desventaja que el consumo de reactivos por muestra es elevado, ésta aseveración se pudo comprobar en 45 muestras de sedimento enviadas por la Estación Mazatlán, Mazatlán, Sin., para la determinación de plaguicidas organoclorados, desafortunadamente no se dispone de ésta información. De éste modo analizando el caso que nos ocupa, se comprobó que en relación a la Técnica EPA (1979) Modificada por Garay (1982) la proporción que guarda en cuanto a Hexano fue de 1:1, Acetona de 5:1, de Agua 1:1, Florisil 2:1 y Sulfato de Sodio Anhidro 2:1 aproximadamente (Tabla 5, Gráfica 5).

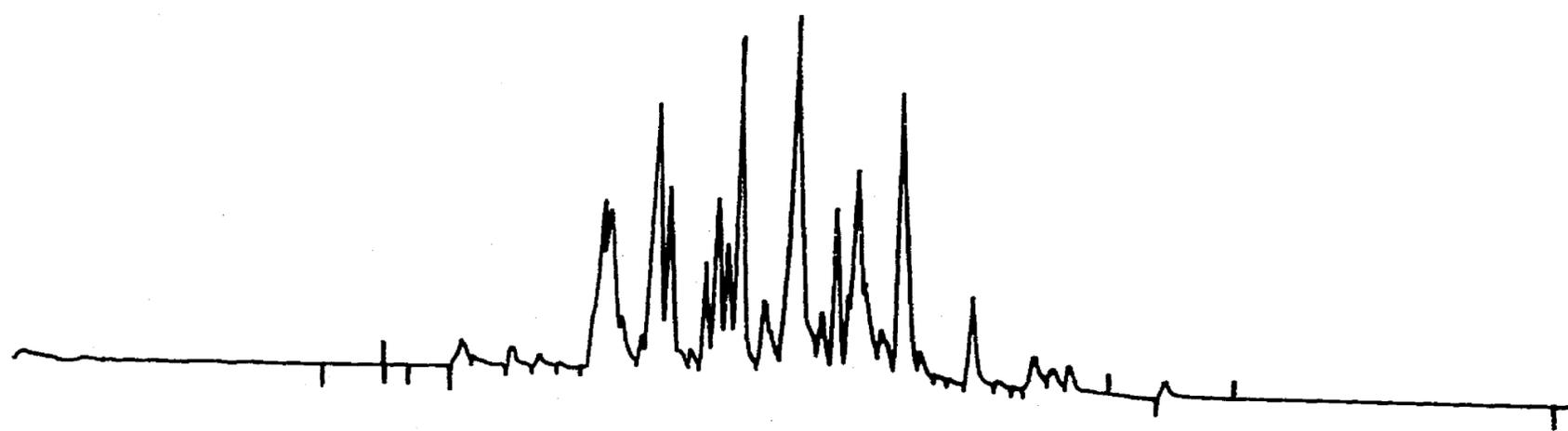
De lo anterior es importante notar que con la sola diferencia proporcional del solvente Acetona y el adsorbente Florisil ya se observa un ahorro considerable; sin embargo al comparar la Técnica EPA (1979) Modificada por Garay (1982) con el Método de Referencia No. 17, se observa la siguiente proporción: Hexano 1:1, Dietil Eter 4:1, Florisil 1:1 y Sulfato de Sodio Anhidro 1:1, este ahorro se incrementa, además como se observa en la Tabla 5 y Gráfica 5, el Método de Referencia No. 17 no utiliza agua en la limpieza de sus extractos y como ya se ha apuntado en la metodología el agua puede ser un vehículo de contaminación de los extractos si ésta no ha sido purificada en forma adecuada. A pesar de que los precios de los reactivos están en constante incremento, actualmente el galón de Hexano, Diclorometano, Acetona, y el Dietil Eter, todos Grado Reactivo Baker cuestan alrededor de \$ 70,000.00 (Setenta mil pesos M.N.) aproximadamente, éste costo se incrementa porque se bidestillan desechando un 20% de los solventes en el proceso, más los reactivos que se requieren en la destilación. Por otro lado el adsorbente Florisil alcanza un valor mayor al millón de pesos, debido a todo ésto, la disminución en reactivos se torna de vital importancia.

EJERCICIO DE INTERCALIBRACION EN ATUN

A partir de la incorporación de compuestos como el DDT al ecosistema y su hallazgo posterior en muestras bióticas y abióticas de lugares tan inesperados como el Antártico, diferentes ensayos se pusieron en movimiento para determinar si tales residuos pudieran estar presentes también en poblaciones de peces. Al mismo tiempo reportes sobre animales carnívoros especialmente los de niveles tróficos superiores, acerca de su capacidad para concentrar compuestos lipofílicos en sus tejidos a varios cientos o miles de veces las concentraciones presentes en el ambiente. El resultado de estas investigaciones después de ser registrados condujeron a concertar esfuerzos para monitorear los niveles residuales de peces en la naturaleza (Hunt *et al.*, 1960).

El desarrollo de las técnicas de cromatografía de gases particularmente las que emplean el detector de captura de electrones para el análisis de residuos de plaguicidas, comenzaron en los 60's y han proporcionado una gran apoyo, ya que en las dos últimas décadas han acumulado gran información sobre los diferentes tipos de compuestos que se acumulan en los tejidos de los peces. Sin embargo mucha de esta información concierne sólo a las especies de unos cuantos países del mundo, reflejando el alto grado de vigilancia de los problemas ambientales de los mismos, los patrones de acumulación de residuos de plaguicidas por los peces, están bien documentados y los procesos implicados bien entendidos, por lo tanto, si realmente se desea incorporar información a la que ya se tiene, es importante extremar los cuidados cuando se trabaja con las muestras, ya que se emplean herramientas analíticas ultrasensitivas y la mínima falla lleva a cometer errores en la identidad y cuantificación de los compuestos.

AROCLOR 1254
Conc. 0.6 µg/ml
0.6 µl



60° C

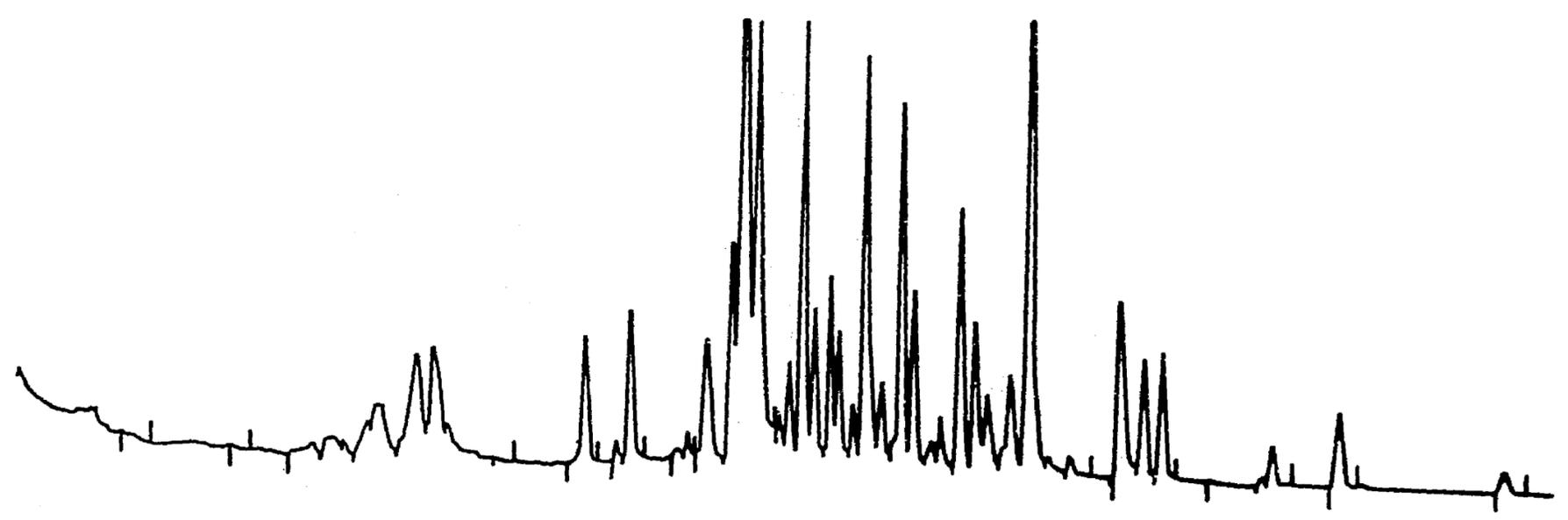
Rampa 8° C/min

300° C

CROMATOGRAMA 18.- AROCLOR 1254, Conc. 0.6 ug/ml 0.6 ug

62

AROCLOR 1260
Conc. 0.6 µg/ml
0.1 µl

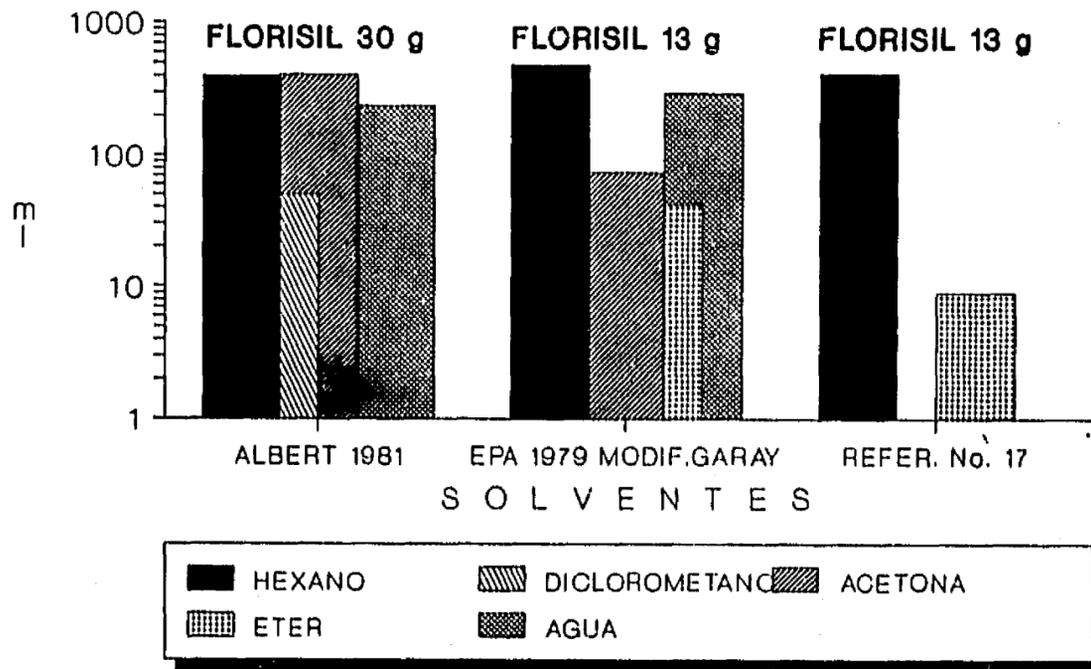


60° Rampa 8° C/min 300° C

CROMATOGRAMA 19.- AROCLOR 1260, Conc. 0.6 ug/ml 0.6 ug

63

HIDROCARBUROS ORGANOCOLORADOS COMPARACION TECNICAS EN SEDIMENTO GRAFICA 5



**TABLA 5. TECNICAS PARA LA DETERMINACION DE HIDROCARBUROS ORGANOCOLORADOS
COMPARACION EN VOLUMEN DE REACTIVO POR MUESTRA**

	S E D I M E N T O S								
	HEXANO	DICLORO	ACETONI	ACETONA	ETER	METANOL	AGUA	FLORISIL	SULFATO
	(ml)	METANO	NITRILO	(ml)	(ml)	(ml)	(ml)	(g)	SODIO
Albert, L. 1981	400	50	---	410	---	---	240	30	8
EPA (1979) Modificado Garay (1982)	483	---	---	75	42	---	300	13	4
Metodo Ref. No. 17	421	---	---	---	9	---	---	13	4

De la muestra de atún liofilizado recibida de la Agencia Internacional de Energía Atómica y proveniente del norte del Mar Mediterráneo, se realizaron cuatro réplicas en las mismas condiciones de extracción utilizando la Técnica propuesta por la EPA (1979) Modificada por Garay (1982) (Tabla 3, Gráfica 3). Los valores de los DDT's encontrados en este experimento arrojan una concentración media elevada para el p,p'-DDE con 94.1 ng/g, siguiendo en orden de importancia el metabolito p,p'-DDD con una concentración de 29.0 ng/g y finalmente el p,p'-DDT proporcionando un valor de 24.5 ng/g; es importante hacer notar que los compuestos citados se encontraron en el 100% de las muestras, de acuerdo con el Ejercicio de Intercalibración los valores mencionados están dentro de los aceptables (Tabla 3A).

El atún es el prototipo del perfecto nadador, es un pez extraordinariamente activo y muy voraz, se alimenta de peces, de cangrejos pelágicos, caballas y sardinias. Viven durante el invierno en las aguas atlánticas buscando temperaturas adecuadas ya que son peces estenotermos. Durante el período de su estancia en el océano, acumulan grasas. Los atunes migran del Atlántico al Mediterráneo ya que ahí encuentran lugares idóneos para el desove (Lozano Cabo, 1978). Las mayores contribuciones al monitoreo ambiental de residuos de pesticidas en peces en Europa, proviene de los países cercanos al Báltico. En Noruega el uso del DDT ha sido prohibido desde octubre de 1970, a pesar de esto en 1971 se realizó un muestreo de bacalao en un fiordo cercano a un campo de árboles frutales, encontrando un rango de concentraciones (mg/kg peso húmedo) de 90 a 135 en hígado con un máximo registrado de 576 (Bjerk, 1973). Dentro del grupo del DDT, las proporciones relativas de los diferentes componentes, se ha reportado que el o,p'-DDT es muy raramente registrado, en cambio el p,p'-DDE y p,p'-DDD es frecuente. En general en muestras ambientales el p,p'-DDE es el compuesto predominante en la suma de todos los metabolitos (Crawford, 1976), coincidiendo en parte con los resultados obtenidos en esta investigación.

En lo que respecta a la división de los hexaclorociclohexanos la concentración media más elevada correspondió al Alfa BHC con 15.8 ng/g, sin embargo su frecuencia de ocurrencia solo fué del 75 %, seguido del Beta BHC con un valor medio de 6.8 ng/g presentándose en el 100% de la muestras, por otro lado es importante enfatizar la ausencia del Gama BHC que es el más tóxico de ésta familia. Los niveles de contaminación reportados en lenguados del Báltico en base húmeda fueron para Alfa BHC de 0.7 a 6.0 ng/g para ovario y 2.9 a 13.9 ng/g en hígado (Westernhagen *et al.*, 1981).

Analizando en detalle el grupo de los clorinados Ciclodiénicos se observa que todos aparecieron en el 100% de las muestras, sobre- saliendo por su concentración (ng/g en base seca) el Endrín con un valor medio de 52.0, continuando en orden descendente el Endrín Aldehído con 51.2, el Endosulfán sulfato contribuyendo con 48.7, Endosulfán II con 17.2, el Dieldrín con 14.4, el Aldrín con 13.3, Heptacloro con 7.4, Endosulfán I con 7.2 y finalmente el Heptacloro epóxido con 6.2 ng/g. El Aldrín es desdoblado a Dieldrín en la naturaleza, es por ello que en los peces se encuentra frecuentemente éste último. La proporción de Dieldrín a Aldrín en los peces es de 10:1 y se ha encontrado en algunos bagres de riachuelos de Iowa, U.S.A., 1440 ug/kg de Dieldrín y 910 ug/kg de Aldrín; el Heptacloro epóxido fluctuó entre 5 - 76 ug/kg (Morris *et al.* 1971), superando los valores registrados en este trabajo.

La impureza de solventes como el hexano de uso corriente en cromatografía de gases, al ser detectado por el Detector de Captura de Electrones, sus picos pueden confundirse con los plaguicidas clorados Oxiclordano, Heptacloro Epóxido y Nonocloro (Atalla *et al.*, 1977). Por lo que métodos bien establecidos pueden también conducir a conclusiones erróneas, siendo el punto crítico los reactivos, debido a ello éste solvente fue pretratado previo a la destilación con Acido Sulfúrico.

Es importante aclarar que el Ejercicio de Intercalibración consideró exclusivamente los plaguicidas organoclorados Gama BHC (Lindano), Aldrín, p,p'-DDE, Dieldrín, Endrín, p,p'-DDD, p,p'-DDT y los bifenilos policlorinados 1254 y 1260, sin embargo no tomó en cuenta el Heptacloro, Heptacloro Epóxido, Endosulfán I, II, Endosulfán Sulfato y Endrín Aldehído por lo que estos compuestos no pudieron ser cotejados con el Ejercicio.

La resolución de este Ejercicio de Intercalibración con tejido de atún, se compila en Villeneuve *et al.* (1989) donde se analizaron los valores obtenidos por el Laboratorio de Contaminación Marina del ICMYL dentro de un conjunto de 25 laboratorios, éstos autores informan que descartando el dato del Aroclor 1260 que resultó alto, la información enviada se clasificó dentro de los 8 laboratorios que obtuvieron datos aceptables ya que entraron dentro de los rangos esperados (Tablas 3, 3A y Gráfica 3).

Comparación de Técnicas en Atún.

Debido a la necesidad de estar en constante búsqueda de otras técnicas que en un momento dado permitan alternativas en el uso de los diferentes métodos para la determinación de plaguicidas, se utilizó el material certificado de tejido de atún enviado por la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA), así como el Método de Referencia No. 14 (modificado por Díaz y Botello) enviado por la misma Agencia, la cual fué comparada en igualdad de condiciones con la técnica de la EPA (1979) modificada por Garay (1982), los resultados de éste experimento se muestran en (Tabla 4, Gráfica 4).

En relación a los plaguicidas hexaclorociclohexanos el Gama BHC (Lindano) presentó el valor de 9.7 ng/g en la técnica EPA (1979, en cambio para el Método de Referencia No. 14 fué de 8.0, al ser comparados éstos datos con el Ejercicio de Intercalibración, se observó que rebasan el rango considerado como aceptable que fué de 0.001 - 2.80 ng/g. Por otro lado no fué posible cotejar los compuestos Alfa y Beta BHC por no estar considerados en el Ejercicio, sin embargo los valores del Alfa en ambas técnicas es similar, en cambio para el Beta BHC el resultado fué mayor para la EPA (1979) (Tablas 3A, 4 y Gráfica 4)

En cuanto a la familia de los DDT's, los resultados del p,p'-DDE en ambas técnicas fué de 10.7 y 42.8 ng/g respectivamente, éstos valores están dentro de lo esperado para el Ejercicio de Intercalibración, ya que para este compuesto se encontraron dos rangos de tolerancia el primero de 0.001 - 45.90 y el segundo de 94.10 - 225 ng/g (Tablas 3A, 4 y Gráfica 4).

En cambio para el p,p'-DDD se encontraron valores de 12.3 y 11.2 ng/g para ambas técnicas, entrando justamente en el límite inferior marcado por el Ejercicio cuyo rango de admisión fué de 12.52 - 35.0 ng/g. Por otra parte el p,p'-DDT, apareció en la técnica usual EPA (1979) con 44.7 ng/g y para el Método de Referencia No.14 su valor fué de 41.7 ng/g, ajustándose perfectamente al rango reportado por el Ejercicio de Intercalibración de 21.0 - 47.0 ng/g (Tablas 3A, 4 y Gráfica 4).

De lo anterior, se observa una semejanza entre ambas técnicas, sin embargo es pertinente aclarar que cuando se trabaja con cantidades de ng/g (ppb), las diferencias no son tan dispares, como puede comprobarse en (Tabla 4, Gráfica 4).

En relación a los clorinados ciclodiénicos, el Aldrín en ambas técnicas fué de 2.4 y 21.1 ng/g respectivamente, al ser comparados con el Ejercicio de Intercalibración se observa que el Método de Referencia No. 14, dió un resultado alto, ya que el rango de aceptación fué de 0.5 - 13.30 ng/g. En cambio el Dieldrín apareció en ambas técnicas con resultados de 19.8 y 13.4 ng/g y al comparar éstos datos con el Ejercicio, se observó un valor ligeramente alto para la técnica EPA (1979), ya que el rango de tolerancia para el Dieldrín fué de 1.40 - 14.40 ng/g (Tablas 3A, 4 y Gráfica 4).

En la dos técnicas el Endrín arrojó resultados de 42.4 - 12.6 ng/g, al ser comparados éstos datos con el Ejercicio de Intercalibración se observó que son aceptables, ya que el rango de admisión fluctuó entre 0.0 - 52.0 ng/g (Tablas 3A, 4 y Gráfica 4).

No fué posible comparar con el Ejercicio de Intercalibración los compuestos Heptacloro, Heptacloro Epóxido, Endosulfán I, II, Endosulfán Sulfato y Endrín Aldehído, sin embargo en ambas técnicas se observó una cierta similitud en la concentración de éstos plaguicidas.

Las concentraciones de los Bifenilos Policlorinados relativos al Aroclor 1254 proporcionó un valor de 1528.6 ng/g para la técnica EPA (1979), en cambio para el Método de Referencia No.14 fué de 1583.8 ng/g, al ser comparados éstos valores con el Ejercicio de Intercalibración se observó una completa aceptación, ya que el rango permisible fué de 93.0 - 2241.10 ng/g. Por otro lado en lo que respecta al Aroclor 1260 arrojaron en ambas técnicas valores de 1144.8 y 1513 ng/g respectivamente y al cotejarse con el Ejercicio se observó que rebasan ambos valores en varias órdenes de magnitud al valor límite superior que fué de 395.5 ng/g (Tablas 3A, 4 y Gráfica 4).

Como se anotó en la metodología, para el Ejercicio de Intercalibración se usó como adsorbente Florisil, sin embargo para el Método de Referencia No. 14, se tomó como material de empaque a la Sílica, que es un material relativamente menos caro pero muy higroscópico, probablemente a esto se deban las diferencias, abundando en este asunto se debe hacer notar que cuando se comparan dos técnicas no necesariamente deben obtenerse resultados exactamente iguales, ya que el objetivo es que la fluctuación caiga dentro de un resultado lógico.

Por otro lado, se consideró de vital importancia analizar los costos de la técnica EPA (1979) modificada por Garay (1982) y el Método de Referencia No. 14 (modificado por Díaz y Botello 1989).

Al analizar los reactivos que se utilizaron en las técnicas citadas con anterioridad, se nota que el único solvente viable de ser comparado es el Hexano cuya proporción para la primera y segunda técnica es de 1:1.5, desafortunadamente no es posible con el resto, ya que la primera técnica además de hexano usa Acetonitrilo y Metanol, más el adsorbente Florisil que es caro y en ocasiones difícil de obtener, por otro lado tenemos la alternativa con la segunda técnica la cual aparte de hexano usa solo una mínima cantidad de Dietil Eter y lo más importante es que usa Sílica, adsorbente más barato y sin problemas de adquisición. Además como se observa en la Tabla 6 y Gráfica 6, la diferencia en costos es considerable, pues como ya se ha mencionado el Florisil rebasa el millón de pesos y colocando éstas dos técnicas en la balanza con número alto de muestras, el ahorro puede ser considerable.

HIDROCARBUROS ORGANOCOLORADOS COMPARACION DE TECNICAS EN ATUN

GRAFICA 6

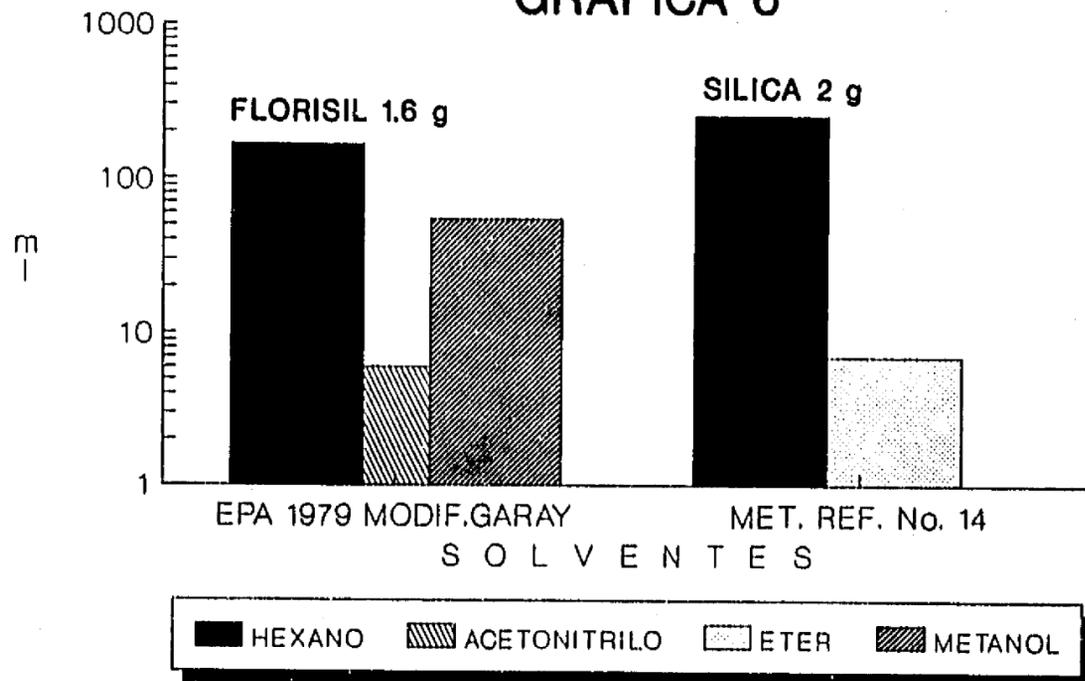


TABLA 6. TECNICAS PARA LA DETERMINACION DE HIDROCARBUROS ORGANOCOLORADOS
COMPARACION EN VOLUMEN DE REACTIVO POR MUESTRA

	A T U N									
	HEXANO (ml)	DICLORO METANO (ml)	ACETONI NITRILO (ml)	ACETONA (ml)	ETER (ml)	METANOL (ml)	AGUA (ml)	FLORISIL (g)	SILICA (g)	SULFATO SODIO (g)
EPA (1979) Modificada Garay (1982)	166	---	6	---	---	55	---	1.6	---	4
Método de Referencia No. 14	256	---	---	---	7	---	---	---	---	2

EJERCICIO DE INTERCALIBRACION EN BIFENILOS POLICLORINADOS (PCB's)/PRIMER PASO

Los Bifenilos Policlorinados (PCB's) son contaminantes ambientales que se encuentran en todas partes presentándose como mezclas complejas de 209 combinaciones de compuestos, su exacto análisis en muestras ambientales es importante desde la perspectiva ecológica (Duinker *et al.*, 1988).

Un paso esencial y exitoso ha sido la reciente introducción de técnicas cromatográficas de alta resolución para ayudar a determinar CB's individuales bien definidos en sus entidades químicas, a pesar de ésto la evaluación para todos los picos todavía no es posible, sin embargo la exactitud de los datos obtenidos es crítico para la utilidad de la información. Para las determinaciones exactas de cada congénere a ser determinado, debe aparecer como un pico sencillo, bien resuelto en relación a otros compuestos, ésto evita ambigüedades resultantes de varias contribuciones de congéneres que coeluyen en un pico o varios pobremente resueltos, así como las diferencias en los factores de respuesta del Detector de Captura de Electrones (ECD). Las técnicas de Espectrometría de Masas pueden resolver algunos problemas pero no está generalmente disponible para análisis de rutina o de muestras ambientales de baja concentración (Duinker *op cit.*).

Este primer paso consistió de varias inyecciones de soluciones estandard contenidas en un rango de 7.5-375 pg/ul usando columnas capilares de diferente diámetro de 0.20 mm y la Columna 2 con un diámetro de 0.32 mm. Los resultados fueron graficados para determinar el rango lineal de la respuesta del Detector de Captura de Electrones (ECD) y a su vez el factor de respuesta para cada componente (Tablas 7-12 y Gráficas 7-12) tomando como base el área del pico, la cantidad inyectada y corregida por respuesta del Estándard Interno que en éste caso fué el Octacloronaftaleno (OCN), además el tiempo de retención de éste compuesto es referido para los 10 CB's individuales.

Como se explicó en la metodología, la técnica para la determinación de los PCB's proponía que se usaran 2 columnas capilares de diferente polaridad y una de ellas fuera del tipo SE-54, sin embargo, como se carecía de éste material en el laboratorio, se utilizaron dos columnas tipo SE-54 de diferente diámetro y de la misma polaridad.

La ampula B como ya se describió con anterioridad contenía los estándares de bifenilos individuales CB28, CB31, CB52, CB101, CB105, CB118, CB138, CB153, CB180 y CB189, sin embargo a pesar de que todos éstos compuestos tienen gran afinidad con el Detector de Captura de Electrones, la respuesta del mismo no es lineal porque está condicionado a pulsos cortos de voltaje produciendo electrones que son atrapados por la celda colectora, por lo que de acuerdo a Duinker *et al.* (1988), se seleccionaron para graficar solo los bifenilos CB52, CB101 y CB180; abundando sobre ésto, Webb *et al.* (1973) señalan que el ECD responde de manera distinta para cada isómero, sin embargo al parecer éstos son los más idóneos por su estabilidad. El comportamiento de los mismos fueron para la Columna 1 más o menos homogéneo en las concentraciones de 7.5-37.5 con un incremento en 75 y ligero descenso en 225 para volver a incrementarse en 375 pg/ul nuevamente (Gráficas 7 y 9).

En lo que respecta a la Columna 2 se observó un rango de 7.5-22.5 pg/ul prácticamente una línea horizontal, incrementándose en forma constante de 37.5-375 pg/ul (Gráficas 10 y 12).

A simple vista podríamos afirmar que la segunda columna es la mejor, sin embargo a pesar de que se usaron las mismas condiciones cromatográficas de temperatura programada, hubo una mejor separación en la Columna 1 pues se observan los 10 bifenilos más el estándar interno (OCN) (Cromatograma 16), ésto es muy importante si consideramos que en la mayoría de la literatura consultada informan del CB52 en adelante ó los CB's 28 y 31 coeluidos en un solo pico como en la Columna 2 (Cromatograma 17), ésto quizá se deba principalmente al diámetro interno de la columna capilar.

PRUEBA DE LINEARIDAD GRAFICA 7

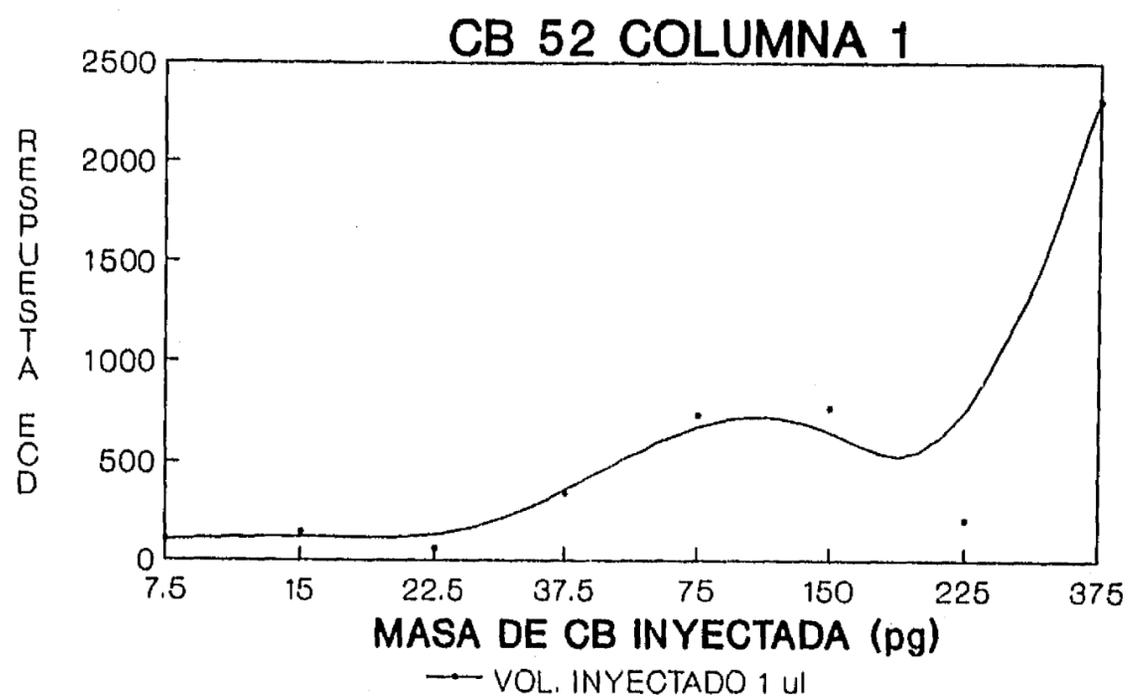


TABLA 7. BIFENILOS POLICLORINADOS
CB52 COLUMNA 1

MASA INYECTADA (pg) AJUSTADO A 1 ul	RESPUESTA DEL DETECTOR DE CAPTURA DE ELECTRONES (ECD)
7.5	102267
15	139673
22.5	57091
37.5	339530
75	732750
150	769360
225	204717
375	2310200

**PRUEBA DE LINEARIDAD
GRAFICA 8**

CB 101 COLUMNA 1

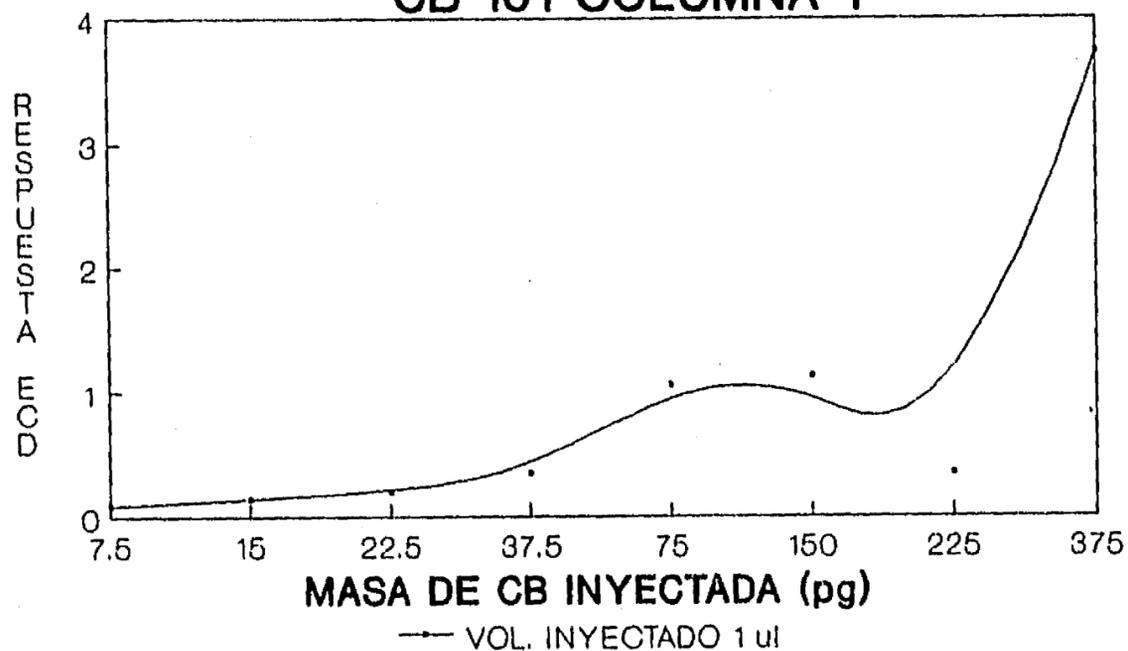


TABLA 8. BIFENILOS POLICLORINADOS
CB101 COLUMNA 1

MASA INYECTADA (pg) AJUSTADO A 1 ul	RESPUESTA DEL DETECTOR DE CAPTURA DE ELECTRONES (ECD)
7.5	87120
15	143540
22.5	193570
37.5	348820
75	1055400
150	1127200
225	347050
375	373050

**PRUEBA DE LINEARIDAD
GRAFICA 9**

CB 180 COLUMNA 1

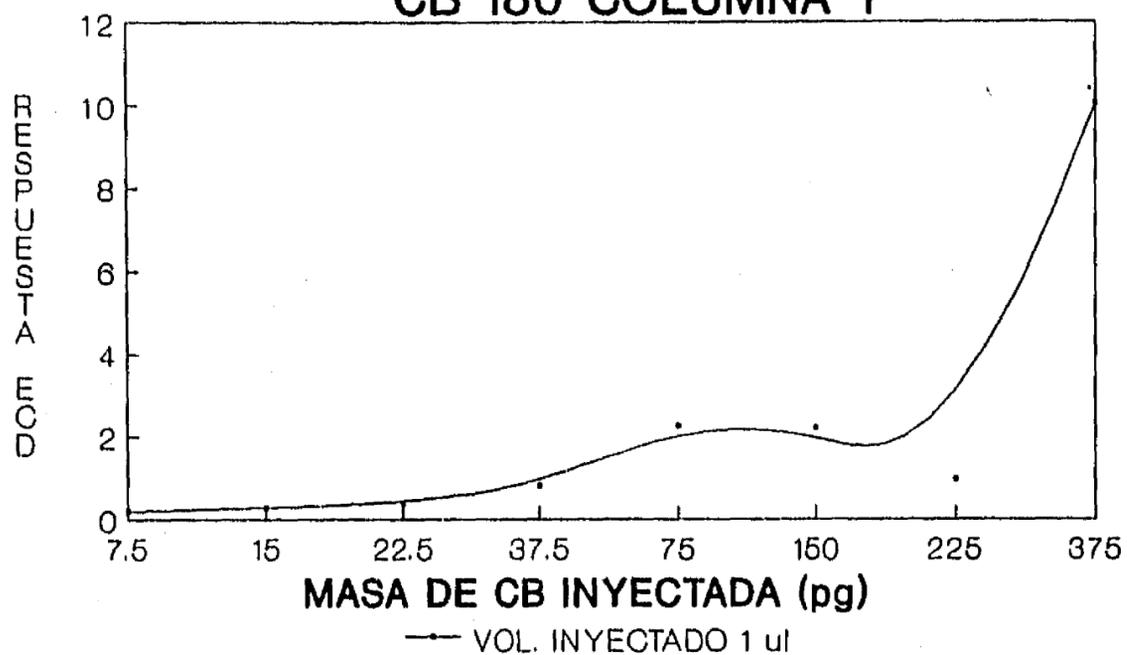


TABLA.9 BIFENILOS POLICLORINADOS
CB180 COLUMNA 1

MASA INYECTADA (pg) AJUSTADO A 1 ul	RESPUESTA DEL DETECTOR DE CAPTURA DE ELECTRONES (ECD)
7.5	191680
15	279587
22.5	365640
37.5	802120
75	2245600
150	2194200
225	974100
375	10041500

**PRUEBA DE LINEARIDAD
GRAFICA 10**

CB 52 COLUMNA 2

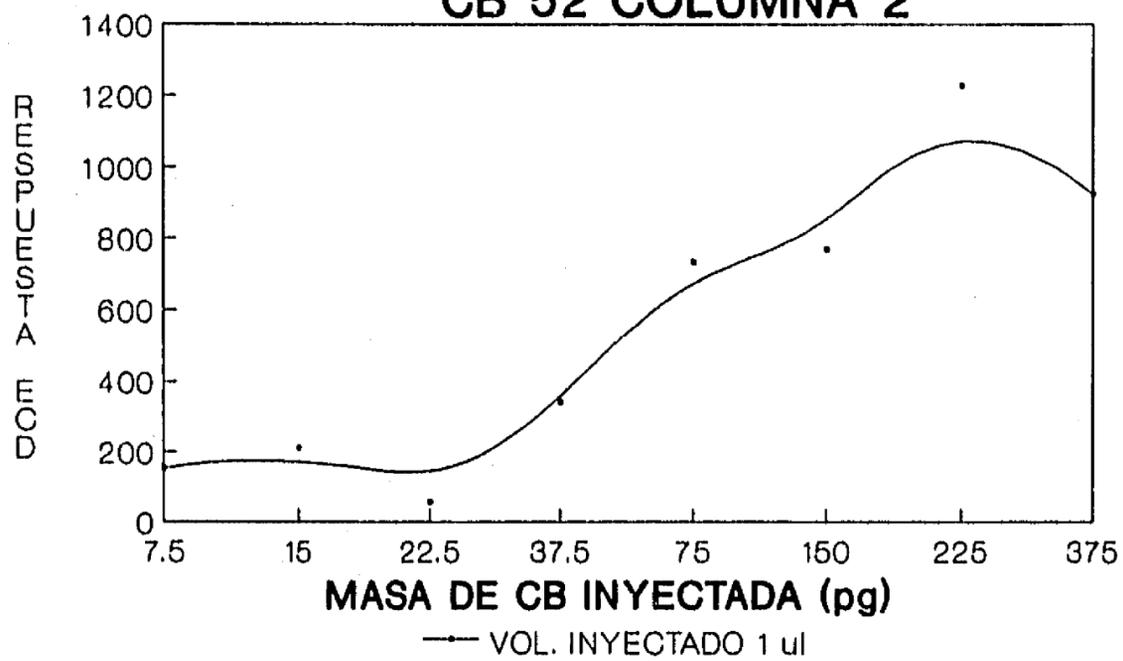


TABLA 10. BIFENILOS POLICLORINADOS
CB52 COLUMNA 2

MASA INYECTADA (pg) AJUSTADO A 1 ul	RESPUESTA DEL DETECTOR DE CAPTURA DE ELECTRONES (ECD)
7.5	153400
15	209510
22.5	57091
37.5	339530
75	732750
150	769360
225	1228300
375	924080

**PRUEBA DE LINEARIDAD
GRAFICA 11**

CB 101 COLUMNA 2

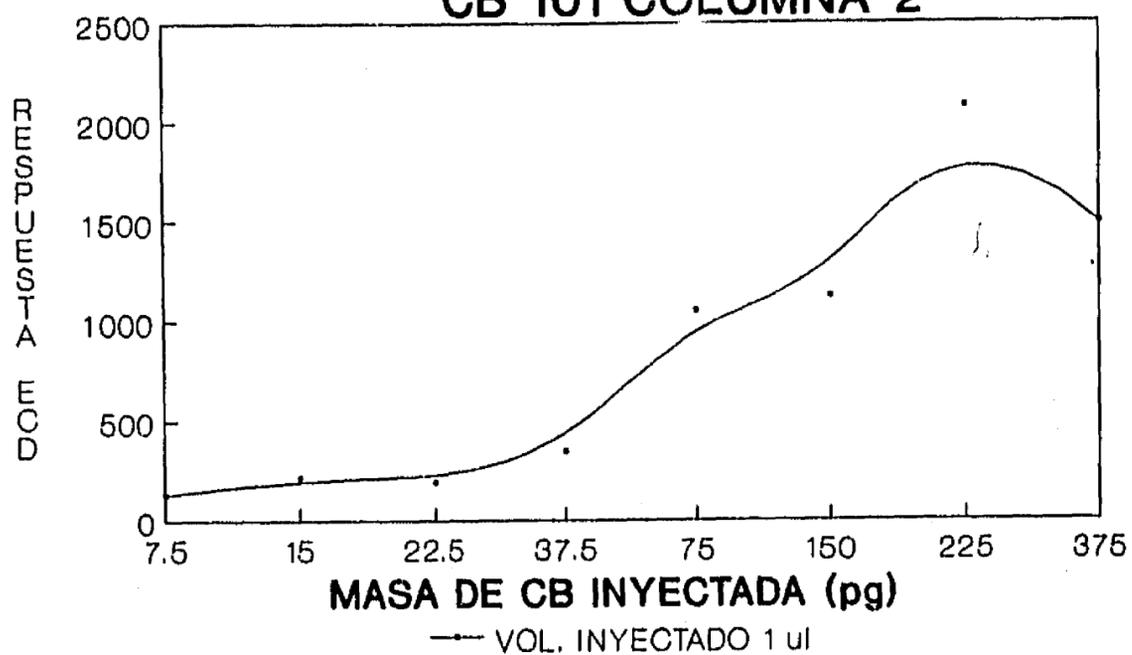


TABLA 11. BIFENILOS POLICLORINADOS
CB101 COLUMNA 2

MASA INYECTADA (pg) AJUSTADO A 1 ul	RESPUESTA DEL DETECTOR DE CAPTURA DE ELECTRONES (ECD)
7.5	130680
15	215310
22.5	193570
37.5	348820
75	1055400
150	1127200
225	2082300
375	1492200

**PRUEBA DE LINEARIDAD
GRAFICA 12**

CB 180 COLUMNA 2

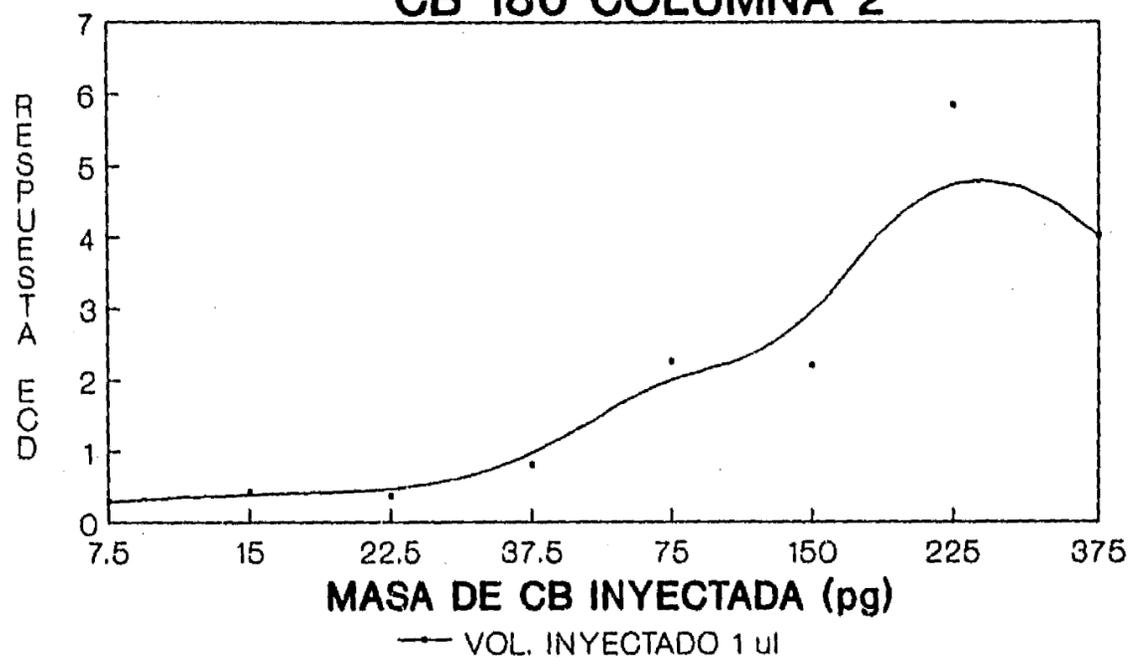


TABLA 12. BIFENILOS POLICLORINADOS
CB180 COLUMNA 2

MASA INYECTADA (pg) AJUSTADO A 1 ul	RESPUESTA DEL DETECTOR DE CAPTURA DE ELECTRONES (ECD)
7.5	287520
15	419380
22.5	365640
37.5	802120
75	2245600
150	2194200
225	5844600
375	4016600

Investigaciones realizadas por Dandaneau y Zerenner (1979) encontraron que la definición de los picos está en relación directa a la abertura y fase estacionaria de la columna capilar, por lo tanto el diámetro más común en capilares es de 0.25 mm para trabajos de alta resolución, pero por otro lado tiene la más baja capacidad de muestra que la mayoría con diámetro superior y por lo tanto requiere inyección sin división (Splitless), en cuanto al diámetro 0.32 mm, éste tiene ligeramente más baja eficiencia que la anterior, pero tiene un 60% más de capacidad de muestra y puede ser usada con inyector con división (Split), sin división (Splitless) o inyección directa (On column).

Al grupo de PCB congéneres para facilitar su manejo se les ha identificado por números de acuerdo a las normas de la IUPAC y con base en los trabajos de Ballschmiter y Zell (1980) donde involucra el número y la posición de los átomos de cloro dentro de la estructura molecular del compuesto, dando lugar a un total de 209 combinaciones de bifenilos y en consecuencia genera para los Monoclorobifenilos tres entidades que van del CB1-CB3, los Diclorobifenilos doce que se distribuyen del C4-CB13, los Triclorobifenilos producen veinticuatro cuya distribución es del CB16-CB39, le siguen los Tetraclorobifenilos con cuarenta y dos combinaciones que van desde el CB40-CB81, posteriormente los Pentaclorobifenilos con 46 compuestos cuya distribución es del CB82-CB127, seguido por los Hexaclorobifenilos con cuarenta y dos congéneres cuya distribución es del CB128-CB169, luego los Heptaclorobifenilos con veinticuatro compuestos cuya distribución va desde el CB170-CB193, después le siguen los Octaclorobifenilos con doce combinaciones del CB194-CB205, le siguen los Nonacloro- bifenilos con tres compuestos del CB206-CB208 y finalmente el Decaclorobifenilo con un solo representante, el CB209.

Como ya se anotó con anterioridad la separación de la totalidad de los bifenilos es complicada, debido a que muchos compuestos se traslapan o coeluyen íntimamente. En investigaciones realizadas por Mullin *et al.* (1984) estos autores comprobaron la coelución de los Tricloro bifenilos CB28, CB31 y del Tetracloro CB50, la de los Tetraclorobifenilos CB52 y CB73, los Pentaclorobifenilos CB90 y CB101, por otro lado el Heptaclorobifenilo CB105 con los Hexaclorobifenilos CB132 y CB153, la resolución íntima de los Hexaclorobifenilos CB138, CB158, CB160, CB163, CB164 junto con el Heptaclorobifenilo CB186.

La importancia de este trabajo radica en que si se observa que con la Columna 1 se logró separar los 10 Bifenilos propuestos sin interferencias, la razón de ésta adecuada separación probablemente se deba a la temperatura programada, además de usar 2 rampas de temperatura y lo más sorprendente es que se realizó con una columna de 25 metros de longitud y como gas auxiliar y acarreador nitrógeno de mediana pureza, el único inconveniente es el tiempo de análisis, pues cada muestra alcanzó los sesenta minutos, en cambio si se hubiese usado helio el tiempo hubiera sido menor. Así la identificación adecuada de los Bifenilos Policlorinados individuales ha venido a facilitar y complementar las evaluaciones de los PCB's que se hacen normalmente por la inyección de varias mezclas comerciales de Aroclor, Webb (*op cit.*) en sus investigaciones con sistema de acople Gases/Masas, encontraron que en el análisis de muestras ambientales las mezclas de Aroclor más usuales son las 1242, 1254 y 1260, así los CB's individuales que se agrupan en el 1242 son los de la familia de los Mono y Tetraclorobifenilos, para el 1254 los Penta y Hexaclorobifenilos y por último el 1260 reúne los Hepta y Octaclorobifenilos.

De lo anterior surge la interrogante relativa a la toxicidad de los PCB's para los organismos; de acuerdo con Safe *et al.* (1985) en organismos marinos, depende de la presencia de congéneres específicos, los compuestos más tóxicos son aquellos cuyas propiedades favorecen una configuración coplanar de los dos anillos bencénicos, representados por los números CB37, CB77, CB81, CB105, CB114, CB118, CB123, CB126, CB156, CB157, CB167, CB169 y CB189. Dentro de los Bifenilos citados con anterioridad encontramos que los CB105, CB118 y CB189 pertenecen a los 10 bifenilos analizados en el Ejercicio de Intercalibración.

PLAGUICIDAS EN SEDIMENTOS DE LA CUENCA CENTRAL DE LA LAGUNA DE TERMINOS, CAMP.

Se analizaron los plaguicidas organoclorados de la familia del Hexaclorociclohexanos BHC (Isómeros Alfa, Gama y Beta), Heptacloro, Aldrín, Clordano (Isómeros más importantes Fotoclor-dano, Trans-clordano y Cis-clordano) Dieldrín, Endrín, p,p'-DDT y sus metabolitos p,p'-DDD y p,p'-DDE (Cromatograma 1).

Los datos físico-químicos que se discuten, fueron realizados en un estudio paralelo a la presente investigación por Pica-Granados y Ponce-Vélez (1988).

De los isómeros del BHC la mayor concentración correspondió al Beta BHC con 384.69 ng/g (peso seco) (Gráfica 13) en la estación 10 (Palizada Vieja) (Figura 2), influenciada por el aporte fluvial del Río Palizada, el sedimento estuvo compuesto por arcillas, con un valor de 0.49% de materia orgánica, la salinidad fué de 12.4 o/oo, oxígeno disuelto 3.4 mg/l, 1.0 m de profundidad y una temperatura de 23 °C. El mayor valor para el Alfa BHC se obtuvo en las estaciones 2 y 10 con 93.8 y 94.15 ng/g respectivamente, la estación (Punta Piedra) se localiza en la parte Oeste de la Laguna de Términos, sedimento limo-arcilloso, se obtuvo 1.21% de materia orgánica, en cambio los valores más altos correspondientes al Gama BHC fueron para las estaciones 2, 9 y 10 con 8.71 ng/g, 16.27 ng/g y 10.92 ng/g respectivamente. No se detectó Alfa ni Gama BHC en las estaciones 1, 4 y 5. En las estaciones mencionadas los valores de materia orgánica fueron de 0.48%, 0.59% y 0.35% para cada una de ellas (Tablas 13 y 14).

Típicamente la mezcla técnica del hexaclorociclohexano está compuesta del 70% que corresponde al Alfa BHC, 7% al Beta BHC, 14% al Gama BHC y 10% de otros isómeros. El isómero Gama BHC ó Lindano es realmente el insecticida y a su vez el más tóxico de la familia. Los hexaclorociclohexanos han sido ampliamente usados en el pasado y se siguen usando en algunas partes del mundo, los reportes nos dicen que se han dispersado más de 1 millón de toneladas solamente en Asia (Tanabe *et al.*, 1982b), y algunos estiman que su uso será requerido en el futuro (Ray *et al.*, 1985). Debido a lo anterior, los BHC's son típicamente los más abundantes.

A pesar de que solo en las estaciones 2, 9, 10, B, D y E se detectó Gama BHC y éste corresponde al 54.55% de las muestras analizadas, es necesario resaltar la preocupación que ya existe por parte de organismos internacionales como la Agencia para la Protección del Medio Ambiente (EPA), consistente en cancelar los empleos del plaguicida Lindano, como son su aplicación en el interior de locales y uso del producto para el aseo de especies caninas en la lucha contra otras plagas distintas de los ácaros (RIPQPT, 1984), debido a que se sospecha que el Lindano causa efectos tóxicos en organismos acuáticos y en particular riesgos de acción carcinogénica en los animales de ensayo. Por otra parte en estudios sobre aguas costeras del Canal Inglés, Marchand y Caprais (1985) demostraron que los hidrocarburos totales y PCB's son fácilmente absorbidos dentro de la materia particulada, por lo que están esencialmente ligados a mecanismos sedimentarios, en cambio los procesos de distribución del Gama BHC (Lindano) quedan sujetos principalmente a movimientos de las masas de agua, ya que es un compuesto más soluble. Esta sería la explicación más viable, del porqué encontramos Lindano en las estaciones marinas B, D y E.

El Heptacloro presentó el mayor valor para la estación B con 135.2 ng/g (Gráfica 13), en el caso de ésta estación no se analizaron los parámetros ambientales reportados en la Tabla 14. El mínimo valor detectado fué en las estaciones 1, 2, 4, y E, mientras que en las estaciones 5 y 10 no se detectó concentración alguna, sin embargo aunque en concentraciones bajas, este compuesto ocupó el 81.82% de las muestras analizadas. Se registró Aldrín en las estaciones 2, 3, 4, y E. La mayor concentración para éste compuesto se detectó en la estación 2 (Punta Piedra) con 1647.9 ng/g (Gráfica 13), las menores concentraciones correspondieron a las estaciones 4, y E. No se encontró Aldrín en las estaciones 1, 5, 6, 9, 10, B, y D.

Como se puede observar en las Tabla 13 y 14, el Clordano se encontró en las estaciones 1, 2, 3, 5, 6 y B. La mayor concentración correspondió a la estación 6 (Los Cayos) con 1029.8 ng/g (Gráfica 13), con sustrato arenoso teniendo un valor de 1.62% de materia orgánica. No se detectó Clordano en las estaciones 4, 9, 10, D y E, la ocurrencia de este plaguicida fué del 54%. Es pertinente observar que el Clordano es utilizado en forma indiscriminada para combatir hormigas en huertos familiares donde abundan las plantas de ornato como rosales y sobre todo cítricos, según (Toledano, comunicación personal) en el área de Los Cayos, desemboca una parte importante del efluente municipal de Ciudad del Carmen, la cual pudiera ser una vía de entrada de este compuesto al ecosistema lagunar. Es notable que en ninguna de las estaciones muestreadas se detectó la presencia de Dieldrín.

En las estaciones 1, 2, 3, 4, 5, y E se registró Endrín, encontrándose el valor más alto en la estación 1 (Gráfica 13) con un valor de 3079.8 ng/g correspondiéndole un valor 0.48% de materia orgánica y 31.5 ‰ de salinidad, los mínimos valores encontrados fueron en las estaciones 2, 3, y 4 con 30.5 ng/g, 28.5, y 34.4 ng/g respectivamente. No se detectó Endrín en las estaciones 6, 9, 10, B y D (Tabla 12).

PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS

LAGUNA DE TERMINOS CAMP.

GRAFICA 13

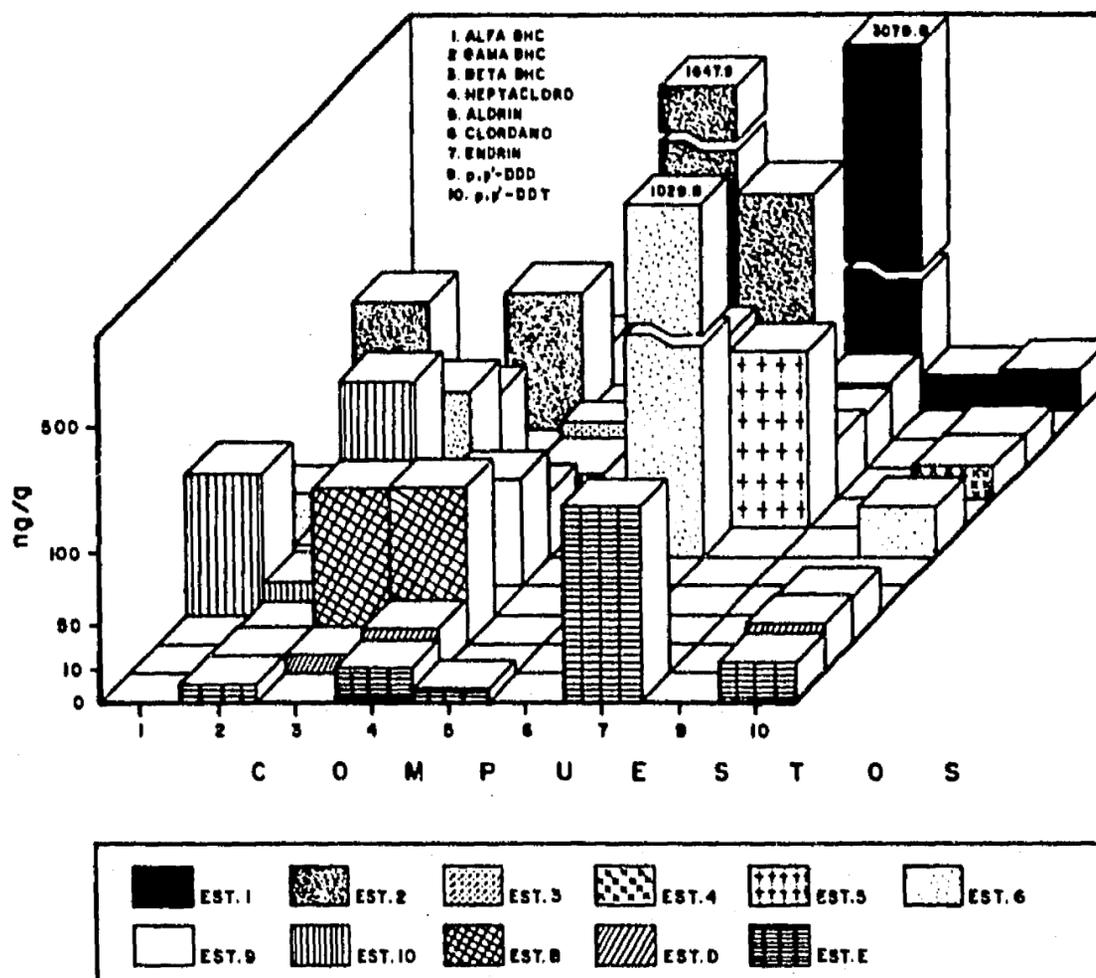


TABLA 13. Concentración de Plaguicidas Organoclorados (ng/g peso seco) en sedimentos recientes de la laguna de Términos, Camp., México. (Enero, 1986)-nortes-

COMPUESTOS	ESTACIONES											MEDIA	D.E.	RANGO
	1	2	3	4	5	6	9	10	B	D	E			
1. ALFA BHC	N.D	93.8	3.0	N.D	N.D	38.2	N.D	94.1	N.D	N.D	N.D	57.3	± 387.7	(3.0 - 94.1)
2. GAMA BHC	N.D	8.7	N.D	N.D	N.D	N.D	16.3	10.9	3.7	5.2	5.2	8.3	± 4.3	(3.7 - 16.3)
3. BETA BHC	40.4	97.2	3.5	N.D	89.8	169.2	N.D	384.7	121.8	5.9	N.D	114.0	± 115.4	(3.5 - 384.7)
4. HEPTACLORO	3.3	8.1	13.8	7.6	N.D	41.4	67.7	N.D	135.2	20.7	9.8	34.2	± 40.7	(3.3 - 135.2)
5. ALDRIN	N.D	1647.9	40.1	2.8	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	4.4	423.8	± 706.9	(2.8 - 1647.9)
6. CLORDANO	229.4	418.3	21.8	N.D	250.7	1029.8	N.D	N.D	117.3	N.D	N.D	344.5	± 329.9	(21.8- 1029.8)
7. ENDRIN	3079.8	30.5	28.5	34.4	195.1	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	274.2	607.1	± 1109.8	(28.5- 3079.8)
9. p,p'-DDD	11.4	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	11.4	± --	--
10. p,p'-DDT	13.6	N.D	8.7	9.2	N.D	23.4	N.D	N.D	19.7	21.4	13.1	15.6	± 5.5	(8.7 - 23.4)
Tipo sedimento	G	F	G	G	G	G	F	F	F	F	F			
SUMA	3378.0	2304.5	119.4	54.0	535.6	1302.0	84.0	490.0	98.0	53.2	307.0			

N.D. = No Detectado; G = Sedimento grueso; F = Sedimento fino

7

TABLA 14. Parámetros ambientales más importantes y concentración de PLAGUICIDAS TOTALES en la laguna de Términos, Camp., México. (Enero, 1986).

ESTACION	TEMPERATURA (°C)	PROFUNDIDAD (m)	OXIGENO DISUELTO (mg/l)	SALINIDAD (o/oo)	SEDIMENTO	MAT.ORGANICA (%)	PLAG.TOTALES (ng/g)
1	22.0	1.0	2.22	31.5	Arenas	0.48	3378.0
2	23.0	3.0	3.13	24.8	Limo-arcilla	1.21	2304.5
3	24.0	2.0	3.22	17.3	Arenas	1.62	119.4
4	23.5	2.5	3.24	23.0	Arenas	0.59	54.0
5	23.0	4.0	3.13	26.0	Arenas	1.16	535.6
6	21.0	2.5	4.0	28.6	Arenas	0.75	1302.0
9	23.0	0.5	2.92	11.9	Arcillas	0.44	84.0
10	23.0	1.0	3.4	12.4	Arcillas	1.60	490.0
B	----	---	----	----	-----	----	398.0
D	----	---	----	----	-----	----	53.2
E	----	---	----	----	-----	----	307.0

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Sólo en la estación 1 se encontró p,p'-DDD con 11.4 ng/g y para el p,p'-DDT 13.6 ng/g, por cuestiones de representación gráfica fué necesario sumarlos (Gráfica 13), ésta área presentó sustrato arenoso, encontrándose 0.48% de materia orgánica y una salinidad de 31.5 ‰.

Sin embargo, en las estaciones 1, 3, 4, 6, B, D, y E se detectó p,p'-DDT como tal, registrándose el valor más alto en la estación 6 (Los Cayos) con 23.37 ng/g (Gráfica 13), el mínimo valor se obtuvo en las estaciones 3 y 4 con datos de 8.71 ng/g y 9.22 ng/g respectivamente, ambas estaciones tienen sustrato arenoso.

En todos los cromatogramas se observó que los compuestos más abundantes fueron los PCB's, sólo que por carecer de estándares no fue posible cuantificarlos, siguiendo en abundancia el BHC (Isómeros, Alfa, Gama y Beta), ésto coincide con lo registrado por Marchand y Caprais (1985) que afirman que de los organoclorados residuales únicamente los PCB's e isómeros de BHC son claramente identificables, los otros compuestos tales como el Heptacloro, Dieldrín, p,p'-DDE y p,p'-DDD por lo general se detectan a nivel de nanogramos.

Una probable contaminación accidental siempre tuvo lugar en el tiempo de retención del Endrín, que hizo imposible confirmar o denegar la existencia de éste compuesto, sin embargo el resultado solo afecta a la estación 1 (Puerto Real), por otra parte los niveles del mismo contaminante en las otras estaciones son bajas (Tabla 13). Es necesario resaltar que los datos que se presentan corresponden al mes de enero época de "nortes", y justamente en esta época ocurren las mayores descargas fluviales, manteniendo en constante actividad la columna de agua como producto de los escurrimientos del continente y de esta manera remover el sustrato y generar valores elevados de Endrín. Botello (1978) reporta la presencia de un gradiente marino en las aguas que llegan del Golfo de México y penetran a la laguna a través de Puerto Real; éstas aguas se mezclan con el agua dulce de los 4 ríos que desembocan a la laguna de Términos, originando una masa de agua de baja salinidad que descarga nuevamente al Golfo de México a través de la Boca del Carmen en la porción oriental de la laguna. Esto es muy importante pues constituye una importante vía de entrada de los contaminantes; reforzando lo anterior Mearns *et al.* (1988) informan que el Endrín ha sido un importante pesticida en peces marinos y estuarinos en áreas costeras del Golfo de México, por otro lado Riseborough *et al.* (1968) a través de estaciones de monitoreo en los Estados Unidos de Norteamérica, calcularon que aproximadamente 10,000 kg/año de pesticidas son transportados por los sistemas de ríos al Golfo de México, los plaguicidas organoclorados pueden adherirse fuertemente a partículas del sedimento y pueden esperar ser lavados por la corriente, por lo tanto el total de pesticidas presentes en los sistemas fluviales puede ser más elevado que lo anotado anteriormente.

El Clordano se detectó en la mayoría de las estaciones muestreadas, éste insecticida organoclorado es una mezcla de más de 14 compuestos, el Clordano grado técnico contiene principalmente Cis-clordano y Trans-clordano, además Cis-nonaclor y transnonaclor, Fotoclordano y otros (Sovocool *et al.*, 1977; Parlar *et al.*, 1979; Miyazaky *et al.*, 1985) de los cuales los más representativos en los cromatogramas fueron el Fotoclordano, Trans-clordano y Cis-clordano, en el presente trabajo se reporta la suma de estos compuestos como un pico sencillo de Clordano, además basándose en la literatura consultada sobre éstos isómeros, encontramos que no se introduce error significativo en los cálculos. El Clordano ha sido detectado en muestras atmosféricas marinas, también ha sido descubierto en focas de la especie (*Leptonychotes weddelli*) del Antártico, que es probablemente el área más remota donde hay actividades humanas, indicando con ello que la contaminación por Clordano es Global (Kawano *et al.*, 1986).

Lo anterior se relaciona con lo obtenido en la estación B que es netamente marina, con un valor de 117.35 ng/g, no hay datos reportados para sedimento; sin embargo, los hay para organismos y en la columna de agua. Las concentraciones de Clordano en aguas superficiales del Mar de los Sargazos ha sido reportada como menor de 1 ng/l (Bidleman y Olney, 1974).

El DDT contiene tres isómeros principales que son p,p'-DDT, o,p'-DDT y o,o'-DDT. El isómero p,p'-DDT es un potente insecticida y forma el 65-73% de la mezcla y es el que por lo general se detecta en los análisis (Metcalf, 1955). Las concentraciones en los efluentes son extremadamente bajas, ya que se han encontrado valores promedio de 0.05 ug/l, sugiriendo que las fuentes de p,p'-DDT es primariamente en los sedimentos, por lo tanto, en la columna de agua se encontrará muy diluído (LACSD, 1985). Este compuesto se encontró en el 63.6% de las muestras analizadas en un rango de 8.7 a 23.4 ng/g coincidiendo con lo anteriormente expresado. Por otra parte, hay una íntima

relación entre los parámetros ambientales como salinidad, temperatura, oxígeno disuelto, materia orgánica y tamaño de partícula con la concentración detectada de plaguicidas. Marchand y Caprais (1985) encontraron en intervalos de 21.47 - 30.34 ‰ de salinidad; 14.8 - 15.8 °C de temperatura; 28 -45 (NTU) de turbidez y 7.95 - 88.67 mg/l de material suspendido, las mayores concentraciones de plaguicidas organoclorados totales. Lo anterior se relaciona con ésta investigación pues se encontraron los máximos valores en un intervalo de 21 - 23 °C de temperatura; 2.22 - 4.0 de oxígeno disuelto; 26.0 - 31.5 ‰ de salinidad; sustrato areno-limo- arcilloso y 0.48 - 1.21% de contenido de materia orgánica (Tabla 14).

La laguna de Términos, como ya se mencionó es una de las lagunas costeras más extensas del país, con una superficie aproximada de 2500 km², de gran productividad y situada frente a la Sonda de Campeche. Esta laguna y la Sonda de Campeche constituyen la zona pesquera más importante del sur del Golfo de México, durante varias décadas, la población de Ciudad del Carmen ha dependido principalmente de ésta actividad. En años recientes, las actividades ganaderas y agrícolas han cobrado importancia, en forma conjunta a las actividades petroleras que se han intensificado en un 70%, así como una extensa y creciente producción arrocera (Vera-Herrera *et al.*, 1989).

De acuerdo a Contreras *et al.* (1988) en su Diagnóstico Ambiental advierten que en el área de Campeche, se cultivan productos básicos como el maíz, frijol y arroz, industriales la caña de azúcar, copra y frutales (naranja y mango). Como la mayoría de estos cultivos se realizan en las márgenes de los ríos que desembocan en la laguna de Términos; se espera encontrar un sinúmero de plaguicidas relacionados con éstos labrantíos, complementando lo anterior Restrepo (1988) señala que al maíz se le aplican los plaguicidas BHC, Clordano, Endrín, Heptacloro y Toxafeno, al frijol no lo tiene registrado, en cambio para el arroz, caña de azúcar, naranja y mango se les asigna principalmente el Endosulfán; la copra tampoco la tiene registrada. Siguiendo sobre el mismo tema la SARH (1987) en su manual de agroquímicos nos indica que para el cultivo básico frijol, también se usa el Endosulfán.

En cuanto a la estación 6 aparte de las descargas municipales, se localizan parches de *Thalassia testudinum* donde se refugian especies de peces, según Chavance *et al.* (1986) existen especies potencialmente factibles de ser aprovechadas que permanecen todo el año en la laguna de Términos, como *Archosargus rhomboidales*, localizando su criadero precisamente en el área de los Cayos (estación 6). Otro dato importante, es la alta concentración de Heptacloro encontrada en la estación B completamente marina, pero como se localiza en la parte de afuera de Boca del Carmen, recibe el caudal de los ríos que desembocan en ésta área, justificando su resultado, en las mismas circunstancias se encuentra la estación E con respecto al Endrín.

Desafortunadamente, no fué posible monitorear al plaguicida Endosulfán que como ya hemos anotado, tiene una gran influencia por el intenso cultivo del arroz en el área, pero por carecer del estándar en la época de ésta investigación no se determinó.

Resumiendo, las estaciones de mayor concentración de plaguicidas totales fueron la Estaciones 1, 6, 5 con sedimento arenoso (grueso) y las Estaciones 2 y 10 con sedimento limo-arcilloso (fino), las estaciones con sedimento grueso al parecer no tienen relación con los altos valores encontrados, sin embargo en todas las estaciones los valores de materia orgánica fueron significativos, ésto aunado al continuo aporte de plaguicidas provenientes de los sistemas fluviolagunares donde hay fuertes actividades agrícolas y ganaderas, probablemente expliquen las altas concentraciones registrada.

SISTEMAS FLUVIO-LAGUNARES DE LA LAGUNA DE TERMINOS, CAMP. PLAGUICIDAS EN SEDIMENTO DEL SISTEMA CANDELARIA-PANLAU.

El Río Candelaria al Noreste de la Laguna de Términos, Camp., es uno de los más importantes aportes de agua dulce a la Laguna; su cuenca está situada principalmente en la Península de Yucatán. Se ha calculado que la contribución de éste río con sus efluentes alcanza 21.5 m³/seg Páez-Osuna *et al.*, (1989). Este río junto con el caudal del Mamantel, forman la Laguna de Panlau, que conecta la Laguna de Términos con la Boca de Pargos. Estas unidades forman el sistema Candelaria-Panlau (Amezcuca, 1978; Yáñez- Arancibia *et al.*, 1983).

Los sistemas fluvio-lagunares presentan una composición limo-arcillosa del sedimento con menos del 25% de carbonato de calcio y lo más notable de éstos sistemas es la presencia de arrecifes ostrícolas establecidos sobre todo en Candelaria-Panlau, Chumpan- Balchacah y Pom-Atasta (Amezcuca, 1978).

La Laguna de Términos y áreas adyacentes están situadas en una zona tropical y de ésta manera no muestran un patrón de alta variabilidad estacional. Las muestras de sedimento provenientes del Sistema Candelaria-Panlau se colectaron en los meses de febrero y junio, coincidiendo con la estación seca (febrero-mayo) y la época de lluvias (junio-octubre). Según Amezcuca (1978) el oxígeno disuelto se presenta en mínima cantidad (1.8 ppm) a fines del periodo de secas e inicio de la época de lluvias, ocurriendo los máximos valores en pleno periodo de lluvias (6.5 ppm), las temperaturas fluctúan entre 28-30°C terminando el periodo de secas y ligeramente más alta en la época de lluvias 29-31°C, del mismo modo la salinidad varía considerablemente presentando valores de 25-26 ‰ en la Boca del Carmen, disminuyendo hacia el interior de los sistemas fluvio-lagunares de 5-8 ‰.

En muestras de sedimento de éste Sistema, se analizaron los plaguicidas de la familia de los DDT's, encontrándose en el 50% de las muestras; en lo que respecta al p,p'-DDT se obtuvo una media de 546.54, el valor más elevado correspondió a la estación (06) Río Mamantel (Tabla 15, Gráfica 14) con 1978.4 ng/g en base seca, siguiendo en orden de importancia la estación (03) Sistema Candelaria con un valor de 198.08 ng/g, mínimas cantidades de 6.3 y 3.4 ng/g se encontraron en Boca Panlau y Panlau, arrojando una Desviación Estándar de 958.94 y un rango de 3.4-1978.44. Al analizar ésta información se observan cambios erráticos en las concentraciones, lo cual puede estar relacionado con el acarreo constante de sedimento fino al sistema aportado por los sistemas fluviales, esto se apoya por los estudios de Sarkar *et al.* (1988) donde explican que la variabilidad de los residuos de diferentes pesticidas organoclorados en sedimentos costeros, puede ser atribuido a la presencia de los ríos; éstos autores encontraron en la boca del río Mahanadi de las Costas Indias 780 ng/g de DDT. Por otro lado los altos valores encontrados en el Río Mamantel y Sistema Candelaria también pueden ser producto de los aportes domésticos, actividades agrícolas y ganaderas que se practiquen en sus márgenes, ya que en ésta zona se cultiva el maíz, y se le aplican varios plaguicidas incluyendo al DDT. Para el metabolito p,p'-DDD el valor más notable correspondió a la estación (05) Río Candelaria con 452.6 ng/g, seguido por la estación (06) Río Mamantel con 66.7 y la estación (03) Candelaria Panlau con 25 ng/g, se observó una dispersión muy heterogénea de los datos con una media de 238.80, una Desviación Estándar de 302.6 y un rango de 25-452.6 ng/g. Este metabolito del DDT fué comercializado por muchos años bajo la marca registrada Rothane, es mucho menos tóxico que el DDT, también es menos dañino para los mamíferos, el espectro de acción del DDT es muy amplio; actúa eficazmente sobre coleópteros, lepidópteros, dípteros, himenópteros que afectan al tomate y tabaco, sin embargo es menos efectivo e incluso de acción nula sobre pulgones, cochinillas y lo mismo ocurre con los ácaros; del mismo modo es un contaminante ambiental similar al DDT por lo que su uso ha sido discontinuado en los países desarrollados (Barrera, 1976), el tipo de sedimento y condiciones anóxicas tiene mucho que ver con la transformación del DDT para producir éste metabolito, algunos autores atribuyen a las porfirinas ésta capacidad de degradación. Los valores elevados encontrados en el Río Candelaria estrechan las posibilidades de que provenga de su predecesor DDT.

Por otro lado en cuanto al metabolito p,p'-DDE la concentración más elevada también correspondió a la estación (06) Río Mamantel con 27.2 ng/g, continuando en orden descendente la estación Panlau con 13.2 ng/g, posteriormente la estación (03) Candelaria Panlau con 6.2 ng/g y finalmente la estación (05) Río Candelaria con 3.88 ng/g, encontramos una media de 12.63, una Desviación Estándar de 10.52 y un rango de 3.88-27.26 ng/g respectivamente. Bajo condiciones alcalinas el DDT sufre una desclorinación pasando a p,p'-DDE, un producto que no tiene acción insecticida, sin embargo es importante como contaminante del ambiente, similar desclorinación ocurre en los insectos por acción enzimática (McEwen y Stephenson, 1979). Comparando los valores del metabolito DDE con sus congéneres se advierten concentraciones bajas, lo cual puede ser producto de la degradación de su progenitor DDT.

De lo anterior se observa que las concentraciones del p,p'-DDT (Tabla 15, Gráfica 14), rebasaron a los otros representantes de la familia mencionada, la proporción que guarda la suma total del DDT ($DDT = DDE + DDD + DDT$) con respecto a los otros componentes fué la siguiente: $DDE/DDT = 0.02$, $DDD/DDT = 0.24$, $DDT/DDT = 0.7$ y finalmente la relación $DDD/DDE = 12.9$ (Anexo 1).

**PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS
SISTEMA CANDELARIA PANLAU
GRAFICA 14 (SEDIMENTOS)**

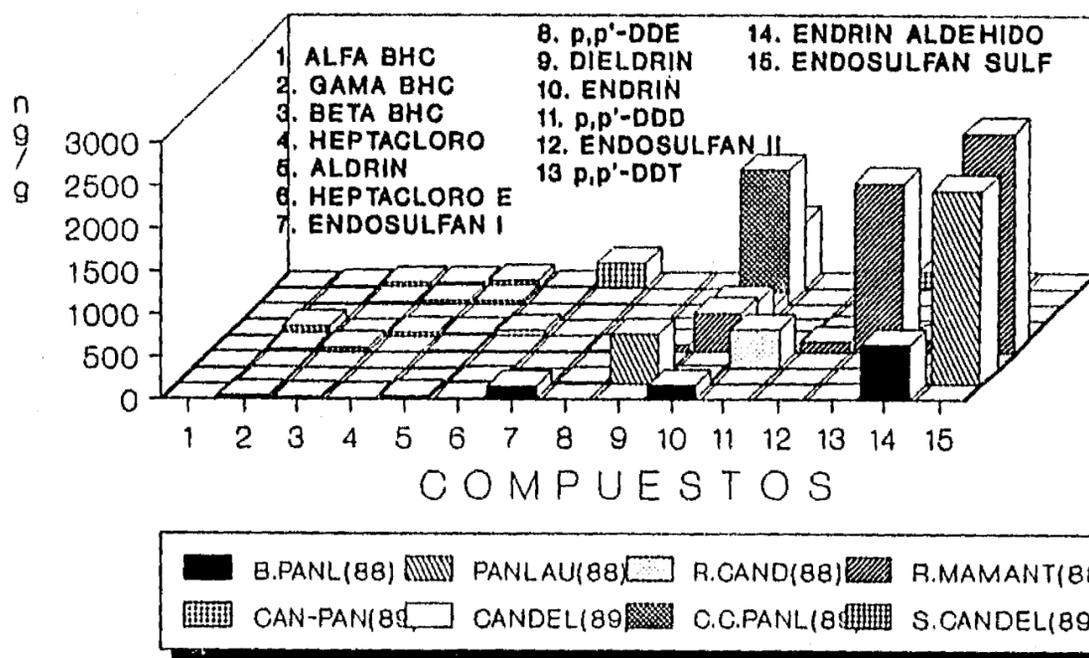


TABLA 15. Concentración de plaguicidas organoclorados (ng/g peso seco) en sedimentos recientes del SISTEMA CANDELARIA PANLAU (L. Términos, Camp.)

Compuestos determinados	ESTACIONES										
	Junio de 1988				Febrero 1989						
	(04)	(04)	(05)	(06)	(03)	(03)	(03)				
	BOCA PANLAU	BOCA PANLAU	RIO CANDEL.	RIO MAMANT.	CANDEL. PANLAU	CANDEL. PANLAU	CUENCA C. PANLAU	SISTEMA CANDELARIA	MEDIA	D.E.	RANGO
1. ALFA BHC	3.10	N.D	8.6	0.5	8.5	11.2	2.53	4.2	5.52	+ 3.92	(0.5-11.2)
2. GAMA BHC	43.86	10.23	13.86	39.6	117.16	N.D	8.22	28.55	37.35	+ 37.93	(10.23-117.16)
3. BETA BHC	27.05	1.41	N.D	58.6	15.7	N.D	28.22	66.73	32.95	+ 25.09	(1.41-66.73)
4. HEPTACLORO	13.7	N.D	N.D	N.D	42.0	N.D	41.61	67.21	41.13	+ 21.86	(13.7-67.21)
5. ALDRIN	38.9	N.D	5.5	15.0	30.4	N.D	43.99	93.62	37.90	+ 30.90	(5.5-93.62)
6. HEPTACLORO E	13.51	21.91	5.19	6.5	67.8	9.7	13.42	23.19	20.15	+ 20.32	(5.19-67.8)
7. ENDOSULFAN I	154.66	N.D	N.D	6.1	N.D	N.D	9.68	296.0	116.61	+138.17	(6.10-296)
8. p,p'-DDE	N.D	13.2	3.88	27.2	6.2	N.D	N.D	N.D	12.63	+ 10.52	(3.88-27.26)
9. DIELDRIN	N.D	585.5	11.33	85.5	28.1	5.2	N.D	N.D	143.13	+249.32	(5.2-585.5)
10. ENDRIN	165.03	34.9	10.03	462.5	404.3	153.5	1567.59	773.59	446.43	+519.73	(10.03-1567.6)
11. p,p'-DDD	N.D	N.D	452.6	66.7	25.0	N.D	N.D	N.D	181.43	+235.76	(25.0-452.6)
12. ENDOSULFAN II	N.D	N.D	N.D	122.7	52.6	N.D	N.D	N.D	87.65	+ 49.57	(52.6-122.7)
13. p,p'-DDT	6.23	3.4	N.D	1978.4	N.D	N.D	N.D	198.08	546.54	+958.94	(3.4-1978.44)
14. ENDRIN ALD.	649.22	60.9	N.D	148.7	N.D	N.D	1206.94	11.78	415.51	+510.13	(11.78-1206.9)
15. ENDOSULFAN S.	N.D	2265.8	N.D	2565.9	N.D	N.D	N.D	N.D	2415.85	+212.20	(2265-2565.9)
Tipo de sedimento	F	F	F	F	F	F	F	F	F		
SUMA TOTAL	1115.26	2997.25	510.99	5583.9	747.76	179.76	2922.2	1562.95			

N.D. = No detectado; F = Sedimento fino

Varios estudios se han avocado al análisis de éste compuesto y se han encontrado relaciones de la suma de sus metabolitos con su antecesor. De esta manera se observa que en las proporciones encontradas de DDE, DDD y DDT, el DDT está presente en cantidades significativas similar a las encontradas en descargas urbanas. El valor encontrado de 0.7 de la relación DDT/DDT significa que el plaguicida ha estado aplicándose en forma continua y la proporción DDD/DDE con un valor de 12.9 indica la degradación de los compuestos, Miles y Harris (1971) en estudios sobre sedimentos durante la época de lluvias en el Río Big Creek afluente del Lago Ontario, encontraron que la relación DDD/DDE fué mayor que 1 indicando degradación y la razón de linealidad se incrementó río abajo; sin embargo en la presente investigación encontramos un valor muy por arriba de la unidad 12.9, lo que sugiere que la aplicación del plaguicida fué reciente, ó también como es un sistema dinámico debido al flujo de los ríos hay un constante lavado impidiendo la acción bacteriana en conjunción con las áreas anóxicas. Frank *et al.* (1979) afirman que si el ambiente es aeróbico el DDT es convertido en DDE, en cambio si es anaeróbico favorece la producción de DDD.

De los resultados obtenidos para la familia de los Hexaclorociclohexanos, se nota que éstos se presentaron en el 80% de las muestras analizadas, por lo tanto las concentraciones más elevadas correspondieron al Gama BHC en la estación (03) Candelaria-Panlau con 117.16 ng/g, en orden decreciente encontramos la estación (04) Boca de Panlau con 43.86, siguiendo la estación (06) Río Mamantel con 39.6, luego la estación (03) Sistema Candelaria con 28.55, posteriormente la estación (05) Río Candelaria con 13.86, en el mismo orden la estación (04) Panlau con 10.23 y finalmente la estación Cuenca Central Panlau con 8.22 ng/g respectivamente, el Gama BHC presentó una media de 37.35, una Desviación Estándar de 37.93 y un rango de 10.23-117.6 (Tabla 15). El Hexaclorociclohexano conocido abreviadamente por HCH ó BHC (Benzene Hexachloride) sigue en historia y popularidad al DDT, por el hecho de que es relativamente barato se ha empleado en forma indiscriminada, pero su empleo presenta también inconvenientes y éstas limitaciones se deben a que no es un producto puro sino una mezcla de isómeros a los que acompañan productos de mayor cloración. De acuerdo a Barrera (1976) éste producto se aplica a los cultivos alimenticios (frutales, patatas, hortalizas, viñedos, maíz, etc.) pero tiene el gran inconveniente de que éste plaguicida transmite a los cultivos un típico olor a moho alterando su olor y sabor depreciablemente considerablemente, por lo que su uso tiene que descartarse de los cultivos alimenticios, empleándose solo en los industriales, una de las alternativas en el uso del BHC, es el enriquecimiento en un 99% de pureza del isómero Gama BHC, recibiendo entonces el nombre de Lindano y por lo tanto el isómero tratado de ésta manera no proporciona olor ni sabor a las plantas tratadas, en su espectro de acción insecticida, BHC y Lindano son idénticos, pues el valor del primero se refiere siempre al contenido del segundo, tanto es así que las estadísticas se refieren normalmente a producciones y consumos de BHC técnico sobre la base de su contenido en isómero gamma, o Lindano, por ser éste el predominante insecticida y sobre el cual debe descansar tal estimación. Las concentraciones de ésta familia en relación a los demás plaguicidas fueron relativamente bajas, ya que el máximo valor se encontró en Candelaria Panlau. Al parecer el Gama BHC tiene una gran afinidad con las áreas limo-arcillosas (sedimento fino) y preferencia por la salinidad debido a su solubilidad en el agua de 10 ppm y una presión de vapor de 9.4×10^{-6} mmHg/20°C, del mismo modo Sericano *et al.* (1984) en investigaciones sobre Bahía Blanca, Argentina, descubrieron que el Gama BHC está íntimamente asociado con sedimento de grano fino o sustancias húmicas en sedimentos superficiales, además encontró un rango de valores más elevado en áreas con salinidades desde 0.1 o/oo en relación a sitios de agua dulce, los valores encontrados para Gama BHC a 0.1 o/oo fué de 28.4 ng/g y en agua dulce de 24.5 ng/g. Esto se relaciona con el presente trabajo, ya que las salinidades se abaten en la época de lluvias predominando el agua dulce. Por otro lado ya se ha indicado que los ríos influyen íntimamente en el comportamiento de los plaguicidas, Sarkar *et al.* (1988) encontraron en la boca del río Palar de las costas de la India 210 ng/g de BHC, menor que el encontrado en Candelaria Panlau. Por otra parte los valores considerables encontrados en Boca Panlau y los ríos Mamantel y Candelaria, tal vez se deba a que el sedimento es fino y las salinidades bajas.

En lo que respecta al Beta BHC el valor más notable se localizó en la estación (03) Sistema Candelaria con 66.73 ng/g (Tabla 15, Gráfica 14), en orden descendente aparece la estación (06) Río Mamantel con 58.6, siguiendo la estación Cuenca Panlau con 28.22, con una concentración similar continúa la estación (04) Boca Panlau con 27.05, en menores concentraciones aparecen la estación (03) Candelaria Panlau con 15.7 y la (04) Panlau con 1.41 ng/g, éstos valores aportaron una media de 32.95, una Desviación Estándar de 25.09 y un rango de concentración de 1.41-66.73 (Tabla 14). Las isomerías del BHC se deben a las posiciones de los átomos de cloro e hidrógeno en los enlaces axiales, teóricamente hay muchas combinaciones pero al final tenemos solamente el Alfa, Beta, Gama, Delta y Epsilon BHC, la actividad insecticida de tales isómeros es muy distinta y solamente el isómero Gamma presenta una acción relevante, el isómero Gamma constituye alrededor del 12-15%, y el resto está constituido por los demás

isómeros, de los que el Alfa BHC es el predominante (60-70%). El isómero Alfa BHC presentó un rango de concentraciones de 0.5-11.2 ng/g, una media de 5.52 y una Desviación Estándar de 3.92, como se observa hay menor variabilidad en estos datos con respecto a los anteriores (Gráfica 14), sin embargo el valor más alto se presentó en la estación (03) Candelaria con 11.2 ng/g, por otro lado las estaciones (05) Río Candelaria y (03) Candelaria Panlau presentaron similares concentraciones 8.6 y 8.5, con ligeras diferencias en concentración se comportan las estaciones (03) Sistema Candelaria, (04) Boca Panlau, Cuenca Panlau con 4.2, 3.10, 2.53 y finalmente el valor más bajo encontrado fué en la estación (06) Río Mamantel con 0.5 ng/g respectivamente. Es necesario resaltar que el Gama BHC es el componente más activo y más tóxico de ésta familia, ya que este tuvo la media más alta en relación a sus isómeros, esto se comprueba con las relaciones de la suma total de los BHC relacionados con sus isómeros, así se tiene: Alfa BHC/ Σ BHC = 0.08; Gama BHC/ Σ BHC = 0.52 y Beta BHC/ Σ BHC = 0.40 (Anexo 1). Aunque el Alfa BHC es el más abundante en la mezcla de isómeros del BHC, por lo general en los análisis siempre es menor, McDougali *et al.* (1987) encontraron en suelos agrícolas de Australia proporciones similares, probablemente debido a la posición de los átomos en la molécula es más fácil de degradar. Otro de los cultivos en gran escala en ésta área es la caña de azúcar a la cual se le aplica el BHC más de tres veces al año.

La familia de los plaguicidas Ciclodiénicos fueron los compuestos determinados con número elevado en ésta investigación, además fueron reconocidos en el 100% de las muestras analizadas (Tabla 15, Gráfica 14). El plaguicida Heptacloro presentó su máxima expresión en la estación (03) Sistema Candelaria con un valor de 67.21 ng/g, en cambio para las estaciones (03) Candelaria Panlau y Cuenca Central Panlau, sus concentraciones son casi idénticas 42, 41.61, por otro lado en la estación (04) Boca Panlau se encontró la menor concentración, éstos datos aportaron una media de 41.13, una Desviación Estándar de 21.86 y el rango fluctuó entre 13.7-67.21 ng/g. De hecho el Heptacloro es un metabolito del Clordano, pero en la industria de los plaguicidas se le ha aislado y purificado para comercializarlo; sin embargo, en el medio ambiente en ocasiones se le encuentra como una impureza del Clordano. De acuerdo con Barrera (*op cit*) el Heptacloro técnico consta de 70% de Heptacloro y el resto de compuestos afines, éste producto se caracteriza por su gran persistencia debido a su baja presión de vapor 3×10^{-4} mmHg/25°C, es más tóxico que el Clordano, afortunadamente se descompone por efecto de la luz y el calor; se aplica contra hormigas, alacrán cebollero, efectivo también contra langostas, saltamontes, que atacan al maíz y cítricos. Probablemente los altos valores encontrados en el Sistema Candelaria, Candelaria-Panlau y Cuenca Central-Panlau se deba a las aplicaciones de Heptacloro a los cultivos de maíz y cítricos que se cultivan en los márgenes del Río Candelaria.

El metabolito Heptacloro Epóxido fué registrado en todas las muestras y su valor más alto apareció en la estación (03) Candelaria Panlau con 67.8 ng/g, en lo que concierne a las estaciones (03) Sistema Candelaria y (04) Panlau sus concentraciones fueron similares (23.19 y 21.91 respectivamente), por otro lado, las estaciones (04) Boca Panlau y Cuenca Central Panlau también registraron valores similares (13.51 y 13.42), en cambio para las estaciones (03) Candelaria, (06) Río Mamantel, (05) Río Candelaria se detectaron valores de 9.7, 6.5 y 5.19 (Gráfica 14), registrándose un valor medio de 21.47, una Desviación Estándar de 21.47 y un rango de 5.19-67.8 ng/g respectivamente (Tabla 14). Analizando los datos en detalle, se observa que la media del Heptacloro Epóxido (metabolito) es dos veces la del Heptacloro (predecesor), en cambio las Desviaciones Estándar de ambos compuestos son prácticamente idénticas (21.86- 21.47), ésto se comprueba con las relaciones de la suma de los Heptacloros (Σ HEPTACLS = Heptacloro + Heptacloro Epóxido) proporcionando la siguiente información Heptacloro/ Σ HEPTACLS = 0.52 y Heptacloro E./ Σ HEPTACLS = 0.48 (Anexo 1). De acuerdo con Gannon *et al.* (1958); Brown (1978) la epoxidación es causada por microorganismos como los Actinomicetos de los géneros Nocardia y Streptomyces, algunos Ficomicetos del género Rhizopus convierten en 6 semanas un 18% de Heptacloro a Heptacloro Epóxido, por lo que se espera encontrar mayores cantidades del epóxido que del predecesor incluso después de algunos años de su aplicación. Sin embargo, en ésta investigación las diferencias encontradas entre sus proporciones de Heptacloro y Heptacloro Epóxido no fué muy significativa, lo cual indica que la aplicación del progenitor Heptacloro es constante en la zona.

Dentro de la familia de los Ciclodiénicos el Aldrín se registró en el 80% de las muestras, el valor más alto se encontró en la estación (03) Sistema Candelaria con 93.62 ng/g, por otro lado en las estaciones Cuenca Panlau, (04) Boca Panlau, (03) Candelaria- Panlau se detectaron valores de 43.99, 38.9 y 30.4, del mismo modo valores mínimos se encontraron en las estaciones (06) Río Mamantel, (05) Río Candelaria con 15.0, 5.5 ng/g respectivamente (Gráfica 14) el rango fluctuó entre 5.5-93.62 (Tabla 15).

De acuerdo con el Manual de Agroquímicos (SARH, 1987) el Aldrín se usa poco en aplicaciones agrícolas, sin embargo (Restrepo, 1988) indica que hay gran número de plaguicidas prohibidos que se siguen utilizando en México. El Aldrín ha sido usado ampliamente en sembrados de maíz sobre todo como insecticida foliar contra coleópteros, para el tratamiento de semillas y protección de cereales, pero debido a la resistencia presentada por el gusano de alambre que ataca la raíz de la planta del maíz, se ha reducido su práctica (Corbett, 1974). Los valores ligeramente elevados encontrados en el Sistema Candelaria y Cuenca Panlau de Aldrín, sugieren que su aplicación ha sido restringida o que su aplicación tiene algún tiempo de haberse dispersado.

En lo que respecta al Dieldrín los órdenes de magnitud se incrementan, el valor más notable se detectó en la estación (04) Panlau con 585.5 ng/g (Tabla 15, Gráfica 14), en segundo lugar la estación (06) Río Mamantel con 85.5, en consecuencia menores concentraciones se registraron en las estaciones (03) Candelaria Panlau, (05) Río Candelaria, (03) Candelaria con 28.1, 11.33, 5.2 el rango de concentraciones varió entre 5.2-585.5 ng/g respectivamente (Tabla 15). Se advirtió que la media del Aldrín (predecesor) fué aproximadamente cuatro veces menor que la del Dieldrín (metabolito) (37.90-143.13) del mismo modo las Desviaciones Estándar fluctuaron entre 30.90-249.32 para ambos compuestos (Tabla 15). El Dieldrín también ha sido usado para controlar insectos rastreros, por otro lado Corbett (*op cit.*) en estudios sobre insectos y mamíferos, encontró que éstos epoxidan al Aldrín pasando éste a Dieldrín y el Dieldrín se transforma a Aldrín Trans-diol aumentando su toxicidad. Del mismo modo aparte de las diferencias observadas en las medias aritméticas y desviaciones estándares, la relación desprendida de la suma de Aldrín más Dieldrín (tALDRIN) se obtuvo lo siguiente: Aldrín/tALDRIN = 0.24, en cambio Dieldrín/tALDRIN = 0.76 (Anexo 1) está cerca de la unidad, por lo que sugiere que ha habido degradación de Aldrín a Dieldrín, además que ha transcurrido un tiempo razonable de la aplicación del progenitor Aldrín, de ahí la gran diferencia observada.

Continuando con los Ciclodiénicos se observó que el metabolito Endrín procedente del Isodrín, se presentó en el 100% de las muestras con incrementos graduales, ya que sus concentraciones variaron entre 10.03-1567.59 ng/g, así el valor más preponderante se reconoció en la estación Cuenca Central Panlau con 1567.59 ng/g (Gráfica 14), siguiendo en orden de importancia la estación (03) Sistema Candelaria con un valor de 773.59, por otro lado en las estaciones (06) Río Mamantel, (03) Candelaria Panlau se registraron valores del mismo orden de magnitud 462.5, 404.3, también en las estaciones (04) Boca Panlau, (03) Candelaria se detectaron valores similares 165.03, 153.5, mínimos valores se encontraron en las estaciones (04) Panlau, (05) Río Candelaria 34.09 y 10.03 ng/g respectivamente (Gráfica 14).

El Endrín es el más tóxico de los plaguicidas Ciclodiénicos, tiene un amplio espectro, su principal uso es como insecticida foliar, es altamente dañino a mamíferos, persistente y perjudicial para los peces. El Manual de Agroquímicos (SARH, 1987) indica que el Endrín se aplica hasta dos veces por temporada en plantíos de maíz, esto hace que se le encuentre en cantidades elevadas en algunas estaciones, como por ejemplo Candelaria-Panlau y Río Mamantel, a pesar de que en la literatura se le señale como un compuesto viable de confundirse con picos que eluyen con compuestos de azufre de muestras mal purificadas; así a la luz de los datos se observan valores coherentes sobre todo al relacionarlo con el Endrín Aldehído.

En consecuencia para el metabolito Endrín Aldehído el valor más alto se detectó en la estación Cuenca Central Panlau con 1206.94 ng/g, siguiendo en orden de importancia la estación (04) Boca Panlau con 649.22, otra concentración relevante se observó en la estación (06) Río Mamantel, valores menores se detectaron en las estaciones (04) Panlau, (03) Sistema Candelaria con 60.9 y 11.7 (Gráfica 14), el rango de concentraciones oscilaron entre 11.78- 1206.94 ng/g respectivamente. Es importante recalcar que las medias de éstos dos metabolitos caen en el mismo orden de magnitud (446.43-415.51), también en este caso en particular las Desviaciones Estándar son similares \pm 519.73-510.13 (Tabla 14). Sin embargo, al comparar la relación de la suma de los metabolitos (tENDRIN = Endrín + Endrín Aldehído) tenemos: Endrín/tENDRIN = 0.63 por otro lado Endrín Aldehído/tENDRIN = 0.37 (Anexo 1), se observa que la proporción significativa del Endrín, sugiere dosificaciones recientes de éste compuesto.

Uno de los plaguicidas más usados en la agricultura es el Endosulfán también de la familia de los Ciclodiénicos; a pesar de que éste no apareció en todas las muestras, sus valores registrados son importantes, así pues, el progenitor Endosulfán I alcanzó su máximo valor en la estación (03) con 296.0 ng/g, siguiéndole en orden de importancia la estación (04) Boca Panlau con 154.66, los valores mínimos se encontraron en las estaciones Cuenca Panlau, (06) Río Mamantel con 9.68 y 6.10 (Gráfica 14), el rango de concentraciones fluctuó entre 6.17-296.0 ng/g respectivamente,

éstos datos dieron como resultado una media de 116.61 y Desviación Estándar de 138.17 (Tabla 15). De acuerdo con los reportes de Vera *et al.* (1989) los sistemas Fluvio-Lagunares de la zona de Términos, Campeche, se han visto invadidos por los cultivos intensos de arroz como una alternativa para los agricultores, por otra parte Andrade *et al.* (1975) sitúan los primeros cultivos de arroz relacionados con el área del Sistema Candelaria-Panlau en San Francisco Escárcega y Champotón. El principal plaguicida que se utiliza para preservar la cosecha mencionada es el Endosulfán aplicándolo cuantas veces sea necesario, una de las ventajas según Stewart y Cairns (1974) es que éste producto es moderadamente persistente y efectivo como insecticida foliar, sobre el follaje de las plantas el plaguicida es reducido a bajos niveles en pocas semanas probablemente debido a la volatilización, dentro del suelo es metabolizado hasta Endosulfán Sulfato y éste metabolito es altamente persistente.

Por otra parte para los peces el Endosulfán es altamente tóxico, e incluso se le utiliza para capturar peces donde las artes de pesca son difíciles de usar; el insecticida es metabolizado fácilmente por los mamíferos a endosulfán diol y otros metabolitos hidrofílicos que son excretados; el Endosulfán Sulfato ha sido detectado en tejidos de animales pero solamente por breves periodos después de la exposición (NRC, 1975).

Del mismo modo el metabolito Endosulfán II apareció con su valor más notable en la estación (06) Río Mamantel con 122.7 ng/g y la mínima concentración en la estación (03) Candelaria Panlau con 52.6, la media fue de 87.65 y la Desviación Estándar de 49.57. Finalmente el metabolito Endosulfán Sulfato reporta sus concentraciones más culminantes en las estaciones (06) Río Mamantel, (04) Panlau con 2565.9 y 2265.8 ng/g (Gráfica 14), la media fue de 2415.85 y la Desviación Estándar de 212.20 (Tabla 15). Es importante señalar que la media del metabolito Endosulfán II es 1.32 veces menor que su predecesor Endosulfán I, sin embargo la media aritmética del metabolito Endosulfán Sulfato es aproximadamente 20 veces mayor que la de su predecesor Endosulfán I.

Con base a la permanencia de los metabolitos del Endosulfán, se señala que no tendría sentido discutirlos si no se tuviesen los tres compuestos agrupados, ya que de esta forma se puede apreciar la ruta de los mismos. Para ello fue necesario realizar la suma de los tres compuestos ($tENDOSULF = \text{Endosulfán I} + \text{Endosulfán II} + \text{Endosulfán Sulfato}$), de donde se obtuvo lo siguiente: $\text{Endosulfán I}/tENDOSULF = 0.08$; $\text{Endosulfán II}/tENDOSULF = 0.03$ y por último $\text{Endosulfán Sulfato}/tENDOSULF = 0.88$ (Anexo 1), muy cercano a la unidad, indicando una rápida ruta de degradación para llegar a Endosulfán Sulfato, confirmando la larga permanencia de éste plaguicida en el área, además de su continua dosificación por el valor encontrado en Endosulfán I, pasando en poco tiempo a Endosulfán II en forma transitoria y finalizando en Endosulfán Sulfato de gran persistencia.

PLAGUICIDAS EN PASTOS DEL SISTEMA CANDELARIA-PANLAU

La vegetación costera que emerge en los márgenes de los sistemas fluvio-lagunares está cubierta principalmente por mangles y en la boca del Sistema Candelaria-Panlau la vegetación sumergida está representada principalmente por grandes praderas de *Thalassia testudinum*, en cambio en el interior del mismo se encuentra *Ruppia maritima*. Del mismo modo existen grandes extensiones cubiertas de macroalgas del tipo Phaeophyceae como *Gracilaria* sp.

(Amezcuca, 1978; Yáñez *et al.*, 1983). Los "ceibadales" o pastos especialmente los de *Thalassia*, *Halodule*, *Ruppia* y *Syringodium* según Odum (1957); forman un tipo especial de vegetación en las costas del mundo, ya que sus poblaciones forman complejas comunidades, en las que habita una gran variedad de organismos que las utilizan como base nutritiva al estar formadas por proteínas, carbohidratos, fibras crudas, y algunos aminoácidos siendo los más importantes los ácidos aspártico, glutámico, la arginina, lisina y leucina. Sus rizomas y raíces ayudan en gran parte a la estabilización de partículas sueltas que aumentan considerablemente la proporción del sedimento.

En los pastos del Sistema Candelaria-Panlau, se analizaron los plaguicidas de la familia de los DDT's, detectando al progenitor p,p'-DDT en la Estación (04) Panlau, en *Halodule* sp., con un valor de 85.76 ng/g. En cuanto al metabolito p,p'-DDE se reconoció en el 60% de las muestras, encontrando también un valor elevado de 184.6 ng/g en la Estación (04) Panlau y justamente en la fanerógama *Halodule* sp. De acuerdo con Lot-Helgueras (1971) la fanerógama *Halodule wrightii* es más frecuente en áreas someras con sedimento arenoso-limoso y condiciones ambientales extremas en cuanto a temperatura y salinidad; esto coincide con nuestra investigación ya que debido a la influencia de los ríos las condiciones ambientales varían frecuentemente. Además la estación (04) Panlau se trabajó en la época de lluvias (junio de 1988) y probablemente las altas concentraciones de plaguicidas encontrados tienen relación con los factores de temperatura, turbiedad, corriente y oleaje.

En segundo lugar se tiene la Estación (05) Río Candelaria con 19.7 ng/g en *Nimphaea* sp., pasto típicamente dulceacufcola, y por último un mínimo valor se registró en la Estación (06) Río Mamantel con 1.64 ng/g contenido en la fanerógama *Ruppia* sp., los datos produjeron una media aritmética de 68.65 y una Desviación Estándar de 100.82, los valores oscilaron entre 1.64-184.6 ng/g respectivamente (Gráfica 16, Tabla 17). Por otro lado, no se detectó el metabolito p,p'-DDD. Las proporciones encontradas en éstos compuestos fueron: DDT/tDDT = 0.29, DDE/tDDT = 0.706 y por último DDD/tDDT = 0 (Gráfica 16A, Tabla 17A). La dispersión de los valores encontrados en el Sistema, reafirman lo expresado por Moriarty (1975), donde informa que las concentraciones de compuestos organoclorados tales como el DDT, DDE y PCB's detectados en muestras de plantas terrestres o acuáticas, varían ampliamente de acuerdo a la exposición al plaguicida ya sea en polvo, rocío ó también a la descarga de efluentes.

En cuanto al comportamiento de la familia de los Hexaclorociclohexanos, el valor más sobresaliente lo registramos en el Alfa BHC para la Estación (04) Panlau con 39.08 ng/g en pastos de *Halodule* sp., en orden descendente observamos la estación (03) Río Candelaria con 19.1 ng/g en *Ruppia* sp., posteriormente encontramos la estación (05) Río Candelaria con 17.9 ng/g en *Nimphaea* sp., los datos generados de ésta información nos proporcionaron una media de 23.36 y una Desviación Estándar de 11.9. Del mismo modo el plaguicida Gama BHC, se detectó únicamente en el 40% de las muestras, aportando un valor máximo en la estación (04) Panlau con 49.09 ng/g en la fanerógama *Halodule* sp., finalmente en menor concentración se registró en la estación (05) Río Candelaria con 12.7 ng/g en *Nimphaea* sp., con una media de 30.89 y una Desviación Estándar de 25.73 (Gráfica 16, Tabla 17). Sin embargo, no se encontró el isómero Beta BHC, por lo tanto la relación existente entre la suma total de éstos compuestos (tBHC) fué la siguiente: Alfa BHC/tBHC = 0.55, Gama BHC/tBHC = 0.45 y por último Beta BHC/tBHC = 0 (Anexo 1), lo cual sugiere una degradación de los compuestos por un lado y por otro se observa que han transcurrido algunos meses desde la última aplicación de BHC.

Dentro de la familia de los plaguicidas Ciclodiénicos no se detectó el Heptacloro, sin embargo registramos a su metabolito Heptacloro Epóxido que se presentó en el 60% de las muestras, su valor más notable lo encontramos en la Estación (05) Río Candelaria con 90.5 ng/g en *Nimphaea* sp., en segundo lugar se tiene la Estación (04) Panlau con 18.6 ng/g en la fanerógama *Halodule* sp., por último tenemos la Estación (03) Río Candelaria con 7.95 ng/g en *Ruppia* sp., la media de éstos datos fué de 39.02 y una Desviación Estándar de ± 44.90 , el rango de concentraciones fluctuó entre 7.95 - 90.5 ng/g respectivamente. Continuando con los Ciclodiénicos el predecesor Aldrín se encontró en el 40% de las muestras, situándose en primer lugar la Estación (05) Río Candelaria con 266.8 ng/g en *Nimphaea* sp., en segundo lugar en menor concentración localizamos la estación (04) Panlau con 39.44 ng/g en la fanerógama *Halodule* sp., ésta información generó una media de 153.12 y una Desviación Estándar de 160.76, el rango de valores fluctuó de 39.44-266.8 ng/g respectivamente. En lo que concierne al metabolito Dieldrín, su valor más sobresaliente se localizó en la Estación (04) Panlau con 79.0 ng/g en *Halodule* sp., posteriormente la Estación Panlau con 4.42 ng/g en el pasto marino *Ruppia* sp., éstas concentraciones proporcionaron una media aritmética de 41.71 y una Desviación Estándar de 52.74 (Tabla 17, Gráfica 16), la relación existente entre la suma de los compuestos (tALDRIN) fué el siguiente: Aldrín/tALDRIN = 0.78 y Dieldrín/tALDRIN = 0.21 (Anexo 1), en las cuales se aprecia degradación de los compuestos y el valor de 0.78 de Aldrín indica que éste compuesto se ha aplicado recientemente.

**PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS
SISTEMA CANDELARIA PANLAU
GRAFICA 16 (P A S T O S)**

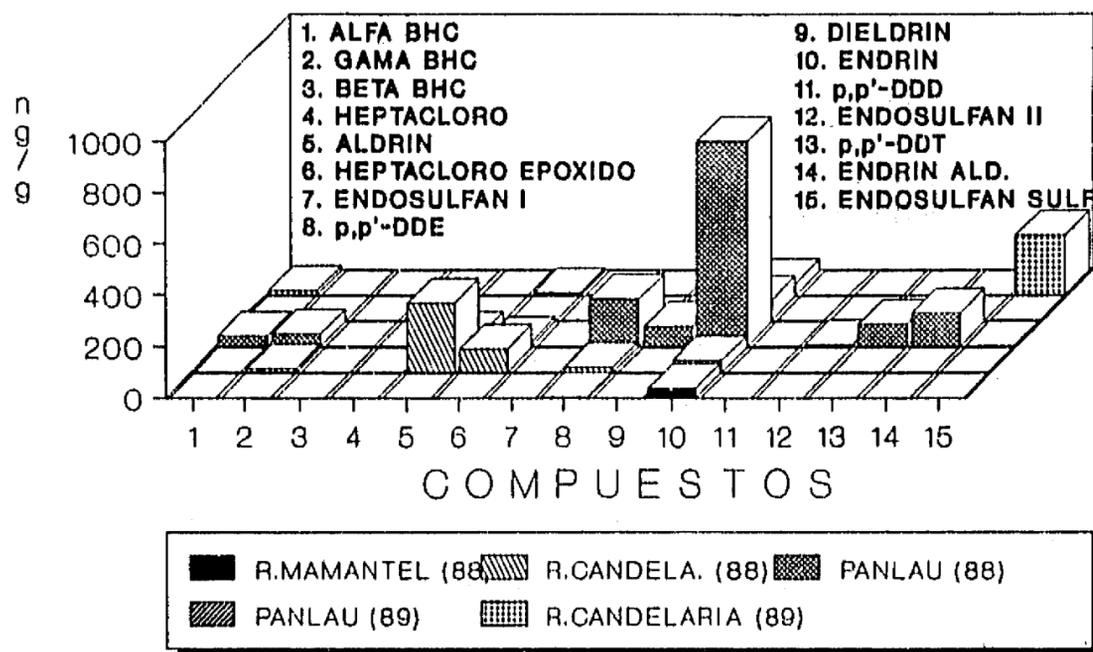


TABLA 17. Concentración de plaguicidas organoclorados (ng/g peso seco) en pastos del SISTEMA CANDELARIA PANLAU (L. Términos, Campeche.)

Compuestos determinados	E S T A C I O N E S					Media	D.E.	RANGO
	Junio de 1988			Febrero de 1989				
	R.MAMANTEL(06) Ruppia sp.	R.CANDELARIA(05) Nimphaea sp.	PANLAU(04) Halodule sp.	PANLAU Ruppia sp.	R.CANDELARIA (03) Ruppia sp.			
1. ALFA BHC	N.D	17.9	39.08	N.D	19.1	23.36	+11.90	(17.9-39.08)
2. GAMA BHC	N.D	12.7	49.09	N.D	N.D	30.89	+25.73	(12.7-49.09)
3. BETA BHC	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	--		
4. HEPTACLORO	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	--		
5. ALDRIN	N.D	266.8	39.44	N.D	N.D	153.12	+160.76	(39.44-266.8)
6. HEPTACLORO E.	N.D	90.5	18.6	N.D	7.95	39.02	+44.90	(7.95-90.5)
7. ENDOSULFAN I	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	--		
8. p,p'-DDE	1.64	19.7	184.6	N.D	N.D	68.65	+100.82	(1.64-184.6)
9. DIELDRIN	N.D	N.D	79.0	4.42	N.D	41.71	+52.74	(4.42-79.0)
10. ENDRIN	36.7	46.3	805.7	81.03	46.4	203.23	+337.21	(36.7-805.7)
11. p,p'-DDD	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	--		
12. ENDOSULFAN II	N.D	N.D	8.43	N.D	N.D	8.43	±	(8.43)
13. p,p'-DDT	N.D	N.D	85.76	N.D	N.D	85.76	±	(85.76)
14. ENDRIN ALDEHIDO	N.D	N.D	129.2	N.D	N.D	129.2	±	(129.2)
15. ENDOSULFAN S.	N.D	N.D	N.D	N.D	235.4	235.4	±	(235.4)
SUMA TOTAL	38.34	453.9	1438.9	85.43	308.85			

N.D. = No detectado

Siguiendo con los Ciclodiénicos, el metabolito Endrín derivado del Isodrín se presentó en el 100% de las muestras analizadas, éste metabolito aportó la más alta concentración en la Estación (04) Panlau con 805.70 ng/g en la fanerógama *Halodule* sp., en menor concentración se localizó la Estación Panlau con 81.03 ng/g en *Ruppia* sp., en cambio las estaciones (03) y (05) Río Candelaria con *Ruppia* sp., y *Nimphaea* sp., registraron concentraciones similares 46.4 y 46.3 ng/g, finalmente la Estación (06) Río Mamantel con 36.7 ng/g en *Ruppia* sp., los datos descritos proporcionaron una media de 203.23 y una Desviación Estándar de 337.21 (Tabla 17, Gráfica 16), los valores fluctuaron entre 36.7-805.7 ng/g respectivamente. Por otra parte el metabolito Endrín Aldehído, se detectó únicamente en la estación (04) Panlau con un valor considerable de 129.2 ng/g en el pasto *Halodule* sp. (Tabla 17, Gráfica 16). Al establecer la relación entre la suma de los dos metabolitos (tENDRIN = Endrín + Endrín Aldehído), encontramos lo siguiente: Endrín/tENDRIN = 0.89 y Endrín Aldehído/tENDRIN = 0.11 (Anexo 1) como puede observarse la proporción del Endrín se presenta en forma significativa muy cercano a la unidad, indicando que la aplicación del mismo es reciente, corroborando la dosificación en ésta época de grandes cantidades de éste compuesto a cultivos de maíz y forraje para el ganado.

Finalizando con el grupo de los Ciclodiénicos, se nota la ausencia del predecesor Endosulfán I, en cambio se encontró a su metabolito Endosulfán II en la estación (04) Panlau con 8.43 ng/g en la fanerógama *Halodule* sp. Sin embargo, la más alta concentración la registra el metabolito Endosulfán Sulfato en la estación (03) Río Candelaria con 235.4 ng/g en pastos de *Ruppia* sp. (Tabla 17, Gráfica 16). A pesar de que aparecieron pocos datos, se estableció la relación de la suma de ambos metabolitos (tENDOSULFAN = Endosulfán II + Endosulfán Sulfato) los cuales nos dieron lo siguiente: Endosulfán II/tENDOSULFAN = 0.03 y Endosulfán Sulfato/tENDOSULFAN = 0.97 (Anexo 1); es muy importante resaltar éstas relaciones, ya que la proporción del Endosulfán Sulfato es altamente significativa y muy cercano a la unidad. Como ya se señaló el Endosulfán se está aplicando en forma continua en el área por el cultivo del arroz, sin embargo, al parecer en este caso los pastos reflejan que ha transcurrido un tiempo considerable desde la última aplicación, dando lugar a la degradación de su último metabolito Endosulfán Sulfato, ésta degradación sugiere que el plaguicida tiene algunos años de estarse aplicando. Es importante resaltar el cambio radical que se observa en el comportamiento de las concentraciones de plaguicidas en la época de lluvias (junio-octubre) con respecto a la estación de sequía (febrero-mayo). Si bien datos del presente trabajo corresponden al inicio de las lluvias, se observan concentraciones considerables, destacándose por sus altos valores la estación (04) Panlau, en toda ésta época los organoclorados sobresalientes fueron el Aldrín, Dieldrín, Endrín, Endrín Aldehído y p,p'-DDE. Sin embargo a pesar de las condiciones de escurrimientos, turbulencia y oleaje no se detectó Beta BHC, Heptacloro, Endosulfán I, Endosulfán sulfato y p,p'-DDD. Por otro lado en las estación de secas el único compuesto que se mantuvo constante fué el Endrín, el Endosulfán Sulfato también sobresalió, mínimas cantidades de Alfa BHC y Heptacloro Epóxido se presentaron. La poca diversidad de los compuestos organoclorados en ésta área puede deberse al tipo de sustrato que conforma el Sistema Candelaria Panlau, de acuerdo con (Amezcuca-Linares *et al.*, 1980 y Páez-Osuna *et al.*, 1987) el Río Candelaria es el segundo sistema de importancia que fluye a la Laguna de Términos y recoge gran parte de las aguas de la provincia carbonatada, encontrando en algunas áreas como Puerto Real 70% de carbonato de calcio. Estos sistemas también se caracterizan por presentar mayor transparencia de sus aguas, apoyando esta aseveración Vázquez-Yanez (1971) señala que el pasto *Ruppia* marítima característico de aguas salobres prefiere aguas claras y poco profundas donde forma bancos muy amplios conocidos como "ceibadales"; coincidiendo con lo reportado en ésta investigación ya que el pasto predominante fué *Ruppia* sp., seguido de *Halodule* sp., y *Nimphaea* sp., que toleran menor salinidad que la primera, lo cual indica que se encuentran al fondo del sistema.

De lo anterior se deduce, que a pesar de predominar los carbonatos y poco sedimento fino, algunos plaguicidas persistentes permanecen en cantidades considerables, reflejando una dosificación constante para preservar los cultivos de maíz, arroz, caña de azúcar que más se practican en la zona de estudio, confirmándolo la alternancia de las épocas de lluvias y estiaje.

PLAGUICIDAS EN PECES DEL SISTEMA CANDELARIA-PANLAU

Dentro de los componentes comunitarios de peces del Sistema Candelaria Panlau, Amezcuca-Linares (1978) encontró 15 especies reconocidas como visitantes ocasionales, 17 especies que utilizan el habitat como áreas de crianza y/o para alimentarse y 4 especies como residentes permanentes.

En submuestras de tejido de peces de la especie *Arius melanopus*, se analizaron los plaguicidas organoclorados de la familia de los DDT's presentándose en un 70%, 43% y 14%, el precursor p,p'-DDT cuya máxima concentración se detectó en la estación (01) Sistema Candelaria con 236.04 ng/g; valores parecidos se localizaron en las estaciones (03) Panlau, Alto Panlau con 55.83 y 40.55 ng/g; concentraciones menores encontramos en la estación (05) Rfo Candelaria con 21.81 ng/g y (04) Panlau con 5.06 ng/g respectivamente. El valor promedio de éstos datos fué de 71.86 ng/g, una Desviación Estándard de ± 93.75 y un rango de 5.06- 236.04 ng/g. Por otro lado para el metabolito p,p'-DDE valores destacados se localizaron en la estaciones (03) Panlau, (05) Rfo Candelaria con 67.3 y 65.24 ng/g respectivamente, un valor mínimo se presentó en la estación Alto Panlau con 17.0 ng/g, el valor promedio de éstos valores fué de 49.85 y una Desviación Estándard de ± 28.46 , el rango de valores fluctuó entre 17.0-67.3 ng/g. Sin embargo para el metabolito p,p'-DDD un solo valor de 20 ng/g apareció en la estación (05) Rfo Candelaria (Gráfica 18, Tablas 19, 19A). La sumatoria del precursor DDT y sus metabolitos (tDDT = p,p'-DDT+p,p'-DDE+p,p'-DDD) arrojaron las siguientes relaciones: p,p'-DDT/tDDT = 0.68; p,p'-DDE/tDDT = 0.28 y p,p'- DDD/tDDT = 0.04 (Anexo 1); las cuales indican la mayor proporción del p,p'-DDT, sugiriendo una aplicación reciente del producto.

En cuanto a la familia de los Hexaclorociclohexanos éstos ocurrieron con una frecuencia de un 71% en tejido de *Arius melanopus*; en primer plano tenemos al Alfa BHC cuyo valor más preponderante correspondió a la estación (06) Rfo Mamantel con 26.18 ng/g, concentraciones similares se detectaron en las estaciones (01) Sistema Candelaria, (05) Rfo Calendaria con 11.7 y 8.51 ng/g en ambos lugares, valores mínimos se localizaron en las estaciones (03) Panlau, Cuenca Central Panlau con 4.9 y 1.79 ng/g respectivamente. Los datos anotados proporcionaron un valor medio de 10.62, una Desviación Estándard de ± 9.46 y rango de valores que oscilaron entre 1.79-26.18 ng/g. Del mismo modo el isómero Gama BHC presentó su máxima expresión en la Estación (01) Sistema Candelaria con 36.33 ng/g, similares concentraciones se detectaron en las estaciones (04) Panlau, Alto Panlau de 16.42 y 10.42 ng/g, mínimos valores aparecieron en las estaciones (05) Rfo Candelaria, (03) Panlau con 7.02 y 3.5 ng/g respectivamente. Los datos generaron una media de 14.74, una Desviación Estándard de ± 12.98 y un rango de 3.5-36.33 ng/g. En tercer plano se observó el Beta BHC presentando su valor más notable en la estación (01) Sistema Candelaria con 26.26 ng/g, siguiendo en orden de importancia la estación (03) Panlau con 18.34 ng/g, valores análogos comparecieron en las estaciones Cuenca Central Panlau, Alto Panlau con 6.13 y 5.54 ng/g, el valor más bajo apareció en la estación (04) Panlau con 1.54 ng/g (Gráfica 18, Tabla 19), éstos datos proporcionaron un valor medio de 11.56, una Desviación Estándard de ± 10.35 y un rango que osciló entre 1.54-26.26 ng/g (Tabla 19A). La suma de los isómeros (tBHC = Alfa BHC+Gama BHC+Beta BHC) ofrecieron las siguientes proporciones: Alfa BHC/tBHC = 0.29; Gama BHC/tBHC = 0.41; Beta BHC/tBHC = 0.31 (Anexo 1), en las que se detecta un valor ligeramente mayor en el Gama BHC, lo cual indica probables aplicaciones recientes de BHC.

De lo anterior se concluye que la alta frecuencia encontrada del BHC (71%), probablemente se deba a su alta solubilidad ya que de esta forma puede permanecer suspendido en la columna de agua facilitando su ingestión por los peces. En lo que concierne a la familia de los organoclorados Ciclodiénicos también en tejido de *Arius melanopus*; se analizaron en primer lugar al Heptacloro el cual ocurrió con una frecuencia de un 85%, su valor más alto se presentó en la estación (06) Rfo Mamantel con 94.42 ng/g, valores afines se localizaron en las estaciones (01) Sistema Candelaria, (04) Panlau con 43.15 y 33.16 ng/g, en igual forma encontramos las estaciones Alto Panlau, Panlau con 22.11 y 18.5 ng/g, en menor concentración se manifestó en la estación Cuenca Central Panlau con 5.0 ng/g (Gráfica 18, Tabla 19). El valor promedio de éstos valores fué de 36.06, una Desviación Estándard de ± 31.41 , el rango de valores fluctuó entre 5.0-94.42 ng/g (Tabla 19A). Siguiendo con la misma familia el Heptacloro Epóxido se presentó en un 71% de las submuestras de músculo de *Arius melanopus*, alcanzando su máxima concentración en la estación (05) Rfo Candelaria con 1,684.4 ng/g, continuando en orden de importancia las estaciones (04) Panlau, (01) Sistema Candelaria, con 93.26 y 66.24 ng/g en ambos lugares, concentraciones menores se observaron en las estaciones (03) Panlau, Cuenca Central Panlau con 25.96 y 16.0 ng/g respectivamente (véase Gráfica 18, Tabla 19). Los datos anotados produjeron un valor medio de 377.20, una Desviación Estándard de ± 731.41 y un rango que osciló entre 16.0-1684.4 ng/g (Tabla 19A). La suma del Heptacloro y su Epóxido (tHEPTACLS = Heptacloro+Heptacloro Epóxido) nos ofrecieron lo siguiente: Heptacloro/tHEPTACLS = 0.103; Heptacloro Epóxido/tHEPTACLS = 0.90 (Anexo 1), observando al Heptacloro Epóxido con un valor cercano a la unidad, indicando degradación del Heptacloro y sugiriendo que ha transcurrido un tiempo considerable desde la aplicación del producto.

**PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS
SISTEMA CANDELARIA PANLAU
GRAFICA 18 (P E C E S)**

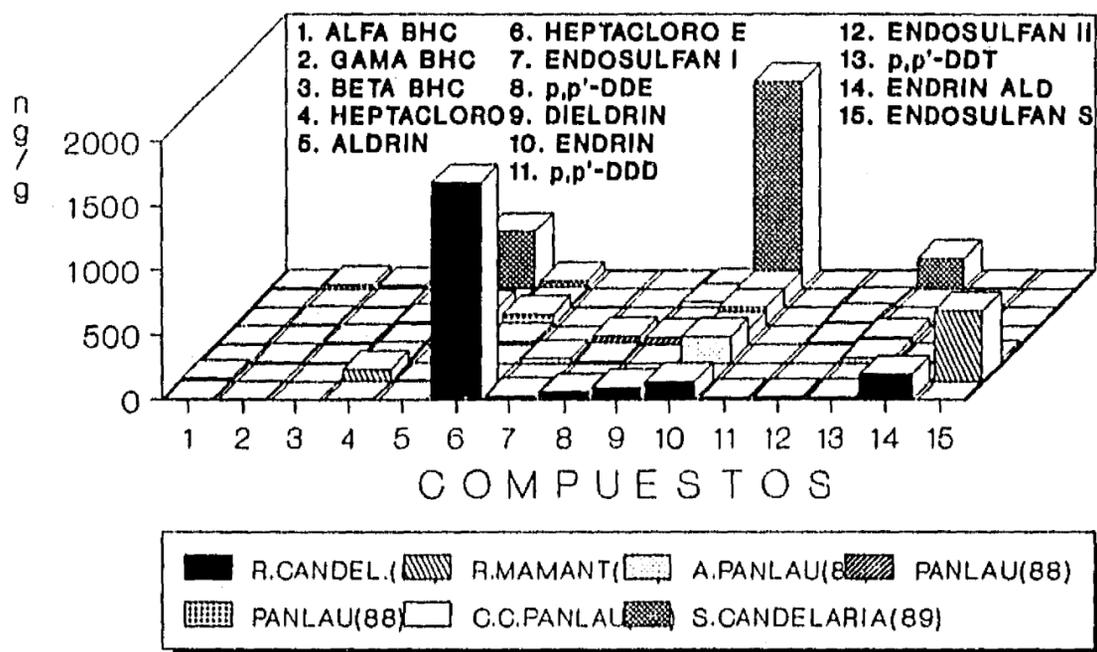


TABLA 19. Concentración de plaguicidas organoclorados (ng/g peso seco)
en peces del SISTEMA CANDELARIA PANLAU (L. de Términos, Campeche).

Compuestos determinados	E S T A C I O N E S						
	Junio de 1988		Septiembre 1988			FEBRERO 1989	
	R.CANDELARIA(05) A. melanopus	R.MAMANTEL(06) A. melanopus	ALTO PANLAU A.melanopus	PANLAU(03) A.melanopus	PANLAU(4) A.melanopus	C.C.PANLAU A.melanopus	S.CANDELARIA(01) A.melanopus
1. ALFA BHC	8.51	26.18	N.D	4.9	N.D	1.79	11.7
2. GAMA BHC	7.02	N.D	10.42	3.5	16.42	N.D	36.33
3. BETA BHC	N.D	N.D	5.54	18.34	1.54	6.13	26.6
4. HEPTACLORO	5.0	94.42	22.11	18.5	33.16	N.D	43.15
5. ALDRIN	3.11	11.20	2.13	29.06	136.4	5.8	450.6
6. HEPTACLORO E. 1684.4		N.D	N.D	25.96	93.26	16.0	66.4
7. ENDOSULFAN I	32.09	N.D	37.1	N.D	N.D	6.7	N.D
8. p,p'-DDE	65.24	N.D	17.0	67.3	N.D	N.D	N.D
9. DIELDRIN	97.0	N.D	N.D	55.68	N.D	41.04	17.0
10. ENDRIN	143.6	N.D	204.17	111.62	143.05	141.25	1617.07
11. p,p'-DDD	20.0	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
12. ENDOSULFAN II	24.0	N.D	N.D	19.7	29.7	14.12	N.D
13. p,p'-DDT	21.81	N.D	40.55	55.83	5.06	N.D	236.04
14. ENDRIN ALD.	199.7	N.D	12.45	N.D	N.D	N.D	6.5
15. ENDOSULFAN S.	N.D	545.96	31.84	N.D	N.D	N.D	N.D
SUMA TOTAL	2311.48	677.76	387.31	410.39	459.13	232.83	2511.39

TABLA 19A. PLAGUICIDAS EN LA ESPECIE (*Arius melanopus*) SIS EMA CANDELARIA PANLAU, LAGUNA DE TERMINOS, CAMPECHE (5 ejemplares por muestra).

Compuestos determinados	MEDIA	DESVIACION ESTANDARD	RANGO
1. ALFA BHC	10.62	± 9.46	(1.79 - 26.18)
2. GAMA BHC	14.74	± 12.98	(3.5 - 36.33)
3. BETA BHC	11.56	± 10.35	(1.54 - 26.6)
4. HEPTACLORO	36.06	± 31.41	(5.0 - 94.42)
5. ALDRIN	91.18	± 165.56	(2.13 - 450.6)
6. HEPTACLORO EPOXIDO	377.20	± 731.41	(16.0 - 1684.4)
7. ENDOSULFAN I	25.30	± 16.3	(6.7 - 37.1)
8. p,p'-DDE	49.85	± 28.46	(17.0 - 67.3)
9. DIELDRIN	52.68	± 33.57	(17.0 - 97.0)
10. ENDRIN	393.46	± 600.20	(143.6 - 1617.07)
11. p,p'-DDD	20.0	±	(20.0)
12. ENDOSULFAN II	21.88	± 6.60	(14.12 - 29.7)
13. p,p'-DDT	71.86	± 93.75	(5.06 - 236.04)
14. ENDRIN ALDEHIDO	72.88	± 109.87	(6.5 - 199.7)
15. ENDOSULFAN SULFATO	288.90	± 363.54	(31.84 - 545.96)

Siguiendo dentro de la familia de los Ciclodiénicos el Aldrín se presentó en el 100% de las submuestras de tejido de *Arius melanopus*, distinguiéndose por su relevante concentración la estación (01) Sistema Candelaria con 450.6 ng/g en la época de "nortes" (febrero), siguiéndole en orden descendente las estaciones (04) Panlau, (03) Panlau y (06) Río Mamantel con 136.4, 29.06 y 11.20 ng/g en la época de lluvias (junio-septiembre), mínimas concentraciones se detectaron en las estaciones Cuenca Central Panlau, (05) Río Candelaria, Alto Panlau con valores de 5.8, 3.11 y 2.13 ng/g respectivamente (ver Gráfica 18, Tabla 19). Los datos anotados generaron una media de 91.18, una Desviación Estándar de ± 165.56 y un rango que fluctuó entre 2.13-450.6 ng/g (Tabla 19A). Con una frecuencia de 57% se presentó el plaguicida Dieldrín, cuyo valor más destacado apareció en la estación (05) Río Candelaria época de lluvias (junio), por otro lado se observaron concentraciones análogas en las estaciones (03) Panlau (lluvias), estación Cuenca Central Panlau "nortes" con 55.68 y 41.04 ng/g en ambos sitios, un mínimo valor surgió en la estación (01) Sistema Candelaria con 17.0 ng/g (ver Gráfica 18, Tabla 19). Se encontró un valor promedio de 52.68, una Desviación Estándar de ± 33.57 y un rango que osciló entre 17.0-97.0 ng/g (Tabla 19A). La suma de ambos metabolitos (tALDRIN = Aldrín + Dieldrín) produjo las siguientes relaciones: Aldrín/tALDRIN = 0.75; Dieldrín/tALDRIN = 0.25 (Anexo 1), advirtiendo un valor cercano a la unidad en el Aldrín, indicando que éste producto ha sido asignado recientemente al área de estudio.

Continuando con la misma familia, el Endrín proveniente del Isodrín ocurrió en un 85%, en muestras de tejido de peces de la especie *Arius melanopus*, el valor más importante se localizó en la estación (01) Sistema Candelaria con 1,617.07 ng/g durante la época de "nortes" (febrero), siguiéndole en orden de importancia la estación Alto Panlau con 204.17 ng/g época de lluvias (junio-septiembre), valores afines se presentaron en las estaciones (05) Río Candelaria, (04) Panlau, Cuenca Central Panlau época de "nortes", (03) Panlau con 143.6, 143.05, 141.25 y 111.62 ng/g respectivamente (Gráfica 18, Tabla 19). Los datos apuntados generaron un promedio de 393.46, una Desviación Estándar de ± 600.20 y un rango que osciló de 111.62-1617.07 ng/g (Tabla 19A). Así mismo el metabolito Endrín Aldehído ocurrió con una frecuencia de 42%, manifestándose su valor más alto en la estación (05) Río Candelaria con 199.7 ng/g durante la época de lluvias (junio), valores mínimos se observaron en las estaciones Alto Panlau, (01) Sistema Candelaria con 12.45 y 6.5 ng/g en ambos lugares (Gráfica 18, Tabla 19). Este grupo de valores proporcionó un promedio de 72.88, una Desviación Estándar de ± 109.87 y su rango fluctuó entre 6.5-199.7 ng/g (Tabla 19A). La suma de los metabolitos (tALDRIN = Endrín + Endrín Aldehído) dieron las siguientes relaciones: Endrín/tENDRIN = 0.91; Endrín Aldehído/tENDRIN = 0.08 (Anexo 1), en las cuales observamos al Endrín muy cercano a la unidad, lo cual sugiere que éste plaguicida ha sido aplicado recientemente a la zona de estudio ya que la degradación es mínima 0.08.

Finalizando con los representantes de la familia de los clorados Ciclodiénicos, el Endosulfán I tuvo una frecuencia del 43%, en submuestras de tejido de *Arius melanopus*, valores similares se localizaron en las estaciones Alto Panlau, (05) Río Candelaria con 37.1 y 32.09 ng/g en ambos sitios, un mínimo valor se detectó en la estación Cuenca Central Panlau con 6.7 ng/g (Gráfica 18, Tabla 19). Los datos apuntados generaron un valor promedio de 25.30, una Desviación Estándar de ± 16.30 y un rango de 6.7-37.1 ng/g (Tabla 19A). En cuanto al Endosulfán II al parecer sus valores son más homogéneos, observándose valores análogos en las estaciones (04) Panlau, (05) Río Candelaria con 29.7 y 24.0 ng/g en ambos lugares, también valores afines encontramos en las estaciones (03) Panlau, Cuenca Central Panlau con 19.7 y 14.12 ng/g respectivamente (Gráfica 18, Tabla 19). Las concentraciones descritas dieron lugar a un valor promedio de 21.88, una Desviación Estándar de ± 6.60 y un rango de 14.12-29.7 ng/g (Tabla 19A). Finalmente en lo referente al metabolito Endosulfán Sulfato éste ocurrió con un porcentaje de 28%, presentando la más alta concentración de éste grupo en la estación (06) Río Mamantel con 545.96 ng/g, un mínimo valor se localizó en la estación Alto Panlau con 31.84 ng/g. Los datos mencionados dieron un promedio de 288.90, una Desviación Estándar de ± 363.54 y un rango que osciló entre 31.84-545.96 (Tabla 19A). La suma del Endosulfán I y sus metabolitos (tENDOSULF = Endosulfán I + Endosulfán II + Endosulfán Sulfato) ofrecieron las siguientes relaciones: Endosulfán I/tENDOSULF = 0.10; Endosulfán II/tENDOSULF = 0.12; Endosulfán Sulfato/tENDOSULF = 0.78 (Anexo 1), en las cuales se observa un alto valor en el Endosulfán Sulfato y valores análogos en Endosulfán I y II, lo cual indica que hay degradación de los compuestos y que el tiempo transcurrido desde la última aplicación del precursor Endosulfán I ha sido considerable.

A pesar de que hubo mayor número de estaciones muestreadas durante la época de lluvias (junio-septiembre) y menor número en la de época de "nortes" se observó una cierta analogía en las concentraciones de ambas épocas, esto es comprensible ya que en ambas situaciones hay fenómenos de turbulencia, que permiten mantener en constante actividad la columna de agua, aumentando la accesibilidad de los organoclorados a los organismos que habitan el Sistema. Según Moriarty (1975) muchos contaminantes pueden estar asociados con partículas y los efectos

de turbulencia pueden incrementar el tiempo de exposición, sin embargo la tasa de entrada a los organismos dependerá del estado físico del contaminante.

La especie *Arius melanopus* de acuerdo con Amezcua-Linares (1978) se encuentra en cifras significativas en los 4 sistemas fluvio-lagunares, presentando su mayor densidad en Candelaria-Panlau y Pom-Atasta, próximos a las bocas de la Laguna de Términos asociado a bancos de ostión y depredando sobre *Crassostrea virginica*. El mismo autor señala que *A. melanopus* en ciertas épocas del año se convierte en consumidor de tercer orden, es decir exclusivamente carnívoro. En la especie *Ariopsis caerulescens* análoga a la anterior Díaz-González *et al.* (1988) indican que éste organismo incluye en su dieta crustáceos, peces e insectos comportándose como un consumidor secundario, residente permanente en las lagunas costeras con alto poder de supervivencia debido a sus hábitos bocaincubadores. Con base en lo anterior éste organismo podría ser el ideal para monitorear compuestos organoclorados justamente en la época previa al desove, cuando ésta especie tiene mayor contenido de lípidos.

En lo que respecta al precursor p,p'-DDT, de acuerdo con Murty (1986) el p,p'-DDT es raramente registrado en muestras ambientales ya que por lo general el metabolito p,p'-DDE es el principal componente de la suma total del DDT (tDDT), sin embargo Butler *et al.* (1979) apuntan que cuando el p,p'-DDT es alto, es indicativo de una reciente contaminación, captada a través de la materia particulada ó directamente del sedimento como sucede en los organismos bentónicos. Esta aseveración coincide con la presente tesis, ya que los valores promedio encontrados fueron mayores para el p,p'-DDT.

El p,p'-DDE fué dos veces menor que su progenitor p,p'-DDT y el p,p'-DDD 17 veces menor; el valor total del DDT (tDDT) fué de 528.83 ng/g peso seco, por otro lado Stout *et al.* (1981) reportan que los máximos valores de tDDT encontrados en tejido muscular del pez roca y sable de la Bahía de Santa Mónica, California, estuvieron en un rango de 20 - 75 ppm peso húmedo, de 4 a 15 veces arriba del límite establecido por la FDA, sin embargo al parecer hay una tendencia a la baja del DDT, apoyando ésta idea Mearns *et al.* (1988) afirman que en las costas de E.U.A., los compuestos del DDT han declinado dramáticamente a partir de 1970. Los mismos autores explican que la FDA ha establecido límites permisibles para consumo humano de 5 ppm peso húmedo (1 ppm peso seco) de tDDT. Por otra parte al parecer esto no sucede en nuestro país, Albert (1988) informa que frecuencias elevadas de DDT pueden deberse al uso continuo de este compuesto en el país, ya que todavía en 1986 se producían en México cerca de 4,000 toneladas anuales. De lo anterior se desprende que los valores aquí presentados a pesar de que alcanzan 0.5 ppm, no rebasan los límites establecidos por la FDA; sin embargo, éste tipo de contaminación puede agravarse cuando los organismos son consumidos por amplios sectores de la población. Las tendencias cambiantes en los niveles de contaminantes en cualquier población es difícil de discernir, debido a las grandes variaciones de concentración entre las muestras, que requieren análisis de mayor tamaño de muestra y a su vez mayor esfuerzo. Para resolver ésta dificultad, Kaiser (1982) usó las proporciones de los contaminantes (DDT/tDDT, DDE/tDDT y DDD/tDDT) (en éste caso lamprea y su hospedero) con ambas especies y entre dos cadenas tróficas de especies relacionadas para ganar un mayor grado de exactitud y determinar la abundancia del contaminante. Tales proporciones de acuerdo al autor mencionado, son análogos al uso de estándar interno e incrementa la exactitud, reduciendo el número de muestras requeridas. La importancia de éstas relaciones ha cobrado bastante auge, así se tiene que en áreas costeras de Kuwait, Villeneuve *et al.* (1987) han usado el cociente de los resultados del DDE sobre los PCB's, sugiriendo que si hay predominio del DDE los contaminantes provienen de áreas agrícolas en cambio si son los PCB's éstos son de origen industrial.

La familia de los Hexaclorociclohexanos como ya se señaló, se presentaron en forma más o menos homogénea a través de sus tres isómeros, sobresaliendo el Gama BHC en la época de "nortes" con 36.33 ng/g peso seco, seguido del Alfa BHC con 26.18 en la época de lluvias y Beta BHC con 21.26 ng/g en la época de "nortes"; a pesar de que las condiciones meteorológicas en cierto modo son paralelas, dominan los "nortes" al menos en el Gama BHC. Hay una variedad de factores que determinan esta omnipresencia del BHC, una de ellas es que su presión de vapor es de 9.4×10^{-6} mm de Hg a 20 °C, nueve veces mayor que el DDT por lo que se convierte en uno de los compuestos más solubles de los organoclorados, dadas éstas propiedades, Ray *et al.* (1985) afirman que los BHC's se han aplicado en cantidades masivas en todo el mundo, y que debido a ese uso intensivo los BHC's son típicamente los hidrocarburos clorados más abundantes observados en las áreas atmosféricas marinas, sin embargo ésta frecuencia se centra en el promedio de partición entre Alfa y Gama BHC. Para tener una idea acerca de los valores encontrados en ésta investigación con los encontrados en otras zonas, Mearns (1988) reporta que el Gama BHC fue encontrado en el 16%

de peces estuarinos entre 1980-1981 en el área de Los Angeles, California y Río Colorado cerca de la frontera con México, en un rango de 2.0-30.0 ng/g peso seco; muy semejantes a las concentraciones encontradas en ésta investigación donde Alfa, Gama y Beta BHC fluctuaron desde 1.54- 36.33 ng/g. Por otro lado, Brown (1988) señala que los isómeros de BHC son los organoclorados menos tóxicos a los peces, debido a que se acumulan muy poco en sus tejidos ya que su vida media es de dos días, el mismo autor apunta que uno de los casos catastróficos que se recuerdan, fué el de una planta formuladora de éstos productos en Austin, Texas, USA cuyos desechos contaminaron el Río Colorado y provocaron la muerte masiva de bagres 140 millas río abajo. Sin embargo es importante recordar que los isómeros de BHC sobre todo el Gama, es un compuesto restringido porque se sospecha que es cancerígeno, por lo que a pesar de que su tasa de acumulación es baja no deben descartarse efectos nocivos sobre la población humana.

Es importante resaltar que dentro de los representantes Ciclodiénicos el Heptacloro y su epóxido, se vieron incrementados durante el periodo de lluvias en dos órdenes de magnitud en relación a la época de "nortes". Al parecer el lavado de las tierras influye bastante en éstas concentraciones, Wan *et al.* (1989) informan que el DDT, BHC y Heptacloro se usan con frecuencia en tierras donde se cultiva forraje para ganado lechero, caña de azúcar, frutales y producción de hortalizas. Esto podría explicar los altos valores encontrados, ya que ésta zona debido a la fertilidad de sus suelos se presta para este tipo de cultivos.

En cuanto a los límites de tolerancia de organoclorados Ciclodiénicos en tejido de peces para consumo humano, Mearns *et al.* (1988) señala que el criterio de la FDA para Heptacloro es de 0.3 ppm peso húmedo (0.06 ppm peso seco). El Heptacloro en la estación (06) Río Mamantel época de lluvias, sobrepasa ligeramente la norma establecida por la FDA. En cambio el Heptacloro Epóxido rebasó la norma en varias órdenes de magnitud en la estación (05) Río Candelaria durante la época de lluvias, afortunadamente las estaciones restantes están en el límite.

Las concentraciones de Aldrín fueron más altas en la época de "nortes" que en la de lluvias, sin embargo no observamos homogeneidad en los datos, ya que el rango fluctuó desde 2.13 - 450.6 ng/g peso seco, de acuerdo a Schoor (1981) en contadas ocasiones se encuentran altos valores de Aldrín debido a que es rápidamente metabolizado a Dieldrín y esto ocurre solo cuando la aplicación es reciente, esto probablemente justifica la heterogeneidad de los valores; abundando sobre el mismo tema Mearns (*op cit.*), el Proyecto de vigilancia béntica en el Sureste del Golfo de México y Costa Pacífica en 1984 detectaron valores promedio de 0.2 ng/g peso seco.

Por otro lado el Dieldrín alcanzó valores altos en la época de lluvias y ligeramente menores en época de "nortes", sin embargo se observaron concentraciones más uniformes en relación al Aldrín, según (Mearns *et al.*, 1988) el Dieldrín históricamente ha sido el Ciclodieno detectado con más frecuencia en peces de zonas costeras, en 10,000 muestras de tejido muscular encontraron un rango de 1.0 - 312.0 ng/g peso seco, 5 veces el límite de tolerancia de la FDA. En este caso el Dieldrín rebasó el límite de tolerancia de la FDA únicamente en la estación (03) Río Candelaria. De acuerdo con Brown (1978) el Dieldrín se usó intensivamente para controlar plagas del arroz en California causando la muerte de 60,000 peces en un año.

El plaguicida Endrín ha sido el compuesto que a lo largo de ésta investigación ha ocupado lugares importantes, en el área de estudio la concentración más notable se presentó en época de "nortes" con 1617.07 ng/g, aunque es un caso aislado ya rebasa en forma considerable los límites de tolerancia de la FDA, sin embargo en la época de lluvias los valores fueron de menor concentración pero más homogéneos con un rango de 111.62 - 204.17 ng/g peso seco y rebasando ligeramente la norma de tolerancia de la FDA. McEwen y Stephenson (1979) aseveran que el Endrín es el más tóxico de los pesticidas ciclodiénicos con un LD50 oral para ratas de aproximadamente 7 mg/kg y una toxicidad dérmica de 10 mg/kg. Por otro lado Brown (*op cit.*) reporta que el Endrín fué considerado como el mayor factor de muerte extensiva de peces en la parte baja del Río Mississippi en el otoño e invierno de 1960.

En lo relativo al grupo del Endosulfán, el valor más notable se observó en el metabolito Endosulfán Sulfato con 545.96 ng/g peso seco, Mearns *et al.* (1988) informan que el Endosulfán I, II y Endosulfán Sulfato se observaron en 4,500 muestras de peces marinos y estuarinos de Moss Landing, Monterey, County, California pero la frecuencia de éstos compuestos fué escasa y el valor más alto en el Endosulfán Sulfato fué de 240 ng/g peso seco y en su mayoría el rango fué de 4.2 - 10.40 ng/g peso seco.

En relación a la presente investigación, el rango de valores en Endosulfán I y Endosulfán II fué de 6.7 - 37.1 ng/g peso seco, en cambio en el Endosulfán Sulfato el rango fué de 31.84-545.96, los altos valores encontrados en ésta zona como ya se señaló se deben probablemente, al intenso cultivo del arroz y para preservarlo se utilizan grandes cantidades de éste producto. Por otro lado McEwen y Stephenson (1979) afirman que a pesar de que el Endosulfán es altamente tóxico para los peces, no se bioacumula en los tejidos como lo hacen el Endrín, Heptacloro y Heptacloro Epóxido y cuando se ha detectado Endosulfán Sulfato en tejido de animales se ha comprobado que permanece solo por breves periodos de tiempo.

PLAGUICIDAS EN SEDIMENTO DEL SISTEMA PALIZADA DEL ESTE

Los estudios sobre el Sistema Palizada realizados por Yáñez- Arancibia *et al.* (1983), reportan que en el área de Boca Chica existe un tipo de sedimento limo-arcilloso (sedimento fino) y un porcentaje menor del 40% de Carbonato de Calcio. Por otra parte Vera-Herrera *et al.* (1988) informan que el Sistema presenta un pulso en los valores de transparencia que va de un máximo en febrero y un mínimo en septiembre; identificando dos áreas de alta transparencia correspondientes a la Laguna del Vapor y a las regiones con vegetación sumergida de la Laguna del Este; mientras que el canal de Boca Chica y el Río Palizada presentaron los registros más bajos indicando claramente la fuente principal de sedimentos terrígenos.

En el sustrato sedimentario de la zona mencionada, se monitorearon quince plaguicidas organoclorados, ocurriendo en primer plano el p,p'-DDT en el 71% de las muestras analizadas, presentando sus valores más notables en las estaciones (10) Fondo Palizada Laguna del Vapor con 37.54 ng/g en la temporada de secas, Laguna del Este con 30.97 ng/g periodo de lluvias, con poca variación en sus concentraciones aparecieron las estaciones Boca Chica Palizada con 25.63 ng/g periodo de transición nortes-secas, (03) Fondo Laguna del Este con 22.97 ng/g temporada de lluvias y (02) Boca Chica con 19.47 ng/g temporada de transición nortes-secas. Los datos anotados generaron una media de 27.32, una Desviación Estándar de ± 7.09 y un rango de valores que oscilaron entre 19.47-37.54 ng/g respectivamente (Gráfica 15, Tabla 16). En lo que respecta al p,p'-DDE éste ocurrió con una frecuencia de 57% en las muestras colectadas, observándose una similitud en las estaciones Boca Chica periodo nortes-secas, (10) Fondo Palizada Laguna del Vapor temporada de secas con 5.74 y 4.93 ng/g respectivamente, las más bajas concentraciones se detectaron en las estaciones (03) Fondo Laguna del Este, Laguna del Este ambas en el periodo de lluvias con 2.93 y 0.07 ng/g respectivamente. Los datos citados reflejaron una media de 3.42, una Desviación Estándar de ± 2.52 y un rango que fluctuó entre 0.07-5.74 ng/g (Gráfica 15, Tabla 16). En cambio el metabolito p,p'-DDD ocurrió solo en el 42% de las estaciones analizadas, presentando su valor máximo en la estación (01) Boca Chica durante el periodo de lluvias, valores aproximadamente del mismo orden de magnitud se detectaron en las estaciones Boca Chica periodo de nortes-secas, (03) Fondo Laguna del Este temporada de lluvias con 18.95 y 14.93 ng/g respectivamente. Los datos generaron un valor promedio de 58.24, una Desviación Estándar de ± 71.64 y un rango que osciló entre 14.93-140.93 ng/g (Gráfica 15, Tabla 16).

La suma del progenitor más los metabolitos ($tDDT = p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD$) produjeron las siguiente información: $p,p'-DDT/tDDT = 0.42$; $p,p'-DDE/tDDT = 0.042$; $p,p'-DDD/tDDT = 0.54$ (Anexo 2), la similitud de los cocientes 0.42 y 0.54 sugieren un cierto equilibrio entre la constante aplicación del precursor p,p'-DDT y una cierta predominancia de su degradación a p,p'-DDD.

En relación a la familia de los Hexaclorociclohexanos en sedimentos del Sistema Palizada, se reconoció al Alfa BHC con una mínima frecuencia del 14%, localizándose su único valor en la estación (10) Fondo Palizada Laguna del Vapor con 6.95 ng/g durante la temporada de secas (Gráfica 15, Tabla 16). En cuanto al Beta BHC, éste apareció en el 42% de las muestras, presentando su valor más preponderante en la estación (10) Fondo Palizada Laguna del Vapor periodo de secas con 27.88 ng/g, siguiéndole en orden de importancia la estación Boca Chica nortes-secas con 7.24 ng/g, la más baja concentración se localizó en la estación (08) Laguna del Vapor periodo de lluvias con 1.75 ng/g. Los datos anotados generaron una media de 12.29, una Desviación Estándar de ± 13.78 y un rango de 1.75-27.88 ng/g (Gráfica 15, Tabla 16). Por otra parte el Beta BHC, se localizó en el 100% de las estaciones, presentando su máxima concentración en la estación (10) Fondo Palizada Laguna del Vapor periodo de secas con 66.04 ng/g, en orden descendente les siguen las estaciones (01) Boca Chica temporada de lluvias, Boca Chica periodo nortes-secas con 40.14 y 17.48 ng/g, concentraciones idénticas aparecieron en las estaciones (03) Fondo

**PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS
SISTEMA PALIZADA DEL ESTE
GRAFICA 15 (SEDIMENTOS)**

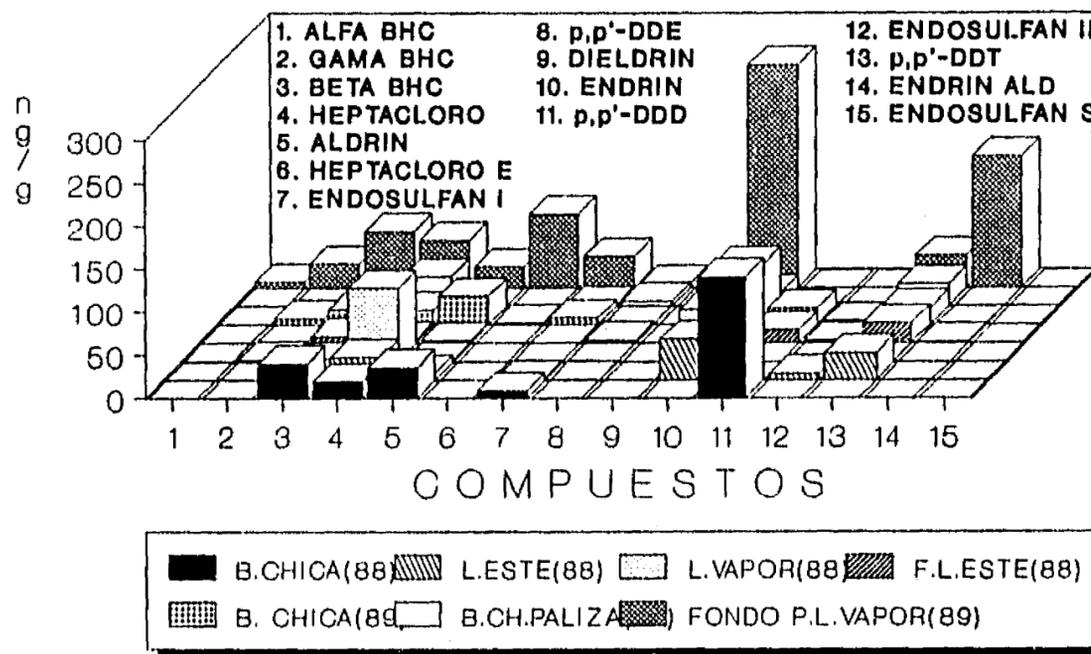


TABLA 16. Concentración de plaguicidas organoclorados (ng/g peso seco) en sedimentos recientes SISTEMA PALIZADA DEL ESTE (L. de Términos, Camp.)

Compuestos determinados	E S T A C I O N E S									
	Junio de 1988		Sept.1988		Febrero 1989		Marzo 1989			
	(01)	(02)	(08)	FONDO(03)	(02)	B.CHICA-(02)	F.PALIZADA(10)			
	B.CHICA	L.ESTE	L.VAPOR	L.ESTE	B.CHICA	PALIZADA	L.VAPOR	MEDIA	D.E.	RANGO
1. ALFA BHC	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	6.95	6.95 ±		(6.95)
2. GAMA BHC	N.D	N.D	1.75	N.D	7.24	N.D	27.88	12.29 ±	13.78	(1.75-27.88)
3. BETA BHC	40.14	2.73	0.66	7.38	17.48	7.37	66.04	20.26 ±	24.23	(0.66-66.04)
4. HEPTACLORO	19.33	26.22	85.47	3.48	16.8	34.38	55.57	34.46 ±	27.74	(3.48-85.47)
5. ALDRIN	35.7	7.66	1.36	2.38	32.76	N.D	24.41	17.38 ±	15.48	(1.36-35.7)
6. HEPTACLORO E	N.D	N.D	N.D	N.D	1.78	N.D	86.31	44.04 ±	59.77	(1.78-86.31)
7. ENDOSULFAN I	8.64	1.42	N.D	N.D	7.63	1.57	36.67	11.19 ±	14.63	(1.42-36.67)
8. p,p'-DDE	N.D	0.07	N.D	2.93	N.D	5.74	4.93	3.42 ±	2.52	(0.07-5.74)
9. DIELDRIN	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	--		
10. ENDRIN	N.D	47.27	60.1	66.72	69.46	15.12	260.72	86.56 ±	87.59	(15.12-260.72)
11. p,p'-DDD	140.93	N.D	N.D	14.93	18.85	N.D	N.D	58.24 ±	71.64	(14.93-140.93)
12. ENDOSULFAN II	N.D	7.38	N.D	2.5	3.94	N.D	N.D	4.61 ±	2.51	(2.5-7.38)
13. p,p'-DDT	N.D	30.97	N.D	22.97	19.47	25.63	37.54	27.32 ±	7.09	(19.47-37.54)
14. ENDRIN ALD.	N.D	N.D	N.D	1.18	0.6	N.D	153.64	51.81 ±	88.19	(0.6-153.64)
15. ENDOSULFAN S.	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	--		
Tipo de sedimento	F	F	F	F	F	F	F			
SUMA TOTAL	244.74	123.72	149.34	124.47	196.01	88.84	760.66			

N.D. = No detectado; F = Sedimento fino

Laguna del Este temporada de lluvias, (02) Boca Chica Palizada periodo de nortes-secas con 7.38 y 7.37 ng/g, valores mínimos se reconocieron en las estaciones Laguna del Este, (08) Laguna del Vapor ambas en época de lluvias con 2.73 y 0.66 ng/g respectivamente (Gráfica 15, Tabla 16). De la suma de los isómeros (α BHC = Alfa BHC+Gama BHC+Beta BHC) se desprende la siguiente información: Alfa BHC/ α BHC = 0.037; Gama BHC/ α BHC = 0.20; Beta BHC/ α BHC = 0.76 (Anexo 2), de donde la predominancia del Beta BHC indica degradación de los compuestos.

Dentro de los plaguicidas monitoreados en el Sistema Palizada del Este, el grupo de los plaguicidas Ciclodiénicos ocupa un lugar importante, presentándose en el 100% de las muestras el Heptacloro, cuyo valor más notable surgió en la estación (08) Laguna del Vapor época de lluvias con 85.47 ng/g, siguiendo en orden de importancia la estación (10) Fondo Palizada Laguna del Vapor temporada de secas con 55.57 ng/g, posteriormente en orden decreciente observamos las estaciones Boca Chica Palizada nortes-secas, Laguna del Este periodo de lluvias con 34.38 y 26.22 ng/g, concentraciones semejantes se reconocieron en las estaciones (01) Boca Chica temporada de lluvias, Boca Chica nortes-secas con 19.33 y 16.80 ng/g, el valor más bajo se detectó en la estación (03) Fondo Laguna del Este época de lluvias con 3.48 ng/g. Los valores anotados dieron un valor medio de 34.46, una Desviación Estándar de ± 27.44 y un rango que osciló entre 3.48-85.47 ng/g respectivamente (Gráfica 15, Tabla 16). Por otro lado su metabolito Heptacloro Epóxido apareció únicamente en un 28%, surgiendo en primer lugar la estación (10) Fondo Palizada Laguna del Vapor periodo de secas con 86.31 ng/g, posteriormente se registró el valor más bajo en la estación Boca Chica nortes-secas con 1.78 ng/g (Gráfica 15, Tabla 16). La suma del progenitor más su metabolito (HEPTACLS = Heptacloro+Heptacloro Epóxido) proporcionaron las siguientes relaciones: Heptacloro/HEPTACLS = 0.73; Heptacloro Epóxido/HEPTACLS = 0.27 (Anexo 2), la predominancia del Heptacloro, sugieren aplicaciones recientes de éste producto al área de estudio.

Continuando con la familia de los Ciclodiénicos, en los sedimentos del Sistema Palizada se encontró únicamente al progenitor Aldrín registrando sus máximos valores en las estaciones (01) Boca Chica periodo de lluvias, (02) Boca Chica nortes-secas, (10) Fondo Palizada Laguna del Vapor época de secas con 35.70, 32.76 y 24.41 ng/g, por otra parte concentraciones bajas en disminución gradual en la temporada de lluvias, se localizaron en las estaciones Laguna del Este, (03) Fondo Laguna del Este, (08) Laguna del Vapor con 7.66, 2.38 y 1.36 ng/g respectivamente. Los valores mencionados generaron una media de 17.38, una Desviación Estándar de 15.48 y un rango que fluctuó entre 1.36 - 35.37 ng/g (Gráfica 15, Tabla 16). En éste caso sin duda alguna la relación Aldrín/ α ALDRIN = 1 (Anexo 2), sugiere dosificaciones recientes del producto a la zona.

El Endrín miembro de la familia citada, se registro en el 85% de las muestras analizadas, su valor más notable se localizó en la estación (10) Fondo Palizada Laguna del Vapor época de secas con 260.72 ng/g, concentraciones muy similares se registraron en las estaciones Boca Chica nortes-secas, (03) Fondo Laguna del Este, (08) Laguna del Vapor ambas en la temporada de lluvias con 69.46, 66.72 y 60.10 ng/g, valores menores se observaron en las estaciones Laguna del Este temporada de lluvias con 47.27 ng/g y Boca Chica Palizada nortes-secas con 15.12 ng/g. Los datos citados generaron una media de 86.56, una desviación Estándar de ± 87.59 y un rango que osciló entre 15.12-260.72 (Gráfica 15, Tabla 16). Con respecto al metabolito Endrín Aldehído, éste ocurrió con una frecuencia de 42% presentando su valor más preponderante en la estación (10) Fondo Palizada Laguna del Vapor con 153.64 ng/g, las concentraciones más bajas se localizaron en las estaciones (03) Fondo Laguna del Este época de lluvias, Boca Chica nortes-secas con 1.18 y 0.60 ng/g. Los datos descritos, generaron un valor medio de 51.81, una Desviación Estándar de ± 88.19 y un rango de 0.60-153.64 (Gráfica 15, Tabla 16). La suma de los metabolitos (ENDRIN = ENDRIN + ENDRIN ALDEHIDO), proporcionaron las siguientes relaciones: Endrín/ENDRIN = 0.77; Endrín Aldehído/ENDRIN = 0.23 (Anexo 2), de las cuales se desprende que hubo una dominancia del metabolito Endrín, sugiriendo una reciente aplicación del compuesto.

Continuando con la familia de los Ciclodiénicos el Endosulfán I ocurrió con una frecuencia del 71% de las muestras analizadas, presentando su valor máximo en la estación (10) Fondo Palizada Laguna del Vapor época de secas con 36.67 ng/g, por otro lado concentraciones similares se registraron en las estaciones (01) Boca Chica temporada de lluvias, Boca Chica nortes-secas con 8.64 y 7.63 ng/g, en cambio las concentraciones más bajas se localizaron en las estaciones Boca Chica Palizada nortes-secas, Laguna del Este temporada de lluvias con 1.57 y 1.42 ng/g. Los datos anotados produjeron una media de 11.19, una Desviación Estándar de ± 14.63 y un rango de valores desde 1.42-36.37 ng/g (Gráfica 15, Tabla 16). Por otra parte el derivado Endosulfán II ocurrió con una frecuencia de

42%, presentando su máximo valor en la estación Laguna del Este temporada de lluvias con 7.38 ng/g, los valores más bajos se detectaron en las estaciones Boca Chica nortes-secas, (03) Fondo Laguna del Este temporada de lluvias con 3.94 y 2.50 ng/g. Los datos descritos generaron un valor medio de 4.61, una Desviación Estándar de ± 2.51 y un rango que fluctuó entre 2.50-7.38 ng/g respectivamente (Gráfica 15, Tabla 16). Se observó la ausencia del Endosulfán Sulfato, sin embargo la sumatoria del precursor más sus metabolitos (IENDOSULF = ENDOSULFAN I + ENDOSULFAN II + ENDOSULFAN SULFATO), proporcionaron las siguientes relaciones: Endosulfán I/IENDOSULF = 0.80; Endosulfán II/IENDOSULF = 0.20; Endosulfán Sulfato /IENDOSULF = 0 (Anexo 2, de las cuales se advierte una predominancia del progenitor Endosulfán I, lo cual indica que el producto ha sido aplicado en fecha reciente.

A pesar de que el número de estaciones fué mayor en la temporada de lluvias (junio-septiembre) que en la época de secas (febrero- marzo), se observó una marcada predominancia en concentraciones de la estación (10) Fondo Palizada Laguna del Vapor en la temporada de sequía ocupando valores importantes hasta por ocho ocasiones consecutivas; de acuerdo con los datos descritos, el Sistema Palizada en relación a otros ambientes no presenta una drástica sequedad, ya que el aporte del río Usumacinta-Palizada sigue fluyendo tal vez con menor velocidad y probablemente la zona pantanosa adyacente a lo largo de su recorrido, atrapa los contaminantes y por lixiviación llegan a la Laguna del Vapor; abundando sobre el tema Vera-Herrera *et al.* (1988) reportan que la Laguna del Vapor recibe el aporte directo de los ríos Marentes y Las Piñas ricos en materia orgánica en vías de degradación procedentes de los pantanos y cultivos agrícolas. Esto quizá explique los altos valores encontrados en la estación (10) Fondo Palizada Laguna del Vapor, los cuales se ven reflejados en los plaguicidas p,p'-DDT, p,p'-DDD, Alfa BHC, Gama BHC, Beta BHC y Heptacloro Epóxido. Por otro lado los residuos de plaguicidas que no son atrapados siguen su curso por el Canal de Boca Chica, en éste caso en particular los valores encontrados fueron menores pero en mayor número en la estación Boca Chica periodo de transición nortes-secas, representados en los compuestos p,p'-DDT, p,p'-DDE, p,p'-DDD, Gama BHC, Beta BHC, Heptacloro, Heptacloro Epóxido, Aldrín, Endrín, Endrín Aldehído, Endosulfán I y Endosulfán II.

Se ha apuntado con anterioridad que uno de los aspectos más importantes para el entendimiento del destino de los plaguicidas en el ambiente, es el conocimiento de los mecanismos de degradación de los compuestos en cuestión. Según Paris *et al.* (1973) la degradación de plaguicidas puede ocurrir ya sea por procesos químicos o biológicos o combinación de ambos, en los ambientes acuáticos en la degradación biológica parece ser que las bacterias juegan un papel importante. En el caso que se discute el p,p'-DDD ocupó un lugar importante, seguido del p,p'-DDT. De acuerdo con Murty (1986) la degradación de hidrocarburos organoclorados en los sedimentos es aeróbica o anaeróbica y una mayor parte del DDT que entra al sedimento es convertido aeróbicamente a DDE o anaeróbicamente a DDD. Probablemente debido a las condiciones aeróbicas encontramos mayores concentraciones de DDD en el Sistema.

En el Sistema Palizada se pudo reconocer a los plaguicidas Heptacloro, Aldrín, Endrín y Endosulfán I que fueron aplicados en fecha reciente al Sistema, en cambio se detectaron p,p'-DDD y Beta BHC en los cuales se nota que ha transcurrido un tiempo considerable desde su última dosificación. Hill y McCarty (1967) encontraron que la mayoría de los organoclorados se degradan bajo condiciones anaeróbicas, excepto Heptacloro Epóxido y Dieldrín debido a su persistencia; por otro parte, en términos de facilidad de degradación al Gama BHC (Lindano) lo encontraron como el más degradable seguido del Heptacloro, Endrín, DDT, DDD, Aldrín, Heptacloro Epóxido y Dieldrín en orden decreciente. Esto coincide en parte con los datos encontrados en ésta investigación, ya que de la familia de los Hexaclorociclohexanos el Alfa y Gama BHC se detectaron en concentraciones mínimas.

De acuerdo con Restrepo (1988) en el Estado de Campeche se cultiva el maíz al cual se le aplican los plaguicidas BHC, Endrín, Heptacloro; caña de azúcar a la que se le dosifican BHC y Endosulfán, por último a los cultivos de arroz, frijol y mango también se les aplica Endosulfán. Esta información se relaciona con nuestro trabajo, ya que de acuerdo con los datos obtenidos los plaguicidas que se aplican en los cultivos mencionados aparecen como recién aplicados al sistema. Contribuyendo con el mismo tema, Andrade *et al.* (1975) reportan que los primeros cultivos intensivos de arroz se iniciaron en el poblado de Jonuta, Tabasco y Palizada, Campeche. Confirmando que el Endosulfán es el plaguicida más usado en la zona de estudio.

La persistencia de los plaguicidas organoclorados hace que éstos permanezcan por mucho tiempo en el medio, y en un momento éstas sustancias no nutritivas pueden ser tomadas por los organismos acumulándolas en sus tejidos, cuyo proceso es llamado bioacumulación; si éstas sustancias aumentan su concentración de manera progresiva a lo largo de las cadenas tróficas se realiza el proceso de biomagnificación, Loera *et al.* (1990) reportan que la biomagnificación de los plaguicidas organoclorados en lagos y ríos es de 1.0 - 200 ng/g. Los valores obtenidos en el Sistema Palizada reflejan que los plaguicidas que rebasaron hasta en tres órdenes de magnitud los 200 ng/g fueron en orden descendente el tENDRIN, tHEPTACLS y tDDT. Por otro lado los plaguicidas que estuvieron por abajo de los 200 ng/g fueron el tBHC, tALDRIN y tENDOSULFAN.

PLAGUICIDAS EN PASTOS DEL SISTEMA PALIZADA DEL ESTE.

Con base en los estudios de Vera-Herrera *et al.* (1988), el Sistema Palizada además de constituir el principal aporte dulceacuático de la Laguna de Términos, posee grandes comunidades de vegetación acuática, así como mangles de tipo ripariano, considerados como los de mayor desarrollo del continente. Por otro lado los mismos autores señalan que los grupos florísticos de los sistemas costeros, actúan como filtros de sedimentos, nutrientes y contaminantes, disminuyendo los aspectos negativos de los contaminantes y reciclando los nutrientes para transformarlos en materia orgánica, Páez-Osuna *et al.* (1987) estimaron para 1981 una descarga anual de 6000 millones de m³ y una carga de sólidos suspendidos del orden de 57,200 millones de gramos.

En el Sistema Palizada se analizaron los plaguicidas de la familia de los DDT's, entre ellos el p,p'-DDT se encontró en el 40% de las muestras, localizándose el valor más alto en la estación Laguna del Vapor con 130.6 ng/g en la hidrófita *Vallisneria americana*, siguiéndole en orden de importancia la estación Laguna del Este con 84.73 ng/g en *V. americana*, por otro lado se observó la ausencia de este compuesto en el resto de las estaciones (Gráfica 17, Tabla 18). En cuanto al metabolito p,p'-DDE se detectó en el 60% de las muestras, la concentración más alta se encontró en la estación Laguna del Vapor con un valor de 109.8 ng/g en *V. americana*, siguiéndole en orden descendente la estación (02) Laguna del Este con 74.0 ng/g en *V. americana* y la estación (01) Boca Chica con 19.32 ng/g en el tule *Typha latifolia* observándose la ausencia de este metabolito en la estación Fondo Laguna del Este y Laguna del Este. Por último dentro de la misma familia se detectó la presencia del metabolito p,p'-DDD únicamente la estación (02) Laguna del Este con 38.0 ng/g en *Vallisneria americana*. Por lo que respecta a las relaciones encontradas de la suma del predecesor y sus metabolitos ($tDDT = p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD$) se encontró un cociente ligeramente mayor en el p,p'-DDT con 0.47, disminuyendo este valor en el p,p'-DDE con 0.44 y p,p'-DDD con 0.08 (Anexo 2), el comportamiento descrito señala aplicaciones recientes del predecesor p,p'-DDT, la similitud en los cocientes del p,p'-DDT y p,p'-DDE, nos confirma la degradación del primero hacia DDE por algunos organismos como peces, cuyos productos de excreción probablemente son incorporados a los pastos.

Para la familia de los Hexaclorociclohexanos se observó que el Alfa BHC se presentó en el 80% de las estaciones localizándose el valor más elevado en la estación (02) Laguna del Este con un valor de 24.22 ng/g en la hidrófita sumergida *Vallisneria americana*, valores similares se encontraron para las estaciones Laguna del Vapor con 21.89 en *V. americana* y la estación (01) Boca Chica con 18.88 ng/g para *Typha latifolia*, en tanto que para la estación (03) Laguna del Este se presentó la concentración más baja con 5.30 ng/g en *V. americana*, no detectándose éste compuesto para la estación Fondo Laguna del Este (Gráfica 17, Tabla 18). Del mismo modo para el Gama BHC quien apareció en el 100% de las estaciones, el valor más importante correspondió a la estación (02) Laguna del Este con 47.0 ng/g, continuando en orden decreciente encontramos para la estación Fondo Laguna del Este con 12.27 ng/g, en la estación Laguna del Vapor con un valor de 12.14 ng/g, en la estación Laguna del Este 8.94 ng/g en *Vallisneria americana* respectivamente, en tanto que en la estación (01) Boca Chica se encontró un valor de 7.08 ng/g en el tule *Typha latifolia*. Continuando con la familia de los hexaclorociclohexanos, la concentración más elevada del compuesto Beta BHC quien se presentó en 60% de las estaciones, se encontró para la estación (02) Laguna del Este con 19.9 ng/g y con 19.0 ng/g para la estación Laguna del Este, el mínimo valor fué encontrado en la estación Fondo Laguna del Este con 12.0 en la hidrófita sumergida *Vallisneria americana*, éste compuesto no se presentó en las estaciones (01) Boca Chica y la estación Laguna del Vapor (Gráfica 17, Tabla 18). De las relaciones obtenidas de la suma total de los BHC ($tBHC = Alfa + Gama + Beta BHC$) se encontró que el valor más alto de la relación Gama BHC/tBHC fué de 0.42, en tanto que para Alfa y Beta BHC fueron de 0.34 y 0.24 respectivamente (Anexo 2), sugiriendo degradación de los compuestos y a su vez la aplicación de los mismos en los últimos años.

**PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS
SISTEMA PALIZADA DEL ESTE
GRAFICA 17 (P A S T O S)**

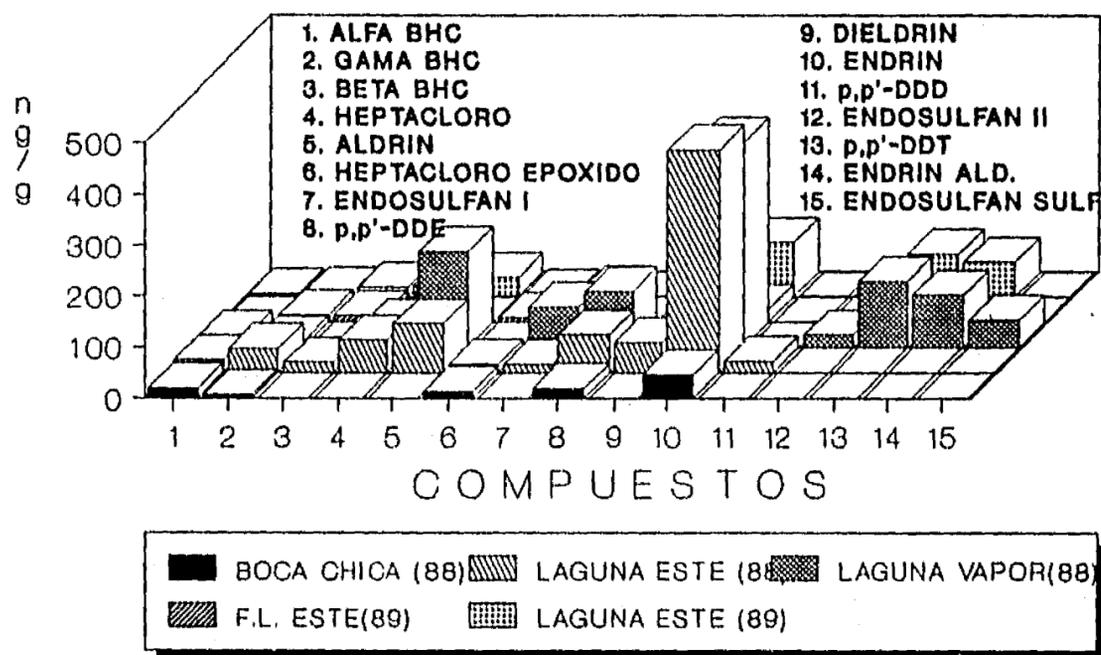


TABLA 18. Concentración de plaguicidas organoclorados (ng/g peso seco)
en pastos del SISTEMA PALIZADA DEL ESTE (L. de Términos, Campeche.)

Compuestos determinados	E S T A C I O N E S					MEDIA	D.E.	RANGO
	Junio de 1988		Marzo de 1989					
	BOCA CHICA(01) T.latifolia	L. ESTE(02) V. americana	L. VAPOR(03) V. americana	FONDO L. ESTE(03) V. americana	L. ESTE(03) V.americana			
1. ALFA BHC	18.88	24.22	21.89	N.D	5.30	17.57	+8.47	(5.30-24.22)
2. GAMA BHC	7.08	47.0	12.14	12.27	8.94	17.49	+16.64	(7.08-47.0)
3. BETA BHC	N.D	19.9	N.D	12.0	19.0	16.97	+4.32	(12.0-19.9)
4. HEPTACLORO	N.D	63.65	44.73	N.D	21.03	43.14	+21.35	(21.03-63.65)
5. ALDRIN	N.D	95.9	188.6	N.D	37.22	107.24	+76.32	(37.22-188.6)
6. HEPTACLORO E.	13.62	16.5	N.D	8.94	3.84	10.72	+5.55	(3.84-16.5)
7. ENDOSULFAN I	N.D	16.09	79.11	N.D	11.75	35.65	+37.70	(11.75-79.11)
8. p,p'-DDE	19.32	74.0	109.8	N.D	N.D	67.71	+45.57	(19.32-109.8)
9. DIELDRIN	N.D	58.7	N.D	N.D	N.D	58.7		(58.7)
10. ENDRIN	45.4	437.0	401.6	24.38	107.0	203.08	+200.1	(24.38-437.0)
11. p,p'-DDD	N.D	38.0	N.D	N.D	N.D	38.0		(38.0)
12. ENDOSULFAN II	N.D	21.9	23.98	N.D	N.D	22.94	+1.47	(21.9-23.98)
13. p,p'-DDT	N.D	N.D	130.6	N.D	84.73	107.66	+32.43	(84.73-130.6)
14. ENDRIN ALDEHIDO	N.D	N.D	102.9	N.D	68.91	85.90	+24.03	(68.91-102.9)
15. ENDOSULFAN S.	N.D	N.D	54.06	N.D	N.D	54.06		(54.06)
SUMA TOTAL	104.3	912.86	1169.41	57.59	367.72			

N.D.=No detectado

El grupo de los compuestos clorados analizados más abundantes fueron los Ciclodiénicos, bajo esta denominación se agrupa a aquellos insecticidas que se caracterizan por una estructura química similar, que consiste fundamentalmente en un anillo cíclico, con doble enlace y puente metilénico, el cual puede estar unido o no a otro anillo, u otros grupos. Todos estos productos pueden obtenerse a través de la síntesis de Diels-Alder o ciclodiénica (Barrera, 1976).

Dentro de esta familia el Heptacloro fué reconocido en el 60% de las estaciones, obteniéndose su máxima representación en la estación (02) Laguna del Este con 63.65 ng/g, siguiendo en orden de importancia la estación Laguna del Vapor con un valor de 44.73 ng/g, posteriormente en menor concentración la estación Laguna del Este con 21.03 ng/g todas ellas en la hidrófita sumergida *Vallisneria americana*, el valor promedio de estas concentraciones fué de 43.14 en un rango de 21.03 - 63.65 ng/g (Gráfica 17, Tabla 18). En cuanto al metabolito Heptacloro Epóxido aunque en menores concentraciones que su predecesor se detectó en el 80% de las estaciones, su valor más notable se localizó en la estación (02) Laguna del Este con 16.5 ng/g en *Vallisneria americana*, siguiendo en importancia la estación (01) Boca Chica en el tule *Typha latifolia* con 13.62 ng/g, posteriormente *Vallisneria americana* en bajas concentraciones se encontró en las estaciones Fondo Laguna del Este, Laguna del Este con 8.94 y 3.84 ng/g respectivamente. La información que se desprende de la suma de los Heptacloros (tHEPTACLS = Heptacloro + Heptacloro Epóxido) fué mayor para la relación Heptacloro/tHEPTACLS con 0.75 y Heptacloro Epóxido/tHEPTACLS con 0.25 (Anexo 2), estas proporciones sugieren que el Heptacloro ha sido aplicado recientemente al área ya que su cociente está cercano a la unidad.

Dentro de la familia de los Ciclodiénicos el progenitor Aldrín se presentó en el 60% de las estaciones, en submuestras de la hidrófita *Vallisneria americana*, destacándose en la estación Laguna del Vapor con un valor de 188.6 ng/g, menores concentraciones se observaron en las estaciones (02) Laguna del Este en la época de lluvias, Laguna del Este para el mes de marzo (secas) con 95.9 y 37.22 ng/g respectivamente, el valor medio de éstos valores fué de 107.24 una Desviación Estándar de ± 76.32 y un rango de 37.22-188.6 ng/g. En lo que respecta al metabolito Dieldrín, éste se presentó únicamente en la estación (02) Laguna del Este con 58.7 ng/g en la especie *Vallisneria americana* (véase Gráfica 17, Tabla 18). De la suma de ambos compuestos (tALDRIN = Aldrín + Dieldrín) se observa un valor significativo de la relación Aldrín/tALDRIN de 0.84 cercano a la unidad, sin embargo la proporción Dieldrín/tALDRIN el cociente es de tan solo 0.15 (Anexo 2), indicando la reciente aplicación del predecesor Heptacloro a la zona de estudio.

Siguiendo con el grupo mencionado el plaguicida Endrín proveniente del Isodrín, fué el compuesto más frecuente ya que apareció en el 100% de las estaciones, los valores más preponderantes se localizaron en las estaciones (02) Laguna del Este época de lluvias, Laguna del Vapor, Laguna del Este época de secas con 437.0, 401.6 y 107.0 ng/g en submuestras de *Vallisneria americana*; mínimos valores se presentaron en las estaciones (01) Boca chica con 45.4 ng/g en submuestras de tule de la especie *Typha latifolia* y Fondo Laguna del Este con 24.38 ng/g en *Vallisneria americana*. El rango de estas concentraciones fluctuó entre 24.38 - 437.0 ng/g (Gráfica 17, Tabla 18). En relación al metabolito Endrín Aldehído, éste se presentó en las estaciones Laguna del Vapor, Laguna del Este con valores de 102.9 y 68.91 ng/g en la hidrófita *Vallisneria americana*. A través de la suma de éstos metabolitos (tENDRIN = Endrín + Endrín Aldehído) procedentes del Isodrín encontramos lo siguiente: Endrín/tENDRIN con un valor de 0.85 cercano a la unidad y Endrín Aldehído/tENDRIN con una proporción de 0.14 (Anexo 2), nos indica degradación de los compuestos y por otro lado revela aplicaciones recientes del Endrín al área.

Continuando con los Ciclodiénicos se tiene en primer plano al Endosulfán I, que ocurrió en el 60% de las submuestras de la hidrófita sumergida *Vallisneria americana*, manifestando su máxima expresión en la estación Laguna del Vapor con 79.11 ng/g, concentraciones menores se encontraron en las estaciones (02) Laguna del Este durante el mes de junio (lluvias), Laguna del Este en el mes de marzo (secas) con 16.09 y 11.75 ng/g respectivamente; la media de éstos datos fué de 35.65, una Desviación Estándar de ± 37.70 y un rango de 11.75-79.11 ng/g (Gráfica 17, Tabla 18). En cuanto al metabolito Endosulfán II su frecuencia de aparición fué del 40% en submuestras de la hidrófita sumergida *Vallisneria americana*, concentraciones similares se localizaron en las estaciones Laguna del Vapor, (02) Laguna del Este con valores de 23.98 y 21.9 ng/g. Posteriormente el metabolito Endosulfán Sulfato apareció solo en un 20% también en submuestras de *Vallisneria americana* con una concentración moderada de 54.06 ng/g (Gráfica 17, Tabla 18). En cuanto a las proporciones que se desprenden de la suma del precursor Endosulfán y sus metabolitos (tENDOSULF = Endosulfán I+Endosulfán II+Endosulfán Sulfato)

se observó en la relación Endosulfán I/ENDOSULF un valor de 0.52, en Endosulfán II/ENDOSULF de 0.22 y Endosulfán Sulfato/ENDOSULF de 0.26 (Anexo 2), como puede notarse el valor más alto corresponde a la relación del predecesor Endosulfán I, sugiriendo aplicaciones continuas de éste producto, por otro lado, valores similares en el Endosulfán II y Endosulfán Sulfato indican que éste plaguicida ha sido dosificado en ésta área de estudio desde hace algunos años ya que ha transcurrido el tiempo suficiente para poder detectar sus productos de transformación.

Las altas concentraciones de plaguicidas observadas en submuestras de pastos del Sistema Palizada del Este, se incrementaron en la época de lluvias, destacándose en primer plano la estación Laguna del Vapor en *Vallisneria americana*, los compuestos que permanecieron constantes en el periodo de lluvias y sequía fueron el Endrin y Gama BHC. Por otro lado el compuesto menos frecuente fué el Endosulfán Sulfato (ver Gráfica 17). Abundando sobre éste tema, Vera-Herrera *et al.* (1988) señalan que la poca profundidad de éstas lagunas aunado a la influencia de los "nortes", permiten que las corrientes producidas por éstos, mantengan la columna de agua en constante mezcla, provocando incluso resuspensión del sedimento.

Los pastos mencionados son típicos de marismas con predominio de agua dulce y son parte del proceso ecológico de colonización del sustrato, de acuerdo con (Ingle, 1971) al aumentar el depósito de limo y arena donde la acción de la marea es mínima, los vegetales que primero se establecen son algunas algas como *Enteromorpha* sp., los frondes de ésta alga sirven como trampas para que se incremente el sedimento fino lo que a su vez permite que se fijen otras plantas como *Salicornia* sp., *Vallisneria* sp. y *Zostera marina*. Las condiciones anotadas probablemente contribuyen a las concentraciones considerables encontradas en ésta área.

Por otra parte como ya se señaló, el Sistema Palizada del Este es la mayor entrada de agua dulce a la Laguna de Términos, (Vera-Herrera, 1988 y Fuentes Yaco, 1990) reportan variaciones de salinidad de 0.42 - 6.38‰, alcanzando su valor más alto en el mes de junio. Los autores citados señalan que debido a la dominancia dulceacuícola *Vallisneria americana* aporta el 90% de la biomasa. Abundando sobre éste tema (Marchand y Caprais, 1985) afirman que hay una significativa correlación entre los contaminantes y los parámetros como alta turbidez, material suspendido y salinidades menores de 28‰, ésta información se relaciona íntimamente con ésta investigación y quizá ésto explique el comportamiento de los plaguicidas citados.

PLAGUICIDAS EN PECES DEL SISTEMA PALIZADA DEL ESTE

De acuerdo con los estudios de Rojas-Galavíz *et al.* (1988) de 7,469 individuos de peces capturados en el Sistema Palizada, las especies dominantes fueron: *Arius melanopus*, *Anchoa mitchilli*, *Eugerres plumieri*, *Bairdiella chrysoura*, *Bairdiella ronchus*, *Petenia splendida*, *Micropogonias furnieri*, *undulatus*, *Dorosoma petenense*, *Diapterus rhombeus*, *Diapterus auratus*, *Sphoeroides nephelus*, *Centropomus paralellus*, *Sphoeroides testudineus*, *Dasyatis sabina* y *Cynoscion nebulosus*. El grupo de peces anotados utilizan al Sistema Palizada en varios estadios de su ciclo de vida; sin embargo a pesar de que observaron que las especies de *Cichlasoma* spp son abundantes, las capturas mostraron cantidades insignificantes por lo que la homogeneidad para una muestra fué de 3 a 5 ejemplares.

Se analizaron en su mayoría submuestras de músculo del género *Cichlasoma* spp y en una sola estación las especies de *Arius melanopus* y *Bairdiella ronchus*, se monitorearon 15 plaguicidas, de los cuales el progenitor p,p'-DDT se presentó en el 71% de las muestras, surgiendo su valor más importante en la estación Laguna del Este con 253.31 ng/g, siguiendo en orden de importancia la estación Laguna del Vapor con 78.64 ng/g ambas en la época de lluvias, se reconoció un valor significativo en la estación Boca Chica en *B. ronchus* y *A. melanopus* con 47.26 ng/g justo al final de la época de "nortes" e inicio de la sequía, valores menores se localizaron en las estaciones Laguna del Este y (10) Fondo Laguna del Vapor con 29.32, 15.45 en la época de secas observándose un rango de 15.45 - 253.31 ng/g respectivamente (Gráfica 19, Tablas 20 y 20A). El metabolito p,p'-DDE ocurrió con una frecuencia de 42%, concentraciones semejantes se localizaron en las estaciones Laguna del Vapor, Palizada con 29.26 y 16.61 ng/g en la época de lluvias, un mínimo valor apareció en la estación Boca Chica con 7.01 ng/g en *B. ronchus* y *A. melanopus* en la época de terminó de los "nortes" y principio de la sequía (Gráfica 19, Tablas 20 y 20A). Se observó un rango de 7.01-29.26 ng/g. En cuanto al p,p'-DDD se detectó un valor único en la estación Palizada con 35.8 ng/g en la época de lluvias (Gráfica 19). De la suma del progenitor más sus metabolitos (DDT = p,p'-DDT+p,p'-DDE+p,p'-DDD) se desprenden las siguientes relaciones: p,p'-DDT/DDT = 0.83; p,p'-DDE/DDT

= 0.103; p,p'-DDD/tDDT = 0.07 (Anexo 2), observándose un alto valor en el p,p'-DDT, sugiriendo aplicaciones recientes de éste plaguicida.

Los Hexaclorociclohexanos se manifestaron en un 71% de las muestras analizadas, en primer plano surgió el Alfa BHC en la estación Boca chica con 75.64 ng/g época de lluvias, en segundo lugar apareció la estación Boca Chica con 24.98 ng/g precisamente en la culminación de la época de "nortes" y comienzo de la época de secas, en las especies *B. ronchus* y *A. melanopus*; disminuciones graduales se observaron en las estaciones Palizada, Laguna del Vapor con 9.07, 4.03 ng/g ambas en la estación húmeda y Laguna del Este con 2.14 ng/g en la temporada de sequía. El rango de valores fluctuó entre 2.14-75.64 ng/g respectivamente (Gráfica 19, Tablas 20 y 20A). Por otro lado el Gama BHC ocupó el 42% de las muestras detectadas, valores semejantes se registraron en las estaciones Boca Chica, Palizada con 39.42 y 22.60 ng/g respectivamente en el lapso lluvioso, menor concentración se reconoció en la estación Laguna del Este con 9.73 ng/g durante el periodo de secas, el rango de concentraciones fué de 9.73-39.42 ng/g (Gráfica 19, Tablas 20 y 20A). En cambio el Beta BHC apareció con una frecuencia de 57% del total de las muestras, concentraciones en el mismo orden de magnitud se observaron en las estaciones Boca Chica, Palizada con 31.22 y 26.18 ng/g en el periodo de lluvias, de este modo casi idénticos valores se reconocieron en las estaciones Laguna del Vapor época de lluvias con 10.64 ng/g, Boca Chica época de transición de "nortes" e inicio de sequía con 8.30 ng/g en *B. ronchus* y *A. melanopus*. El rango de concentraciones osciló entre 8.30 - 31.22 ng/g respectivamente (Gráfica 19, Tablas 20 y 20A). La suma de los isómeros anotados (tBHC = Alfa BHC+Gama BHC+Beta BHC) aportaron las siguientes proporciones: Alfa BHC/tBHC = 0.44; Gama BHC/tBHC = 0.27; Beta BHC/tBHC = 0.29 (Anexo 2), los cocientes generados nos sugieren degradación de los compuestos, y el predominio del Alfa BHC indica aportaciones frescas de éstos compuestos.

Con respecto a la familia de los plaguicidas Ciclodienicos, en primer plano tenemos que el Heptacloro ocupó el 71% de las muestras, su valor más significativo lo encontramos en la estación Boca Chica con 106.18 ng/g durante el periodo de lluvias, en segundo lugar de importancia surgió la estación Laguna del Vapor con 48.70 ng/g también en la época de lluvias, por otro lado concentraciones similares se reconocieron en las estaciones Palizada en el lapso lluvioso, Boca Chica en *B. ronchus* y *A. melanopus* tiempo de transición de finales de "nortes" y principio del estiaje con 35.72 y 33.26 ng/g respectivamente. El valor más bajo se localizó en la estación Laguna del Este con 12.38 ng/g temporada de lluvias, se reconoció un rango de 12.38 - 106.18 ng/g (Gráfica 19, Tablas 20 y 20A). En relación al metabolito Heptacloro Epóxido éste apareció en el 42% de las estaciones, su valor más notable se registró en la estación Palizada con 309.10 ng/g en el lapso de lluvias, valores menores en orden descendente se detectaron en las estaciones Laguna del Este, Fondo Laguna del Vapor con 44.07 y 26.75 ng/g ambas en la temporada de secas. El rango de concentraciones fluctuó entre 26.75 - 309.10 ng/g (Gráfica 19, Tablas 20 y 20A). La sumatoria del progenitor más su metabolito (tHEPTACLS = Heptacloro+Heptacloro Epóxido) ofrecieron la siguientes proporciones Heptacloro/tHEPTACLS = 0.38; Heptacloro Epóxido /tHEPTACLS = 0.62 (Anexo 2), donde se pudo observar que el Heptacloro Epóxido rebasa 1.6 veces a su progenitor, lo cual indica que la aplicación del Heptacloro no es reciente.

Siguiendo con la familia de los Ciclodienicos, el Aldrín ocurrió en el 85% de las estaciones del Sistema Palizada, su máxima concentración se presentó en la estación Fondo Laguna del Vapor con 560.41 ng/g en la temporada de secas, en segundo plano surgieron la estaciones Laguna del Vapor, Laguna del Vapor con 89.06 y 50.26 ng/g durante la temporada de lluvias, mínimos valores se observaron en las estaciones Laguna del Este periodo de sequía con 10.80 ng/g, Boca Chica al final de los "nortes" - principio de secas en *B. ronchus* y *A. melanopus* con 3.99 ng/g, finalizando con el valor más bajo registrado en la estación Boca Chica temporada de lluvias con 1.74 ng/g. Los datos anotados generaron un rango de 1.74 a 560.41 ng/g (Gráfica 19, Tablas 20 y 20A). Por otro lado el metabolito Dieldrín se presentó únicamente en un 28% de las estaciones, con valores muy semejantes en la estación Palizada lapso de lluvias con 7.53 ng/g, (01) Boca Chica periodo de transición "nortes"/secas en *B. ronchus* y *A. melanopus* con 6.47 ng/g (Gráfica 19, Tablas 20 y 20A). La sumatoria del precursor más su metabolito (tALDRIN = Aldrín + Dieldrín) proporcionaron la siguientes relaciones: Aldrín/tALDRIN = 0.98; Dieldrín/tALDRIN = 0.019 (Anexo 2), de las cuales se observa que el Aldrín está muy cerca de la unidad, sugiriendo que éste compuesto ha sido aplicado recientemente.

**PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS
SISTEMA PALIZADA DEL ESTE
GRAFICA 19 (P E C E S)**

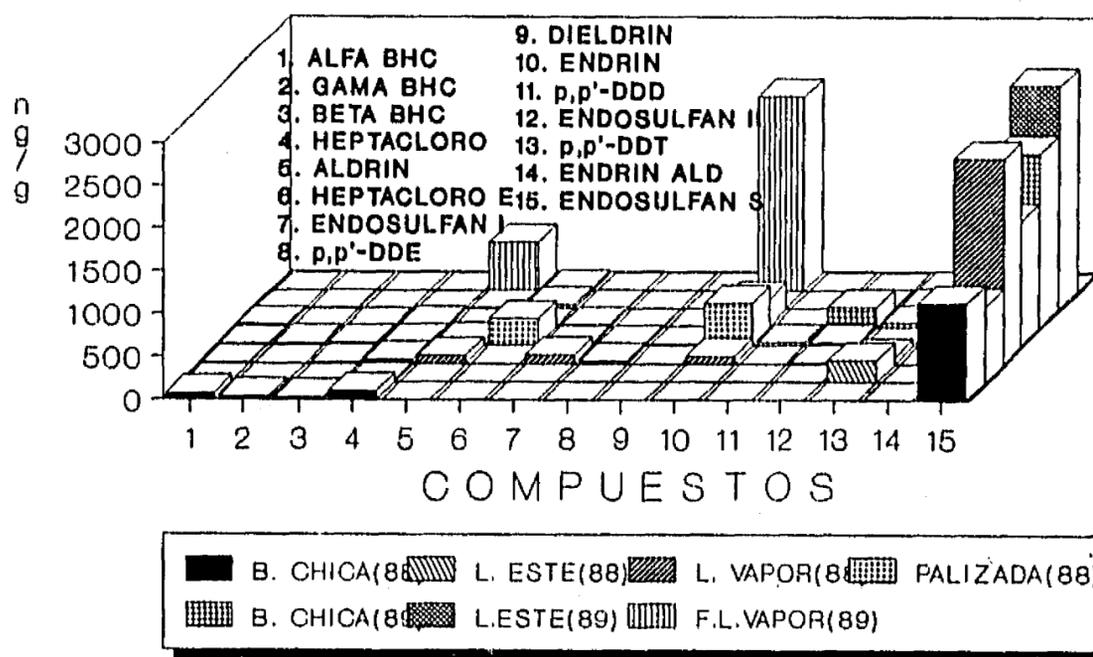


TABLA 20. Concentración de plaguicidas organoclorados de plaguicidas (ng/g peso seco) en peces del SISTEMA PALIZADA DEL ESTE (L. de Términos, Campeche.)

Compuestos determinados	ESTACIONES							
	Junio de 1988		Septiembre 1988			Febrero 1989		Marzo de 1989
	BOCA CHICA(01) Cichlasoma sp.	L. ESTE(02) Cichlasoma sp.	L. VAPOR(03) Cichlasoma sp.	PALIZADA(17) Cichlasoma sp.	B. CHICA (01) B. ronchus A. melanopus	L. ESTE(03) Cichlasoma sp.	F.L. VAPOR (10) Cichlasoma sp.	
1. ALFA BHC	75.64	N.D	4.03	9.07	24.98	2.14	N.D	
2. GAMA BHC	39.42	N.D	N.D	22.6	N.D	9.73	N.D	
3. BETA BHC	31.22	N.D	10.64	26.18	8.30	N.D	N.D	
4. HEPTACLORO	106.18	12.38	48.7	35.72	33.26	N.D	N.D	
5. ALDRIN	1.74	N.D	89.06	50.26	3.99	10.8	560.41	
6. HEPTACLORO E.	N.D	N.D	N.D	309.10	N.D	44.07	26.75	
7. ENDOSULFAN I	N.D	N.D	99.0	19.3	22.38	11.10	N.D	
8. p,p'-DDE	N.D	N.D	29.26	16.61	7.01	N.D	N.D	
9. DIELDRIN	N.D	N.D	N.D	7.53	6.47	N.D	N.D	
10. ENDRIN	N.D	N.D	85.87	493.0	319.5	N.D	2286.4	
11. p,p'-DDD	N.D	N.D	N.D	35.8	N.D	N.D	N.D	
12. ENDOSULFAN II	N.D	N.D	12.08	28.8	33.61	14.45	N.D	
13. p,p'-DDT	N.D	253.31	78.64	N.D	47.26	29.32	15.45	
14. ENDRIN ALDEHIDO	N.D	N.D	N.D	49.7	N.D	N.D	N.D	
15. ENDOSULFAN S.	1131.57	888.05	2407.2	1450.3	2045.8	2632.6	N.D	
SUMA TOTAL	1385.77	1153.74	2864.48	2553.97	2552.56	2754.21	2889.01	

N.D. = No detectado

**TABLA 20A. PLAGUICIDAS EN (Cichlasoma spp., Arius melanopus y Bardiella
 ronchus) SISTEMA PALIZADA DEL ESTE, LAGUNA DE TERMINOS, CAMPECHE
 (5 ejemplares por muestra).**

Compuestos determinados	MEDIA	DESVIACION ESTANDARD	RANGO
1. ALFA BHC	23.17	± 30.67	(2.14 - 75.64)
2. GAMA BHC	23.92	± 14.89	(9.73 - 39.42)
3. BETA BHC	19.08	± 11.33	(8.3 - 31.22)
4. HEPTACLORO	47.25	± 35.42	(12.38 - 106.18)
5. ALDRIN	119.38	± 218.7	(1.74 - 560.41)
6. HEPTACLORO EPOXIDO	126.64	± 158.25	(26.75 - 309.10)
7. ENDOSULFAN I	37.94	± 40.98	(11.10 - 99.0)
8. p,p'-DDE	17.63	± 11.16	(7.01 - 29.26)
9. DIELDRIN	7.0	± 0.75	(6.47 - 7.53)
10. ENDRIN	796.19	± 1007.38	(85.87 - 493.0)
11. p,p'-DDD	35.8	±	(35.8)
12. ENDOSULFAN II	22.23	± 10.59	(12.08 - 33.61)
13. p,p'-DDT	84.80	± 97.12	(15.45 - 253.31)
14. ENDRIN ALDEHIDO	49.7	±	(49.7)
15. ENDOSULFAN SULFATO	1759.25	± 708.96	(888.05 - 2632.6)

Siguiendo con la familia mencionada, se tiene en primer plano al Endrín proveniente del Isodrín que se presentó en el 57% de las estaciones del Sistema Palizada, su valor más notable se localizó en la estación Fondo Laguna del Vapor en el periodo de secas con 2286.4 ng/g, siguiendo en orden de importancia las estaciones Palizada época de lluvias con 493.0 ng/g, Boca Chica temporada de transición "nortes"/secas en *B. ronchus*, *A. melanopus* con 319.5 ng/g, concentración menor se detectó en la estación Laguna del Vapor con 85.87 ng/g periodo de lluvias. Los valores fluctuaron en un rango de 85.87 a 2286.4 ng/g (Gráfica 19, Tablas 20 y 20A). En lo que respecta al metabolito Endrín Aldehído, éste apareció en una sola ocasión en la estación Palizada época de lluvias con 49.7 ng/g (Gráfica 19, Tablas 20 y 20A). La suma de los metabolitos (tENDRIN = Endrín+Endrín Aldehído) dieron los siguientes resultados: Endrín/tENDRIN = 0.98; Endrín Aldehído/tENDRIN = 0.015 (Anexo 2), donde se aprecia que el cociente del Endrín tiene un valor semejante a la unidad y ésto indica la aplicación reciente del Endrín al área de estudio.

Finalizando con la familia de los Ciclodiénicos el Endosulfán I se presentó con una frecuencia del 57% en las estaciones del Sistema Palizada, su mayor manifestación se generó en la estación Laguna del Vapor con 99.0 ng/g en el periodo de lluvias, en segundo plano apareció la estación Boca Chica con 22.38 ng/g periodo de transición "nortes"/secas en *B. ronchus* y *A. melanopus*, concentraciones similares se localizaron en las estaciones Palizada, Laguna del Este con 19.30 y 11.10 ng/g respectivamente, en los periodos de lluvias y secas. El rango de concentraciones osciló entre 11.10 - 99.0 ng/g (Gráfica 19, Tablas 20 y 20A). En lo que respecta al Endosulfán II su frecuencia de ocurrencia fué del 57%, sus valores más significativos surgieron en las estaciones Boca Chica periodo de transición "nortes"/secas en *B. ronchus* y *A. melanopus*, Palizada periodo de lluvias con 33.61 y 28.80 ng/g respectivamente, valores semejantes aparecieron en el periodo de secas y lluvias en las estaciones Laguna del Este, Laguna del Vapor con 14.45 y 12.08 ng/g. El rango de valores fluctuó entre 12.08-33.61 ng/g (Gráfica 19, Tablas 20 y 20A). Por otro lado, en lo que se refiere al metabolito Endosulfán Sulfato, valores muy similares en concentración se reflejaron en las estaciones Laguna del Este, Laguna del Vapor, Boca Chica en *B. ronchus* y *A. melanopus*, con 2632.6, 2407.2, 2045.8 ng/g en los periodos de secas, lluvias y transición "nortes"/secas; del mismo modo, concentraciones semejantes surgieron en la época de lluvias en las estaciones Palizada, Boca Chica, Laguna del Este con 1450.3, 1131.57 y 888.05 ng/g respectivamente. El rango de concentraciones fluctuó entre 888.05-2632.6 ng/g (Gráfica 19, Tablas 20 y 20A). De la suma del precursor y sus metabolitos (tENDOSULF = Endosulfán I+Endosulfán II+Endosulfán Sulfato) se obtuvieron las siguientes relaciones: Endosulfán I/tENDOSULF = 0.014; Endosulfán II / tENDOSULF = 0.008; Endosulfán Sulfato/tENDOSULF = 0.98 (Anexo 2), de los cocientes proporcionados se observó que el Endosulfán Sulfato tiene un valor muy cercano a la unidad, lo cual es indicativo de que el precursor se aplicó en forma masiva pero no en un periodo reciente.

De acuerdo con los resultados apuntados con anterioridad, se pudo discernir tres épocas, lluvias (junio-septiembre), luego un periodo de transición entre "nortes y principio de secas (febrero) y secas (marzo), sin embargo el número de estaciones fué mayor para la época de lluvias y menor para las restantes, con base en éstas observaciones era de esperarse que las concentraciones de plaguicidas organoclorados en el Sistema Palizada fueran muy superiores al periodo de transición y al de secas, pero al parecer hay una cierta semejanza sobre todo en el mes de septiembre, en el que los compuestos p,p'-DDT, Heptacloro más sus respectivos metabolitos e isómeros de BHC, siguieron un comportamiento homogéneo; en cambio en la época de transición y secas el proceso se invierte, aparecen el Aldrín, Endrín y el Endosulfán Sulfato en altas concentraciones y, aunque esporádicas, si sumáramos la aportaciones rebasaríamos proporcionalmente en dos órdenes de magnitud a la época de lluvias. La explicación de éste comportamiento aparentemente anómalo se debe a que realmente el Sistema Palizada no sufre cambios bruscos en la sequía como en otras áreas, ya que siguen permaneciendo zonas anegadas y el flujo de los ríos aunque reducidos sigue ocurriendo.

Los organismos acuáticos y en particular los peces, pueden acumular residuos de plaguicidas clorados directamente del agua a través de sus procesos respiratorios y alimenticios, por lo que es adecuado seleccionar para evaluaciones ecológicas aquellas especies que estén cerca del tope de la cadena trófica (Moriarty, 1975). En lo que se refiere a las especies de peces analizadas *Cichlasoma* spp., son peces omnívoros bien adaptados al medio, en cuanto a *B. ronchus* y *A. melanopus* consumen crustáceos, pequeños peces y demás fauna béntica, (Rojas-Galavíz *et al.*, 1988) reportan que *Cichlasoma* spp, *B. ronchus* y *A. melanopus* son residentes permanentes del Sistema Palizada, ubicando a la primera como típicamente dulceacuicola y las restantes estuarinas.

La información que se genera del Sistema Palizada proviene en su mayoría de *Cichlasoma* spp. y debido a su permanencia en aguas dulces recibe en forma directa las descargas de los ríos, convirtiéndose así, en invaluable fuente de referencia de los probables contaminantes antes de que se distribuyan a las áreas salobres y posteriormente a las de mayor salinidad, quizá esto explique los altos valores encontrados del precursor p,p'-DDT, éstos datos se ven favorecidos al observar mayores concentraciones del compuesto en *Cichlasoma* spp., que en *Bardiella ronchus* y *Arius melanopus*, aunque hay que aclarar que los valores altos de *Cichlasoma* fueron detectados en la temporada de lluvias, en cambio *B. ronchus* y *A. melanopus* en el periodo de transición "nortes"/secas, por otra parte aludiendo al punto de partida del monitoreo, Galassi *et al.* (1981) aseveran que los caracteres físicos y condiciones ambientales de los cuerpos de agua son factores importantes que determinan los niveles de los contaminantes en los peces, por lo que ha encontrado el siguiente comportamiento: aguas estancadas ríos que fluyen libremente cuerpos de agua semejante a los lagos bahías contiguas a los estuarios, prodigando sobre el mismo tema, Picer *et al.* (1978) reportan que en los ambientes dulceacuícolas el DDT es acumulado más extensivamente que los PCB's, además afirman que en el ambiente marino ocurre lo contrario, las mismas especies acumulan más PCB's que DDT, como ocurre con los salmones del Río Miramichi de Canadá después de que han migrado al mar. Sin embargo, a pesar de los altos valores, éstos no rebasan la norma de la FDA de 1.0 ppm peso seco.

Los Hexaclorociclohexanos dominaron en la época de lluvias, sobresaliendo el Alfa BHC con 75.64 ng/g. Barrera (1976) reporta que en los procesos corrientes de obtención del BHC, el isómero Gama constituye alrededor del 12-15%, y el resto está constituido por los demás isómeros, de los que el Alfa es el predominante (60 - 70%), además debido a su presión de vapor de 9.4×10^{-6} mm de Hg se le ha usado en cultivos industriales en conjunción con el DDT que tiene una presión de vapor de 1.9×10^{-7} mm de Hg. Probablemente esto explique el comportamiento del Alfa BHC, por otro lado el Gama BHC es el isómero más tóxico del grupo, afortunadamente se encontró en concentraciones bajas.

El Heptacloro predominó en el temporada de lluvias alcanzando un máximo valor de 106.18 ng/g, sin embargo fué superado por su metabolito Heptacloro Epóxido con una concentración de 309.10 ng/g, Mearns *et al.* (1988) afirman que el Heptacloro Epóxido ocurre con mayor frecuencia que el Heptacloro, éste se desprende después de que se analizaron varias muestras correspondiente a los años de 1960 - 1970. Tomando en cuenta las normas de la FDA para consumo humano, el Heptacloro Epóxido en promedio rebasa en dos órdenes de magnitud la norma de la FDA. Del mismo modo, debido a la presión de vapor de 3×10^{-4} mm Hg éste compuesto aumenta sus posibilidades de permanecer por largo tiempo en el sistema, y no es de extrañarse que su Epóxido se encuentre en altas concentraciones en el periodo de secas.

Dentro del espacio de ésta investigación se ha observado que el Aldrín se ha presentado en cantidades significativas sobre todo en los peces, sin embargo, Butler y Shutzman (1978) reportan que en 144 muestras de peces estuarinos encontraron un rango de 0.2 - 1 ng/g y un máximo de 50 ng/g peso seco, muy cercano a la norma de la FDA de 60 ng/g explicando que el rango muy bajo se debe a que éste compuesto pasa rápidamente a Dieldrín. Por otro lado, en ésta investigación el rango más bajo del Aldrín fué de 1.74 - 89.06 ng/g y el máximo de 560.41 ng/g, justamente en el periodo de secas, rebasando en varias órdenes de magnitud la norma establecida por la FDA. Aunque el Aldrín no se reporta en alguna preservación de cultivos agrícolas, se sigue aplicando junto con el DDT en las campañas de la SSA contra la malaria y otros vectores causantes de epidemias similares, Brown (1978) afirma que el Aldrín tiene acción neurotóxica y ataca el sistema nervioso central de los insectos, probablemente por la formación compleja de transferencia/carga dentro de las membranas presinápticas. En relación a los datos discutidos el Dieldrín se presentó en concentraciones mínimas, muy por abajo de la norma de la FDA.

A pesar de que el Endrín ocurrió en el 57% de las muestras analizadas, se encontraron valores de 2286.4 ng/g ocurrido en la temporada de secas en el Fondo de la Laguna del Vapor, ya que según Ali *et al.* (1987) el Endrín está considerado ser el más tóxico de todos los organoclorados comerciales. Por otro lado, asumiendo que el valor más alto es solo un dato aislado, aun así el rango más bajo de valores rebasan la norma de la FDA de 60 ng/g (pesoseco) en varios ordenes de magnitud. Como el Endrín prevalece sobre el Endrín Aldehído, nos indica la creciente incorporación de éste compuesto al área de estudio, debido probablemente al intenso cultivo del maíz ya que los agricultores pueden aprovechar la la humedad natural y zonas irrigables en la época de estiaje.

Por otro lado el Endosulfán al parecer es el compuesto que más se aplica en los cultivos de los lugares estudiados, ya que su presencia es común en las muestras analizadas, en el Sistema Palizada el Endosulfán I y II se presentaron en forma muy semejante, en concentraciones graduales sin cambios bruscos oscilando desde 11.10 - 99.0 ng/g rebasando ligeramente la norma de la FDA. El ejemplo más claro de la degradación del predecesor Endosulfán I hasta Endosulfán Sulfato lo apreciamos en el Sistema Palizada, pues éste compuesto rebasó a su predecesor en un promedio de 46 veces y apareció en el 85% de las muestras procesadas; una de las explicaciones más probables es que los altos valores se deban a la lixiviación proveniente de las áreas con gran actividad agrícola, apoyando ésta aseveración Andrade *et al.* (1975) afirman que desde hace algunos años el arroz se ha cultivado intensamente en la regiones de Jonuta, Tabasco y Palizada, Campeche; abundando sobre el mismo tema Verra-Herrera *et al.* (1978) reportan que el Río Palizada es la principal fuente de sedimentos terrígenos al Sistema, además de que el Río Palizada inicia su curso 7 km aguas arriba de la población de Jonuta, Tabasco, transcurriendo por terrenos aluviales pantanosos. De acuerdo con Stewart y Cairns (1974) el Endosulfán como tal es altamente tóxico para los peces e incluso es responsable de muertes masivas de ellos, afortunadamente se descompone rápidamente en el agua siendo metabolizado a Endosulfán Sulfato, sin embargo éste último compuesto es muy persistente. Según Barrera (1976) los metabolitos del Endosulfán son muy persistentes en las plantas, pero no se almacenan en las grasas, debido a ello, su uso está ampliamente generalizado y lo más importante es que sustituye a compuestos más tóxicos como el Endrín.

PLAGUICIDAS EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA DEL CARMEN, TABASCO

Una gran parte de los compuestos organoclorado, como el DDT y sus metabolitos que son introducidos a las zonas costeras se depositan paulatinamente en los sedimentos adsorbidos principalmente en partículas húmicas, minerales y arcillas (Goldberg, 1982), que se encuentran suspendidas en la columna de agua de las áreas costeras, constituyendo un importante reservorio de compuestos organoclorados susceptibles de contaminar la red trófica bentónica (Woodwell y Wurster, 1969; Phelps, 1988).

En submuestras de sedimento (fino) de la Laguna del Carmen, se monitorearon 15 plaguicidas organoclorados correspondiendo a la temporada de lluvias (junio), entre ellos se detectó la presencia del precursor p,p'-DDT únicamente en la estación (5) Ostional Largo con 1.47 ng/g. En cambio el p,p'-DDE se localizó en 60% de las muestras analizadas aunque en concentraciones muy bajas en las estaciones (3) Posillo, (4) Caballito y (5) Ostional Largo con 0.23, 0.12, 0.10 ng/g respectivamente. Por otro lado no se detectó el metabolito p,p'-DDD (Tabla 21, Gráfica 20). La suma del precursor más sus metabolitos ($t\text{DDT} = p,p'\text{-DDT} + p,p'\text{-DDE} + p,p'\text{-DDD}$) proporcionaron la siguiente información: $\text{DDT}/t\text{DDT} = 0.76$; $\text{DDE}/t\text{DDT} = 0.23$ (Anexo 3), observándose un valor significativo para el DDT, lo cual indica que éste compuesto ha sido aplicado recientemente al área, ya que sus productos de degradación comienzan a manifestarse, confirmando esta aseveración la proporción del DDE.

La familia de los Hexaclorociclohexanos en sedimentos de la Laguna del Carmen, estuvieron representados en primer lugar por el Alfa BHC en el 40% de las estaciones, reconociéndose un valor máximo en la estación (1) Macayo con 0.18 ng/g y la concentración más baja fué en la estación (5) Ostional Largo con 0.06 ng/g (Tabla 21, Gráfica 20). En cambio el isómero Gama BHC (Lindano) se detectó en el 100% de las muestras analizadas, localizándose su máxima concentración en la estación (1) Macayo con 0.37 ng/g, valores similares se observaron en las estaciones (4) Caballito, (5) Ostión Largo con 0.29 y 0.28 ng/g, menor concentración apareció en la estación (2) Yagua con 0.18 ng/g y el valor más bajo surgió en la estación (3) Posillo con 0.09 ng/g. Los datos descritos generaron un valor medio de 0.24, una Desviación Estándar de ± 0.11 y un rango que osciló entre 0.09-0.37 ng/g respectivamente (Tabla 21, Gráfica 20). Por otro lado el Beta BHC ocurrió con una frecuencia del 100% de las estaciones, su valor más preponderante se localizó en la estación (1) Macayo con 0.89 ng/g, concentraciones del mismo orden de magnitud se registraron en las estaciones (3) Posillo, así como en (2) Yagua con 0.59 y 0.41 ng/g, además valores idénticos se detectaron en (5) Ostional Largo y (4) Caballito de 0.31 a 0.30 ng/g. Estos datos produjeron una media de 0.5, una Desviación Estándar de ± 0.25 y un rango que fluctuó entre 0.30-0.89 ng/g (Tabla 21, Gráfica 20). La suma de los isómeros ($t\text{BHC} = \text{Alfa BHC} + \text{Gama BHC} + \text{Beta BHC}$) proporcionaron la siguiente información: $\text{Alfa BHC}/t\text{BHC} = 0.06$; $\text{Gama BHC}/t\text{BHC} = 0.31$; $\text{Beta BHC}/t\text{BHC} = 0.63$ (Anexo 3), en las cuales se observa un valor importante para el Beta BHC, tomando en cuenta que en la formulación original la mezcla de éstos isómeros corresponde aproximadamente un 60% al Alfa BHC, 28% para el Beta y 12% para el Gama, por lo

**PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS
LAGUNA DEL CARMEN, TABASCO
GRAFICA 20 (SEDIMENTOS)**

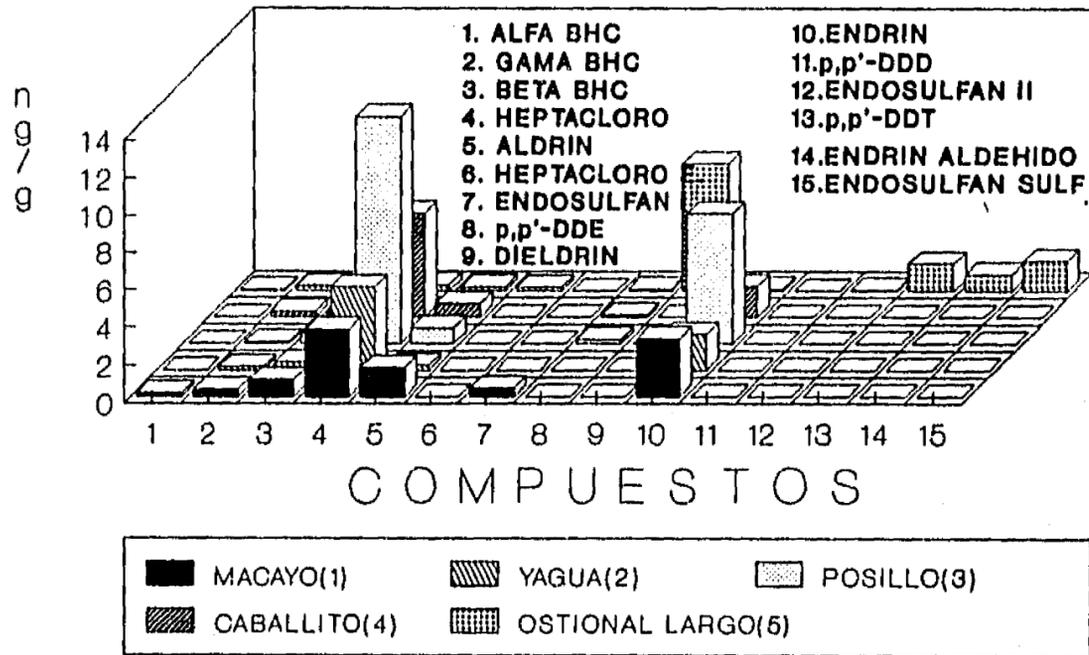


TABLA 21. Concentración de compuestos organoclorados (ng/g peso seco) en sedimentos recientes de la Laguna del Carmen, Tabasco(21 de junio de 1989).

E S T A C I O N E S									
COMPUESTOS	MACAYO(1)	YAGUA(2)	POSILLO(3)	CABALLITO(4)	OSTIONAL LARGO(5)	MEDIA	D.E.	RANGO	
1.ALFA BHC	0.18	N.D	N.D	N.D	0.06	0.12	± 0.8	(0.06-0.18)	
2.GAMA BHC	0.37	0.18	0.09	0.29	0.28	0.24	± 0.11	(0.09-0.37)	
3.BETA BHC	0.89	0.41	0.59	0.30	0.31	0.50	± 0.25	(0.30-0.89)	
4.HEPTACLORO	3.54	4.39	12.11	5.58	0.33	5.19	± 4.33	(0.33-12.11)	
5.ALDRIN	1.52	0.25	0.83	0.72	0.22	0.71	± 0.53	(0.22-1.52)	
6.HEPTACLORO E.	N.D	N.D	N.D	N.D	0.19	0.19	±	(0.19)	
7.ENDOSULFAN I	0.45	N.D	N.D	N.D	N.D	0.45	±	(0.45)	
8.p,p'-DDE	N.D	N.D	0.23	0.12	0.10	0.15	± 0.70	(0.10-0.23)	
9.DIELDRIN	N.D	N.D	N.D	N.D	6.84	6.84	±	(6.84)	
10.ENDRIN	3.05	1.89	6.97	1.64	0.10	2.73	± 2.59	(0.10-6.97)	
11.p,p'-DDD	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.00	±		
12.ENDOSULFAN II	N.D	N.D	N.D	N.D	0.06	0.06	±	(0.06)	
13.p,p'-DDT	N.D	N.D	N.D	N.D	1.47	1.47	±	(1.47)	
14.ENDRIN ALDEHIDO	N.D	N.D	N.D	N.D	0.88	0.88	±	(0.88)	
15.ENDOSULFAN S.	N.D	N.D	N.D	N.D	1.62	1.62	±	(1.62)	
Tipo de sedimento	F	F	F	F	F				
SUMA TOTAL	10.0	7.12	20.82	8.65	12.46				

N.D. = No detectado; F = Sedimento fino.

que se aprecia una importante degradación, sin embargo como los isómeros Beta y Gama aparecen en todas las muestras analizadas, nos sugiere aplicaciones recientes de éste producto a la zona de estudio.

El grupo de los organoclorados Ciclodiénicos en la Laguna del Carmen estuvieron representados en primer lugar por el Heptacloro cuya presencia ocurrió en el 100% de las estaciones, su valor más notable se localizó en la estación (3) Posillo con 12.11 ng/g, concentraciones semejantes surgieron en las estaciones (4) Caballito, (2) Yagua con 5.58 y 4.39 ng/g, en orden descendente apareció la estación (1) Macayo con 3.54 ng/g, el valor más bajo apareció en la estación (5) Ostional Largo. Estos datos proporcionaron una media de 5.19, una Desviación Estándar de ± 4.33 y un rango que osciló entre 0.33-12.11 ng/g (Tabla 21, Gráfica 20). Por otro lado el metabolito Heptacloro Epóxido se localizó únicamente en la estación (5) Ostional Largo con 0.19 ng/g (Tabla 21, Gráfica 20). La suma del precursor más su Epóxido ($tHEPTACLS = \text{Heptacloro} + \text{Heptacloro Epóxido}$) dieron la información siguiente: Heptacloro/ $tHEPTACLS = 0.99$; Heptacloro Epóxido / $tHEPTACLS = 0.007$ (Anexo 3), donde se aprecia que el Heptacloro alcanzó un valor cercano a la unidad, lo cual sugiere aplicaciones recientes de éste producto.

Continuando con la familia de los Ciclodiénicos el Aldrín surgió en el 100% de las muestras analizadas, su valor más alto apareció en la estación (1) Macayo con 1.52 ng/g, disminuciones graduales se pudieron apreciar en las estaciones (3) Posillo, (4) Caballito, (2) Yagua con 0.83, 0.72 y 0.25 ng/g, el valor más bajo se registró en la estación (5) Ostional Largo con 0.22 ng/g respectivamente. Estos valores produjeron una media de 0.71, una Desviación Estándar de ± 0.53 y un rango que varió de 0.22-1.52 ng/g (Tabla 21, Gráfica 20). En cambio el predecesor Dieldrín se localizó exclusivamente en la estación (5) Ostional Largo con un valor de 6.84 ng/g. La suma del precursor más su metabolito ($tALDRIN = \text{Aldrín} + \text{Dieldrín}$) dieron las siguientes relaciones: Aldrín / $tALDRIN = 0.34$; Dieldrín / $tALDRIN = 0.66$ (Anexo 3), las cuales indican que ha transcurrido un tiempo considerable desde la última aplicación del Aldrín, ya que todo ha sido metabolizado a Dieldrín.

Siguiendo con el grupo de los Ciclodiénicos el metabolito Endrín derivado del Isodrín, se presentó en el 100% de las estaciones, su valor máximo se detectó en la estación (3) Posillo con 6.97 ng/g, siguiéndole en orden de importancia la estación (1) Macayo con 3.05 ng/g, valores semejantes se observaron en las estaciones (2) Yagua, (4) Caballito con 1.89 y 1.64 ng/g, sin embargo el valor más bajo se registró en la estación (5) Ostional Largo con 0.10 ng/g. Los datos anotados dieron lugar a un valor promedio de 2.73, una Desviación Estándar de ± 2.59 y un rango que osciló entre 0.10-6.97 ng/g (Tabla 21, Gráfica 20). Por otro lado, el metabolito Endrín Aldehído se presentó únicamente en la estación (5) Ostional Largo con 0.88 ng/g (Tabla 21, Gráfica 20). La suma de los metabolitos ($tENDRIN = \text{Endrín} + \text{Endrín Aldehído}$) proporcionaron la siguiente información: Endrín / $tENDRIN = 0.94$; Endrín Aldehído / $tENDRIN = 0.06$ (Anexo 3), donde se aprecia que el Endrín alcanzó un valor cercano a la unidad, lo cual indica dosificaciones recientes de éste producto a la zona de estudio.

Dentro de los Ciclodiénicos el Endosulfán I, surgió en baja concentración en la estación (1) Macayo con 0.45 ng/g, por otro parte, el metabolito Endosulfán II, apareció con el valor más bajo de esta familia en la estación (5) Ostional Largo con 0.06 ng/g, en cambio el predecesor Endosulfán Sulfato presentó el valor más alto en la estación (5) Ostional Largo con 1.62 ng/g (Tabla 21, Gráfica 20). La suma del progenitor más sus metabolitos ($tENDOSULF = \text{Endosulfán I} + \text{Endosulfán II} + \text{Endosulfán Sulfato}$) proporcionaron las siguientes relaciones: Endosulfán I / $tENDOSULF = 0.21$; Endosulfán II / $tENDOSULF = 0.028$; Endosulfán Sulfato / $tENDOSULF = 0.76$ (Anexo 3), de acuerdo con ésta información se puede deducir que ha transcurrido un tiempo considerable desde la última aplicación del Endosulfán I, ya que todo se ha degradado a Endosulfán Sulfato, sin embargo se aprecia que las dosificaciones no han sido recientes ya que aparecen en un limitado número de estaciones.

De acuerdo con los datos descritos en submuestras de sedimentos de la Laguna del Carmen, Tab., se pudo observar que la estación (5) Ostional Largo agrupó las mayores concentraciones de plaguicidas organoclorados, reconociéndose 13 de los 15 propuestos, siguiendo en orden de importancia la estación (1) Macayo con 7 compuestos, por otro lado, los plaguicidas organoclorados más representativos y que además se presentaron en el 100% de las muestras analizadas fueron: Heptacloro, Endrín y Aldrín; por otro lado el Dieldrín se reconoció con un alto valor, pero solo se encontró en una sola estación. Los Hexaclorociclohexanos se localizaron también en el 100% de las estaciones pero en concentraciones bajas con un rango de 0.06-0.89 ng/g para los tres isómeros, por tal razón no pueden apreciarse en la gráfica 20.

CUADRO 1.
PRINCIPALES PLAGUICIDAS ORGANOCORADOS EMPLEADOS EN ACTIVIDADES AGRICOLAS EN MEXICO
 (Restrepo, 1988)

INSECTICIDAS CLORADOS	HORTALIZAS								BASICOS						FORRAJEROS		INDUSTRIALES					FRUTALES						TOTAL CULTIVOS POR PLAGUICIDAS
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	1	2	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	
BHC										X																		1
CLORDANO	X	X	X		X	X			X	X	X									X								9
DDT																				X								1
ENDRIN										0	0	0							X	0							5	
ENDOSULFAN	X	X	X	X	X	X	X		X		0	0	0		X				X	X	X	X		0	X	0	X	21
HEPTACLORO	X	X	X		X	X			X	X	X	0							X	0							11	
TOXAFENO	X	X	X			X			X	X	X	0							X	0							10	

X = Plaguicidas recomendados

0 = Plaguicidas no recomendados

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

CUADRO 2.
PORCENTAJE DE DISMINUCION DE LA TASA DE CRECIMIENTO EN OSTIONES
ADULTOS (*Crassostrea virginica*) EN CONCENTRACIONES DE 100 ppb
DE COMPUESTOS ORGANOCORADOS. (Wilbert, 1971).

PLAGUICIDA	(%)
ENDRIN	51
CLORDANO	55
TOXAFENO	64
DIELDRIN	66
HEPTACLORO	83
ALDRIN	95
DDT y DDE	100

Por otra parte la presencia del Heptacloro Epóxido, Endosulfán II, el p,p'-DDT, Endrín Aldehído y el Endosulfán Sulfato fué mínima, detectándose en menos del 40% de las muestras analizadas. Sin embargo no se detectó el metabolito p,p'-DDD.

Las altas concentraciones de metabolitos como el Dieldrín, quizá se deban, según McEwen y Stephenson (1979), a las condiciones anaeróbicas usualmente presentes en los sedimentos de áreas costeras que favorecen la degradación de muchos insecticidas organoclorados entre ellos; el Aldrín el cual es transformado a Dieldrín, provocando que éste metabolito sea más persistente y tóxico que el compuesto original.

En lo que respecta a las elevadas concentraciones registradas en la estación (5) Ostión Largo, se deben probablemente a la influencia del Rfo San Felipe ya que la mencionada estación se localizó en la desembocadura, el cual transporta grandes cantidades de residuos domésticos y de operaciones de fumigación que se desarrollan en las áreas circundantes las cuales son incorporadas al sistema por la acción de lavado de las lluvias. Por otro parte al parecer la baja velocidad de la corriente se refleja en los valores registrados de las estaciones (4) Caballito, (3) Posillo, (2) Yagua y (1) Macayo, proveniente de la Laguna Pajonal en su recorrido hacia la desembocadura de la Laguna del Carmen, alcanzando mayores concentraciones en (1) Macayo.

Con base a los trabajos de Contreras *et al.* (1988) y Restrepo (1988) (véase Cuadro 1) en el Estado de Tabasco al cual pertenece la Laguna del Carmen, se cultivan maíz, frijol, arroz, caña de azúcar, copra, plátano; a los que se les dosifican BHC, Endrín, Heptacloro y Endosulfán. La información anterior coincide solamente en los plaguicidas Heptacloro y Endrín, lo cual es indicativo que en la época de lluvias en los márgenes de la Laguna el cultivo más frecuente es el maíz y los plaguicidas Aldrín y Dieldrín pueden ser producto de fumigaciones contra vectores de enfermedades endémicas en la zona. Las bajas concentraciones del Endosulfán sugieren que en ciertos periodos se aplican a cultivos de arroz en la parte alta del Rfo San Felipe.

PLAGUICIDAS EN OSTION (*Crassostrea virginica*) DE LA LAGUNA DEL CARMEN, TABASCO.

La vida sedentaria de la mayoría de los moluscos bivalvos filtradores los hace extremadamente vulnerables a la exposición aguda y crónica de los contaminantes presentes en el medio ambiente como son los plaguicidas organoclorados (McEwen y Stephenson, 1979). De esta forma, algunos de los plaguicidas ingeridos con el alimento, así como aquellos captados del agua circundante; son almacenados en los diferentes tejidos de los organismos (Kullenberg, 1982), principalmente en aquellos con alto contenido de lípidos; el hígado en los peces y el hepatopáncreas de los invertebrados son sitios donde se almacenan éstos contaminantes (Lee *et al.*, 1972; Najdek, *et al.*, 1988).

En submuestras del ostión *Crassostrea virginica*, pertenecientes a la Laguna del Carmen, Tabasco, se monitorearon 15 plaguicidas organoclorados durante el periodo de lluvias (junio), donde la familia de los DDT's estuvo pobremente representada, observándose la ausencia del p,p'-DDT. Sin embargo el p,p'-DDE y el p,p'-DDD alcanzaron concentraciones significativas en la estación (3) Posillo con 4.17 y 2.11 ng/g respectivamente (Tabla 22, Gráfica 21). Por otro lado la suma de los metabolitos (tDDT = p,p'-DDE+ p,p'-DDD) arrojó las siguientes proporciones: p,p'-DDE/tDDT = 0.66; p,p'-DDD/tDDT = 0.33 (Anexo 4), sugiriendo que ha transcurrido un lapso considerable desde la última dosificación del precursor p,p'-DDT y, el alto valor registrado para el p,p'-DDE indica que el DDT ha sido degradado por los organismos.

Por otro lado, el Alfa y Gama BHC registraron sus máximas concentraciones en la estación (3) Posillo con 1.94 y 1.75 ng/g, en cambio el Beta BHC presentó un valor de 0.94 ng/g en la misma estación, sin embargo, la mínima concentración se localizó en la estación (6) B.Inventos con 0.30 ng/g (Tabla 22, Gráfica 21). La suma de los tres isómeros (tBHC = Alfa BHC+Gama BHC+Beta BHC) produjeron las siguientes relaciones: Alfa BHC/tBHC = 0.39; Gama BHC/tBHC = 0.35; Beta BHC/tBHC = 0.25 (Anexo 4), tomando en consideración que la formulación de éstos isómeros tiene una riqueza del 60% para el Alfa, 28% para el Gama y 12% para el Beta, se infiere que las aplicaciones de BHC's han sido recientes.

**PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS
LAGUNA DEL CARMEN, TAB.
GRAFICA 21 (Crassostrea virginica)**

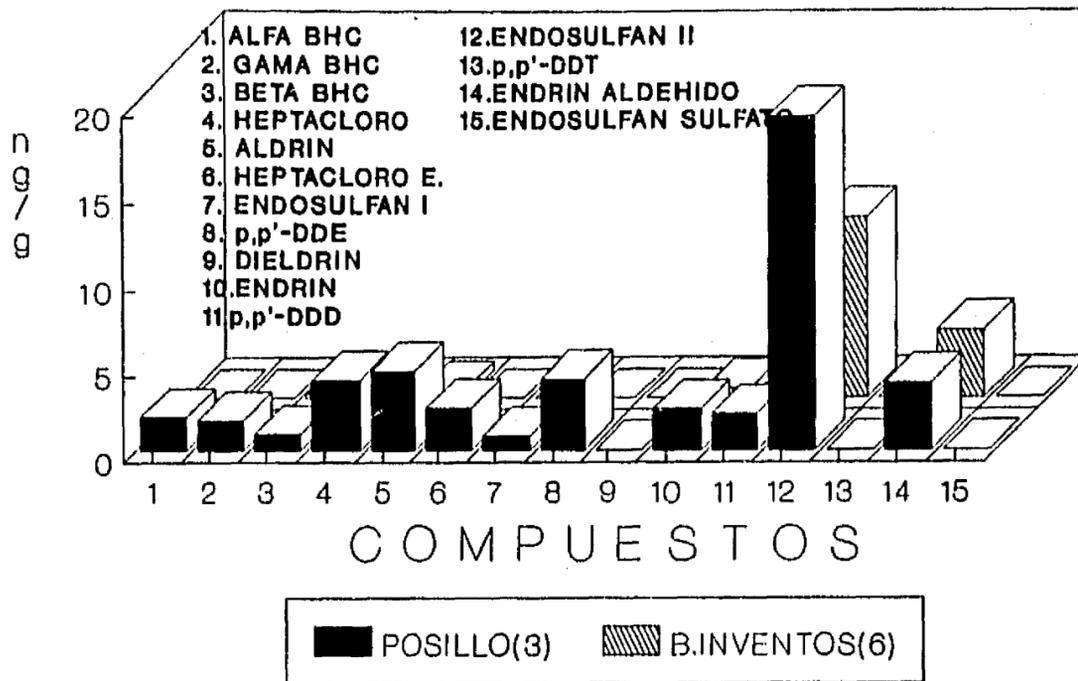


TABLA 22. Concentración de plaguicidas organoclorados (ng/g peso seco) en organismos de la especie *Crassostrea virginica*, de la Laguna del Carmen, Tabasco (21 de junio de 1989).

COMPUESTOS	ESTACIONES		MEDIA	D.E.	RANGO
	POSILLO (3)	B.INVENTOS (6)			
1.ALFA BHC	1.94	N.D	1.94 ±		(1.94)
2.GAMA BHC	1.75	N.D	1.75 ±		(1.75)
3.BETA BHC	0.94	0.30	0.62 ±	0.45	(0.30-0.94)
4.HEPTACLORO	4.13	0.08	2.10 ±	2.86	(0.08-4.13)
5.ALDRIN	4.65	0.48	2.56 ±	2.95	(0.48-4.65)
6.HEPTACLORO E.	2.49	N.D	2.49 ±		(2.49)
7.ENDOSULFAN I	0.83	N.D	0.83 ±		(0.83)
8.p,p'-DDE	4.17	N.D	4.17 ±		(4.17)
9.DIELDRIN	N.D	N.D	N.D ±		
10.ENDRIN	2.42	0.58	1.5 ±	1.30	(0.58-2.42)
11.p,p'-DDD	2.11	N.D	2.11 ±		(2.11)
12.ENDOSULFAN II	19.36	10.5	14.93 ±	6.26	(10.50-19.36)
13.p,p'-DDT	N.D	N.D	N.D ±		
14.ENDRIN ALDEHIDO	3.96	3.96	3.96 ±	0.0	(3.96)
15.ENDOSULFAN S.	N.D	N.D	N.D ±		
SUMA TOTAL	48.75	15.9			

N.D. = No detectado

El Heptacloro alcanzó su máximo valor en la estación (3) Posillo con 4.13 ng/g y la concentración más baja apareció en la estación (6) B. Inventos con 0.08 ng/g. En lo que respecta al Heptacloro Epóxido, éste compuesto apareció únicamente en la estación (3) Posillo con 2.49 ng/g (Tabla 22, Gráfica 21). La suma del progenitor más su metabolito (tHEPTACLS = Heptacloro+Heptacloro Epóxido), proporcionaron la siguiente información: Heptacloro /tHEPTACLS = 0.63; Heptacloro Epóxido /tHEPTACLS = 0.37 (Anexo 4), éstas proporciones indican que el Heptacloro ha sido aplicado recientemente al sistema.

El Aldrín se encontró en los dos lugares muestreados, obteniéndose su valor más preponderante en la estación (3) Posillo con 4.65 ng/g, en cambio el valor más bajo se detectó en la estación (6) B. Inventos con 0.48 ng/g; sin embargo se observó la ausencia del metabolito Dieldrín (Tabla 22, Gráfica 21). En éste caso el valor del Aldrín es la unidad (Anexo 4), lo cual indica que el compuesto ha sido aplicado recientemente al área.

El Endrín se localizó en todas las muestras analizadas, registrándose su máxima concentración en la estación (3) Posillo con 2.42 ng/g y el valor mínimo se encontró en la estación (6) B. Inventos con 0.58 ng/g. Por otro lado su predecesor Endrín Aldehído también apareció en todas las estaciones, concentraciones idénticas de 3.96 ng/g se localizaron en las estaciones (3) Posillo y (6) B. Inventos (Tabla 22, Gráfica 21). La suma de los metabolitos (tENDRIN = Endrín+Endrín Aldehído) generaron las siguientes relaciones: Endrín/tENDRIN = 0.27; Endrín Aldehído/tENDRIN = 0.72 (Anexo 4), éstas proporciones indican que ha ocurrido un periodo considerable desde la última aplicación del compuesto al área de estudio.

El Endosulfán I en submuestras de ostión de la Laguna del Carmen, registró su máxima expresión en la estación (3) Posillo con 0.83 ng/g. Por otra parte el Endosulfán II, apareció en todas las estaciones, surgiendo su valor más notable en la estación (3) Posillo con 19.36 ng/g, continuando en orden de importancia la estación (6) B. Inventos con 10.50 ng/g. Sin embargo se observó la ausencia del metabolito Endosulfán Sulfato (Tabla 22, Gráfica 21). La suma del precursor más sus metabolitos (tENDOSULF = Endosulfán I+Endosulfán II+Endosulfán Sulfato) proporcionaron las siguientes relaciones: Endosulfán I/tENDOSULF = 0.027; Endosulfán II/tENDOSULF = 0.97, Endosulfán Sulfato/tENDOSULF = 0.0 (Anexo 4), observándose un valor significativo en el Endosulfán II muy cercano a la unidad, sugiriendo que ha transcurrido algún tiempo desde la última aplicación del precursor Endosulfán I ya que se observa degradación, sin embargo el tiempo transcurrido no debe ser muy largo, ya que únicamente se ha degradado a Endosulfán II.

De los datos discutidos observamos que la estación (3) Posillo acaparó 13 de los 15 organoclorados monitoreados, los valores de mayor significancia en orden descendente fueron: Endosulfán II, Aldrín, p,p'-DDE, Heptacloro, Endrín Aldehído, Heptacloro Epóxido y Endrín, por otro lado, en la estación (6) B. Inventos también el Endosulfán ocupó un sitio importante seguido del Endrín Aldehído, coincidiendo con las actividades agrícolas de temporal que se desarrollan en los márgenes del área aprovechando el periodo de lluvias.

La predominancia del Endosulfán II en muestras de *Crassostrea virginica* en la Laguna del Carmen, tal vez puede justificarse al considerar que el Endosulfán constituye uno de los principales agroquímicos empleados para el control de plagas de cultivos de hortalizas y productos de carácter industrial (véase Cuadro 1), favoreciendo temporalmente el desarrollo de los cultivos en la zona (Restrepo, 1988).

Las concentraciones de la estación (3) Posillo, rebasaron en varias órdenes de magnitud a la estación (6) B. Inventos, sin embargo la estación Posillo sigue confirmando la influencia de la Laguna Pajonal, el alto número de plaguicidas encontrados en diferentes concentraciones, puede deberse a la biomagnificación del ostión *Crassostrea virginica*, de acuerdo con Brown (1978) los ostiones pueden captar un contaminante del agua de mar hasta 70,000 veces su valor, por ejemplo 0.1 ppb en agua se eleva en el ostión hasta 7 ppm, afortunadamente los ostiones pueden excretar éstos contaminantes en un periodo de tres meses cuando son colocados en agua limpia.

Debido a que el ostión *Crassostrea virginica* es consumido por grandes núcleos de población, es importante conocer las normas establecidas por organizaciones internacionales en cuanto a sus límites de tolerancia para que no afecten a los consumidores, con base en los estudios de Mearns *et al.* (1988) el límite de tolerancia en el DDT es de 1000 ng/g, los BHC's y el grupo de los Ciclodiénicos (Heptacloro, Aldrín, Endrín y Endosulfán) 60.0 ng/g todos en peso seco.

Las concentraciones totales encontradas en el ostión *Crassostrea virginica* de la Laguna del Carmen, Tab., el tDDT fué de 6.28 ng/g, tBHC de 4.93 y los Ciclodiénicos fluctuaron en un rango de 5.13 - 30.69 ng/g en base seca, por lo que podemos afirmar que ninguno de los compuestos encontrados rebasa los límites de tolerancia establecidos, sin embargo el tENDOSULFAN alcanza los 30.69 ng/g, por lo que debe ser motivo de alerta debido a que éstos se bioacumulan en los niveles tróficos superiores.

PLAGUICIDAS EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA DE MACHONA, TABASCO.

Gutiérrez-Estrada *et al.* (1983), reportan que la mayoría de los sedimentos lagunares son limos terrígenos de grano grueso a muy fino, y en el caso de la Lagunas de Machona, El Carmen y Pajonal encontraron en la parte media sedimentos limo-arcillosos y arcillo-limosos.

En sedimentos (finos) de la Laguna de Machona, Tab., durante la temporada de lluvias, se monitorearon 15 plaguicidas organoclorados, apareciendo en primer plano el p,p'-DDT que ocurrió con una frecuencia del 20% en la estación (2) E. Jiménez con 0.88 ng/g. Por otra parte el p,p'-DDE apareció en el 40% de las muestras con concentraciones muy similares en las estaciones (7) Chilar, (2) E. Jiménez con 0.28 y 0.24 ng/g. En cuanto al p,p'-DDD éste apareció exclusivamente en la estación (7) Chilar (Tabla 23, Gráfica 22). La suma del precursor y sus metabolitos (tDDT = p,p'-DDT+p,p'-DDE+p,p'-DDD) dieron las siguientes proporciones: p,p'-DDT/tDDT = 0.53; p,p'-DDE/tDDT = 0.31; p,p'-DDD/tDDT = 0.16 (Anexo 3), las cuales indican que el p,p'-DDT ha sido aplicado en fecha relativamente reciente, aunque al parecer las dotaciones han sido constantes ya que se observa una degradación gradual de sus metabolitos.

En relación a la familia de los Hexaclorociclohexanos, el Alfa BHC se presentó con una frecuencia del 80% en las muestras analizadas, registrando concentraciones similares en las estaciones (3) Sishal, (7) Chilar con 0.13 y 0.12 ng/g, en menor concentración pero con valores idénticos de 0.6 ng/g surgieron en las estaciones (6) Coquitos y (2) E. Jiménez. Los datos anotados generaron un valor medio de 0.09, una Desviación Estándar de 0.04 y un rango de valores que osciló entre 0.06-0.13 ng/g (Tabla 23, Gráf. 22). Por otro lado, el Gama BHC apareció en el 100% de las estaciones, localizándose valores semejantes en las estaciones (6) Coquitos, (1) Boca del Río con 0.40 y 0.38 ng/g, valores más bajos e idénticos de 0.33 ng/g aparecieron en las estaciones (3) Sishal y (2) E. Jiménez, la más baja concentración se detectó en la estación (7) Chilar con 0.005 ng/g. Los valores anotados produjeron una media de 0.29, una Desviación Estándar de \pm 0.16 y un rango que osciló entre 0.005 -0.40 ng/g (Tabla 23, Gráfica 22). En cuanto al Beta BHC, apareció en el 100% de las muestras analizadas, su máximo valor se localizó en la estación (6) Coquitos con 0.89 ng/g, por otra parte valores semejantes se registraron en las estaciones (7) Chilar, (1) Boca del Río con 0.79 y 0.77 ng/g, concentración ligeramente menor se detectó en la estación (2) E. Jiménez con 0.61 ng/g, el valor más bajo se registró en la estación (3) Sishal con 0.04 ng/g. Los datos registrados dieron una media de 0.62, una Desviación Estándar de \pm 0.34 y un rango de valores que fluctuó entre 0.04-0.89 ng/g respectivamente (Tabla 23, Gráfica 22). De la suma de los tres isómeros (tBHC = Alfa BHC+Gama BHC+Beta BHC) se obtuvieron las siguientes proporciones: Alfa BHC/tBHC = 0.07; Gama BHC/tBHC = 0.29; Beta BHC/tBHC = 0.63 (Anexo 3), tomando en consideración que el isómero más abundante es el Alfa BHC, seguido del Gama y Beta, podemos inferir que hubo degradación de los compuestos ya que predominan el Gama y el Beta BHC, sin embargo éstos compuestos aparecen prácticamente en todas las estaciones, signo inequívoco de que se ha aplicado en cantidades masivas al área de estudio.

La familia más numerosa de los plaguicidas estudiados son los Ciclodiénicos, entre ellos el Heptacloro, se presentó con una frecuencia del 100% en las muestras analizadas. Su valor más notable se localizó en la estación (7) Chilar con 1.23 ng/g, siguiendo en importancia la estación (6) Coquitos con 0.41 ng/g, valores semejantes aparecieron en las estaciones (1) Boca del Río, (3) Sishal con 0.29 y 0.24 ng/g, el valor más bajo se reconoció en la estación (2) E. Jiménez. Los datos anotados generaron un valor promedio de 0.46, una Desviación Estándar de 0.44 y un rango de 0.13 - 1.23 ng/g respectivamente (Tabla 23, Gráfica 22). Por otra parte el metabolito Heptacloro Epóxido, apareció únicamente en la estación (7) Chilar con 0.27 ng/g (Tabla 23, Gráfica 22). Como resultado de la suma del precursor y su metabolito (tHEPTACLS = Heptacloro+Heptacloro Epóxido) se obtuvieron las siguientes proporciones: Heptacloro/tHEPTACLS = 0.89; Heptacloro Epóxido/tHEPTACLS = 0.10 (Anexo 3), las cuales

**PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS
LAGUNA DE MACHONA, TAB.
GRAFICA 22 (SEDIMENTOS)**

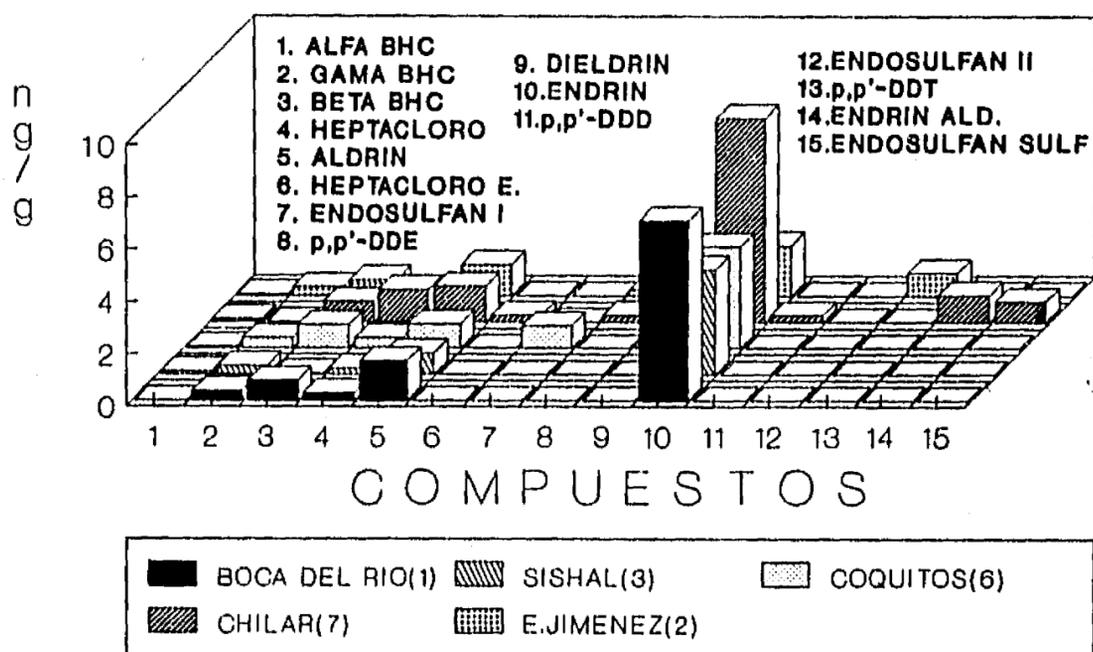


TABLA 23. Concentración de compuestos organoclorados (ng/g peso seco) en sedimentos recientes de la Laguna de Machona, Tabasco (22 de junio de 1989).

E S T A C I O N E S								
COMPUESTOS	BOCA DEL RIO(1)	SISHAL(3)	COQUITOS(6)	CHILAR(7)	E.JIMENEZ(2)	MEDIA	D.E.	RANGO
1.ALFA BHC	N.D	0.13	0.06	0.12	0.057	0.091 ±	0.04	(0.06-0.13)
2.GAMA BHC	0.38	0.33	0.40	0.005	0.33	0.29 ±	0.16	(0.005-0.40)
3.BETA BHC	0.77	0.04	0.89	0.79	0.61	0.62 ±	0.34	(0.04-0.89)
4.HEPTACLORO	0.29	0.24	0.41	1.23	0.13	0.46 ±	0.44	(0.13-1.23)
5.ALDRIN	1.51	0.82	0.92	1.36	1.18	1.15 ±	0.29	(0.82-1.51)
6.HEPTACLORO E.	N.D	N.D	N.D	0.27	N.D	0.27 ±		(0.27)
7.ENDOSULFAN I	N.D	N.D	0.87	N.D	N.D	0.87 ±	0.87	(0.87)
8.p,p'-DDE	N.D	N.D	N.D	0.28	0.24	0.26 ±	0.03	(0.24-0.28)
9.DIELDRIN	N.D	N.D	N.D	0.59	N.D	0.59 ±		(0.59)
10.ENDRIN	6.88	4.01	3.89	7.82	1.93	4.90 ±	2.40	(1.93-7.82)
11.p,p'-DDD	N.D	N.D	N.D	0.26	N.D	0.26 ±		(0.26)
12.ENDOSULFAN II	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.0 ±		
13.p,p'-DDT	N.D	N.D	N.D	N.D	0.88	0.88 ±		(0.88)
14.ENDRIN ALDEHIDO	N.D	N.D	N.D	1.029	N.D	1.029 ±		(1.029)
15.ENDOSULFAN S.	N.D	N.D	N.D	0.78	N.D	0.78 ±		(0.78)
Tipo de sedimento	F	F	F	F	F	F		
SUMA TOTAL	9.83	5.57	7.44	14.53	5.36			

N.D. = No Detectado; F = Sedimento fino

sugieren que el plaguicida Heptacloro se ha aplicado en fecha reciente al área, confirmando ésta aseveración el cociente del Heptacloro Epóxido.

Siguiendo con los Ciclodiénicos, el Aldrín se presentó en el 100% de las muestras analizadas sus concentraciones fueron muy semejantes en las estaciones (1) Boca del Río, (7) Chilar, (2) E. Jiménez con 1.51, 1.36 y 1.18 ng/g, un valor ligeramente menor se localizó en la estación (6) Coquitos con 0.92 ng/g, por último el valor más bajo se registró en la estación (3) Sishal con 0.82 ng/g. La media de éstos valores fué de 1.15, la Desviación Estándar de ± 0.29 y un rango de valores que osciló entre 0.82 - 1.51 ng/g (Tabla 23, Gráfica 22). Por otro lado, el predecesor Dieldrín se presentó exclusivamente en la estación (7) Chilar, con 0.59 ng/g (Tabla 23, Gráfica 22). La suma del precursor más su metabolito ($tALDRIN = Aldrín + Dieldrín$) dieron origen a las siguientes relaciones: $Aldrín/tALDRIN = 0.91$; $Dieldrín/tALDRIN = 0.09$ (Anexo 3), de las cuales se observa que el precursor Aldrín ha sido aplicado recientemente a la zona, apoyando ésta afirmación el valor mínimo del cociente del Dieldrín.

Continuando con la familia de los Ciclodiénicos, el Endrín ocurrió con una frecuencia del 100% en todas las muestras analizadas, su valor más preponderante se registró en la estación (7) Chilar con 7.82 ng/g, siguiendo en orden de importancia la estación (1) Boca del Río con 6.88 ng/g, concentraciones similares se localizaron en las estaciones (3) Sishal, (6) Coquitos con 4.01 y 3.89 ng/g, localizándose el valor más bajo en la estación (2) E. Jiménez. Los datos descritos dieron lugar a un valor promedio de 4.90, una Desviación Estándar de ± 2.40 y un rango que fluctuó entre 1.93 - 7.82 ng/g respectivamente (Tabla 23, Gráfica 22). Por otro lado, el metabolito Endrín Aldehído se presentó exclusivamente en la estación (7) Chilar con un valor de 1.029 ng/g (Tabla 23, Gráfica 22). De la suma del progenitor y su metabolito ($tENDRIN = Endrín + Endrín Aldehído$) se obtuvieron las siguientes relaciones: $Endrín/tENDRIN = 0.96$; $Endrín Aldehído/tENDRIN = 0.04$ (Anexo 3), las cuales sugieren la aplicación reciente del Endrín, ya que se aprecia una mínima degradación del precursor.

Finalizando con la familia de los Ciclodiénicos en sedimentos de la Laguna de Machona, el Endosulfán I se presentó únicamente en la estación (6) Coquitos con un valor de 0.87 ng/g, observándose la ausencia del Endosulfán II, en cambio el metabolito Endosulfán Sulfato, registró una concentración de 0.78 ng/g (Tabla 23, Gráfica 22). La suma del precursor más sus metabolitos ($tENDOSULF = Endosulfán I + Endosulfán II + Endosulfán Sulfato$) produjeron la siguiente información: $Endosulfán I/tENDOSULF = 0.67$; $Endosulfán II / tENDOSULF = 0.0$; $Endosulfán Sulfato / tENDOSULF = 0.78$ (Anexo 3), las cuales indican predominancia del Endosulfán I, lo cual lleva a inferir que se ha aplicado recientemente, sin embargo al parecer se ha establecido un equilibrio entre las constantes dosificaciones y descomposición del precursor hasta el compuesto terminal Endosulfán Sulfato.

Las estaciones que distinguieron por su diversidad y concentraciones en sedimentos de la Laguna de Machona, fueron las estaciones (7) Chilar, ya que se detectaron 12 plaguicidas de los 15 propuestos, seguidamente (6) Coquitos y (2) E. Jiménez.

Los organoclorados más destacados y que aparecieron además en el 100% de las estaciones muestreadas fueron: Endrín, Aldrín, Heptacloro, Beta BHC y Gama BHC. En cambio las concentraciones del Endosulfán I, Heptacloro Epóxido, Dieldrín, los isómeros p,p'-DDT y p,p'-DDD, Endrín Aldehído y Endosulfán Sulfato en la Laguna de Machona fueron muy bajas; observándose además la ausencia del Endosulfán II en todas las estaciones.

La concentración sobresaliente en algunas estaciones como el Chilar, Coquitos y E. Jiménez, probablemente se deban a las actividades agrícolas, ya que al parecer el Río Santa Ana transporta todos éstos productos y los deposita en la Laguna de Machona junto con el sedimento limo arcilloso (fino) a los cuales pueden ver adsorbidos estos contaminantes, por otro lado, al parecer el flujo de la corriente cruza precisamente por éstas estaciones en su trayecto a la Laguna Pajonal. De acuerdo a Contreras *et al.* y Restrepo (1988), en el Estado de Tabasco se cultiva el maíz, frijol, arroz, caña de azúcar, copra, naranja y mango; a los cuales se les aplica BHC, Endrín, Heptacloro y Endosulfán, éstos datos coinciden en parte con nuestra investigación ya que todos estos plaguicidas con excepción del Aldrín fueron encontrados en cantidades significativas.

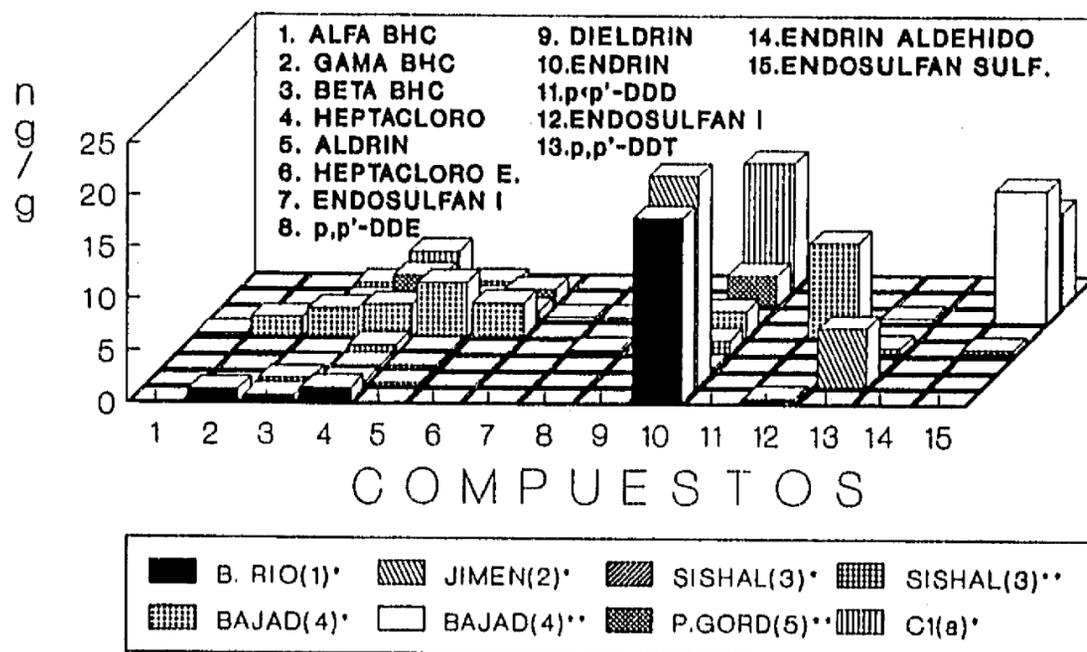
PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS EN OSTION (*Crassostrea virginica*)
DE LA LAGUNA DE MACHONA, TABASCO.

En submuestras del ostión *Crassostrea virginica* durante el periodo de lluvias (junio) y "nortes" (noviembre) se investigaron 15 plaguicidas organoclorados, de los cuales el p,p'-DDT se registró en el 37% de las muestras analizadas, localizándose su valor más notable en la estación (2) E. Jiménez, periodo de lluvias con 5.6 ng/g, por otro lado, concentraciones decrecientes en varias órdenes de magnitud se detectaron en el periodo de "nortes" en las estaciones (3) Sishal, (4) Bajadura, con valores de 0.63, 0.37 ng/g. Los datos citados generaron un valor promedio de 2.20, una Desviación Estándar de ± 2.95 y un rango que osciló entre 0.37 - 5.6 ng/g (Tabla 24, Gráfica 23). En cambio el p,p'-DDE únicamente se registró en el periodo de "nortes" con concentraciones muy similares en las estaciones (3) Sishal, (4) Bajadura, con 0.38 y 0.32 ng/g. Sin embargo es importante señalar la ausencia del p,p'-DDD (Tabla 24, Gráfica 23). De la suma del progenitor y sus metabolitos ($tDDT = p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD$) se desprende la siguiente información: $p,p'-DDT/tDDT = 0.90$; $p,p'-DDE/tDDT = 0.09$; $p,p'-DDD/tDDT = 0$ (Anexo 4), lo cual sugiere aplicaciones recientes del progenitor p,p'-DDT al área estudiada, confirmando ésta afirmación el bajo valor del p,p'-DDE y la nula proporción del p,p'-DDD.

Los plaguicidas del grupo de los Hexaclorociclohexanos estuvieron representados en primer plano por el Alfa BHC, el cual ocurrió con una frecuencia del 12%, presentándose exclusivamente en la estación (4) Bajadura, en el periodo de lluvias con 0.31 ng/g (Tabla 24, Gráfica 23). Por otro lado, el Gama BHC se presentó en el 50% de las muestras analizadas, mostrando su máxima expresión en la estación 1.86 ng/g, continuando en orden de importancia la estación (1) Boca del Río ambas en la temporada de lluvias, cantidades menores se localizaron en la temporada de "nortes" en las estaciones (3) Sishal, (4) Bajadura, con 0.12, y 0.09 ng/g. Los datos descritos produjeron una media de 0.82, una Desviación Estándar de ± 0.86 y un rango que fluctuó entre 0.09 - 1.86 ng/g (Tabla 24, Gráfica 23). En cambio el Beta BHC ocurrió con una frecuencia del 100% en todas las estaciones, su valor más importante se registró en la estación (4) Bajadura con 2.72 ng/g, concentraciones disminuídas en dos órdenes de magnitud se localizaron en las estaciones (2) E. Jiménez, (1) Boca del Río y (C1a) Sánchez Magallanez con 0.72, 0.66 y 0.50 ng/g, todas en la temporada de lluvias; mínimas concentraciones se localizaron en las estaciones (5) Punta Gorda, época de "nortes", (3) Sishal, temporada de lluvias, (4) Bajadura, época de "nortes", con 0.33, 0.25 y 0.15 ng/g, por otra parte, la concentración más baja se registró en la estación 0.05 ng/g durante el periodo de "nortes". Los datos anotados, produjeron una media de 0.67, una Desviación Estándar de ± 0.86 y un rango que fluctuó desde 0.05 - 2.72 ng/g (Tabla 24, Gráfica 23). La suma de los tres isómeros ($tBHC = \text{Alfa BHC} + \text{Gama BHC} + \text{Beta BHC}$) proporcionaron la siguiente información: $\text{Alfa BHC}/tBHC = 0.03$; $\text{Gama BHC}/tBHC = 0.36$; $\text{Beta BHC}/tBHC = 0.60$ (Anexo 4), de los datos obtenidos se observa que hay degradación de los compuestos, por otro lado la mezcla usual del BHC es de un 60% para el Alfa BHC, 28% para el Beta y un 12% para el Gama BHC que es el plaguicida activo, de lo anterior se infiere que ha transcurrido un tiempo considerable desde la última aplicación del BHC, ya que ha pasado el tiempo suficiente para que en su mayor parte se degrade a Beta BHC, apoyando esta aseveración el bajísimo valor del Alfa BHC y lo más importante el Gama BHC que es el más tóxico de los tres apareció con un cociente reducido.

El número más amplio de plaguicidas organoclorados monitoreados en submuestras del ostión *Crassostrea virginica* de la Laguna de Machona, Tab., fué la familia de los Ciclodiénicos, ocurriendo en primer plano el Heptacloro en el 100% de las muestras analizadas, con dos registros muy semejantes en la temporada de lluvias, (C1a) Sánchez Magallanez, (4) B. Bajadura, con 3.55 y 3.07 ng/g, una concentración disminuída en un orden de magnitud se registró en la estación (5) Punta Gorda, periodo de "nortes" con 2.77 ng/g, siguiendo en orden decreciente las estaciones (1) Boca del Río, periodo de lluvias, (3) Sishal, periodo de "nortes" con 1.36 y 0.79 ng/g, por otro lado, concentraciones similares se registraron en (2) E. Jiménez, (3) Sishal, ambas en el periodo de lluvias con 0.47 y 0.42 ng/g, por último el valor más bajo se encontró en la estación (4) Bajadura, periodo de "nortes" con 0.17 ng/g. Los datos produjeron un valor medio de 1.57, una Desviación Estándar de ± 1.35 y un rango que osciló entre 0.17 - 3.55 ng/g (Tabla 24, Gráfica 23). En cambio el Heptacloro Epóxido solo ocurrió en un 37% de las estaciones, alcanzando su valor más notable en la estación (4) Bajadura, época de lluvias con 3.24 ng/g, seguido de la estación (5) Punta Gorda, periodo de "nortes" con 1.46 ng/g, la más baja concentración se registró en la estación (4) Bajadura, época de "nortes" con 0.96 ng/g. Los datos descritos generaron una media de 1.89, una Desviación Estándar de ± 1.20 y rango que osciló entre 0.96 - 3.24 ng/g (Tabla 24, Gráfica 23). La suma del progenitor más su metabolito ($tHEPTACLS = \text{Heptacloro} + \text{Heptacloro Epóxido}$) dieron las siguientes relaciones:

**PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS
LAGUNA DE MACHONA, TAB.
GRAFICA 23 (Crassostrea virginica)**



Junio • noviembre • 89

TABLA 24. Concentración de compuestos organoclorados (ng/g peso seco) en ostión de la especie (*Crassostrea virginica*) de la Laguna de Machona, Tabasco. 22 de junio(*) y 19 de Noviembre (**)de 1989

COMPUESTOS	ESTACIONES								MEDIA	D.E.	RANGO
	BOCA DEL *RIO(1)	* E. JIMENEZ(2)	* SISHAL (3)	** SISHAL (3)	* BAJADURA(4)	** BAJADURA(4)	* GORDA(5)	** GORDA(5)			
1.ALFA BHC	N.D	N.D	N.D	N.D	0.31	N.D	N.D	N.D	0.31 ±		(0.31)
2.GAMA BHC	1.20	N.D	N.D	0.12	1.86	0.09	N.D	N.D	0.82 ±	0.86	(0.09-1.86)
3.BETA BHC	0.66	0.72	0.25	0.05	2.72	0.15	0.33	0.5	0.67 ±	0.86	(0.05-2.72)
4.HEPTACLORO	1.36	0.47	0.42	0.79	3.07	0.17	2.77	3.55	1.57 ±	1.35	(0.17-3.55)
5.ALDRIN	N.D	0.28	0.37	0.34	5.19	0.63	0.56	0.62	1.14 ±	1.79	(0.28-5.19)
6.HEPTACLORO E	N.D	N.D	N.D	N.D	3.24	0.96	1.46	N.D	1.89 ±	1.20	(0.96-3.24)
7.ENDOSULFAN I	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.36	N.D	N.D	0.36 ±		(0.36)
8.p,p'-DDE	N.D	N.D	N.D	0.38	N.D	0.32	N.D	N.D	0.35 ±	0.04	(0.32-0.38)
9.DIELDRIN	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.0 ±		
10.ENDRIN	17.74	20.26	0.34	1.29	2.5	N.D	2.86	12.20	8.17 ±	8.40	(0.34-20.26)
11.p,p'-DDD	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.0 ±		
12.ENDOSULFAN II	0.45	N.D	N.D	0.08	9.11	N.D	N.D	N.D	5.88 ±	5.03	(0.08-9.11)
13.p,p'-DDT	N.D	5.6	N.D	0.63	N.D	0.37	N.D	N.D	2.20 ±	2.95	(0.37-5.6)
14.ENDRIN ALD.	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.0 ±		
15.ENDOSULFAN S.	N.D	N.D	N.D	0.49	N.D	12.73	9.11	N.D	7.45 ±	6.30	(0.49-12.75)

Heptacloro/HEPTACLS = 0.69; Heptacloro Epóxido /HEPTACLS = 0.31 (Anexo 4), en las cuales se observa una clara predominancia del precursor Heptacloro, lo cual indica aplicaciones recientes del compuesto al área de estudio.

De la citada familia, el Aldrín se encontró en el 87 % de las muestras analizadas surgiendo su máxima concentración en la estación (4) Bajadura, temporada de lluvias con 5.19 ng/g, concentraciones disminuídas en 5 órdenes de magnitud se detectó concentraciones muy similares en las temporadas de "nortes" y lluvias en las estaciones (4) Bajadura, (C1a) Sánchez Magallanez con 0.63 y 0.62 ng/g, concentración parecida localizamos en la estación (5) Punta Gorda, época de "nortes" con 0.56 ng/g, por otro lado valores en el mismo orden de magnitud en la temporada de lluvias y "nortes" con valores de 0.37 y 0.34 ng/g ambas en la estación (3) Sishal, por último la más baja concentración se localizó en la estación (2) E. Jiménez, época de lluvias con 0.28 ng/g. El lote de datos generó un valor medio de 1.14, una Desviación Estándar de ± 1.79 y un rango que osciló entre 0.28 - 5.19 ng/g (Tabla 24, Gráfica 23). Sin embargo, no se observó el metabolito Dieldrín en ninguna de las estaciones, en éste caso la proporción Aldrín/ALDRIN = 1.0 (Anexo 4), por lo que con base en la distribución de éste compuesto en la mayoría de las estaciones, indica que su dosificación al área de estudio ha sido reciente.

El Endrín ocurrió con una frecuencia del 87%, localizándose sus máximas concentraciones durante la temporada de lluvias, en las estaciones (2) E. Jiménez, (1) Boca del Río, (C1a) Sánchez Magallanez con 20.26, 17.74 y 12.20 ng/g, valores semejantes se detectaron en las estaciones (5) Punta Gorda, época de "nortes", (4) B. Bajadura, periodo de lluvias con 2.86 y 2.50 ng/g, menor concentración se localizó en la estación (3) Sishal, época de "nortes" con 1.29 ng/g, finalmente la concentración más baja se detectó en la época de lluvias en la estación 0.34 ng/g. El grupo de valores produjo una media de 8.17, una Desviación Estándar de ± 8.40 y un rango que fluctuó de 0.34 - 20.26 ng/g (Tabla 24, Gráfica 23). Es importante recalcar que el metabolito Endrín Aldehído no se registró en las estaciones muestreadas, en este caso la relación Endrín/ENDRIN = 1.0 (Anexo 4), indicando que éste producto ha sido aplicado en cantidades importantes a la zona en fecha reciente.

Finalizando con la familia de los Ciclodiénicos en la Laguna de Machona, Tab., en submuestras del ostión *Crassostrea virginica*, el Endosulfán I registró un solo valor en la estación (4) Bajadura, periodo de "nortes" con 0.36 ng/g (Tabla 24, Gráfica 23). Por otro lado, el metabolito Endosulfán II se presentó con una frecuencia del 37 %, observando su máxima expresión en la estación (4) B. Bajadura, durante el periodo de lluvias con 9.11 ng/g, por otro lado el valores bajos se registraron en las estaciones (1) Boca del Río, periodo de lluvias con 0.45 ng/g y (3) Sishal, durante el periodo de "nortes" con 0.08 ng/g. El grupo de datos generaron una media de 3.21, una Desviación Estándar de ± 5.11 y un rango que fluctuó entre 0.08 - 9.11 ng/g (Tabla 24, Gráfica 23). Por otra parte, el metabolito Endosulfán Sulfato ocurrió con una frecuencia del 37% durante el periodo de "nortes", sus valores más significativos aparecieron en la estaciones (4) Bajadura, (5) Punta Gorda con 12.73 y 9.11 ng/g, sin embargo el valor más bajo se localizó en la estación (3) Sishal con 0.49 ng/g. Los valores registrados proporcionaron una media de 7.44, una Desviación Estándar de ± 6.29 y un rango de valores que fluctuaron entre 0.49 - 12.73 ng/g (Tabla 24, Gráfica 23). De la suma del progenitor más sus metabolitos (tENDOSULF = Endosulfán I + Endosulfán II + Endosulfán Sulfato) se obtuvieron las siguientes relaciones: Endosulfán I/tENDOSULF = 0.011; Endosulfán II/tENDOSULF = 0.30; Endosulfán Sulfato/tENDOSULF = 0.69 (Anexo 4), en las cuales el Endosulfán Sulfato ocupó el lugar más importante, sugiriendo que ha transcurrido un tiempo razonable desde la última aplicación del precursor Endosulfán I, confirmando esta aseveración su mínimo valor.

En relación a los datos descritos, se observa una predominancia de los valores de plaguicidas organoclorados en la época de lluvias sobre la temporada de "nortes". La estación (4) Bajadura, durante el lapso de lluvias registró 8 plaguicidas de los 15 propuestos, pero solo 7 sobresalieron por su concentración, el orden en que ocurrieron éstos datos, fué el siguiente: Endosulfán I, Aldrín, Heptacloro Epóxido, Heptacloro, Beta BHC, Endrín y Gama BHC, sin embargo, la misma estación pero en la temporada de "nortes", agrupó 9 plaguicidas de los 15 tomados como estándar, resaltando por su concentración únicamente Endosulfán Sulfato.

Por otra parte es necesario hacer notar que el Endrín en la época de lluvias se presentó en una concentración de 20.26 ng/g en la estación (2) E. Jiménez, reconociéndose como el valor más elevado encontrado en las muestras analizadas, seguido de la estación (1) Boca del Río con 17.74 ng/g y C1(a) Sánchez Magallanez con 12.20 ng/g, sin embargo éstas estaciones se caracterizaron por la poca diversidad de los compuestos, ya que solo se presentaron 4 ó 5 plaguicidas de los 15 tomados como estándar y además en bajas concentraciones.

La diversidad y considerable concentración de los compuestos encontrados en la estación (4) Bajadura, al parecer se deben a la influencia del Rfo Santa Ana cuyo flujo de la corriente de menor velocidad va bordeando la Laguna de Machona sobre el márgen que colinda con el continente hasta llegar al canal de comunicación con la Laguna del Carmen, justamente en éste lugar hay un angostamiento que probablemente funciona como trampa de contaminantes, de ahí las altas concentraciones registradas, confirmando ésta aseveración los valores máximos encontrados en las estaciones (2) E. Jiménez muy cercana a Bajadura, sin embargo (1) Boca del Rfo como su nombre lo indica, se localiza precisamente en la desembocadura del Rfo Santa Ana.

De acuerdo a los trabajos de Contreras *et al.* (1988) y Restrepo (1988), en el Estado de Tabasco, se cultivan maíz, frijol, arroz, caña de azúcar, copra, naranja y mango, a los cuales se les aplica BHC, Endrín, Heptacloro y Endosulfán, ésta información coincide en parte con la presente investigación, ya que en las muestras analizadas encontramos todos los compuestos que se usan en los cultivos mencionados, sin embargo, únicamente Endrín y Heptacloro aparecen como de reciente aplicación, el resto estuvo representado solo por sus metabolitos.

De lo anterior se deduce, que el cultivo más intenso en el área de la Laguna de Machona, Tab., sobre todo en la temporada de lluvias, es el maíz, pues a éste cultivo básico se le aplica Endrín, Heptacloro y BHC. Es muy importante enfatizar que el patrón de los plaguicidas organoclorados en sedimentos de la misma laguna tuvo una tendencia muy similar, solo que en concentraciones más bajas.

El bivalvo *Crassostrea virginica*, es un recurso alimenticio muy apreciado, por lo que es común encontrarlo en la mesa del habitante riverense, sin embargo gran parte de éste recurso se translada a las grandes ciudades, por lo que es importante conocer los límites de tolerancia establecidos por la FDA (Food Drug Administration); Mearns *et al.* (1988) informan que para valores totales del DDT el límite es de 1000 ng/g, para el tBHC, tHeptacloro, tAldrín, tEndrín y tEndosulfán 60 ng/g. En esta investigación, el tENDRIN alcanzó un valor crítico de 57.19 ng/g muy cercano al límite y el tEndosulfán 32.33 ng/g, muy por abajo del límite establecido, sin embargo es importante hacer notar que éstos compuestos se bioacumulan en los tejidos, por lo que a pesar de que los valores descritos no rebasan los límites de la FDA, deben ser motivo de preocupación para los consumidores de éste grupo alimenticio.

PLAGUICIDAS EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA DE ALVARADO, VERACRUZ.

Los estudios de Rosales-Hoz *et al.* (1986), reportan que los sedimentos de la laguna de Alvarado están influenciados por tres ambientes diferentes; fluvial, lagunar y marino, en los cuales predomina la deposición de limo, arcillas y arenas finas.

En submuestras de sedimento (fino) de éste cuerpo lagunar, en la temporada de lluvias (junio), se realizó el seguimiento de 15 plaguicidas organoclorados considerados como contaminantes prioritarios, entre ellos el p,p'-DDT se encontró pobremente representado únicamente en la estación (1) La Barra, con una concentración de 2.24 ng/g (Tabla 25, Gráfica 24). En cambio su metabolito p,p'-DDE ocurrió con una frecuencia del 80% de las muestras analizadas, sus máximas concentraciones se percibieron en las estaciones (5) Laguna de Buen País, (1) La Barra, con 3.50 y 3.12 ng/g, en menor concentración apareció la estación (3) Rfo Paquita, con 0.42 ng/g, así mismo, la concentración más baja se localizó en la estación (2) Rfo Papaloapan, con un valor de 0.10 ng/g. Los datos de éste predecesor, produjeron una media de 1.78, una Desviación Estándar de ± 1.77 y un rango que osciló entre 0.10-3.50 ng/g respectivamente. Por otro lado, el p,p'-DDD se presentó exclusivamente en la estación (1) La Barra, con 0.89 ng/g (Tabla 25, Gráfica 24). La suma del progenitor más sus metabolitos (tDDT = p,p'-DDT+p,p'-DDE+p,p'-DDD) proporcionaron las siguientes relaciones: p,p'-DDT/tDDT = 0.22; p,p'-DDE/tDDT = 0.69; p,p'-DDD/tDDT = 0.09 (Anexo 3), en las cuales se observa una predominancia del p,p'-DDE lo cual indica degradación del progenitor, apoyando ésta aseveración los mínimos valores del p,p'-DDT y p,p'-DDE, sugiriendo también que ha transcurrido un tiempo considerable desde la última aplicación del p,p'-DDT.

El Alfa BHC ocurrió con una frecuencia del 80% de las muestras analizadas, sus valores más importantes en orden decreciente se detectaron en las estaciones (1) La Barra, (5) Laguna de Buen País, (4) Boca del Tragadero, con valores de 0.72, 0.62 y 0.50 ng/g, finalmente, el valor más bajo se localizó en la estación (2) Rfo Papaloapan, con 0.057 ng/g. Los valores descritos proporcionaron una media de 0.47, una Desviación Estándar de 0.29 y un rango

**PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS
LAGUNA DE ALVARADO, VER.
GRAFICA 24 (SEDIMENTOS)**

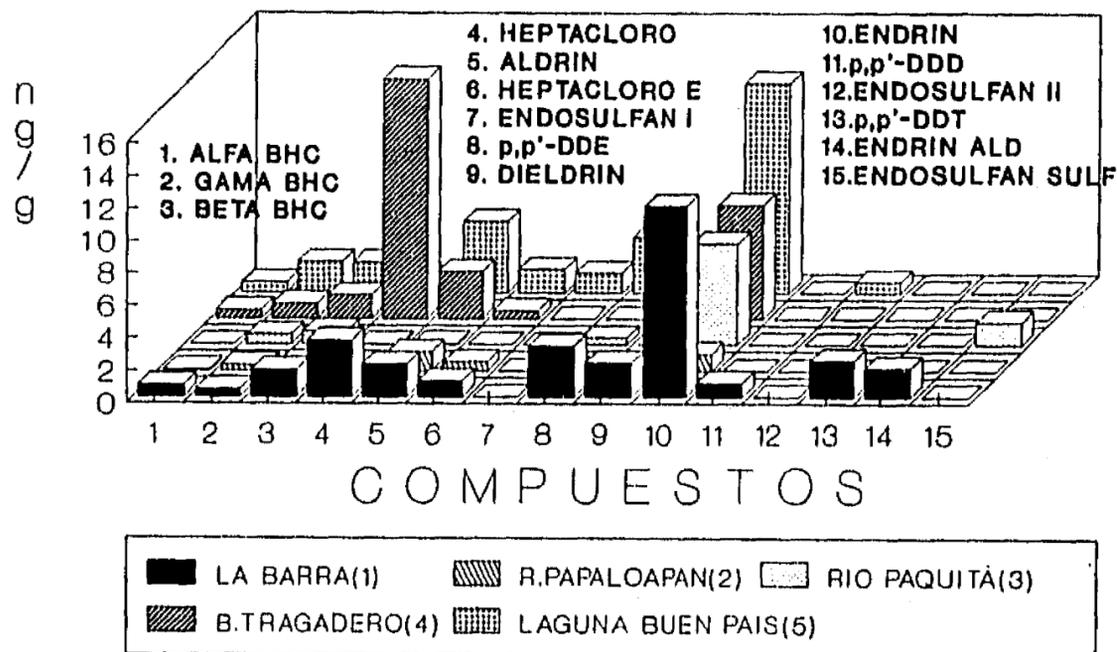


TABLA 25. Concentración de compuestos organoclorados (ng/g peso seco) en sedimentos recientes de la laguna de Alvarado, Veracruz (23 de junio de 1989).

COMPUESTOS	ESTACIONES					MEDIA	D.E.	RANGO
	LA BARRA(1)	RIO PAPALOAPAN(2)	RIO PAQUITA(3)	BOCA DEL TRAGADERO(4)	LAGUNA DE B.PAIS(5)			
1.ALFA BHC	0.72	0.057	N.D	0.50	0.62	0.47 ± 0.47	(0.057-0.72)	
2.GAMA BHC	0.46	0.35	0.61	0.91	1.92	0.85 ± 0.63	(0.35-1.92)	
3.BETA BHC	1.67	0.47	0.81	1.45	1.89	1.26 ± 0.60	(0.47-1.89)	
4.HEPTACLORO	3.46	0.44	0.02	14.77	0.88	3.91 ± 6.21	(0.02-14.47)	
5.ALDRIN	2.00	1.15	0.08	2.91	4.43	2.11 ± 1.66	(0.08-4.43)	
6.HEPTACLORO E.	0.99	0.54	N.D	0.49	1.45	0.87 ± 0.45	(0.49-1.45)	
7.ENDOSULFAN I	N.D	N.D	N.D	N.D	1.22	1.22 ±	(1.22)	
8.p,p'-DDE	3.12	0.10	0.42	N.D	3.50	1.78 ± 1.77	(0.10-3.50)	
9.DIELDRIN	2.10	N.D	N.D	N.D	2.01	2.05 ± 0.06	(2.01-2.10)	
10.ENDRIN	11.82	1.02	6.28	7.07	12.90	7.82 ± 4.77	(1.02-12.90)	
11.p,p'-DDD	0.89	N.D	N.D	N.D	N.D	0.89 ±	(0.89)	
12.ENDOSULFAN II	N.D	N.D	N.D	N.D	0.67	0.67 ±	(0.67)	
13.p,p'-DDT	2.24	N.D	N.D	N.D	N.D	2.24 ±	(2.24)	
14.ENDRIN ALDEHIDO	1.77	N.D	N.D	N.D	N.D	1.77 ±	(1.77)	
15.ENDOSULFAN S.	N.D	N.D	1.40	N.D	N.D	1.40 ±	(1.40)	
Tipo de sedimento	F	F	F	F	F			
SUMA TOTAL	40.24	4.13	9.62	28.10	31.49			

N.D. = No Detectado; F = Sedimento fino

de valores desde 0.057 - 0.72 ng/g (Tabla 25, Gráfica 24). Dentro de la familia mencionada, el Gama BHC apareció en el 100% de las muestras, alcanzando su valor más preponderante en la estación (5) Laguna de Buen País, con 1.92 ng/g, en segundo lugar surgió la estación (4) Boca del Tragadero, con 0.91 ng/g, menores concentraciones en orden decreciente aparecieron en las estaciones (3) Río Paquita, (1) La Barra, con 0.61 y 0.46 ng/g, sin embargo la concentración más baja se registró en la estación (2) Río Papaloapan, con 0.35 ng/g. El grupo de valores anotados, generó una media de 0.85, una Desviación Estándar de ± 0.63 y rango que fluctuó entre 0.35 - 1.92 ng/g (Tabla 25, Gráf. 24). Por último, el Beta BHC, también ocurrió en el 100% de las muestras registrándose su máximo valor en la estación (5) Laguna de Buen País, con 1.89 ng/g, en segundo lugar apareció la estación (1) La Barra, con 1.67 ng/g, seguido de la estación (4) Boca del Tragadero, menor concentración apareció en la estación (3) Río Paquita, con 0.81 ng/g, posteriormente el valor más bajo se detectó en la estación (2) Río Papaloapan, con 0.47 ng/g. Este grupo de datos aportó un valor medio de 1.26, una Desviación Estándar de 0.60 y un rango que fluctuó entre 0.47-1.89 ng/g (Tabla 25, Gráfica 24). La suma de los tres isómeros ($tBHC = \text{Alfa BHC} + \text{Gama BHC} + \text{Beta BHC}$) dieron las siguientes relaciones: $\text{Alfa BHC} / tBHC = 0.15$; $\text{Gama BHC} / tBHC = 0.34$; $\text{Beta BHC} / tBHC = 0.50$ (Anexo 3), de las cuales se observa la predominancia del Beta y Gama BHC, tomando en consideración que la fórmula original de aplicación de ésta mezcla de isómeros es de 60% para el Alfa, 12% Gama y 28% Beta, es señal inequívoca que hay degradación de los compuestos, confirmando esta aseveración el mínimo valor del Alfa BHC, indicando que ha transcurrido un tiempo relativamente corto desde la última aplicación de éstos compuestos. Por otro lado observamos que los tres isómeros se presentaron con un alto porcentaje en todas las estaciones, esto sugiere que la aplicación de BHC en la zona es masivo y los espacios que se observan se deben simplemente al cambio de un cultivo a otro.

El grupo de los plaguicidas Ciclodiénicos son los más numerosos del estándar de referencia y se monitorearon en submuestras de sedimento de la Laguna de Alvarado durante la época de lluvias, uno de sus representantes fué el Heptacloro que ocurrió en el 100% de las estaciones, su máxima concentración se localizó en la estación (4) Boca del Tragadero, con 14.77 ng/g, en segundo lugar surgió la estación (1) La Barra, con 3.46 ng/g, valores con diferencia de dos órdenes de magnitud se detectaron en las estaciones (5) Laguna de Buen País, (2) Río Papaloapan, con 0.88 y 0.44 ng/g, las más baja concentración se registró en la estación (3) Río Paquita, con 0.02 ng/g. Los datos descritos proporcionaron una media de 3.91, una Desviación Estándar de 6.21 y rango de 0.02 - 14.77 (Tabla 25, Gráfica 24). En lo que concierne al Heptacloro Epóxido, su valor más importante se localizó en la estación (5) Laguna de Buen País, con 1.45 ng/g, menores concentraciones se observaron en las estaciones (1) La Barra, (2) Río Papaloapan, con 0.99 y 0.54 ng/g, por otra parte, el valor más bajo se localizó en la estación (4) Boca del Tragadero, con 0.49 ng/g. Los datos anotados, generaron una media de 0.87, una Desviación Estándar de 0.45 y un rango que fluctuó entre 0.49 - 1.45 ng/g (Tabla 25, Gráfica 24). La suma del progenitor más su metabolito ($tHEPTACLS = \text{Heptacloro} + \text{Heptacloro Epóxido}$) proporcionaron las siguientes relaciones: $\text{Heptacloro} / tHEPTACLS = 0.85$; $\text{Heptacloro Epóxido} / tHEPTACLS = 0.15$ (Anexo 3), las cuales indican que la dosificación del predecesor Heptacloro es reciente.

De la misma familia mencionada, se detectó al Aldrín que ocurrió en el 100% de las muestras analizadas, su máxima concentración se registró en la estación (5) Laguna de Buen País, con 4.43 ng/g, concentraciones semejantes se observaron en las estaciones (4) Boca del Tragadero, (1) La Barra, con 2.91 y 2.00 ng/g, en menor concentración surgió la estación (2) Río Papaloapan, con 1.15 ng/g y el valor más bajo apareció en la estación (3) Río Paquita, con 0.08 ng/g. Los valores proporcionaron una media de 2.11, una Desviación Estándar de ± 1.66 y un rango que osciló entre 0.08 - 4.43 ng/g (Tabla 25, Gráfica 24). En lo que respecta al metabolito Dieldrín, éste apareció en concentraciones muy similares en las estaciones (1) La Barra, (5) Laguna de Buen País, con 2.10 y 2.01 ng/g. La media fué de 2.05, una Desviación Estándar de ± 0.06 y un rango que fluctuó entre 2.01 - 2.10 ng/g (Tabla 25, Gráfica 24). La suma del progenitor más su metabolito ($tALDRIN = \text{Aldrín} + \text{Dieldrín}$) dieron las siguientes proporciones: $\text{Aldrín} / tALDRIN = 0.72$; $\text{Dieldrín} / tALDRIN = 0.28$ (Anexo 3), las cuales indican que el Aldrín ha sido aplicado recientemente.

Continuando con los Ciclodiénicos, el plaguicida organoclorado Endrín se presentó en el 100% de las muestras analizadas, su concentración más importante se registró en la estación (5) Laguna de Buen País, con 12.90 ng/g, siguiéndolo en orden de importancia la estación (1) La Barra, con 11.82 ng/g, valores en el mismo orden de magnitud se obtuvieron en las estaciones (4) Boca del Tragadero, (3) Río Paquita, con 7.07 y 6.28 ng/g, por último el valor más bajo se registró en la estación (2) Río Papaloapan, con 1.02 ng/g. La media de éstos valores fué de 7.82, una Desviación Estándar de ± 4.77 y un rango que fluctuó entre 1.02 - 12.90 ng/g (Tabla 25, Gráfica 24). En cuanto al

Endrín Aldehído, éste apareció en la estación (1) La Barra, con 1.77 ng/g (Tabla 25, Gráfica 24). La suma de los metabolitos (tENDRIN = Endrín+Endrín Aldehído) dieron las siguientes relaciones: Endrín/tENDRIN = 0.96; Endrín Aldehído/tALDRIN = 0.04 (Anexo 3), la predominancia del Endrín con un valor cercano a la unidad, sugiere que las aplicaciones del Endrín han sido recientes.

Dentro del grupo de los Ciclodiénicos el Endosulfán se ha convertido en un compuesto frecuente a lo largo de éste estudio, en submuestras de sedimento de la Laguna de Alvarado durante la temporada de lluvias, el progenitor Endosulfán I, surgió únicamente en la estación (5) Laguna de Buen País, con 1.22 ng/g, su metabolito el Endosulfán II, se vio pobremente representado también en la estación (5) Laguna de Buen País, con 0.67 ng/g, finalmente el predecesor Endosulfán Sulfato, apareció con una concentración considerable en la estación (3) Río Paquita, con 1.40 ng/g (Tabla 25, Gráfica 24). La suma del progenitor más sus metabolitos (tENDOSULF = Endosulfán I+Endosulfán II+Endosulfán Sulfato) proporcionaron las siguientes relaciones: Endosulfán I/tENDOSULF = 0.37; Endosulfán II/tENDOSULF = 0.20; Endosulfán Sulfato/tENDOSULF = 0.42 (Anexo 3), en las cuales se observa una ligera predominancia del Endosulfán Sulfato, sugiriendo que ha transcurrido un tiempo considerable desde la última aplicación del progenitor Endosulfán I, sin embargo al parecer la diferencia entre el progenitor Endosulfán I y Endosulfán II es mínima, parece existir un equilibrio entre ambos, por otro lado al juzgar por la poca frecuencia encontrada, éste compuesto más sus metabolitos probablemente lleguen a la laguna en forma esporádica como reflejo de su aplicación en partes alejadas del área en cuestión.

La estación (5) Laguna de Buen País alcanzó las más altas concentraciones en muestras de sedimentos de la Laguna de Alvarado en la temporada de lluvias, de los 15 plaguicidas monitoreados encontramos 11, de los cuales los más frecuentes en orden de importancia fueron: Endrín, Aldrín, p,p'-DDE, Beta BHC, Gama BHC, Heptacloro Epóxido, Endosulfán I y Endosulfán II. Al parecer ésta estación es el reflejo de las actividades agrícolas que se realizan en las áreas aledañas a la Laguna Camaronera, llevados por acción de las lluvias y la corriente propia del sistema a la Laguna de Buen País. Abundando sobre el tema, Rosales-Hoz *et al.* (1986) encontraron en la Laguna de Buen País sedimentos arcillosos, los mismos autores informan también que en mayo de 1981, se abrió un nuevo canal para comunicar la Laguna Camaronera con el mar, ésto originó cambios bruscos de salinidad. Esta información es importante para nuestra investigación, ya que las muestras se colectaron en la época de lluvias cuando la actividad de las corrientes se incrementa, encaminando su flujo hacia éste canal, pero la masa de agua se acumula justamente en la Laguna de Buen País por el angostamiento que se presenta entre ésta y la Laguna Camaronera, fungiendo como una trampa de sedimentos y como consecuencia agrupando una gran cantidad de contaminantes, pudiendo ser la explicación de los altos valores detectados.

Otra estación (1) La Barra captó 12 plaguicidas organoclorados de los 15 propuestos, sin embargo solo 5 fueron los más importantes: p,p'-DDT, Dieldrín, Endrín Aldehído, p,p'-DDD y Alfa BHC. Los compuestos mencionados al pasar por la Laguna de Alvarado durante su trayectoria a la desembocadura se van degradando y es por ello que el número de plaguicidas va disminuyendo. Es importante hacer notar que la estación mencionada se localiza frente a la población de Alvarado, por lo tanto es probable que reciba los desechos domésticos, incluyendo plaguicidas que se aplican contra los insectos que infestan las casas-habitación, así como los provenientes de huertos familiares. Murty (1986) afirma que la degradación de plaguicidas en sedimentos es aeróbica y anaeróbica y que la mayor parte del DDT que entra al sedimento es convertido aeróbicamente a DDE o anaeróbicamente a DDD propio de drenajes municipales; relacionándose íntimamente con ésta investigación ya que el compuesto mencionado fué detectado en ésta estación.

Aunque en forma aislada la estación (4) Boca del Tragadero es digna de mencionarse, ya que alcanzó el valor más alto registrado en todas las estaciones (14.77 ng/g) para el predecesor Heptacloro, la justificación de la alta concentración encontrada, quizá se deba a que la estación de referencia está situada muy cerca de la desembocadura del Río Blanco. Rosales-Hoz *et al.* (1986), afirman que los sedimentos suspendidos del Río Blanco drenan a la Laguna de Tlalixcoyan y que la profundidad de la columna de agua de Boca del Tragadero es de 1 m y ésto da lugar a que los sedimentos estén sujetos a grandes niveles de energía; probablemente ésto explique la ausencia de los otros plaguicidas. Otra estación de singular importancia aunque pobre en diversidad fué (3) Río Paquita, y la única donde se encontró Endosulfán Sulfato, éste producto terminal de la degradación de Endosulfán I, los más probable es que sea el resultado de las actividades agrícolas practicadas en la parte alta del Río Acula.

PLAGUICIDAS EN PECES DE LA LAGUNA DE ALVARADO, VERACRUZ.

Durante la temporada de "nortes" (noviembre) en la Laguna de Alvarado, Ver., se monitorearon 15 plaguicidas organoclorados en peces de importancia comercial de las especies *Eugerres plumieri* (mojarra rayada) y *Centropomus undecimalis* (robalo).

El progenitor p,p'-DDT alcanzó su máxima concentración en robalo, con 1.70 ng/g, en cambio un mínimo valor se detectó para la mojarra rayada, con 0.32 ng/g. En relación al metabolito p,p'-DDE su valor más notable correspondió al robalo, con 3.01 ng/g y el valor más bajo se encontró en mojarra rayada, con 0.25 ng/g (Tabla 27, Gráfica 26). Finalmente el p,p'-DDD solo apareció en el robalo, con 1.13 ng/g. De la suma del progenitor y sus metabolitos ($tDDT = p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD$) se desprendieron las siguientes relaciones: $p,p'-DDT/tDDT = 0.31$; $p,p'-DDE/tDDT = 0.51$; $p,p'-DDD/tDDT = 0.18$ (Anexo 4), las cuales indican la predominancia del p,p'-DDE, éstos sugiere que el precursor p,p'- DDT tiene tiempo de haberse aplicado al sistema.

Los Hexaclorociclohexanos en peces de la Laguna de Alvarado, estuvieron representados en primer plano, por el Alfa BHC en robalo, con 0.89 ng/g, éste compuesto no se detectó en mojarra; por otro lado el Gama BHC se presentó con 0.17 ng/g en robalo y en menor concentración apareció en mojarra, con 0.09 ng/g. Por último en lo que respecta al Beta BHC su mayor valor correspondió al robalo, con 0.15 ng/g, menor concentración se encontró en mojarra, con 0.07 ng/g (Tabla 27, Gráfica 26). La suma de los tres isómeros ($tBHC = \text{Alfa BHC} + \text{Gama BHC} + \text{Beta BHC}$) proporcionaron las siguientes relaciones: $\text{Alfa BHC}/tBHC = 0.65$; $\text{Gama BHC}/tBHC = 0.19$; $\text{Beta BHC}/tBHC = 0.16$ (Anexo 4), las cuales indican la predominancia del Alfa BHC, considerando que en la fórmula de aplicación de éstos productos la proporciones son de 60% para el Alfa, 12% para Gama BHC y 28% para Beta BHC, esto sugiere que el producto se aplicó recientemente.

Dentro del grupo de los derivados Ciclodienicos en peces de la Laguna de Alvarado, el predecesor Heptacloro presentó su máximo valor en robalo, con 0.42 ng/g, en cambio en mojarra registró su más baja concentración, 0.004 ng/g. Por otra parte, Heptacloro Epóxido sólo se presentó en robalo, con 0.46 ng/g (Tabla 27, Gráfica 26). La suma del progenitor más su metabolito ($tHEPTACLS = \text{Heptacloro} + \text{Heptacloro Epóxido}$) dieron las siguientes relaciones: $\text{Heptacloro}/tHEPTACLS = 0.48$; $\text{Heptacloro Epóxido}/tHEPTACLS = 0.52$ (Anexo 4), donde se observa la predominancia del Heptacloro Epóxido, lo cual indica que ha transcurrido un tiempo relativamente corto en la aplicación del progenitor Heptacloro, ya que al parecer hay un cierto equilibrio entre predecesor y metabolito.

Dentro de la familia mencionada, el Aldrín registró su valor más notable en el robalo, con 0.45 ng/g y el valor más bajo en mojarra, con 0.23 ng/g; por otro lado el Dieldrín únicamente apareció en robalo, con 0.17 ng/g (Tabla 27, Gráf. 26). De la suma del predecesor más su metabolito ($tALDRIN = \text{Aldrín} + \text{Dieldrín}$) se desprenden las siguientes relaciones: $\text{Aldrín}/tALDRIN = 0.80$; $\text{Dieldrín}/tALDRIN = 0.20$ (Anexo 4), de las cuales la predominancia del Aldrín, sugiere que éste producto ha sido aplicado en fecha reciente.

En cuanto al Ciclodieno Endrín, fué el único caso en que el máximo valor correspondió a la mojarra con 0.84 ng/g, en orden de importancia surgió el robalo, con 0.81 ng/g; sin embargo el Endrín Aldehído apareció exclusivamente en robalo, con 0.88 ng/g (Tabla 27, Gráfica 26). De la sumatoria de ambos metabolitos ($tENDRIN = \text{Endrín} + \text{Endrín Aldehído}$) se desprendieron las siguientes proporciones: $\text{Endrín}/tENDRIN = 0.65$; $\text{Endrín Aldehído}/tENDRIN = 0.35$ (Anexo 4), lo cual indica que el Endrín ha sido aplicado recientemente al área de estudio.

Finalizando con el grupo de los clorados Ciclodienicos en peces de la Laguna de Alvarado, en primer plano surgieron Endosulfán I Endosulfán II exclusivamente en robalo, con 0.20 y 0.10 ng/g; por otro lado el Endosulfán Sulfato su valor más notable se registró en robalo, con 1.14 ng/g y el valor más bajo se localizó en mojarra, con 0.44 ng/g (Tabla 27, Gráfica 26). De la suma del progenitor más sus metabolitos ($tENDOSULF = \text{Endosulfán I} + \text{Endosulfán II} + \text{Endosulfán Sulfato}$) se desprendieron las siguientes relaciones: $\text{Endosulfán I}/tENDOSULF = 0.11$; $\text{Endosulfán II}/tENDOSULF = 0.05$; $\text{Endosulfán Sulfato}/tENDOSULF = 0.84$ (Anexo 4), en las cuales se observa predominancia del Endosulfán Sulfato lo cual es indicativo que ha transcurrido un tiempo considerable desde la última aplicación del progenitor Endosulfán I.

**PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS
LAGUNA DE ALVARADO, VER.
GRAFICA 26 (PECES)**

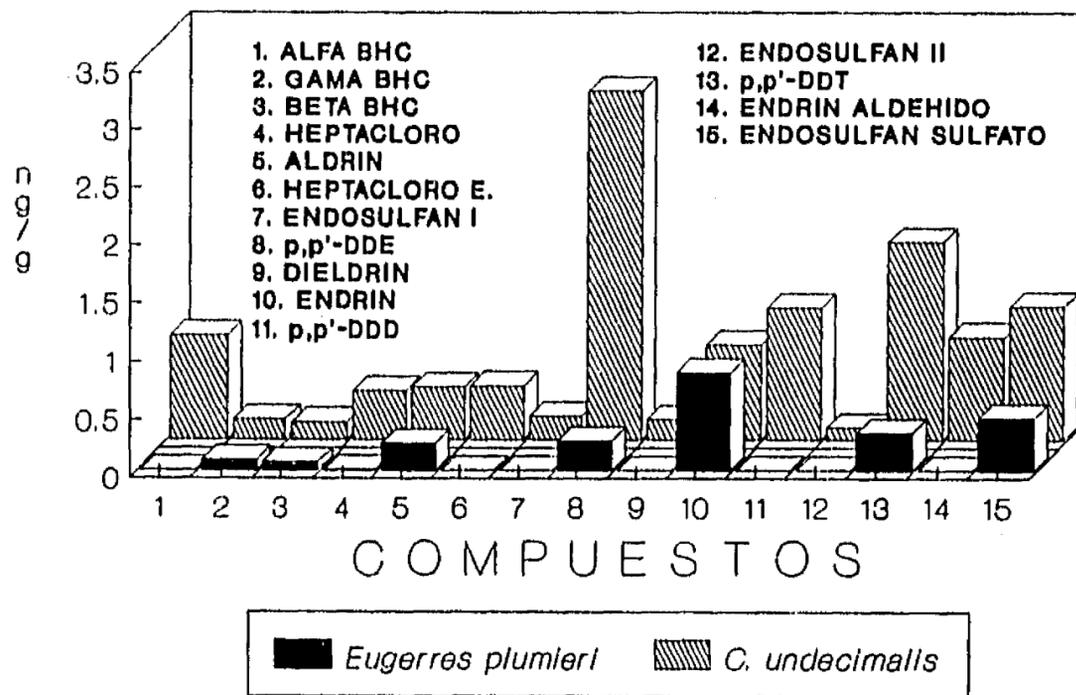


TABLA 27. Concentración de compuestos organoclorados (ng/g peso seco) en peces de la Laguna de Alvarado, Veracruz (19 de Noviembre de 1989).

E S P E C I E S					
COMPUESTOS	Eugerres plumieri (Mojarra)	Centropomus undecimalis (Robalo)	MEDIA	D.E	RANGO
1. ALFA BHC	N.D	0.89	0.89	±	
2. GAMA BHC	0.09	0.17	0.13	± 0.06	(0.09-0.17)
3. BETA BHC	0.07	0.15	0.11	± 0.06	(0.07-0.15)
4. HEPTACLORO	0.004	0.42	0.21	± 0.29	(0.004-0.42)
5. ALDRIN	0.23	0.45	0.34	± 0.15	(0.23-0.45)
6. HEPTACLORO E.	N.D	0.46	0.46	±	
7. ENDOSULFAN I	N.D	0.20	0.20	±	
8. p,p'-DDE	0.25	3.01	1.63	± 1.95	(0.25-3.01)
9. DIELDRIN	N.D	0.17	0.17	±	
10. ENDRIN	0.84	0.81	0.82	± 0.02	(0.81-0.84)
11. p,p'-DDD	N.D	1.13	1.13	±	
12. ENDOSULFAN II	N.D	0.10	0.10	±	
13. p,p'-DDT	0.32	1.70	1.01	± 0.97	(0.32-1.70)
14. ENDRIN ALDEHIDO	N.D	0.88	0.88	±	
15. ENDOSULFAN S.	0.44	1.14	0.79	± 0.49	(0.44-1.14)
SUMA TOTAL	2.24	11.68			

N.D. = No detectado

Para la especie *Centropomus undecimalis* (robalo) fueron reconocidos los 15 plaguicidas propuestos en el estándar de referencia, sin embargo los más importantes en orden de concentración fueron: el p,p'-DDE, p,p'-DDT, Endosulfán Sulfato y p,p'-DDD. Por otro lado algunos compuestos como p,p'-DDD, Alfa BHC, Endrín Aldehído y Endosulfán II, fueron detectados únicamente en el robalo.

La mojarra rayada (*Eugerres plumieri*) agrupó solo 8 compuestos de los 15 organoclorados del estándar de referencia, destacándose por orden de importancia los siguientes: Endrín, Endosulfán Sulfato, p,p'-DDT, p,p'-DDE, Aldrín, del mismo modo en concentraciones muy bajas surgieron, Gama BHC, Beta BHC y Heptacloro.

A pesar de las bajas concentraciones registradas en mojarra rayada, es importante señalar que el compuesto Endrín altamente tóxico ocupó el primer lugar en este organismo. Por otro lado su concentración letal media, se encuentra a niveles de concentración muy baja, a niveles de ppb (Brown, 1978). Así, el Endrín a concentraciones de ppb, afecta el sistema nervioso central de estos organismos; provocando con ello un incremento en la tasa de ventilación, convulsiones y pérdida del equilibrio (Wilbert *et al.*, 1971).

Es necesario recalcar que los valores de plaguicidas organoclorados encontrados en las dos especies de peces de importancia comercial, fué mayor para *Centropomus undecimalis*, esto quizá sea producto de varios factores, entre ellos: la edad, el sexo, así como el estado del organismo dentro de su ciclo de vida durante el cual fué analizado (Clark, 1986).

En consecuencia las variaciones presentadas con antelación pueden justificarse si consideramos que: 1) la distribución de los diferentes compuestos organoclorados dentro del organismo no es uniforme en los diferentes tejidos, aumentando su proporción en órganos con alto contenido de lípidos como el hígado, gónadas y branquias entre otros (Lee *et al.*, 1972; Nadjek *et al.*, 1988), 2) los hábitos, el comportamiento del organismo y las condiciones prevaescentes en el cuerpo acuático en las diferentes épocas del año, pueden modificar de alguna forma la captación de los diferentes compuestos organoclorados entre las especies (Wilbert *et al.*, 1971) y, 3) la tasa de captación y detoxificación de los diferentes compuestos por parte de los organismos varía de una especie a otra, en especial para los compuestos ciclodiénicos como el Aldrín y Dieldrín (Conell y Miller, 1984; Murty, 1986).

PLAGUICIDAS EN OSTION (*Crassostrea virginica*) DE LA LAGUNA DE ALVARADO, VERACRUZ.

Durante la temporada de lluvias (junio) se monitorearon 15 plaguicidas organoclorados en submuestras de ostión (*Crassostrea virginica*) provenientes de las cooperativas de la Laguna de Alvarado, en primer plano el p,p'-DDT se localizó únicamente en la submuestra A1, con 1.64 ng/g; en cambio el p,p'-DDE se presentó con su valor más importante en la submuestra A1, con 0.64 ng/g seguido de la submuestra A3, con 0.20 ng/g; no se registró la presencia del metabolito p,p'-DDD (Tabla 26, Gráfica 25). La suma del precursor más sus metabolitos (DDT = p,p'-DDT+p,p'-DDE+ p,p'-DDD) dieron las siguientes proporciones: p,p'- DDT/tDDT = 0.66; p,p'-DDE/tDDT = 0.34; p,p'-DDD/tDDT = 0 (Anexo 4), de las cuales se observa predominancia del progenitor p,p'- DDT, sugiriendo que las aplicaciones de este producto han sido recientes.

Los Hexaclorociclohexanos en muestras de ostión de la Laguna de Alvarado, estuvieron representados en primer plano por Alfa BHC, cuya máxima concentración se detectó en la submuestra A2, con 4.17 ng/g, seguido de la submuestra A3, con 1.07 ng/g. Por otro lado para el Gama BHC surgieron concentraciones similares tanto para la submuestra A2 como para la A3 con, 2.90 y 2.57 ng/g. Por último, en relación al Beta BHC su valor más notable se localizó en la submuestra A2, con 4.26 ng/g, seguido de la submuestra A3, con 1.47 ng/g, su valor más bajo se localizó en la submuestra A1, con 0.52 ng/g (Tabla 26, Gráfica 25). La suma de los tres isómeros (tBHC = Alfa BHC+Gama BHC+Beta BHC) dieron las siguientes relaciones: Alfa BHC/tBHC = 0.31; Gama BHC/tBHC = 0.32; Beta BHC/tBHC = 0.37 (Anexo 4), en las que se observa una marcada dominancia del Beta BHC, considerando que en su fórmula original la mezcla de Alfa, Gama y Beta BHC es de 60, 12 y 28%, éstos nos indica degradación de los compuestos, sin embargo se aprecia que ha trascurrido un tiempo relativamente corto desde la última aplicación de éstos productos. Por otro lado el equilibrio de las proporciones de Alfa y Gama BHC probablemente reflejan las

**PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS
LAGUNA DE ALVARADO, VER.
GRAFICA 25 (Crassostrea virginica)**

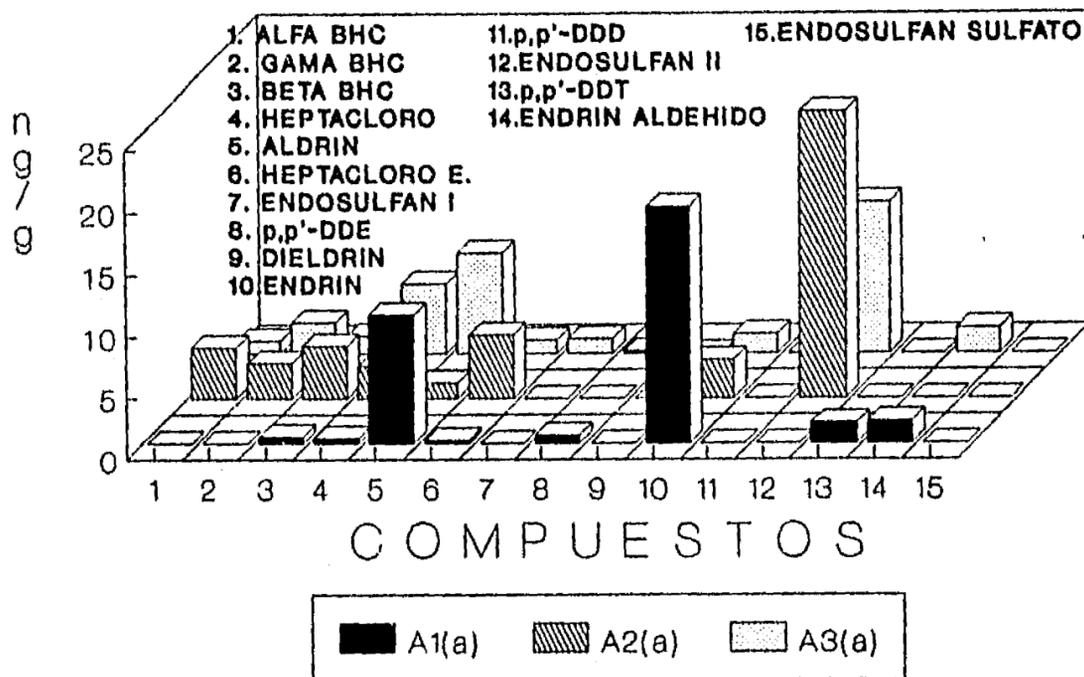


TABLA 26 . Concentración de plaguicidas organoclorados (ng/g peso seco)
en ostión de la especie (Crassostrea virginica), de la Laguna
de Alvarado, Veracruz (22 de junio de 1989).

E S T A C I O N E S						
COMPUESTOS	A1(a)	A2(a)	A3(a)	MEDIA	D.E.	RANGO
1.ALFA BHC	N.D	4.17	1.07	2.62 ±	2.19	(1.07-4.17)
2.GAMA BHC	N.D	2.90	2.57	2.73 ±	0.23	(2.57-2.90)
3.BETA BHC	0.52	4.26	1.47	2.08 ±	1.94	(0.52-4.26)
4.HEPTACLORO	0.41	2.65	5.67	2.91 ±	2.64	(0.41-5.67)
5.ALDRIN	10.47	1.25	8.13	6.62 ±	4.79	(1.25-10.47)
6.HEPTACLORO E.	0.22	5.16	1.13	2.17 ±	2.63	(0.22-5.16)
7.ENDOSULFAN I	N.D	N.D	1.22	1.22 ±		(1.22)
8.p,p'-DDE	0.64	N.D	0.20	0.42 ±	0.31	(0.20-0.64)
9.DIELDRIN	N.D	N.D	N.D	N.D ±		
10.ENDRIN	19.12	3.14	1.60	7.95 ±	9.70	(1.60-19.12)
11.p,p'-DDD	N.D	N.D	N.D	N.D ±		
12.ENDOSULFAN II	N.D	23.14	12.16	17.65 ±	7.76	(12.16-23.14)
13.p,p'-DDT	1.64	N.D	N.D	1.64 ±		(1.64)
14.ENDRIN ALDEHIDO	1.77	N.D	2.07	1.92 ±	0.21	(1.77-2.07)
15.ENDOSULFAN S.	N.D	N.D	N.D	N.D ±		
SUMA TOTAL	34.79	46.67	37.29			

N.D.= No Detectado

(a) Muestras tomadas de la cooperativa.

aplicaciones masivas de éstos productos a la zona y los espacios que se observan bien pueden ser el tiempo necesario para recoger la cosecha e iniciar otro cultivo.

Continuando con los organoclorados Ciclodiénicos en ostión de la Laguna de Alvarado, el Heptacloro se presentó en el 100% de las muestras, su mayor concentración se localizó en la submuestra A3, con 5.67 ng/g, siguiendo en orden de importancia la submuestra A2, con 2.65 ng/g, por otro lado el valor más bajo se presentó en la submuestra A1, con 0.41 ng/g. La media de éstos valores fué de 2.91, una Desviación Estándar de 2.64 y un rango que fluctuó entre 0.41 - 5.67 ng/g (Tabla 26, Gráfica 25). Por otra parte el Heptacloro Epóxido también ocurrió en el 100% de las muestras analizadas, mostrando su valor más notable en la submuestra A2, con 5.16 ng/g; disminuída en cinco órdenes de magnitud apareció la submuestra A3, con 1.13 ng/g, el valor más bajo se localizó en la submuestra A1, con 0.22 ng/g. La media de éstos datos fué de 5.16 ng/g, una Desviación Estándar de ± 2.63 y un rango de 0.22 - 5.16 ng/g (Tabla 26, Gráfica 25). La suma del progenitor más su metabolito (tHEPTACLS = Heptacloro + Heptacloro Epóxido) proporcionaron las siguientes relaciones: Heptacloro / tHEPTACLS = 0.57; Heptacloro Epóxido/tHEPTACLS = 0.43 (Anexo 4), en las cuales se observa predominancia del precursor Heptacloro, lo cual sugiere que la aplicación de éste producto ha sido reciente.

Dentro de la familia citada, el Aldrín se presentó en el 100% de las muestras analizadas, su valor más notable se localizó en la submuestra A1, con 10.47 ng/g, siguiendo en orden de importancia la submuestra A3 con, 8.13 ng/g y el valor mínimo se encontró en la submuestra A2, con 1.25 ng/g. La media fué de 6.62, una Desviación Estándar de ± 4.79 y un rango que fluctuó entre 1.25 - 10.47 ng/g (Tabla 26, Gráfica 25). En cambio se observó la ausencia del Dieldrín en las muestras analizadas, por lo que en éste caso la relación Aldrín/tALDRIN = 1 (Anexo 4), indicando que la aplicación de éste compuesto al área de estudio ha sido reciente.

Siguiendo con la familia de los Ciclodiénicos en ostión de la Laguna de Alvarado, el Endrín ocurrió en el 100% de las muestras analizadas, su valor más alto se detectó en la submuestra A1, con 19.12 ng/g, mínima concentración apareció en la submuestra A2, con 3.14 ng/g, el valor más bajo se localizó en la submuestra A3, con 1.60 ng/g. La media fué de 7.95, una Desviación Estándar de ± 9.70 y un rango que osciló entre 1.60 - 19.12 ng/g (Tabla 26, Gráfica 25). En lo que respecta al Endrín Aldehído éste ocurrió en el 66% de las muestras, su valor más notable surgió en la submuestra A3, con 2.07 ng/g, siguiendo en importancia la submuestra A1, con 1.77 ng/g (Tabla 26, Gráfica 25). La suma de los metabolitos (tENDRIN = Endrín + Endrín Aldehído) dieron las siguientes relaciones: Endrín/tENDRIN = 0.86; Endrín Aldehído / tENDRIN = 0.14 (Anexo 4), en las cuales se observa dominancia del Endrín con un valor muy cercano a la unidad, lo cual sugiere que la aplicación del Endrín ha sido reciente al área de estudio.

Finalizando con el grupo de los plaguicidas Ciclodiénicos en ostión de la Laguna de Alvarado, el Endosulfán I, apareció exclusivamente en la submuestra A3, con 1.22 ng/g. Por otro lado el Endosulfán II, ocurrió en el 66% de las muestras analizadas, manifestando su valor más notable en la submuestra A2, con 23.14 ng/g, menor concentración se registró en la submuestra A3, con 12.16 ng/g (Tabla 26, Gráfica 25). La suma del precursor más sus metabolitos (tENDOSULF = Endosulfán I + Endosulfán II + Endosulfán Sulfato) proporcionaron las siguientes relaciones: Endosulfán I / tENDOSULF = 0.03; Endosulfán II/tENDOSULF = 0.97; Endosulfán Sulfato/tENDOSULF = 0 (Anexo 4), en las cuales se observa predominancia del Endosulfán II con un valor muy cercano a la unidad, lo cual indica degradación de los compuestos, sin embargo al parecer ha transcurrido un tiempo relativamente corto desde la última aplicación del precursor Endosulfán I, ya que todavía no aparece el Endosulfán Sulfato que es el último producto de degradación del precursor mencionado.

Los compuestos organoclorados más sobresalientes en submuestras del ostión (*Crassostrea virginica*) durante la temporada de lluvias en la Laguna de Alvarado, en orden de concentración fueron: Endosulfán II, Endrín, Aldrín, Heptacloro, Heptacloro Epóxido, Beta BHC y Alfa BHC.

Por otra parte, la submuestra A3 fué la de mayor diversidad ya que agrupó 11 compuestos de los 15 plaguicidas propuestos en el estándar de referencia.

Los compuestos que presentaron menor concentración en orden de importancia fueron: Gama BHC, Endrín Aldehído, p,p'-DDT, Endosulfán I y p,p'-DDE, observándose la ausencia del Dieldrín y el Endosulfán Sulfato.

De acuerdo a Contreras *et al.* (1988) y Restrepo (1988) en el estado de Veracruz, se cultiva maíz, frijol, arroz, sorgo, caña de azúcar, café, naranja, plátano y aguacate a los cuales se les aplica BHC, Endrín, Heptacloro, Endosulfán, Clordano y Toxafeno. De los cuales el Endosulfán se aplica a 21 cultivos y Heptacloro a 11 (véase Cuadro 1). Debido a ello en la época de temporal el uso de ciertos agroquímicos como el Endosulfán, Endrín y Heptacloro suelen incrementarse, esto quizá explique las altas concentraciones encontradas.

Es importante señalar, que si bien éstas concentraciones son relativamente bajas del orden de ppb, ya se encuentran provocando efectos subletales en los organismos, considerando que a concentraciones de 0.1 ppb de Heptacloro, Aldrín y DDT, reducen en un 80% la formación de la concha en *C. virginica* (Brown, 1978)

Es importante enfatizar que en la Laguna de Alvarado, Ver., se detectaron las concentraciones más altas para compuestos organoclorados en relación a las lagunas de Carmen-Machona, Tab., como resultado de la intensa actividad humana, industrial y agrícola desarrollada en las áreas adyacentes. Otro argumento que apoya ésta afirmación son las concentraciones excesivas de plaguicidas encontrados por Albert y Figueroa (1985) en especies de peces de agua dulce del Rfo Blanco tributario de la Laguna de Alvarado.

Los valores elevados encontrados pertenecen a los compuestos Ciclodiénicos, sin embargo de acuerdo a Mearns *et al.*, (1988), los criterios de tolerancia propuestos por la FDA, proponen para el Endosulfán, Endrín, Aldrín y Heptacloro 60 ng/g peso seco y en éste caso ninguno de los compuestos detectados en las Lagunas Carmen-Machona, Tab., y Alvarado, Ver., rebasan éstas normas.

PLAGUICIDAS EN SEDIMENTO DE LA LAGUNA DE BOJORQUEZ DEL SISTEMA LAGUNAR NICHUPTÉ, QUINTANA ROO.

De acuerdo con Jordan *et al.* (1978), Botello *et al.* (1987) y De Leon y Peña (1987), el Sistema lagunar Nichupté y en particular la Laguna de Bojórquez se caracteriza por tener un fondo formado por sedimentos carbonatados y cubierto por una capa vegetal cuyo principal componente es *Thalassia testudinum*.

En submuestras de sedimentos (finos) de la Laguna de Bojórquez se monitorearon 15 plaguicidas organoclorados considerados como contaminantes prioritarios durante la temporada de "nortes", entre ellos, el p,p'-DDT apareció en el 28% de las muestras analizadas, su máxima concentración se localizó en la estación (2), con 17.65 ng/g, siguiendo en orden de importancia la estación (15), con 9.57 ng/g, la media fué de 13.61, una Desviación Estándar de ± 5.71 y un rango de 9.57-17.65 ng/g (Tabla 28, Gráfica 27). En lo que respecta al p,p'-DDE, éste surgió con una frecuencia del 42%, su valor más importante se localizó en la estación (2), con 11.87 ng/g, menor concentración se detectó en la estación (13), con 3.61 y el valor más bajo se encontró en la estación (15), con 2.02 ng/g; la media de éstos datos fué de 5.83, una Desviación Estándar de ± 5.29 y un rango que fluctuó desde 2.02 - 11.87 ng/g (Tabla 28, Gráfica 27). En cambio el p,p'-DDD ocurrió con una frecuencia de 57% de las muestras procesadas, su valor más notable apareció en la estación (13), con 223.0 ng/g, por otro lado, disminuido en varias órdenes de magnitud surgió la estación (16), con 6.96 ng/g, siguiéndole en orden de importancia la estación (2), con 4.26 ng/g, el valor más bajo se detectó en la estación (7), con 1.15 ng/g. Los datos apuntados, generaron una media de 61.34, una Desviación Estándar de 114.46 y un rango que fluctuó entre 1.15 - 223.0 ng/g (Tabla 28, Gráfica 27). La suma del progenitor más sus metabolitos ($\text{DDT} = \text{p,p'-DDT} + \text{p,p'-DDE} + \text{p,p'-DDD}$) produjeron las siguientes relaciones: $\text{p,p'-DDT}/\text{DDT} = 0.09$; $\text{p,p'-DDE}/\text{DDT} = 0.06$; $\text{p,p'-DDD}/\text{DDT} = 0.84$ (Anexo 3), en las cuales se observa la predominancia del metabolito p,p'-DDD con un valor cercano a la unidad, lo cual sugiere degradación de los compuestos y por otro lado indica que ha transcurrido un tiempo considerable desde que se aplicó el precursor p,p'-DDT.

El Alfa BHC, ocurrió con una frecuencia del 42% de las muestras analizadas, manifestando su máxima concentración en la estación (13), con 38.65 ng/g, siguiendo en orden de importancia la estación (15), con 25.50 ng/g, el valor más bajo se detectó en la estación (2), con 6.89 ng/g. La media fué de 23.68, una Desviación Estándar de ± 15.96 y un rango que osciló entre 6.89- 38.65 ng/g (Tabla 28, Gráfica 27). El gama BHC ocurrió en el 100% de las estaciones, su máxima concentración se localizó en la estación (7), con 57.82 ng/g, disminuída casi en tres órdenes de magnitud surgió la estación (13), con 21.10 ng/g, siguiendo en orden de importancia la estación (16), con

**PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS
LAGUNA DE BOJORQUEZ, Q.ROO.
GRAFICA 27 (SEDIMENTOS)**

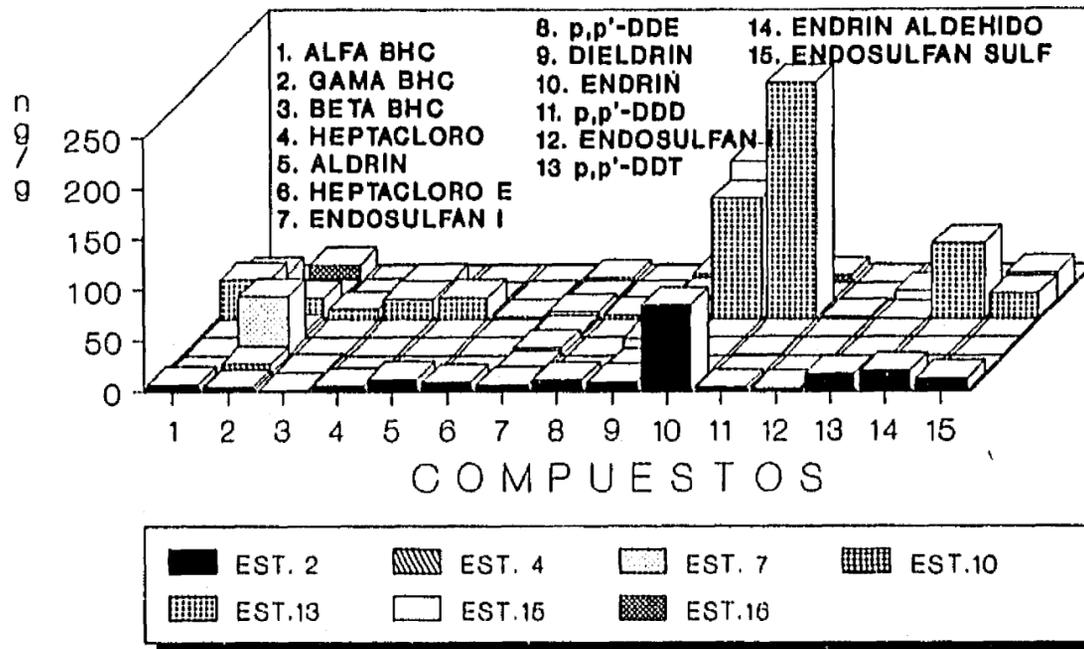


TABLA 28. Concentración de plaguicidas organoclorados (ng/g peso seco) en sedimentos recientes de la Laguna de Bojórquez (Nichupte), Quintana Roo. Enero 1986.

COMPUESTOS	ESTACIONES							MEDIA	D.E.	RANGO
	2	4	7	10	13	15	16			
1. ALFA BHC	6.89	N.D	N.D	N.D	38.65	25.50	N.D	23.68	± 15.96	(6.89 - 38.65)
2. GAMA BHC	4.58	9.5	57.82	4.92	21.10	3.33	17.80	17.00	± 19.26	(3.33 - 57.82)
3. BETA BHC	1.05	1.54	N.D	N.D	9.84	4.50	N.D	4.23	± 4.04	(1.05 - 9.84)
4. HEPTACLORO	5.88	N.D	N.D	N.D	19.88	18.85	0.003	11.15	± 9.79	(0.003- 19.88)
5. ALDRIN	12.18	N.D	N.D	N.D	21.21	0.90	N.D	11.43	± 10.17	(0.90 - 21.21)
6. HEPTACLORO E.	9.80	N.D	N.D	N.D	1.90	1.86	N.D	4.52	± 4.57	(1.86 - 9.80)
7. ENDOSULFAN I	7.11	4.98	7.6	3.15	6.91	2.27	4.89	5.27	± 2.05	(2.27 - 7.11)
8. p,p'-DDE	11.87	N.D	N.D	N.D	3.61	2.02	N.D	5.83	± 5.29	(2.02 - 11.87)
9. DIELDRIN	9.98	6.93	16.63	3.51	1.31	4.96	9.08	7.48	± 5.05	(1.31 - 16.63)
10. ENDRIN	84.9	N.D	N.D	N.D	119.69	138.29	N.D	114.29	± 27.10	(84.9 -138.29)
11. p,p'-DDD	4.26	N.D	1.15	N.D	233.0	N.D	6.96	61.34	± 114.46	(1.15 -233.0)
12. ENDOSULFAN II	3.40	N.D	N.D	N.D	1.89	N.D	N.D	2.64	± 1.07	(1.89 - 3.40)
13. p,p'-DDT	17.65	N.D	N.D	N.D	N.D	9.57	N.D	13.61	± 5.71	(9.57 - 17.65)
14. ENDRIN ALD.	20.65	N.D	N.D	N.D	74.41	N.D	N.D	47.53	± 38.01	(20.65- 74.41)
15. ENDOSULFAN S.	12.93	N.D	N.D	N.D	24.69	27.13	N.D	21.58	± 7.59	(12.93-27.13)
Tipo de sedimento	F	F	F	F	F	F	F			
SUMA TOTAL	213.13	22.95	88.2	11.58	578.09	239.18	38.73			

N.D. = No detectado; F = Sedimento fino

17.80 ng/g, mínimo valor se localizó en la estación (4), con 9.50 ng/g, valores similares surgieron en las estaciones (10), (2), con 4.92 y 4.58 ng/g, el valor más bajo se detectó en la estación (15), con 3.33 ng/g. La media de éstos valores fué de 17.0, una Desviación Estándar de ± 19.26 y un rango que fluctuó entre 3.33-57.82 ng/g (Tabla 28, Gráfica 27). Por otro lado, el Beta BHC se presentó con una frecuencia del 57% de las muestras procesadas, su máxima concentración se registró en la estación (13), con 9.84 ng/g, siguiendo en orden de importancia la estación (15), mínimo valor se registró en la estación (4), con 1.54 ng/g y el valor más bajo se detectó en la estación (2), con 1.05 ng/g. La media de éstos datos fué 4.23, una Desviación Estándar de ± 4.04 y un rango que fluctuó desde 1.05-9.84 ng/g (Tabla 28, Gráf 27). De la suma de los tres isómeros ($tBHC = \text{Alfa BHC} + \text{Gama BHC} + \text{Beta BHC}$) surgieron las siguientes relaciones: $\text{Alfa BHC}/tBHC = 0.34$; $\text{Gama BHC}/tBHC = 0.57$; $\text{Beta BHC}/tBHC = 0.08$ (Anexo 3), tomando en consideración que la formulación técnica de aplicación de éstos isómeros en el orden descrito, es de 60%, 12% y 28%, percibiéndose el valor más alto para el Gama BHC (Lindano) que es realmente el plaguicida activo, sugiriendo aplicaciones masivas de BHC y debido a la naturaleza del sustrato, se ha retenido suficiente Gama BHC como para ser detectado en el 100% de las muestras analizadas.

El Heptacloro durante la época de "nortes", ocurrió con una frecuencia del 57% de las muestras analizadas, la concentración más preponderante ocurrió en la estación (13), con 19.88 ng/g, siguiendo en orden de importancia la estación (15), con 18.85 ng/g, disminuída en tres órdenes de magnitud surgió la estación (2), con 5.88 ng/g y la concentración más baja se registró en la estación (16), con 0.003 ng/g. La media de éstos valores fué de 11.15, una Desviación Estándar de ± 9.79 y un rango que osciló entre 0.003-19.88 ng/g (Tabla 28, Gráfica 27). En lo que respecta al Heptacloro Epóxido, su valor más notable apareció en la estación (2), con 9.80 ng/g y sus concentraciones más bajas ocurrieron en las estaciones (13), (15), con 1.90 y 1.86 ng/g. La media de éstos valores fué de 4.52, una Desviación Estándar de 4.57 y un rango que fluctuó desde 1.86-9.80 ng/g (Tabla 28, Gráfica 27). De la suma del progenitor más su metabolito ($tHEPTACLS = \text{Heptacloro} + \text{Heptacloro Epóxido}$) se generaron las siguientes relaciones: $\text{Heptacloro}/tHEPTACLS = 0.77$; $\text{Heptacloro Epóxido} / tHEPTACLS = 0.23$ (Anexo 3), de las cuales se observa la predominancia del Heptacloro, indicando que la aplicación de éste producto se realizó en fecha reciente.

Dentro de la familia de los Ciclodiénicos, el Aldrín se presentó en el 42% de las muestras analizadas de la Laguna de Bojórquez del Sistema Lagunar Nichupté, su máxima concentración se localizó en la estación (13), con 21.21 ng/g, siguiendo en orden de importancia la estación (2), con 12.18 ng/g, la concentración más baja se registró en la estación (15), con 0.90 ng/g. La media de éstos valores fué de 11.43, una Desviación Estándar de ± 10.17 y un rango que fluctuó entre 0.90 - 21.21 ng/g (Tabla 28, Gráfica 27). En cambio el Dieldrín apareció en el 100% de las estaciones, localizándose su máxima concentración en la estación (7), con 16.63 ng/g, valores semejantes se registraron en las estaciones (2), (16), con 9.98 y 9.08 ng/g, menores concentraciones aparecieron en las estaciones (15), (10), con 4.96 y 3.51 ng/g, el valor más bajo se detectó en la estación (13), con 1.31 ng/g. La media de éstos datos fué de 7.48, una Desviación Estándar de 5.05 y un rango que fluctuó entre 1.31 - 16.63 ng/g (Tabla 28, Gráfica 27). De la suma del progenitor más su metabolito ($tALDRIN = \text{Aldrín} + \text{Dieldrín}$) se advierten las siguientes relaciones: $\text{Aldrín}/tALDRIN = 0.39$; $\text{Dieldrín}/tALDRIN = 0.60$ (Anexo 3), en las cuales se observa la predominancia del Dieldrín, en la cual se infiere que ha transcurrido un tiempo considerable desde la última aplicación del precursor Aldrín al área de estudio.

Continuando con la familia mencionada, el Endrín mostró su máxima concentración en la estación (15), con 138.29 ng/g, siguiendo en orden de importancia la estación (13), con 119.69 ng/g, la más baja concentración se registró en la estación (2), con 84.9 ng/g. Los datos mencionados generaron una media de 114.29, una Desviación Estándar de ± 27.10 y un rango que fluctuó entre 84.9 - 138.29 ng/g (Tabla 28, Gráfica 27). Por otro lado, el Endrín Aldehído mostró su valor más preponderante en la estación (13), con 74.41 ng/g, su concentración más baja apareció en la estación (2), con 20.65 ng/g. La media fué de 47.53, una Desviación Estándar de ± 38.01 y rango que osciló entre 20.65 - 74.41 ng/g (Tabla 28, Gráfica 27). De la suma del progenitor más su metabolito ($tENDRIN = \text{Endrín} + \text{Endrín Aldehído}$) se desprendieron las siguientes relaciones: $\text{Endrín}/tENDRIN = 0.78$; $\text{Endrín Aldehído}/tENDRIN = 0.22$ (Anexo 3), en las cuales se pudo observar la predominancia del precursor Endrín, ésto sugiere que las aplicaciones de éste producto se han realizado en fecha reciente.

En la familia de los Ciclodiénicos en la Laguna de Bojórquez, el Endosulfán I se presentó con una frecuencia del 100% en la muestras analizada, concentraciones similares aparecieron en las estaciones (2), (7), (13), con 7.11, 7.6 y 6.91 ng/g, por otro lado valores casi idénticos surgieron en las estaciones (4), (16), con 4.98 y 4.89 ng/g, menor

concentración se registró en la estación (10), con 3.15 ng/g, el valor más bajo apareció en la estación (15), con 2.27 ng/g. Los valores analizados, arrojaron una media de 5.27, una Desviación Estándar de ± 2.05 y un rango que osciló entre 2.27 - 7.11 ng/g (Tabla 28, Gráfica 27). En cuanto al Endosulfán II apareció solamente en el 28% de las muestras, su valor más notable se localizó en la estación (2), con 3.40 ng/g y la más baja se registró en la estación (13), con 1.89 ng/g. La media fué 2.64, una Desviación Estándar de ± 1.07 , y un rango desde 1.89 - 3.40 ng/g (Tabla 28, Gráfica 27). Finalmente, el Endosulfán Sulfato ocurrió con una frecuencia del 42% de las muestras analizadas, su valor más importante se localizó en la estación (15), con 27.13 ng/g, siguiéndole en importancia la estación (13), con 24.69 ng/g y el valor más bajo se localizó en la estación (2), con 12.93 ng/g. La media de éstos valores fué de 21.58, una Desviación Estándar de 7.59 y un rango que osciló entre 12.93 - 27.13 ng/g (Tabla 28, Gráfica 27). De la suma del progenitor más sus metabolitos (ENDOSULF= Endosulfán I + Endosulfán II + Endosulfán Sulfato), se obtuvieron las siguientes relaciones: Endosulfán I/ENDOSULF = 0.34; Endosulfán II/ENDOSULF = 0.05; Endosulfán Sulfato/ENDOSULF = 0.60 (Anexo 3), en las cuales se observa la predominancia del Endosulfán Sulfato, lo cual sugiere degradación de los compuestos y que ha transcurrido un tiempo considerable desde la última aplicación del progenitor Endosulfán I.

La estación 13 agrupó 14 plaguicidas de los 15 propuestos en el estándar de referencia, los compuestos más notables en orden de importancia fueron: p,p'-DDD, Alfa BHC, Beta BHC, Heptacloro, Aldrín, Endrín Aldehído; el rango de éstas concentraciones fluctuó desde 233.0 - 9.84 ng/g.

En cambio en la estación 2, se agruparon los 15 plaguicidas del estándar de referencia, pero a diferencia de la estación anterior los valores fueron menores, los compuestos más importantes en orden descendente fueron: p,p'-DDT, p,p'-DDE, Heptacloro Epóxido, Endosulfán I, Endosulfán II y el rango de valores osciló entre 17.65 - 3.40 ng/g.

Algunas estaciones registraron pocos compuestos, sin embargo éstos mostraron concentraciones importantes, tal es el caso de la estación 15 en donde además del Endrín, se detectó Endosulfán Sulfato con valores de 138.29 y 27.13 ng/g respectivamente, así también, la estación 7 en la cual se registró Gama BHC y Dieldrín, con valores de 57.82 y 16.63 ng/g en ambos compuestos.

Los niveles considerables de compuestos clorados registrados en la Laguna de Bojórquez, del sistema Lagunar Nichupté, Q. Roo, se deben probablemente a su cercanía con el desarrollo urbano y turístico de Cancún, cuyos desechos municipales algunos sin tratar son vertidos a ésta laguna, además es importante hacer notar que las muestras se colectaron en la época de "nortes". Según Jordan *et al.* (1978) en la temporada de "nortes" se incrementa la precipitación pluvial y los escurrimientos provenientes de los manglares hacia la laguna acentúan los gradientes de salinidad, sin embargo la Laguna de Bojórquez que está mas o menos aislada del Sistema lagunar Nichupté, la salinidad alcanza 37 o/oo. Por otro lado, a pesar del tiempo transcurrido, al parecer no ha habido cambios considerables en la Laguna de Bojórquez, ya que Merino y Gallegos (1986) reportan un rango de 30.28 - 39.70 ‰.

La Laguna de Bojórquez es considerada como una masa de agua semicerrada con poca circulación, con aportes de materia orgánica muy elevados; éste ingreso proviene en gran parte de la descomposición de las praderas de pastos marinos, algas y el vertimiento de una planta de tratamiento de aguas residuales hacia la Laguna de Bojórquez incrementando considerablemente la proporción de materia orgánica (Botello *et al.*, 1987, De León y Peña, 1987). Estas consideraciones probablemente sean válidas únicamente para la estaciones 13 y 15, ya que al parecer el flujo de la corriente proveniente de éstos lugares, pasan por las estaciones 7, 4, 5 y desembocan por la estación 2, prueba de ello es que en ésta última se registraron los 15 plaguicidas organoclorados propuestos en el patrón de referencia.

Un dato interesante, es la presencia de p,p'-DDD cuyo valor sobrepasa los encontrados en las otras estaciones; de acuerdo a Murty (1986) la degradación de plaguicidas en los sedimentos es aeróbica y anaeróbica y la mayor parte del DDT que entra a los sedimentos es convertido aeróbicamente a DDE o anaeróbicamente a DDD. Considerando que en los vertimientos de las plantas de tratamiento y desechos municipales los niveles de oxígeno se abaten dando lugar a condiciones anaeróbicas, por lo tanto, es de esperarse que los niveles del DDD sean altos. Frank *et al.* (1977) reportan en sedimentos superficiales del Lago St. Clair, Ontario, 53 ng/g para el DDD y 19.0 ng/g para DDE, atribuyendo el mayor valor del DDD a posible degradación in situ. Por otro lado Choi y Chen (1976) sugieren una asociación entre los compuestos organoclorados y las sustancias húmicas, comprobando los mismos autores que la

adsorción del Gama BHC (Lindano) en los sedimentos de los lagos está en relación directa con el contenido de materia orgánica. Estas afirmaciones coinciden con lo encontrado en ésta investigación, ya que la Laguna de Bojórquez con las grandes cantidades de aportes de origen vegetal proveniente de los pastos, aportaciones del manglar, y descargas de la zona hotelera, tiende a eutroficarse.

Con base en los registros de cultivos en el Estado de Quintana Roo, Contreras *et al.* (1988) y Restrepo (1988) reportan escasos cultivos en el área de estudio, entre ellos el maíz, frijol y copra, a los cuales se les aplica BHC, Endrín, Heptacloro, Endosulfán, coincidiendo con la mayoría de los plaguicidas encontrados.

Sin embargo, en los viajes de colecta se pudo observar directamente varios invernaderos cercanos a la Laguna Bojórquez y el Sistema Lagunar Nichupté, en los cuales se cultivan hortalizas, como calabacita, chile, jitomate, melón, pepino y sandía, a los cuales se les dosifican para liberarlos de las plagas que los atacan, Endosulfán, Clordano y Heptacloro.

Por otro lado, aparentemente no encontramos una justificación para la presencia del p,p'-DDT, p,p'-DDD, p,p'-DDE, Aldrín y Dieldrín, la explicación más viable, es que la familia de los DDT's se apliquen en forma sistemática por el personal de mantenimiento de éste centro turístico a las casas-habitación para repeler los mosquitos (larvas y adultos), sumado a esto, también pueden contribuir las campañas contra vectores de la malaria y dengue emprendidas por la Secretaría de Salubridad y Asistencia, aunque no manifiesten públicamente lo que aplican, de lo que se pudo atestiguar en una sola ocasión, fué el rociado de los manglares que bordean la zona hotelera cantidades considerables del plaguicida fosforado Malatión a través de pipas expreso, pero como se ha manifestado, el Malatión es un producto caro, en el mercado el barril cuesta aproximadamente 5 millones de pesos, en cambio la misma cantidad de cualquier clorado alcanza la suma de 1 millón de pesos, por lo tanto, no se descarta la posibilidad de que se utilicen productos alternos.

De acuerdo a Harris y Miles (1975), el DDT es más usado sobre tierras agrícolas y su dosificación generalmente resulta en la incorporación de los residuos en el suelo; pero la aplicación de rociado de organoclorados en las áreas recreacionales, ya sea sobre o cerca del agua para controlar los molestos mosquitos, da como resultado una transferencia más rápida de residuos directos al ecosistema acuático.

De acuerdo con Hasall (1990), el Aldrín se usa generalmente como fumigante del suelo para controlar el gusano de alambre y larvas de algunos insectos que se depositan en las raíces de las plantas, por otro parte, el Dieldrín es muy efectivo para el control de ectoparásitos y es el ingrediente activo de los shampoos para eliminar piojos en humanos. Probablemente el uso de éstos productos en la vida cotidiana de los habitantes de zonas tropicales y dada su persistencia, permita encontrar valores considerables en los sedimentos recientes de la Laguna de Bojórquez del sistema Lagunar Nichupté.

PLATAFORMA CONTINENTAL DEL ESTADO DE CAMPECHE. PLAGUICIDAS EN SEDIMENTOS DEL CRUCERO OCEANOGRAFICO OGMEX V.

La distribución de los sedimentos que constituyen el piso del Golfo de México, el tipo dominante de éstos y su posible origen, se relaciona con las características intrínsecas de la cuenca, como son la orientación de la plataforma que permite la división de ésta en 7 provincias (Pica-Granados, *et al.* 1991).

Sin embargo en ésta investigación, la mayoría de las muestras de sedimentos que se discuten se localizaron en la quinta provincia; según Pica-Granados *et al.* (1991) esta es una de las provincias más pequeñas que cuenta con una serie de características sedimentológicas que la hacen importante y diferente. Los mismos autores informan la división de dos áreas, una a cada lado del Río Grijalva, formada por arenas limosas terrígenas (sedimentos finos). En ésta área se analizaron quince plaguicidas organoclorados durante la temporada de inicio de "nortes", de los cuales en primer plano se observó el p,p'-DDT que surgió con una frecuencia de un 28.6% de las muestras analizadas, su máxima concentración se localizó en la Estación 24 y la mínima en la Estación 16, con 0.48 y 0.09 ng/g, la media de éstos valores fué de 0.28 (Gráfica 28, Tabla 29). En lo que respecta al p,p'-DDD se detectó en el 57% de las estaciones, su valor más alto se registró en la Estación 16 con 168.5 ng/g, seguido de la Estación 24 con 93.5 ng/g,

**PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS
CRUCERO OGMEX V.
GRAFICA 28 (SEDIMENTOS)**

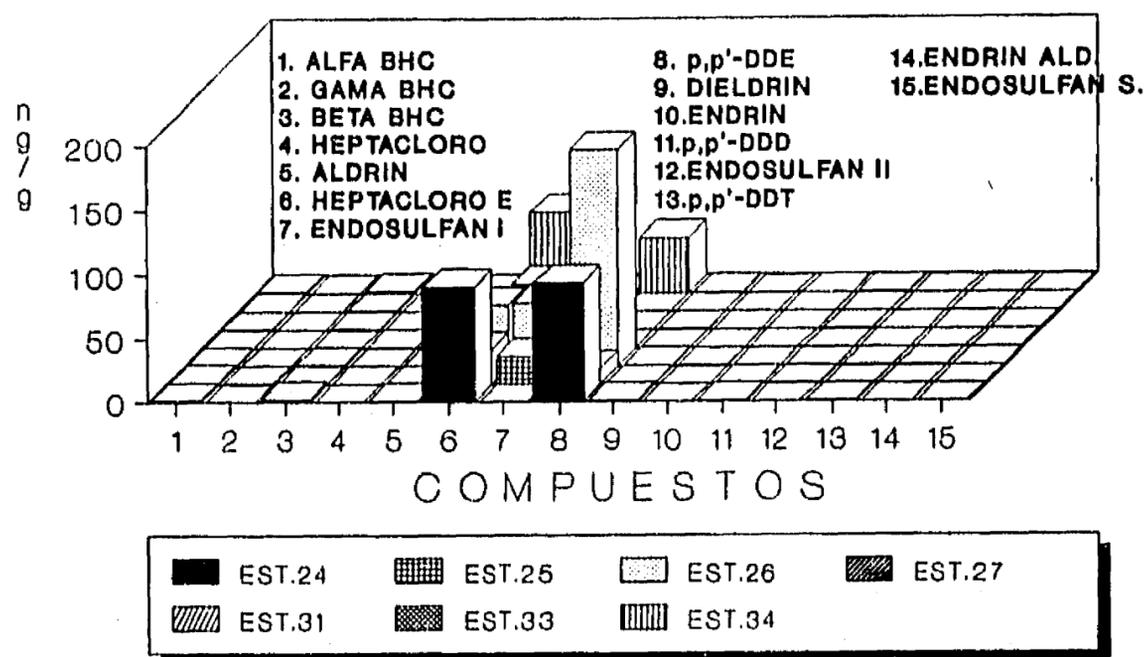


TABLA 29. Concentración de plaguicidas organoclorados (ng/g peso seco) en sedimentos recientes de la Plataforma Continental colectados en el Crucero Oceanografico OGMEX V. Octubre de 1988 (Nortes).

COMPUESTOS	ESTACIONES							MEDIA	D.E.	RANGO
	24	25	26	27	31	33	34			
1. ALFA BHC	1.20	1.18	0.52	N.D	0.40	0.44	0.91	0.77	± 0.37	(0.40 - 1.20)
2. GAMA BHC	0.08	0.39	0.09	0.06	N.D	0.08	0.13	0.14	± 0.12	(0.06 - 0.39)
3. BETA BHC	2.05	0.17	0.68	N.D	0.5	0.58	1.67	0.94	± 0.74	(0.17 - 2.05)
4. HEPTACLORO	0.08	0.06	0.03	0.28	0.005	0.01	0.07	0.08	± 0.09	(0.005- 0.28)
5. ALDRIN	0.92	0.49	0.53	N.D	0.056	0.15	0.18	0.39	± 0.32	(0.056- 0.92)
6. HEPTACLORO E.	90.44	26.39	47.57	1.09	4.64	21.56	63.03	36.39	± 32.48	(1.09 - 90.44)
7. ENDOSULFAN I	N.D	21.7	49.59	N.D	7.43	36.09	N.D	28.70	± 18.19	(7.43 - 49.59)
8. p,p'-DDE	93.50	12.13	168.50	N.D	N.D	N.D	42.91	79.26	± 68.30	(12.13 -168.5)
9. DIELDRIN	0.82	0.23	0.37	N.D	0.16	0.23	0.67	0.41	± 0.27	(0.16 - 0.82)
10. ENDRIN	0.09	0.03	0.04	0.008	0.004	0.02	0.07	0.37	± 0.032	(0.004- 0.09)
11. p,p'-DDD	0.86	0.06	0.01	N.D	0.024	0.05	0.15	0.19	± 0.33	(0.01 - 0.86)
12. ENDOSULFAN II	0.10	0.47	0.14	N.D	0.19	0.17	0.34	0.23	± 0.14	(0.10 - 0.47)
13. p,p'-DDT	0.48	N.D	0.09	N.D	N.D	N.D	N.D	0.28	± 0.27	(0.09 - 0.48)
14. ENDRIN ALD.	N.D	N.D	0.08	N.D	0.08	N.D	N.D	0.08	± 0.0	(0.08)
15. ENDOSULFAN S.	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	----	----	-----
Tipo de sedimento	F	F	F	F	F	F	F			
SUMA TOTAL	190.62	63.3	268.24	1.44	13.49	59.38	110.13			

N.D. = No detectado; F = Sedimento fino

menor valor se localizó en la Estación 34 con 42.91 ng/g y el valor más bajo surgió en la Estación 25 con 12.13 ng/g. La media de éstos valores fué de 79.26, una Desviación Estándard de 12.13 y un rango que osciló entre 12.13-168.5 ng/g (Gráfica 28, Tabla 29). En cambio el p,p'-DDD, apareció en el 85.7% de las muestras analizadas, su máxima concentración se registró en la Estación 24 con 0.86 ng/g, en segundo lugar de importancia se presentó la Estación 34 con 0.15 ng/g, similares valores se observaron en la Estaciones 25 y 33 con 0.06 y 0.05 ng/g, las concentraciones más bajas se localizaron en la Estaciones 31 y 16 con 0.024 y 0.01 ng/g. La media fué de 0.19, una Desviación Estándard de ± 0.33 y un rango que fluctuó entre 0.01 - 0.86 ng/g (Gráfica 28, Tabla 29). La suma del progenitor más sus metabolitos (DDT = p,p'-DDT+p,p'-DDE+p,p'-DDD) proporcionaron las siguientes relaciones: p,p'-DDT/tDDT = 0.002, p,p'-DDE/tDDT = 0.99 (Anexo 5), en las cuales se observa degradación de los compuestos y a juzgar por el mínimo valor del precursor p,p'-DDT, sugiere que ha transcurrido un tiempo considerable desde la última aplicación de este compuesto.

Por otra parte dentro de la familia de los Hexaclorociclohexanos el Alfa BHC, se presentó en el 85.7% de las muestras analizadas, sus valores más preponderantes ocurrieron en las Estaciones 24, 25, con 1.20 y 1.18 ng/g, siguiendo en orden de importancia la Estación 34 con 0.91 ng/g, en menor concentración se presentó la Estación 16 con 0.52 ng/g, los valores más bajos se registraron en las Estaciones 33, 31, con 0.44 y 0.40 ng/g. La media resultante de éstos valores fué de 0.77, una Desviación Estándard de 0.37 y un rango que osciló entre 0.40 - 1.20 ng/g (Gráfica 28, Tabla 29). El Gama BHC ocurrió también con una frecuencia de 85.7%, su valor más importante se registró en la Estación 25 con 0.39 ng/g, en segundo plano le siguió la Estación 34 con 0.13 ng/g, concentraciones similares se presentaron en las Estaciones 16, 24, 33 con 0.09, 0.08 y 0.08 ng/g, el valor más bajo se registró en la Estación 27 con 0.06 ng/g. La media de éstos datos fué de 0.14, una Desviación Estándard de ± 0.12 y un rango que fluctuó entre 0.06 - 0.39 ng/g (Gráfica 28, Tabla 29). El Beta BHC se presentó con una frecuencia de ocurrencia de 85.7%, su valor más sobresaliente se observó en la Estación 24 con 2.05 ng/g, siguiendo en orden de importancia la Estación 34 con 1.67 ng/g, valores en el mismo orden de magnitud se presentaron en las Estaciones, 16, 33, 31 con 0.68, 0.58 y 0.50 ng/g, el valor más bajo se registró en la Estación 25 con 0.17 ng/g. La media de éstos valores fué de 0.94, una Desviación Estándard de ± 0.74 y un rango que osciló entre 0.17 - 2.05 ng/g (Gráfica 28, Tabla 29). De la suma de los tres isómeros (tBHC = Alfa BHC+Gama BHC+Beta BHC) se desprendieron las siguientes relaciones: Alfa BHC/tBHC = 0.42, Gama BHC/tBHC = 0.07, Beta BHC/tBHC = 0.51 (Anexo 5), si consideramos que la formulación preparada para la venta al público de ésta mezcla de isómeros en el orden descrito, es de 60%, 12% y 28%, percatándonos de que el valor más alto correspondió al Beta BHC sugiriendo degradación de los compuestos, reafirmando ésta aseveración el mínimo valor del Alfa BHC.

En lo que respecta a la numerosa familia de los compuestos Ciclodiénicos, setieneen primer lugar al Heptacloro que se presentó con una frecuencia de ocurrencia del 100% en las muestras analizadas, su valor más sobresaliente surgió en la Estación 27 con 0.28 ng/g, en órdenes de magnitud similares surgieron las Estaciones 24, 34, 25 con 0.08, 0.7 y 0.6 ng/g, concentración menor se pudo apreciar en la Estaciones 16 con 0.03 ng/g, las concentraciones más bajas se registraron en las Estaciones 33, 31 con 0.01 y 0.005 ng/g. La media de éstos valores fué de 0.08, una Desviación Estándard de ± 0.09 y un rango que osciló entre 0.005 - 0.28 ng/g (Gráfica 28, Tabla 29). Por otro lado el Heptacloro Epóxido, se presentó también con una frecuencia del 100% de las muestras analizadas, su valor más notable apareció en la Estación 24 con 90.44 ng/g, siguiendo en orden de importancia las Estaciones 34, 16, con 63.03 y 47.57 ng/g, en el mismo orden de magnitud se observaron las Estaciones 25, 33, con 26.39 y 21.56 ng/g, las más bajas concentraciones se registraron en las Estaciones 31, 27, con 4.64 y 1.09 ng/g. La media fué de 36.39, una Desviación Estándard de ± 32.48 y un rango que fluctuó entre 1.09 - 90.44 (Gráfica 28, Tabla 29). La suma del progenitor más su metabolito (tHEPTACLS =Heptacloro + Heptacloro Epóxido) proporcionaron las siguientes relaciones: Heptacloro/tHEPTACLS = 0.002, Heptacloro Epóxido/tHEPTACLS = 0.99 (Anexo 5), de las cuales se observa la predominancia del Heptacloro Epóxido, sugiriendo que ha transcurrido un tiempo considerable desde la última aplicación del progenitor Heptacloro.

Continuando con la familia de los Ciclodiénicos, el Aldrín surgió con una frecuencia del 85.7%, su máxima concentración se registró en la Estación 24 con 0.92 ng/g, siguiéndole en orden de importancia las Estaciones 16, 25, con 0.53 y 0.49 ng/g, concentraciones en el mismo orden de magnitud se observaron en las Estaciones 34, 33, con 0.18 y 0.15 ng/g, la más baja concentración se registró en la Estación 31 con 0.056 ng/g. La media de estos valores fué de 0.39, una Desviación Estándard de 0.32 y un rango que fluctuó entre 0.16-0.82 ng/g (Gráfica 28, Tabla 29). Por otra parte el Dieldrín también se presentó en el 85.7% de las muestras analizadas, obteniendo su valor más

notable en la Estación 24 con 0.82 ng/g, siguiendo en orden de importancia las Estaciones 34, 16, con 0.67 y 0.37 ng/g, idéntica concentración de 0.23 ng/g se registraron en las Estaciones 25 y 33, el valor más bajo se detectó en la Estación 31 con 0.16 ng/g. La media de éstos valores fué de 0.41, una Desviación Estándar de ± 0.27 y un rango que osciló entre 0.16 - 0.82 ng/g (Gráfica 28, Tabla 29). La suma del progenitor más su metabolito (tALDRIN = Aldrín + Dieldrín) arrojaron las siguientes proporciones: Aldrín/tALDRIN = 0.48, Dieldrín/tALDRIN = 0.51 (Anexo 5), en las cuales se observa una ligera predominancia del Dieldrín, sugiriendo que la aplicación del precursor Aldrín ha sido realizado en fecha relativamente reciente.

El metabolito Endrín proveniente del Isodrín dentro de la familia mencionada, ocurrió con una frecuencia del 100% en las muestras analizadas obteniendo su valor más preponderante en la Estación 24 con 0.09 ng/g, siguiendo en orden de importancia las Estaciones 34, 16, con 0.07 y 0.04 ng/g, concentraciones similares se localizaron en las Estaciones 25 y 33, con 0.03 y 0.02 ng/g, por otra parte, los valores más bajos se registraron en las Estaciones 27, 31, con 0.008 y 0.004 ng/g. La media de estos valores fué de 0.037, una Desviación Estándar de ± 0.032 y rango que fluctuó entre 0.004 - 0.09 ng/g (Gráfica 28, Tabla 29). Por otro lado, el metabolito Endrín Aldehído ocurrió únicamente en el 28.6% de las estaciones, presentándose idéntica concentración de 0.08 ng/g en las Estaciones 16 y 31 (Gráfica 28, Tabla 29). De la suma de los metabolitos (tENDRIN = Endrín + Endrín Aldehído) se desprendieron las siguientes proporciones: Endrín/tENDRIN = 0.62, Endrín Aldehído/tENDRIN = 0.38 (Anexo 5), en las cuales se observa dominancia del metabolito Endrín, lo cual sugiere que éste compuesto ha sido aplicado recientemente.

Finalizando con la familia de los Ciclodiénicos, el Endosulfán I, ocurrió con una frecuencia del 57.14% de las muestras analizadas, su valor más preponderante se localizó en la Estación 26 con 49.59 ng/g, siguiéndole en orden de importancia las Estaciones 33, 25, con 36.09 y 21.70 ng/g, el valor más bajo se observó en la Estación 31 con 7.43 ng/g. La media de estos datos fué de 28.70, una Desviación Estándar de ± 18.19 y un rango que osciló entre 7.43-49.59 ng/g (Gráfica 28, Tabla 29). En cambio el metabolito Endosulfán II, se presentó con una frecuencia del 85.71%, su valor más preponderante se registró en la Estación 25 con 0.47 ng/g, siguiendo en orden de importancia la Estación 34 con 0.34 ng/g, valores en el mismo orden de magnitud se observaron en las Estaciones 31, 33, 26, con 0.19, 0.17 y 0.14 ng/g, por último, la concentración más baja se registró en la Estación 24 con 0.10 ng/g. La media de éstos datos fué de 0.23, una Desviación Estándar de ± 0.14 y un rango que osciló entre 0.10 - 0.47 ng/g (Gráfica 28, Tabla 29). La suma del progenitor más sus metabolitos (tENDOSULF = Endosulfán I+Endosulfán II+Endosulfán Sulfato) dieron lugar a las siguientes proporciones: Endosulfán I /tENDOSULF = 0.99; Endosulfán II/tENDOSULF = 0.012; Endosulfán Sulfato/tENDOSULF = 0 (Anexo 5), de las cuales se observó una clara predominancia del precursor Endosulfán II con un valor muy cercano a la unidad, sugiriendo aplicaciones recientes de este compuesto, confirmándolo la ausencia del Endosulfán Sulfato.

La Estación 24 reunió las más altas concentraciones de plaguicidas organoclorados en orden de importancia surgieron los compuestos Heptacloro Epóxido, Beta BHC, Alfa BHC, Aldrín, p,p'- DDD, Dieldrín, p,p'-DDT y Endrín. En segundo plano apareció la Estación 26 representada en orden descendente por el p,p'-DDE, Endosulfán I y Endrín Aldehído. Seguido de la Estación 25 con Endosulfán II y Gama BHC. Por último, la Estación 27 con un sólo representante el Heptacloro.

La agrupación importante de los plaguicidas registrados probablemente se deba a la textura del sedimento que predomina en la zona, aportada por el Sistema Grijalva-Usumacinta. En un estudio paralelo a ésta investigación González-Estrada (1990) reporta para la Estaciones 24, 26, 25 y 27 sedimento fino y profundidades de 217, 60, 90 y 135 metros.

Por otro lado, de acuerdo a Swindoll y Applehans (1987) informan que la influencia de la materia orgánica sobre la biodisponibilidad de los plaguicidas organoclorados se incrementa cuando se une con ácidos húmicos, los mismos autores afirman que los contaminantes tienen relación estrecha con los sedimentos finos y menor con sedimentos gruesos. Agregando más información al respecto, Marchand y Caprais (1985) reportan que hay una correlación significativa entre los parámetros de salinidades menores de 30 ‰, turbidez y material suspendido con los hidrocarburos organoclorados, apoyando ésta aseveración, Shirasago (1991), reporta en la desembocadura de los Ríos Grijalva-Usumacinta salinidades de 28 en el Coatzacoalcos 24.10 y Papalopan 14 ‰.

Por otro lado, de acuerdo con Pica-Granados *et al.* (1991) Roca Partida se considera el inicio de la Quinta Provincia que comprende la plataforma y talud continental del sur de Veracruz y parte de Campeche. La primera se hace amplia en dirección a la Península de Yucatán con una extensión de 110 - 130 Km frente a Punta Frontera, para después flexionarse y rodear la península, presentando una débil pendiente de 1 a 5°, donde existen predominantemente sedimentos carbonatados de origen biogénico que convierten a esta zona en una terraza acumulativa. De la información adicional por los autores citados, se desprende que la plataforma continental frente a Campeche (Laguna de Términos) comparte la Quinta Provincia e inicio de la Sexta y el porcentaje de contenido de Carbonatos es de 50 - 75%.

Analizando en detalle los datos encontrados, se pudo observar que los compuestos más frecuentes fueron los isómeros del BHC los cuales se encontraron en el 86% de las estaciones, en cambio la familia del DDT, el p,p'-DDT apareció solamente en un 29%, el p,p'-DDE en un 57%, sin embargo el p,p'-DDD ocupó el 86% de las muestras analizadas. De acuerdo con Sing *et al.* (1988), en los programas de control contra el mosquito que son evaluados en términos de control de la malaria y salud pública se usan principalmente BHC y DDD, sin embargo no es posible determinar las cantidades que se aplican a las casas habitación por los habitantes en forma independiente, sobre todo en las zonas tropicales para combatir el vector, incrementando considerablemente la carga de estos productos al medio ambiente.

Como se sabe, en Campeche se cultiva principalmente, maíz, caña de azúcar, mango, cítricos, copra, arroz y frijol, a los cuales se les aplica BHC, Clordano, Endrín, Heptacloro, Toxafeno y Endosulfán, relacionándose estrechamente con lo encontrado en esta investigación.

PLAGUICIDAS EN CAMARON Y PECES DEL CRUCERO OGMEX V

Como ya se ha apuntado con anterioridad el área de muestreo correspondió principalmente a la Quinta Provincia; en lo que respecta a organismos, éstos fueron camarones de las especies *Penaeus aztecus* y *Penaeus duorarum* en las Estaciones 24 y 25; por otra parte, se analizaron peces de las familias Gerridae, Carangidae, Mullidae y Siluridae en las Estaciones 27 y 31 para el monitoreo de 15 plaguicidas organoclorados durante la época de inicio de "nortes", el número de ejemplares utilizados por muestra homogeneizada en ambos grupos de organismos fué de 5 ejemplares.

En primer plano el precursor p,p'-DDT ocurrió con una frecuencia del 100% de las muestras analizadas, sus valores más sobresalientes se presentaron en las Estaciones 25, 27, con 2.89 y 2.80 ng/g, por otra parte, los valores más bajos se registraron en las Estaciones 31, 24, con 0.86 y 0.19 ng/g. La media de estos valores fué de 1.68, una Desviación Estándar de ± 1.37 y un rango que osciló entre 0.19 - 2.89 ng/g (Gráfica 29, Tabla 30). Por otro lado, el p,p'-DDE también apareció en el 100% de las estaciones, su valor más notable ocurrió en la Estación 24 con 1.34 ng/g, seguido de la Estación 27 con 0.78 ng/g, los valores más bajos se localizaron en las Estaciones 31, 25, con 0.49 y 0.41 ng/g. La media de estos datos fué de 0.75, una Desviación Estándar de ± 0.42 y un rango de valores que osciló entre 0.41 - 1.34 ng/g (Gráfica 29, Tabla 30). La suma del predecesor más sus metabolitos ($tDDT = p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD$) arrojaron las siguientes relaciones: $p,p'-DDT/tDDT = 0.69$; $p,p'-DDE/tDDT = 0.31$; $p,p'-DDD/tDDT = 0$ (Anexo 5), en las cuales puede observarse la predominancia del p,p'-DDT indicando aplicaciones recientes del plaguicida al área de estudio.

La familia de los Hexaclorociclohexanos estuvo representada en primer lugar por el plaguicida Alfa BHC que ocurrió con una frecuencia del 100% en las estaciones, su valor más preponderante surgió en la Estación 24 con 0.90 ng/g, siguiendo en orden de importancia la Estación 31 con 0.45 ng/g, las concentraciones más bajas se presentaron en las Estaciones 25, 27, con 0.43 y 0.41 ng/g. La media fué de 0.55, una Desviación Estándar de ± 0.23 y un rango que fluctuó entre 0.41 - 0.90 ng/g (Gráfica 29, Tabla 30). En lo que corresponde al Gama BHC también ocurrió en el 100% de las muestras, su valor más destacado surgió en la Estación 24 con 2.43 ng/g, en segundo lugar aparecieron las Estaciones 31, 27 con 0.41 y 0.35 ng/g, por otra parte, el valor más bajo se registró en la Estación 25 con 0.25 ng/g. La media de estos datos fué de 0.86, una Desviación Estándar de ± 1.05 y un rango que osciló entre 0.25 - 2.43 ng/g (Gráfica 29, Tabla 30). Por otro lado, el Beta BHC se presentó en el 100% de las muestras analizadas, su máximo valor se localizó en la Estación 24 con 1.58 ng/g, siguiéndole en orden de importancia las Estaciones 31 y

**PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS
CRUCERO OGMEX V.
GRAFICA 29 (CAMARONES y PECES)**

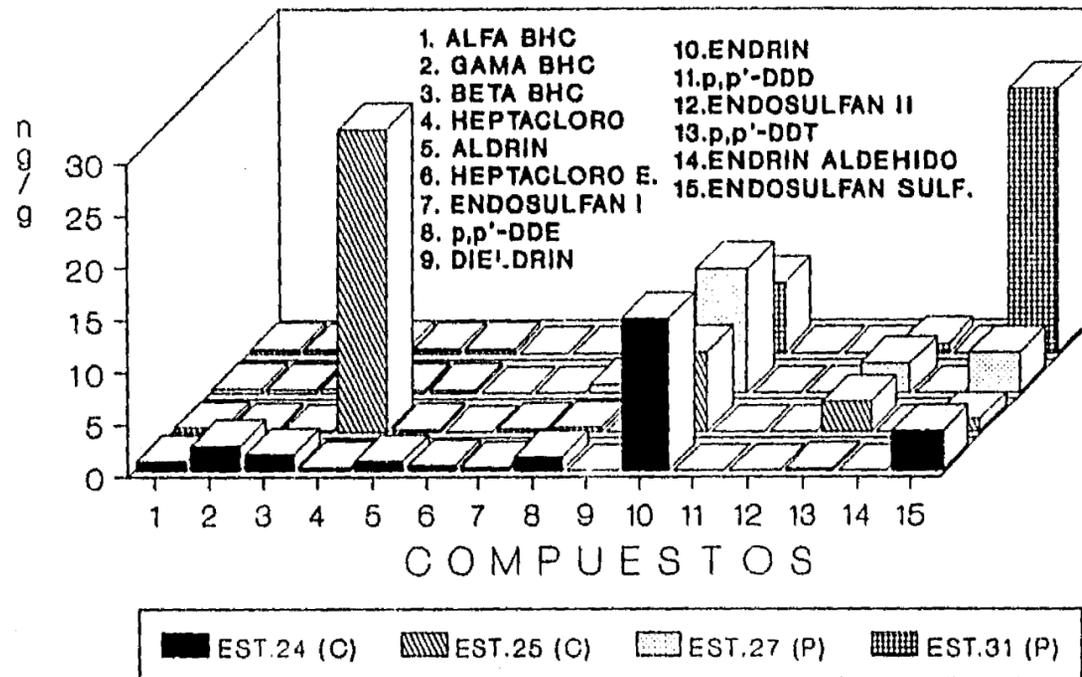


TABLA 30. Concentración de plaguicidas organoclorados (ng/g peso seco) en ORGANISMOS de la Plataforma Continental colectados durante el Crucero Oceanográfico OGMEX V. Octubre de 1988 (Nortes).

COMPUESTOS	E S T A C I O N E S				MEDIA	D.E.	RANGO
	24	25	27	31			
	Camarones	Peces					
1. ALFA BHC	0.9	0.43	0.41	0.45	0.55 ±	0.23	(0.41 - 0.90)
2. GAMA BHC	2.43	0.25	0.35	0.41	0.86 ±	1.05	(0.25 - 2.43)
3. BETA BHC	1.58	0.15	0.43	0.58	0.68 ±	0.62	(0.15 - 1.58)
4. HEPTACLORO	0.34	28.98	0.31	0.46	7.52 ±	14.30	(0.31 - 28.98)
5. ALDRIN	0.96	0.25	0.31	0.43	0.49 ±	0.32	(0.25 - 0.96)
6. HEPTACLORO E.	0.53	N.D	N.D	N.D	0.53 ±	0.0	(0.53)
7. ENDOSULFAN I	0.28	0.28	N.D	N.D	0.28 ±	0.0	(0.28)
8. p,p'-DDE	1.34	0.41	0.78	0.49	0.75 ±	0.42	(0.41 - 1.34)
9. DIELDRIN	N.D	N.D	N.D	N.D	----	----	----
10. ENDRIN	14.50	7.57	11.81	6.74	10.15 ±	3.65	(6.74 - 14.50)
11. p,p'-DDD	N.D	N.D	N.D	N.D	----	----	----
12. ENDOSULFAN II	N.D	N.D	N.D	N.D	----	----	----
13. p,p'-DDT	0.19	2.89	2.80	0.86	1.68 ±	1.37	(0.19 - 2.89)
14. ENDRIN ALDEHIDO	N.D	N.D	N.D	N.D	----	----	----
15. ENDOSULFAN S.	3.80	1.22	3.81	25.45	6.57 ±	11.32	(1.22 - 25.45)
SUMA TOTAL	26.85	42.43	21.01	35.87			

N.D. = No detectado

27 con 0.58, 0.43 ng/g, el valor más bajo se registró en la Estación 25 con 0.15 ng/g. La media de estos valores fue de 0.68, una Desviación Estándar de ± 0.62 y un rango que fluctuó entre 0.15 - 1.58 ng/g (Gráfica 29, Tabla 30). La suma de los tres isómeros ($\text{tBHC} = \text{Alfa BHC} + \text{Gama BHC} + \text{Beta BHC}$) dieron las siguientes relaciones: $\text{Alfa BHC/tBHC} = 0.26$, $\text{Gama BHC/tBHC} = 0.41$, $\text{Beta BHC /tBHC} = 0.33$ (Anexo 5), en las cuales se observa predominancia del Gama BHC, tomando en cuenta que la mezcla comercial de este producto está dada en el orden descrito por Alfa 60%, Gama 12% y Beta 28%, además el plaguicida activo en este caso es el Gama BHC, por lo tanto la predominancia del mismo indica su reciente aplicación.

Continuando con la familia de los Ciclodiénicos, se tiene que el Heptacloro se presentó en el 100% de las estaciones, su valor más destacado surgió en la Estación 25 con 28.98 ng/g, siguiéndole en orden de importancia las Estaciones 31, 24, con 0.46 y 0.34 ng/g, por último, el mínimo valor se detectó en la Estación 27 con 0.31 ng/g. La media fue de 7.52, una Desviación Estándar de ± 14.30 y un rango que varió entre 0.31 - 28.98 ng/g (Gráfica 29, Tabla 30). En cambio el Heptacloro Epóxido, apareció únicamente en la Estación 24, con 0.53 ng/g. La suma del precursor más su metabolito ($\text{tHEPTACLS} = \text{Heptacloro} + \text{Heptacloro Epóxido}$) proporcionaron las siguientes relaciones: $\text{Heptacloro/tHEPTACLS} = 0.98$, $\text{Heptacloro Epóxido/tBHC} = 0.02$ (Anexo 5), en las cuales se observa la dominancia del Heptacloro, lo cual sugiere que la aplicación del compuesto se ha realizado en fecha reciente.

El plaguicida Aldrín perteneciente a la familia mencionada, apareció en el 100% de las estaciones, su valor más notable se detectó en la Estación 24 con 0.96 ng/g, siguiendo en orden de importancia las Estaciones 31, 27, con 0.43 y 0.31 ng/g, por otra parte, en la Estación 25 se registró la más baja concentración con 0.25 ng/g. La media fue de 0.49, una Desviación Estándar de ± 0.32 y un rango que varió entre 0.25 - 0.96 ng/g (Gráfica 29, Tabla 30). En este caso, la relación $\text{Aldrín/tALDRIN} = 1$ (Anexo 5), por lo que la predominancia del mismo sugiere una reciente aplicación del producto.

Continuando con la familia de los Ciclodiénicos, el plaguicida Endrín también apareció en el 100% de las estaciones, su valor más destacado surgió en la Estación 24 con 14.50 ng/g, siguiendo en orden de importancia la Estación 27 con 11.81 ng/g, en concentraciones más bajas y prácticamente en el mismo orden de magnitud las Estaciones 25, 31, con 7.57 y 6.74 ng/g. La media de estos valores fue de 10.15, una Desviación Estándar de ± 3.65 y un rango que osciló entre 6.74 - 14.50 ng/g (Gráfica 29, Tabla 30). La suma de los metabolitos ($\text{tENDRIN} = \text{Endrín} + \text{Endrín Aldehído}$) dieron las siguientes relaciones: $\text{Endrín/tENDRIN} = 1.0$, $\text{Endrín Aldehído/tENDRIN} = 0$ (Anexo 5), de las cuales se observa predominancia del Endrín, lo cual sugiere que la aplicación de este producto se ha realizado en fecha reciente.

Finalizando con el grupo de los plaguicidas Ciclodiénicos, el compuesto Endosulfán apareció en el 50% de las muestras analizadas, idéntica concentración de 0.28 ng/g se registró en las Estaciones 24 y 25 (Gráfica 29, Tabla 30). En lo que respecta al Endosulfán II, este compuesto no se detectó en las muestras analizadas. En cambio el Endosulfán Sulfato, surgió en el 100% de las estaciones, su máxima concentración se localizó en la Estación 31 con 25.45 ng/g, similares concentraciones se registraron en las Estaciones 27, 24, con 3.81 y 3.80 ng/g, por último el valor más bajo se observó en la Estación 25 con 1.22 ng/g. La media de estos valores fue de 8.57, una Desviación Estándar de ± 11.32 y un rango que varió entre 1.22 - 25.45 ng/g (Gráfica 29, Tabla 30). La suma del precursor y sus metabolitos ($\text{tENDOSULF} = \text{Endosulfán I} + \text{Endosulfán II} + \text{Endosulfán Sulfato}$) proporcionaron las siguientes relaciones: $\text{Endosulfán I/tENDOSULF} = 0.02$, $\text{Endosulfán II/tENDOSULF} = 0$, $\text{Endosulfán Sulfato/tENDOSULF} = 0.98$ (Anexo 5), de las cuales se observa la predominancia del metabolito Endosulfán Sulfato, lo cual indica que ha transcurrido un tiempo considerable desde la última dosificación de este producto al área de estudio.

En las Estaciones 24, 25 y 31 se registraron los valores más altos de todas las muestras analizadas, sin embargo, la Estación 24 reunió el mayor número de plaguicidas organoclorados, ocho de los 15 propuestos en el estándar de referencia, los cuales en orden de importancia fueron: Endrín, Gama BHC, Beta BHC, p,p'-DDE, Aldrín, Alfa BHC, Heptacloro Epóxido y Endosulfán Sulfato. En cambio en la Estación 25 apareció Heptacloro y p,p'-DDT, por último, en la Estación 31 únicamente se registró Endosulfán Sulfato. Con base en la información proporcionada por González- Estrada (1990), en las estaciones mencionadas predominó el sedimento fino y las profundidades en el orden descrito fueron 217, 90 y 21 metros.

Los plaguicidas más frecuentes en las muestras analizadas fueron el BHC, DDT, Heptacloro y Endosulfán Sulfato que aparecieron en el 100% de las estaciones, seguido del Heptacloro Epóxido y Endosulfán Sulfato con 25 y 50% de frecuencia.

Por otro lado, es importante recalcar que las Estaciones 24 y 25 fueron muestras de camarones, las cuales agruparon 11 y 10 plaguicidas organoclorados de los 15 propuestos en el Estándar de referencia, por otro lado, la 27 y 31 fueron muestras de peces y reunieron en ambas 9 compuestos de los 15 citados. Como ya se ha apuntado con anterioridad los isómeros del BHC son los plaguicidas más frecuentes en las muestras estudiadas y esto está íntimamente relacionado con las actividades agrícolas de la zona.

Según Duursma y Marchand (1974) el Gama BHC (Lindano) es un compuesto muy importante debido a su toxicidad ya que es aproximadamente 500 - 1000 veces más tóxico que el Alfa BHC y Beta BHC. Por otro lado Bidleman y Olney (1974), reportan que las rutas usuales de entrada de compuestos organoclorados dentro del ambiente marino son por la vía atmosférica, los ríos y descargas municipales o industriales. Por otro lado los mismos autores afirman que se ha llegado a la conclusión que probablemente la atmósfera sea el mayor medio de transporte de estos contaminantes. Además Murty (1986), afirma que la entrada a la atmósfera del DDT puede ser muy importante cerca de los sitios de aplicación y si se considera la erosión de los suelos dispersados por el agua y el viento estos pueden ser un factor más importante en la movilidad del DDT sobre todo en forma de DDE, ya que éste compuesto se vaporiza ocho veces más rápido que el DDT, pudiendo ser la principal causa de pérdida de DDT proveniente de los suelos.

Klaas *et al.* (1977), reportan en organismos marinos del mar Egeo que el p,p'-DDE constituyó entre 60 - 90% de la sumatoria del DDT y el p,p'-DDT como tal cuando estuvo presente su concentración fué igual o menor que el DDE, por otro lado, los mismos autores observaron que los especímenes más jóvenes tuvieron los niveles mayores de DDE en cambio en los más viejos predominó el DDD. Esta información coincide con los datos registrados en este trabajo, ya que los especímenes analizados (crustáceos y peces) fueron jóvenes y en ellos sólo se encontró p,p'-DDT y p,p'-DDE, observándose la ausencia del p,p'-DDD.

Los estudios realizados por Oloffs *et al.* (1973), han indicado que mientras el coeficiente de partición del Gama BHC (Lindano) dentro de los sedimentos es menos fuerte que otros residuos, hay todavía una marcada preferencia para sedimentos en la columna de agua, por otro lado, si asumimos que el Lindano es liberado al material suspendido desprendiéndose del agua de los ríos, de lo anterior, puede esperarse que el transporte de plaguicidas puede estar influenciado por los factores que afectan la distribución de todos los terrígenos a lo largo de la plataforma continental. Esta información coincide en parte con este trabajo, ya que el sustrato predominante fué sedimento fino debido quizá a la influencia del Sistema Grijalva-Usumacinta.

En suma, los organismos bénticos ingieren sedimentos (Nimmo *et al.* 1971; Roberts y Meier 1982) que incrementa las superficies de exposición tan pronto disminuyen las distancias de difusión y esto facilita la entrada de los compuestos a través de los sedimentos absorbidos. De acuerdo a Swindoll *et al.* (1987), una lenta eliminación de compuestos como el BHC y DDT, aunado a la incapacidad de los organismos para degradarlos a metabolitos solubles, incrementa la posibilidad de que los organismos bentónicos sirvan como un vector para la contaminación de niveles tróficos superiores. Por otro lado es importante recalcar que los camarones al ser detritívoros, tienden a bioacumular con mayor facilidad los plaguicidas residentes en el sustrato, probablemente esto explique su ligera predominancia en concentración sobre los peces, ligado a la mayor diversidad de plaguicidas encontrados en sus tejidos.

Olafson (1978), reporta que los plaguicidas más intensivamente estudiados como el DDT y Dieldrín, son letales a crustáceos de importancia comercial en concentraciones de $\mu\text{g/l}$. Por otro lado, según Ferrando *et al.* (1987), el principal sitio de acción de plaguicidas organoclorados como el Lindano y Endosulfán en los peces teleosteos como *Anguilla anguilla* conocidos por su resistencia a la contaminación, es el sistema nervioso central. Esta interferencia ocurre como resultado de alteraciones dentro del transporte de iones a través de la membrana excitable. En los datos obtenidos en este trabajo el Endosulfán Sulfato, ocupó un lugar importante proveniente quizá de los intensos cultivos de arroz sobre el continente y probablemente también a la poca profundidad de la Estación 31, haciendo posible que los organismos incorporaran este metabolito.

Otro compuesto digno de ser tomado en cuenta, fué el Heptacloro, el cual de acuerdo a Albright *et al.* (1980), la eliminación de Heptacloro es muy lenta, ya que permanece un tiempo en la microflora intestinal de algunos peces. Adicionando información Miyamoto (1988) afirma, que la flora microbiana del tracto intestinal es capaz de metabolizar una gran variedad de compuestos orgánicos, sin embargo, esta actividad microbiana da como resultado la formación de derivados lipofílicos y éstos tienden a ser reabsorbidos dentro del sistema circulatorio y de ésta manera ejercer efectos farmacológicos y toxicológicos. Lo anteriormente expuesto, puede explicar la alta incidencia del heptacloro encontrado en las muestras analizadas.

A pesar de haber analizado ejemplares de una solo muestreo, se pudo observar cierta predominancia de los camarones sobre los peces, al parecer esto está ligado con sus hábitos alimenticios y diferencias en su metabolismo.

Los peces bentónicos analizados, no tienen en la actualidad importancia comercial, pero sí un potencial energético que en un momento dado puede ser utilizado, en cambio los camarones pencidos tienen un mercado considerable tanto en el país como en el extranjero, por lo tanto, adquiere singular importancia ubicar los niveles de plaguicidas en relación a las normas dictadas por la FDA, la cual establece un límite de tolerancia para los DDT's de 1000 ng/g peso seco, en cambio para las familias de hexaclorociclohexanos y Ciclodiénicos, la norma es más estricta y señala un valor de 60 ng/g peso seco, por lo tanto revisando nuestra información al respecto, hemos comprobado que ninguno de los datos rebasan esta norma.

PLATAFORMA CONTINENTAL DEL ESTADO DE TABASCO. PLAGUICIDAS EN SEDIMENTOS DEL CRUCERO OCEANOGRAFICO OGMEX VII

Probablemente uno de los ríos con mayor influencia sobre la plataforma continental del Tabasco, es el río Coatzacoalcos; Botello y Páez (1986) encontraron en el área del bajo Coatzacoalcos sedimentos arenosos, limo-arcillosos y altas concentraciones de carbón orgánico. Por otra parte, Carranza- Edwards y Aguayo-Carmargo (1990) informan que las características texturales sedimentarias de ésta plataforma es arcilla y su rasgo composicional es el sedimento calcáreo.

En sedimentos (finos) del área mencionada, se monitorearon 15 plaguicidas organoclorados durante la época de "nortes", de los cuales el p,p'-DDT apareció en 21.4% de las muestras analizadas, su valor más notable surgió en la Estación 50 con 21.19 ng/g, en segundo término la Estación 62 con 11.90 ng/g, el valor más bajo se registró en la Estación 69 con 7.11 ng/g. La media fué de 13.40, una Desviación Estándar de ± 7.16 y un rango que fluctuó entre 7.11 - 21.19 ng/g (Gráfica 30, Tablas 31 y 31A). Por otro lado, el p,p'-DDE apareció en el 50% de las muestras analizadas, su valor más destacado se localizó en la Estación 70 con 9.16 ng/g, valores semejantes se registraron en las Estaciones 69, 41, con 2.85 y 2.74 ng/g, otros en el mismo orden de magnitud surgieron en las Estaciones 82, 47, 58, con 1.79, 1.64 y 1.57 ng/g, en cambio el valor más bajo se detectó en la Estación 62 con 0.09 ng/g. La media de estos valores fué de 2.83, una Desviación Estándar de ± 2.93 y un rango que osciló entre 0.09 - 9.16 ng/g (Gráfica 30, Tablas 31 y 31A). El metabolito p,p'-DDD únicamente apareció en 14.3% de las estaciones, su máximo valor se detectó en la Estación 47 con 4.81 ng/g y el más bajo ocurrió en la Estación 69 con 2.58 ng/g. La media fué de 3.69, una Desviación Estándar de ± 1.58 y un rango que osciló entre 2.58 - 4.81 ng/g (Gráfica 30, Tablas 31 y 31A). La suma del progenitor más sus metabolitos (tDDT = p,p'-DDT+p,p'-DDE+p,p'-DDD) proporcionaron las siguientes relaciones: p,p'-DDT/tDDT = 0.60, p,p'-DDE/tDDT = 0.29, p,p'-DDD/tDDT = 0.11 (Anexo 5), de las cuales se observa la predominancia del precursor p,p'-DDT, sugiriendo que la aplicación de este producto se ha realizado en fecha reciente.

El grupo de los plaguicidas Hexaclorociclohexanos en sedimentos del Crucero Ogmex VII, estuvieron representados en primer lugar por el Alfa BHC que ocurrió con una frecuencia del 92.86%, su valor más importante se presentó en la Estación 67 con 12.03 ng/g, siguiendo en orden de importancia la Estación 72 con 11.19 ng/g, valores similares surgieron en las Estaciones 69, 41, con 7.85 y 7.63 ng/g, en orden descendente concentraciones semejantes ocurrieron en las Estaciones 47, 82, con 4.62 y 4.52 ng/g, en el mismo orden de magnitud aparecieron las Estaciones 58, 50, 94 con 3.73, 3.46 y 3.02 ng/g, valores menores se observaron en las Estaciones 91, 52, con 2.54 y 1.52 ng/g, en cambio los valores más bajos se registraron en las Estaciones 70, 62 con 0.80 y 0.55 ng/g. La media de estos valores fué de 4.88, una Desviación Estándar de 3.72 y un rango que osciló entre 0.55 - 12.03 ng/g (Gráfica

PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS
CRUCERO OGMEX VII
GRAFICA 30 (SEDIMENTOS)

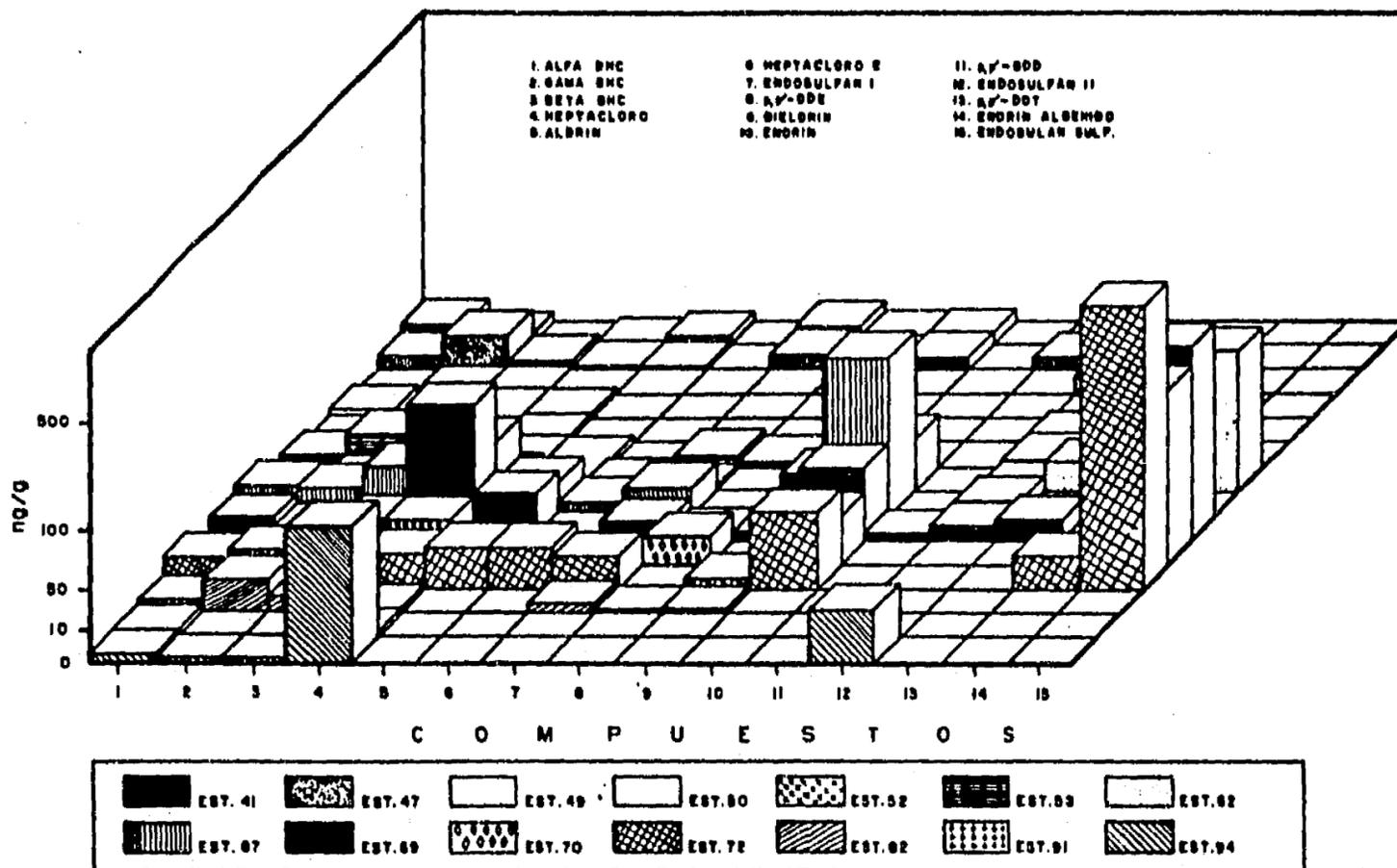


TABLA 31. Concentración de plaguicidas organoclorados (ng/g peso seco) en sedimentos recientes de la Plataforma Continental colectados en el Crucero Oceanográfico OGMEX VII, Enero de 1989 (Nortes).

COMPUESTOS	E S T A C I O N E S													
	41	47	49	50	52	58	62	67	69	70	72	82	91	94
1. ALFA BHC	7.63	4.62	N.D	3.46	1.52	3.73	0.55	12.03	7.85	0.8	11.19	4.52	2.54	3.02
2. GAMA BHC	2.82	13.07	N.D	0.47	0.82	12.13	4.04	9.3	3.45	1.0	17.47	12.86	N.D	0.84
3. BETA BHC	0.53	2.50	1.09	0.77	0.72	2.4	3.52	30.02	7.61	1.31	2.38	4.87	0.6	1.61
4. HEPTACLORO	1.62	1.43	N.D	1.60	0.88	1.52	4.41	54.31	113.98	21.71	13.1	1.13	1.53	138.0
5. ALDRIN	2.94	0.93	N.D	N.D	N.D	1.73	1.64	15.54	26.50	2.16	21.4	0.61	N.D	N.D
6. HEPTACLORO E.	0.39	0.56	N.D	N.D	N.D	0.51	2.69	4.96	1.75	N.D	23.59	0.29	N.D	N.D
7. ENDOSULFAN I	6.33	4.82	N.D	N.D	N.D	4.26	1.54	10.36	6.32	3.22	15.16	3.67	N.D	N.D
8. p,p'-DDE	2.74	1.64	N.D	N.D	N.D	1.57	0.09	N.D	2.85	9.16	N.D	1.79	N.D	N.D
9. DIELDRIN	3.88	4.17	N.D	N.D	N.D	3.81	6.28	N.D	2.09	N.D	3.84	1.52	N.D	N.D
10. ENDRIN	0.60	0.41	N.D	N.D	N.D	N.D	35.29	232.77	54.06	30.96	56.3	N.D	N.D	N.D
11. p,p'-DDD	N.D	4.81	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	2.58	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
12. ENDOSULFAN II	N.D	N.D	6.39	N.D	3.24	2.82	2.19	5.17	4.75	N.D	N.D	0.05	N.D	36.49
13. p,p'-DDT	N.D	N.D	N.D	21.19	N.D	N.D	11.90	N.D	7.11	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
14. ENDRIN ALD.	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	3.53	8.03	N.D	N.D	10.47	N.D	N.D	N.D
15. ENDOSULFAN S.	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	162.27	N.D	369.76	303.01	645.61	N.D	N.D	N.D
Tipo de sediento	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
SUMA TOTAL	29.48	38.96	7.48	27.49	7.18	34.48	239.94	382.49	610.66	373.33	820.51	31.21	4.67	179.96

N.D. = No detectado; F = Sedimento fino

TABLA 31A. Concentración de plaguicidas organoclorados (ng/g peso seco) en sedimentos recientes de la Plataforma Continental colectados en el Crucero Oceanográfico OGMEX VII. Enero de 1989 (Nortes).

COMPUESTOS	MEDIA	D.E.	RANGO
1. ALFA BHC	4.88 ±	3.72	(0.55 - 12.03)
2. GAMA BHC	6.52 ±	6.05	(0.47 - 17.47)
3. BETA BHC	4.28 ±	7.66	(0.53 - 30.02)
4. HEPTACLORO	27.32 ±	46.51	(0.88 - 138.0)
5. ALDRIN	8.16 ±	10.14	(0.61 - 26.50)
6. HEPTACLORO EPOXIDO	4.34 ±	7.94	(0.29 - 23.59)
7. ENDOSULFAN I	6.19 ±	4.19	(1.54 - 15.16)
8. p,p'-DDE	2.83 ±	2.93	(0.09 - 9.16)
9. DIELDRIN	3.65 ±	1.54	(1.52 - 6.28)
10. ENDRIN	58.63 ±	80.02	(0.41 - 232.77)
11. p,p'-DDD	3.69 ±	1.58	(2.58 - 4.81)
12. ENDOSULFAN II	7.64 ±	11.82	(0.05 - 36.44)
13. p,p'-DDT	13.40 ±	7.16	(7.11 - 2.19)
14. ENDRIN ALDEHIDO	7.34 ±	3.52	(3.53 - 10.47)
15. ENDOSULFAN SULFATO	370.16 ±	202.98	(162.27 - 645.61)

30, Tablas 31 y 31A). Por otro lado, el Gama BHC se presentó con una frecuencia del 85.71%, el valor más destacado surgió en la Estación 72 con 17.47 ng/g, concentraciones en el mismo orden de magnitud se observaron en las Estaciones 47, 82, 58, con 13.07, 12.86 y 12.13 ng/g, disminuyendo en la Estación 67 con 9.3 ng/g, concentraciones similares se registraron en las Estaciones 62, 69, 41, con 4.04, 3.45 y 2.82 ng/g, por otra parte, valores semejantes se percibieron en las Estaciones 70, 94, 52, con 1.0, 0.84 y 0.82 ng/g, por último, el valor más bajo se registró en la Estación 50 con 0.47 ng/g. La media de estos datos fué de 6.52, una Desviación Estándar de ± 6.05 y un rango que osciló entre 0.47 - 17.47 ng/g (Gráfica 30, Tablas 31 y 31A). Siguiendo con los Hexaclorociclohexanos, el Beta BHC surgió en el 100% de las estaciones, destacándose por su concentración la Estación 67 con 30.02 ng/g, disminuido en varias unidades apareció la Estación 69 con 7.61 ng/g, en el mismo orden de magnitud se localizaron las Estaciones 82, 62, con 4.87 y 3.52 ng/g, concentraciones similares se observaron en las Estaciones 47, 58, 72, con 2.50, 2.40 y 2.38 ng/g, siguiendo éste mismo comportamiento, se presentaron las Estaciones 94, 70, 49, con 1.61, 1.31 y 1.09 ng/g, siguiendo éste mismo patrón las Estaciones 50, 52, 91, con 0.77, 0.72 y 0.60 ng/g, por último la concentración más baja se encontró en la Estación 41 con 0.53 ng/g. La media de estos valores fué de 4.28, una Desviación Estándar de ± 7.66 y un rango que osciló entre 0.53 - 30.02 ng/g (Gráfica 30, Tablas 31 y 31A). La suma de los isómeros (tBHC = Alfa BHC + Gama BHC + Beta BHC) dieron las siguientes relaciones: Alfa BHC/tBHC = 0.32, Gama BHC/tBHC = 0.39, Beta BHC/tBHC = 0.29 (Anexo 5), en las cuales se observa ligera predominancia del Gama BHC, tomando en cuenta que la mezcla de estos compuestos que se vende al público está de acuerdo con las siguientes proporciones Alfa 60%, Gama 12% y Beta 28%, es importante hacer notar que el plaguicida activo es el Gama, por lo tanto al predominar el Gama y el Alfa, sugieren que estos compuestos se han aplicado recientemente.

Dentro del amplio grupo de los plaguicidas organoclorados, los Ciclodiénicos estuvieron representados en primer plano por el Heptacloro, el cual apareció con una frecuencia del 92.86% en las muestras analizadas, su valor más notable se localizó en la Estación 94 con 138.0 ng/g, en segundo lugar surgió la Estación 69 con 113.98%, valores menores se observaron en las Estaciones 67, 70, 72, 62, con 54.31, 21.71, 13.10 y 4.41 ng/g, concentraciones similares se registraron en las Estaciones 41, 50, 91, 58, 47, 82, con 1.62, 1.60, 1.53, 1.52, 1.43 y 1.13 ng/g, por otro lado, el valor más bajo se detectó en la Estación 52 con 0.88 ng/g. La media de estos valores fué de 27.32, una Desviación Estándar de ± 46.51 y un rango que fluctuó entre 0.88 - 138.0 ng/g (Gráfica 30, Tablas 31 y 31A). Por otro lado, el metabolito Heptacloro Epóxido surgió con una frecuencia del 57%, su valor más destacado surgió en la Estación 72 con 23.59 ng/g, disminuido en varias unidades apareció en la Estación 67 con 4.96 ng/g, en el mismo orden de magnitud se localizaron las Estaciones 62, 69, con 2.69 y 1.75 ng/g, siguiendo el mismo patrón surgieron las Estaciones 47, 58, con 0.56 y 0.51 ng/g, en menor grado apareció la Estación 41 con 0.39 ng/g, por otro lado, el valor más bajo se registró en la Estación 82 con 0.29 ng/g. La media de éstos valores fué de 4.34, una Desviación Estándar de ± 7.94 y un rango que osciló entre 0.29 - 23.59 ng/g (Gráfica 30, Tablas 31 y 31A). La suma del precursor más su metabolito (tHEPTACLS = Heptacloro + Heptacloro Epóxido) proporcionaron las siguientes relaciones: Heptacloro/tHEPTACLS = 0.91, Heptacloro Epóxido / tHEPTACLS = 0.09 (Anexo 5), de las cuales se observa predominancia del progenitor Heptacloro, lo cual es claro indicio de que este producto ha sido aplicado en fecha reciente.

Continuando con el grupo de los compuestos Ciclodiénicos, el Aldrín se presentó en el 64.28% de las estaciones, las concentraciones más notables se registraron en las Estaciones 69, 72, con 26.50 y 21.40 ng/g, siguiendo en orden de importancia la Estación 67 con 15.54 ng, concentraciones similares se obtuvieron en las Estaciones 41, 70, con 2.94 y 2.16 ng/g, siguiendo este patrón se observaron las Estaciones 58, 62, con 1.73 y 1.64 ng/g, menor concentración se encontró en la Estación 47 con 0.93 ng/g, por último, la concentración más baja se localizó en la Estación 82 con 0.61 ng/g. La media de estos datos fué de 8.16, una Desviación Estándar de ± 10.14 y un rango que fluctuó entre 0.61 - 26.50 ng/g (Gráfica 30, Tablas 31 y 31A). Por otro lado, el metabolito Dieldrín ocurrió con una frecuencia del 50% de las estaciones muestradas, su valor más destacado se presentó en la Estación 62 con 6.28 ng/g, seguido de la Estación 47 con 4.17 ng/g, concentraciones muy similares surgieron en las Estaciones 41, 72, 58, con 3.88, 3.84 y 3.81 ng/g, concentración ligeramente menor se observó en la Estación 69 con 2.09 ng/g, finalmente, el valor más bajo se observó en la Estación 82 con 1.52 ng/g. La media de estos valores fué de 3.65, una Desviación Estándar de ± 1.54 y un rango que varió entre 1.52 - 6.28 ng/g (Gráfica 30, Tablas 31 y 31A). La suma del precursor más su metabolito (tALDRIN = Aldrín + Dieldrín) ofrecieron las siguientes relaciones: Aldrín/tALDRIN = 0.74, Dieldrín/tALDRIN = 0.26 (Anexo 5), en las cuales se aprecian predominancia del precursor Aldrín, lo cual sugiere que este compuesto ha sido aplicado en fecha reciente.

Siguiendo con la familia mencionada, el Endrín ocurrió con una frecuencia del 50% de las muestras analizadas, su valor más notable se localizó en la Estación 67 con 232.77 ng/g, posteriormente disminuídas en varias unidades aparecieron las Estaciones 72, 69, con 56.30, 54.06 ng/g, concentraciones parecidas surgieron en las Estaciones 62, 70, con 35.29 y 30.96 ng/g, por último, las más bajas concentraciones se registraron en las Estaciones 41, 47, con 0.60 y 0.41 ng/g. La media de estos datos fué de 58.63, una Desviación Estándar de ± 80.02 y un rango que osciló entre 0.41 - 232.77 ng/g (Gráfica 30, Tablas 31 y 31A). El metabolito Endrín Aldehído, ocurrió con una frecuencia del 21.4% de las estaciones, su valor más destacado se detectó en la Estación 72 con 10.47 ng/g, siguiendo en orden de importancia la Estación 67 con 8.03 ng/g, por otro lado, la concentración más baja se registró en la Estación 62 con 3.53 ng/g. La media de estos valores fué de 7.34, una Desviación Estándar de ± 3.52 y un rango que varió entre 3.53 - 10.47 ng/g (Gráfica 30, Tablas 31 y 31A). La suma de ambos metabolitos (tENDRIN = Endrín + Endrín Aldehído) dieron las siguientes relaciones: Endrín/tENDRIN = 0.95, Endrín Aldehído/tENDRIN = 0.05 (Anexo 5), en las cuales se observa la predominancia del Endrín, indicando su aplicación en fecha reciente.

Finalizando con la familia de los plaguicidas Ciclodiénicos, en primer plano surgió el Endosulfán I que apareció con una frecuencia del 64.28% de las estaciones, sus valores más preponderantes se registraron en las Estaciones 72, 67, con 15.16 y 10.36 ng/g, concentraciones similares se observaron en las Estaciones 41, 69, con 6.33 y 6.32 ng/g, siguiendo éste mismo comportamiento encontramos las Estaciones 47, 58, con 4.82 y 4.26 ng/g, continuando con el mismo patrón las Estaciones 82, 70, con 3.67 y 3.22 ng/g, finalmente, la concentración más baja se localizó en la Estación 62 con 1.54 ng/g. La media de éstos valores fué de 6.19, una Desviación Estándar de ± 4.19 y un rango que osciló entre 1.54 - 15.16 ng/g (Gráfica 30, Tablas 31 y 31A). Por otra parte, el Endosulfán II ocurrió en un 57.14% de las muestras analizadas, su valor más destacado surgió en la Estación 94 con 36.49 ng/g, valores en el mismo orden de magnitud se localizaron en las Estaciones 49, 67, 69, con 6.39, 5.17 y 4.75 ng/g, siguiendo el mismo patrón aparecieron las Estaciones 52, 58, 62, con 3.24, 2.82 y 2.19 ng/g, por último, la concentración más baja se detectó en la Estación 82 con 0.05 ng/g. La media de éstos valores fué de 7.64, una Desviación Estándar de ± 11.82 y un rango que fluctuó entre 0.05 - 36.49 ng/g (Gráfica 30, Tablas 31 y 31A). En cambio el Endosulfán Sulfato, ocurrió solamente en un 28.6% en las muestras analizadas, su máxima expresión se registró en la Estación 72 con 645.61 ng/g, siguiendo en orden de importancia las Estaciones 69, 70, con 369.76 y 303.01 ng/g, finalmente, la concentración más baja se localizó en la Estación 62 con 162.27 ng/g. La media fué de 370.16, una Desviación Estándar de ± 202.98 y un rango que fluctuó entre 162.27 - 645.61 ng/g (Gráfica 30, Tablas 31 y 31A). La suma del progenitor más sus metabolitos (tENDOSULF = Endosulfán I+Endosulfán II+Endosulfán Sulfato) proporcionaron las siguientes relaciones: Endosulfán I/tENDOSULF = 0.03 (Anexo 5), Endosulfán II/tENDOSULF = 0.04, Endosulfán Sulfato/tENDOSULF = 0.93, de las cuales se observa la predominancia del Endosulfán Sulfato con un valor cercano a la unidad, lo cual indica degradación de los compuestos y por lo tanto el tiempo transcurrido desde la aplicación del Endosulfán I, ha sido considerable.

La Estación 72 agrupó 11 plaguicidas de los 15 propuestos en el estándar de referencia, así también, en esta estación se registraron las más altas concentraciones, entre los más sobresalientes surgieron en orden de importancia Endosulfán Sulfato, Heptacloro Epóxido, Gama BHC, Endosulfán I y Endrín Aldehído, por otro lado, la Estación 67, reunió 10 plaguicidas organoclorados de los 15 propuestos, sin embargo únicamente el Endrín, Beta BHC y Alfa BHC fueron los más notables.

Según Shirasago(1991), uno de los fenómenos costeros más impactantes en el área de estudio, es la presencia de frentes, caracterizados por aguas de diferente color debido a que un lado hay predominancia de fitoplancton y partículas suspendidas, éste frente de pluma de río es originado por la descarga de el Papa- loapan, Coatzacoalcos y el Sistema Grijalva-Usumacinta.

De acuerdo a Sericano *et al.* (1984), los plaguicidas organoclorados derivados de las actividades sobre el continente, persisten en el ambiente marino transportados por los sistemas de ríos ya sea en forma disuelta o suspendida, estas dos formas son más frecuentes durante los procesos de mezcla de agua dulce y marina, como consecuencia de los cambios debidos a fuerzas iónicas, pH y condiciones redox. Por otra parte, Won-Wook y Chen (1976) encontraron que los Hexaclorociclohexanos y Ciclodiénicos parecen estar asociados con material granulado fino o sustancias húmicas en sedimentos superficiales.

De este modo los resultados obtenidos en la Estación 72 coinciden con lo expresado con anterioridad, ya que en un estudio análogo con esta investigación González-Estrada (1990) reporta sedimento fino, un porcentaje de materia orgánica de 0.488 y una profundidad de 23 metros, el mismo autor reporta para la Estación 67 sedimento fino, un porcentaje de carbono orgánico de 0.439 y una profundidad de 22 metros.

Es importante resaltar, que el compuesto más frecuente en las estaciones señaladas, fueron los isómeros del BHC y esto tal vez se deba a las propiedades intrínsecas de los compuestos, abundando sobre éste tema Marchand y Caprais (1985) encontraron en sus investigaciones sobre el Canal Inglés, que los procesos de distribución del Gama BHC (Lindano) debido a su solubilidad están ligados a procesos de movimiento de masas de agua. En esta investigación, se observó que las estaciones mencionadas están en el área de influencia del Sistema Grijalva-Usumacinta, por lo tanto, quizá a esto se deba las altas concentraciones registradas.

En cambio la Estación 94 a pesar de agrupar únicamente 5 plaguicidas del estándar ya mencionado, se situó en el tercer lugar de las estaciones mencionadas, sus compuestos más notables fueron el Heptacloro y Endosulfán II. Con base en los resultados obtenidos por González-Estrada (1990) esta estación se caracterizó por tener sedimento fino, un porcentaje de materia orgánica de 1.073 y una profundidad de 13 metros. De acuerdo con lo expresado, es una estación muy somera cercana a la costa y situada en la desembocadura del Río Grijalva, confirmándolo el alto porcentaje de materia orgánica, por lo que el Heptacloro y Endosulfán II pueden provenir de las tierras agrícolas donde estos compuestos se usan frecuentemente para combatir plagas que atacan los cultivos de caña de azúcar, árboles frutales o producción de vegetales, apoyando lo anterior es importante señalar que las muestras fueron colectadas en la temporada de "nortes" los cuales influyen significativamente en la remoción de contaminantes sobre todo cuando hay poca profundidad.

Ampliando esta información Pica-Granados *et al.* (1991), reportan sobre la Plataforma continental del Estado de Tabasco una zona de sedimentos formada por arenas gruesas terrígenas, cuya presencia ha sido considerada como una evidencia más del avance y retroceso del nivel del mar y de la existencia de antiguas desembocaduras de ríos. Junto a estos sedimentos gruesos y sobre el talud continental se extiende hacia mar profundo, una zona de sedimentos lodosos (Bouma, 1972; Lecuanda y Ramos, 1985).

Las Estaciones 69 y 62 reunieron 14 plaguicidas organoclorados, a pesar de ello, solo Aldrín y Dieldrín, fueron dignos de ser mencionados, además las Estaciones 47 con 11 compuestos, la Estación 70 con 9 y la 50 con 5, ofrecieron en el orden mencionado, los plaguicidas p,p'-DDD, p,p'-DDE y p,p'-DDT. En relación a estas estaciones González-Estrada (1990) reporta para la Estación 69 sedimento fino, porcentaje de materia orgánica de 0.683 y una profundidad de 18 metros, para la 62 lodo limoso, porcentaje de materia orgánica de 0.341 y una profundidad de 75 metros, en cambio para la 47 un porcentaje de materia orgánica de 0.195, sedimento lodo limoso y una profundidad de 30 metros, para la 70 sedimento lodo arenoso, porcentaje de materia orgánica 0.829 y una profundidad de 16 metros, finalmente, la Estación 50 se caracterizó por sedimento lodo limoso, un porcentaje de materia orgánica de 0.488 y una profundidad de 24 metros.

Addison (1976), reporta que el Aldrín es rápidamente epoxidado a Dieldrín, sin embargo la incidencia encontrada en esta investigación fué baja en todas las muestras examinadas. Este hecho puede ser atribuido a una fuente reciente de contaminación con Aldrín, sin embargo al parecer, estos compuestos no se usan con tanta frecuencia en nuestro país, por otro lado, basándonos en los datos proporcionados por Nash y Woolson (1967), se cree que la ocurrencia de Aldrín en las muestras se debe a la alta persistencia en suelos y éste hecho favorece su traslado a los ecosistemas acuáticos aunado a los aportes provenientes de los vientos y la lluvia, por otro lado las características del sustrato de las Estaciones 69 y 62 favorecen la retención de estos compuestos, que en un momento dado pueden ser fácilmente removidos por la acción de los "nortes". Apoyando ésta aseveración Shirasago (1991), reporta que el efecto de los "nortes" sobre la capa de mezcla, se incrementa en la época de invierno provocando disminuciones de temperatura llegando esta influencia hasta los 100 m en varias zonas.

De acuerdo con Pica Granados *et al.* (1991), los "nortes" de carácter severo ocurren de diciembre a febrero, pero ocasionalmente pueden presentarse posteriormente. Estos vientos afectan solamente a la región noroeste del Caribe y su dirección varía de noroeste a noreste con velocidades de 50 a 100 Km/hr, pudiendo alcanzar rachas mayores,

teniendo una duración máxima de dos días pero las tormentas severas pueden permanecer hasta cuatro días, ocasionando lluvias, chubascos y un marcado descenso de la temperatura.

En las Estaciones 47, 70 y 50, predominó un sedimento fino y una profundidad media de 23 metros, en cuanto a la presencia del DDT y sus metabolitos, se observó que el p,p'-DDT fué detectado solo en 21.43% de las muestras analizadas, en cambio el p,p'-DDE apareció en el 50% de las estaciones y el p,p'-DDD aportó solamente el 14.28%, por lo que al parecer el p,p'-DDE fué más significativo que el p,p'-DDD en los sedimentos marinos, de acuerdo a Sarkar *et al.* (1987) ésto se debe a la considerable degradación de DDT a DDE en los sedimentos costeros y muy insignificante de p,p'-DDT a p,p'-DDD. los mismos autores reportan, que la incidencia de DDE en sedimentos costeros puede ser atribuido a las diversas clases de bio-degradación originada por los organismos béticos. En segundo plano contribuyen las características físico-químicas de los sedimentos marinos como son el pH, la salinidad, arcillas minerales (bentonita, kaolinita, elita, etc.), materia orgánica (substancias húmicas). Como tercera causa de la conversión de DDT a DDE, desde el punto de vista termodinámico, puede ser la continua turbulencia del agua de mar como consecuencia de la energía térmica del océano, dando como resultante cambios considerables de entropía en el sistema, cuya acción es suficiente para acelerar los procesos de degradación en el ambiente marino.

5. CONCLUSIONES

1. Ejercicio de intercalibración en sedimentos.

Las determinaciones de plaguicidas en el Ejercicio de Intercalibración con sedimento certificado en la cual se usó la técnica propuesta por la EPA (1979) modificada por Garay (1982), cuyos resultados concursaron con 19 laboratorios a nivel internacional, se informó a través de la Jefatura del Ejercicio que los valores del p,p'-DDD, Aldrín, Dieldrín, Heptacloro Epóxido y Endrín rebasaron el rango establecido por la (IAEA) y que la causa probable de las altas concentraciones encontradas es por contaminación del adsorbente y deficiente remoción de sulfuros, en cambio la aportación de los PCB's estuvieron dentro de los límites admisibles, así como el resto de los plaguicidas coincidieron en su identificación y concentración.

Las determinaciones corridas en las mismas condiciones usando la técnica de la EPA (1979) modificada por Garay (1982) y la propuesta por la IAEA (Método de Referencia No. 17), al ser comparadas con los límites de tolerancia del Ejercicio de Intercalibración, ambas técnicas proporcionaron datos aceptables en relación al intervalo encontrado por los 19 laboratorios participantes, apareciendo entre ellos los plaguicidas Gama BHC (Lindano), Heptacloro, Aldrín, p,p'-DDE, p,p'-DDT y los Arocloros 1254 y 1260, sin embargo, se obtuvieron valores altos para el Heptacloro Epóxido, Dieldrín y Endrín. Las técnicas descritas observaron una cierta similitud en la separación de los compuestos, pero los valores del Método de Referencia No. 17 fueron más uniformes, quizá porque ésta técnica no usa agua para limpiar los extractos y debido a ello proporciona mayor limpieza en la línea base.

2. Ejercicio de Intercalibración en tejido de atún.

La técnica EPA (1979) modificada por Garay (1982) empleada para la determinación de plaguicidas organoclorados en tejido de atún repartido para los ejercicios de intercalibración (IAEA 351), los resultados fueron analizados dentro de un conjunto de 25 laboratorios a nivel internacional, la Jefatura del Ejercicio de Intercalibración informó que descartando el dato del Aroclor 1260 que resultó alto, la información enviada se clasificó dentro de los 8 laboratorios que obtuvieron datos aceptables dentro del intervalo establecido en la intercalibración.

Las técnicas EPA (1979) Modificada por Garay (1982), Método de referencia No. 14 modificado por Díaz y Botello (1989) empleadas para determinar plaguicidas en tejido de atún (IAEA 351), al ser cotejados sus resultados con el Ejercicio de Intercalibración se observaron niveles aceptables en ambas técnicas para p,p'-DDT, p,p'-DDE, p,p'-DDD, Endrín y el Aroclor 1254, hubo alternancia con Aldrín y Dieldrín. Se advirtieron altas concentraciones en Gama BHC (Lindano), y Aroclor 1260. Las dos técnicas resuelven en forma semejante, sin embargo la importancia del Método de Referencia No. 14, es que abate los costos de análisis en un 50% ya que usa como adsorbente Sílica y la otra Florisil que es un reactivo caro y difícil de obtener en el mercado, sobre todo para los países en desarrollo.

3. Intercalibración en PCB's /Primer paso.

La columna (1) capilar de 25 m de longitud, 0.20 mm de diámetro interno y 5 μ m de grosor de capa, logró separar todos los compuestos, en cambio la columna (2) de 25 metros de longitud, 0.32 mm de diámetro interno y 0.25 μ m de grosor de capa, solo separó del CB52 en adelante, concluyendo en éste caso que el factor limitante es el diámetro interno y el grosor de capa de la columna.

La importancia ecológica de la separación de los compuestos individuales CB37, CB77, CB81, CB105, CB114, CB118, CB123, CB126, CB156, CB157, CB167, CB169 y CB189, se debe a su bioacumulación en organismos marinos, por otro lado, estos compuestos incrementan su toxicidad debido a que sus propiedades favorecen una configuración coplanar de los dos anillos benzenicos.

4. Plaguicidas en sedimentos, Cuenca Central de la Laguna de Términos, Campeche.

En sedimentos de la cuenca central de Laguna de Términos se observó que los lugares con la concentración total más elevada fueron Puerto Real (Est. 1 con 3378 ng/g), Punta piedra (Est. 2 con 2304.5 ng/g) y los Cayos (Est. 6 con 1302 ng/g) y los plaguicidas que aparecieron con mayor frecuencia en las estaciones fueron las familias de los BHC y los DDT's.

El Endrín, Aldrín y el Clordano presentaron las mayores concentraciones de la Cuenca Central.

5. Plaguicidas en sedimentos del Sistema Candelaria-Panlau, Laguna de Términos, Campeche.

Los plaguicidas de mayor distribución en sedimentos finos de característica composicional carbonatada del Sistema Candelaria-Panlau fueron el Heptacloro Epóxido 100%, Endrín 100%, alfa y Gama BHC ambos 87.5%, sin embargo las concentraciones promedio más altas fueron para el Endosulfán Sulfato (2415.9 ng/g), p,p'-DDT (546.5 ng/g) y Endrín (446.4 ng/g).

En este Sistema se observaron diferencias significativas entre las épocas de lluvias y secas, presentándose las concentraciones más altas en la primera época, no obstante los niveles registrados en el inicio del estiaje son considerables como un reflejo probablemente de la terminación de los "nortes", la energía proveniente de éste fenómeno puede en un momento dado provocar la resuspensión del sedimento.

De las estaciones analizadas del Sistema Candelaria-Panlau, los valores totales más altos se registraron en el Río Mamantel (Est.6 con 5583.9 ng/g) y la Cuenca Central de la Laguna de Panlau (Est.4 con 2997.3 ng/g).

6. Plaguicidas en pastos del Sistema Candelaria-Panlau.

La distribución de los plaguicidas en las macrófitas sumergidas del Sistema Candelaria-Panlau fué mayor para el Endrín 100%, seguido por el Alfa BHC 60%, Heptacloro Epóxido y p,p'- DDE 60% respectivamente. Las mayores concentraciones fueron para el Endosulfán Sulfato (235.4 ng/g), Endrín (203.2 ng/g) y Aldrín (153.1 ng/g).

De las especies analizadas, *Halodule* sp. de la Laguna de Panlau (Est.4) al Sureste, presentó los niveles totales más altos (1438.9 ng/g), seguida por *Nimphaea* sp. del Río Candelaria (Est. 5 con 453.9 ng/g) y *Ruppia* sp. de la misma estación con 308.9 ng/g.

La especie *Ruppia* sp. analizada en las épocas de estiaje y lluvias presentó una concentración mayor en el inicio del estiaje, probablemente como consecuencia de la dinámica generada por los "nortes" con sus constantes lluvias y los vientos modifican el comportamiento de varios factores, como pueden ser pH, salinidad, oxígeno disuelto, salinidad, turbidez, favoreciendo la incorporación de los plaguicidas a los pastos.

7. Plaguicidas en peces del Sistema Candelaria-Panlau.

La distribución de los plaguicidas del Sistema Candelaria-Panlau en la especie *Arius melanopus* en orden decreciente fué la siguiente: Aldrín 100%, Heptacloro y Endrín 85.7 % respectivamente. Las concentraciones promedio más altas correspondieron al Endrín (393.5 ng/g), Heptacloro Epóxido (377.2 ng/g) y al Endosulfán Sulfato (288.9 ng/g). La época de lluvias (junio) registró los niveles más altos de plaguicidas organoclorados, siendo en el Río Candelaria que los organismos tuvieron mayores concentraciones con respecto a Río Mamantel, Alto y Cuenca Central Panlau.

8. Plaguicidas en sedimentos del Sistema Palizada del Este.

Los plaguicidas más frecuentes encontrados en los sedimentos finos del Sistema Palizada del Este fueron: el Beta BHC y el Heptacloro. Los valores más elevados correspondieron al Endrín (86.6 ng/g), p,p'-DDD (58.2 ng/g) y Endrín Aldehído (51.8 ng/g).

En la temporada de sequía (marzo) se encontraron los valores totales más relevantes de plaguicidas en sedimentos.

La estación denominada Fondo Palizada/Laguna del Vapor (10) reunió las mayores concentraciones de plaguicidas organoclorados, seguida de la estación Boca Chica (1).

9. Plaguicidas en pastos del Sistema Palizada del Este.

El Gama BHC y el Endrín fueron los compuestos omnipresentes en las macrófitas analizadas del Sistema Palizada del Este. Las concentraciones promedio más notables correspondieron al Endrín (203.1 ng/g), p,p'-DDT (107.7 ng/g) y Aldrín (107.2 ng/g).

Durante la temporada de lluvias (junio) se observó los niveles más altos de plaguicidas en pastos. Los organismos de la Laguna del Vapor (3) registraron los valores totales mayores (1169.4 ng/g).

Vallisneria americana fué la especie con el mayor contenido de plaguicidas del Sistema.

10. Plaguicidas en peces del Sistema Palizada del Este.

Los plaguicidas mejor representados en los peces del Sistema Palizada del Este, fueron: Endosulfán Sulfato y Aldrín. Las concentraciones más importantes correspondieron al Endosulfán Sulfato (1579.3 ng/g), Endrín (796.2 ng/g) y Heptacloro Epóxido (126.6 ng/g).

No se observaron diferencias significativas en las temporadas de secas y lluvias como resultado de las condiciones propias del Sistema.

La especie *Cichlasoma* sp. fué la que tuvo un mayor contenido de los compuestos encontrados en el Sistema.

11. Plaguicidas en sedimentos de la Laguna del Carmen, Tabasco.

La distribución de plaguicidas organoclorados en los sedimentos finos de la Laguna del Carmen, Tab., fué en el orden siguiente: Heptacloro, Endrín, Aldrín, Gama y Beta BHC. Los compuestos con valores promedio más altos fueron: Dieldrín (6.8 ng/g), Heptacloro (5.2 ng/g) y Endrín (2.7 ng/g).

La estación Posillo (3) registró la concentración total mayor de plaguicidas (20.8 ng/g), seguida de la localidad Ostión Largo (5) 12.5 ng/g y Macayo (1) 10.0 ng/g en sedimentos de la Laguna del Carmen.

12. Plaguicidas en Ostión de la Laguna del Carmen, Tabasco.

Los plaguicidas con mayor frecuencia de aparición en ostión de la Laguna del Carmen, Tab., fueron: Endosulfán II, Endrín Aldehído, Aldrín, Heptacloro y Beta BHC. Los compuestos de mayor concentración promedio fueron Endosulfán II (14.9 ng/g), p,p'-DDE (4.2 ng/g) y Endrín Aldehído (3.9 ng/g).

Los ostiones colectados de la localidad Posillo (3) presentaron la concentración total más alta de plaguicidas organoclorados (48.8 ng/g) con respecto a la estación (6) B. Inventos (15.9 ng/g).

13. Plaguicidas en sedimentos de la Laguna de Machona, Tabasco.

La distribución de los plaguicidas organoclorados en los sedimentos finos de la Laguna de Machona correspondió al Endrín, Aldrín, Heptacloro, Beta y Gama BHC. Los niveles más importantes fueron para el Endrín (4.9 ng/g), Aldrín (1.2 ng/g) y Endrín Aldehído (1.03 ng/g).

En la localidad del Chilar (7) se observó la concentración total mayor de éstos compuestos (14.5 ng/g), seguida de Boca del Rfo (1) y Coquitos (6).

14. Plaguicidas en Ostión de la Laguna de Machona, Tabasco.

En cuanto a la presencia de los plaguicidas en los ostiones de la Laguna de Machona, los más frecuentes fueron el Heptacloro y el Beta BHC. Los de mayor concentración promedio fueron el Endrín (8.2 ng/g), Endosulfán Sulfato (7.5 ng/g) y Endosulfán II (5.9 ng/g).

En la temporada de lluvias (junio) el contenido de estos compuestos en *Crassostrea virginica* fué el más importante y particularmente en las localidades de Bajadura (4) 28.0 ng/g, Estero Jiménez (2) 27.3 ng/g y Boca del Rfo (1) 21.5 ng/g.

15. Plaguicidas en sedimentos de la Laguna de Alvarado, Veracruz.

Los compuestos más representativos en los sedimentos finos de la Laguna de Alvarado, Ver., fueron Endrín, Aldrín, Heptacloro, Gama y Beta BHC. Las concentraciones promedio más significativas correspondieron a Endrín (7.8 ng/g), Heptacloro (3.9 ng/g) y p,p'-DDT (2.2 ng/g).

La estación conocida como La Barra (1) registró la concentración total mayor (40.2 ng/g), seguida de la Laguna de Buen País (5) 31.5 ng/g y Boca del Tragadero (4) 28.1 ng/g.

16. Plaguicidas en peces de la Laguna de Alvarado, Veracruz.

En los peces analizados de la Laguna de Alvarado, los compuestos más frecuentes fueron: Endosulfán Sulfato, p,p'- DDT, Endrín, p,p'-DDE, Aldrín, Heptacloro, Beta y Gama BHC. Las concentraciones promedio más elevados correspondieron al p,p'-DDE (1.6 ng/g), p,p'-DDD (1.1 ng/g) y Endrín 1.01 ng/g).

En el tejido del robalo *Centropomus undecimalis* se registró la concentración total más alta de plaguicidas (11.7 ng/g), predominando el p,p'-DDE con 3.01 ng/g.

17. Plaguicidas en Ostión de la Laguna de Alvarado, Veracruz.

Los plaguicidas organoclorados más frecuentes en ostión de la Laguna de Alvarado fueron el Endrín, Heptacloro Epóxido, Aldrín, Heptacloro y Beta BHC. Las concentraciones promedio mayores correspondieron al Endosulfán II (17.7 ng/g), Endrín (7.9 ng/g) y Aldrín (6.6 ng/g).

Las submuestras de ostión *Crassostrea virginica* obtenidas de la Cooperativa (A2) registraron la concentración total mayor (46.7 ng/g).

18. Plaguicidas en sedimentos de la Laguna de Bojórquez (Nichupté), Quintana Roo.

Los plaguicidas organoclorados más importantes en sedimentos finos de característica composicional carbonatada de la Laguna de Bojórquez (Nichupté), Q.Roo fueron el Dieldrín, Endosulfán I y Gama BHC. Las concentraciones promedio más altas correspondieron al Endrín (114.3 ng/g), p,p'-DDD (61.3 ng/g) y Endrín Aldehído (47.5 ng/g).

La estación 13 registró la concentración total mayor de plaguicidas (578.1 ng/g), seguida por las estaciones 15 (239.2 ng/g) y 2 (213.1 ng/g).

19. Plaguicidas en sedimentos del Crucero Oceanográfico OGMEX V, Plataforma Continental de Campeche.

Los plaguicidas presentes en el 100% de los sedimentos finos analizados del Crucero OGMEX V fueron: Endrín, Heptacloro y Heptacloro Epóxido. Los compuestos que registraron las concentraciones promedio, más altas estuvieron representados por: p,p'-DDE (79.3 ng/g), Heptacloro Epóxido (36.4 ng/g) y Endosulfán I (28.7 ng/g).

La Estación 26 registró la concentración total mayor de estos compuestos (268.2 ng/g), seguida por la estaciones 24 (190.6 ng/g) y 34 (110.1 ng/g).

20. Plaguicidas en organismos del Crucero Oceanográfico OGMEX V.

Los compuestos mejor representados en los tejidos de peces y camarones analizados fueron: los isómeros del BHC, p,p'-DDT y p,p'-DDE, Heptacloro, Aldrín, Endrín y Endosulfán Sulfato.

Los niveles totales mayores correspondieron al Endrín (10.2 ng/g), Endosulfán Sulfato (8.6 ng/g) y Heptacloro (7.5 ng/g).

Los camarones registraron una concentración total mayor que los peces, predominando el Heptacloro y el Endrín en el primer grupo de organismos y el Endosulfán Sulfato y Endrín en el segundo.

Los crustáceos colectados en la Estación 25 tuvieron los niveles más altos (42.4 ng/g) de esta zona de estudio.

21. Plaguicidas en sedimentos del Crucero Oceanográfico OGMEX VII Plataforma Continental de Tabasco.

El Alfa y Beta BHC, así como el Heptacloro estuvieron presentes en el 100% de los sedimentos finos analizados del Crucero Oceanográfico OGMEX VII. El Endosulfán Sulfato (370.2 ng/g), Endrín (58.6 ng/g) y Heptacloro (27.3 ng/g) registraron las concentraciones promedio mayores.

En la Estación 72 se observó la mayor concentración total de plaguicidas (820.5 ng/g) y fué seguida por la Estaciones 69 (610.7 ng/g) y 67 (382.5 ng/g).

22. Plaguicidas en sedimentos de todos los sistemas estudiados.

La tendencia del contenido total de plaguicidas presentes en los sedimentos analizados, de los diferentes sistemas costeros investigados es la siguiente: Sistema Candelaria-Panlau Laguna de Términos Cuenca Central OGMEX VII Sistema Palizada del Este Laguna de Bojórquez OGMEX V Laguna de Alvarado Laguna del Carmen Laguna de Machona, observándose la diferencia entre el mayor y menor de 367:1. Esto puede deberse, a las condiciones ambientales específicas de cada ecosistema como son: tipo de sedimentos, contenido de materia orgánica, corrientes, vientos, escorrentías entre otros, así como a la intensidad de las actividades agrícolas y al uso de compuestos orgánicos que se aplican en las zonas aledañas a cada una de éstas localidades.

Los plaguicidas más frecuentes en los sedimentos de los diversos ecosistemas estudiados fueron en orden decreciente: Los isómeros del BHC Heptacloro Endrín Aldrín Heptacloro Epóxido Dieldrín = Endosulfán I = p,p'-DDT.

23. Plaguicidas en organismos de todos los sistemas estudiados.

Las macrofitas sumergidas de los sistemas acuáticos estudiados presentaron la concentración total en el siguiente orden: Sistema Palizada del Este Sistema Candelaria Panlau. El tipo de sustrato, la disponibilidad de los plaguicidas organoclorados tanto en éste como en la columna de agua (partículas en suspensión) así como la dinámica propia de estos sistemas acuáticos favorecen los procesos de absorción y adsorción de estos compuestos por las macrofitas sumergidas en mayor medida en el Palizada del Este.

Los moluscos bivalvos de las áreas estudiadas observaron el siguiente comportamiento en relación a su contenido total de plaguicidas: Laguna de Machona Laguna de Alvarado Laguna del Carmen. Este comportamiento está determinado por diversas causas: la fisiología de los organismos puede variar dependiendo de las condiciones de su habitat (eficiencia metabólica); las características abióticas de cada sistema lagunar como la dinámica física (corrientes, descargas), los niveles de materia orgánica en los sedimentos, el contenido de material particulado y disuelto en columna de agua, y las condiciones fisicoquímicas; además son de suma importancia las actividades agrícolas que existen en cada región con cultivos que requieren para su prosperidad la utilización de plaguicidas.

Los peces analizados en las diferentes regiones costeras mostraron el siguiente patrón de su concentración total:
Sistema Palizada del Este Candelaria Panlau OGMEX V Laguna de Alvarado.

El contenido total de plaguicidas en los diferentes grupos de organismos analizados presentó el siguiente comportamiento:

Peces Macrofitas sumergidas Ostion Camarón

Siendo las diferencias entre la mayor y menor concentración de 335:1. En el caso de los peces, ostión y camarón la diferencia en concentraciones se debe principalmente a la proporción de contenido de lípidos en sus tejidos, en cuanto a los pastos se debe probablemente al tipo de sustrato.

6. LITERATURA CITADA

- » ADDISON, R. F. (1976). Metabolism of single and combined doses of carbon ¹⁴ aldrin and tritiated p,p'-DDT by Atlantic Salmon *Salmo solar* fry. *J. Fish. Res. Board. Can.* 33 (9): 2073-2076.
- » ALBERT, L.A., REYES, R. y SAVAL, S. (1975). Pesticide residue problems in Mexico. *Rev. Soc. Quim. Mex.* 19(5):217.
- » ALBERT, L.A. (1981). "Residuos de plaguicidas organoclorados en leche materna y riesgo para la salud". *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, 9(1): 15-29.
- » ALBERT, L.A., y FIGUEROA, A. (1985). Evaluación preliminar de la contaminación por organoclorados y ftalatos en organismos del río Blanco, Veracruz, *Rev. Soc. Quim. Mex.* 29(4):285.
- » ALBERT, L.A. (1988). *Contaminación de los alimentos por productos agroquímicos*. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa, Ver. 32 p.
- » ALBRIGHT L.J., OLOFFS P. C., SZETO S.Y. (1980). Residues in Cutthroat trout *Salmo clarki* and California Newts *Taricha torosa* from a lake treated with technical chlordane. *J. Environ. Sci. Health Part B Pestic. Food. Contam. Agric. Wastes.* 15 (4):333-350.
- » ALI A. Z. DOUABUL, MUTHANNA, AL-OMAR, SELMA AL-OBAIDY and NEHLAAL-OGAILY. (1987). Organochlorine Pesticide Residues in Fish from the Shatt Al-Arab River, Iraq. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 38:674-680.
- » ANDRADE, V., N. GARCIA y H. SANCHEZ (1975). Geografía Uno Ed. Trillas. México. 301 p.
- » ALVAREZ, D.C., CELIS G.L., M.E. FLORIUK y MEJIA, J.R. (1982). Distribución y concentración de hidrocarburos fósiles en sedimentos y organismos del sistema lagunar Carmen y Machona, Edo. de Tabasco. *Rep. de Inv.* 27. UAM-I.
- » AMEZCUA - LINARES, F. (1978). Ecología y Estructura de las Comunidades de peces en los Sistemas Fluvio-Lagunares asociados a la Laguna de Términos (Campeche, México). Tesis Doctoral CCH, UACPyP Especialización, Maestría y Doctorado en Ciencias del Mar.
- » ARMSTRONG R. S. y GRADY (1967). Geronimo cruiser Entire Gulf of Mexico in Late Winter. *Com. Fish. Rev.* 29(10):35-40.
- » AMEZCUA-LINARES, F. y YAÑEZ-ARANCIBIA, A. (1980). Ecología de los sistemas fluvio-lagunares asociados a la Laguna de Términos. El habitat y estructura de las comunidades de peces. *An. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. de México.* 7(1): 69-117.
- » ATALLAH, Y.H.; WHITACRE, D.M., and POLEN, P.B.(1977). Artifacts in monitoring-related analysis of human adipose tissue for some organochlorine pesticides. *Chemosphere*, 1, 17.
- » AMIPFAC. (1985). Curso de orientación para el buen uso y manejo de plaguicidas. 373 p.
- » BALLSCHMITER, K. and ZELL, M. (1980). Analysis of Polychlorinated Biphenyls (PCB) by glass capillary gas Chromatography. *Fres. Anal. Chem.* 302, 20-31.
- » BARRERA, C. (1976). Pesticidas agrícolas, 3a. ed., Ediciones Omega S.A.; Barcelona, España.
- » BESSONOV N., GONZALEZ, O. y A. ELIZAROV (1969). Resultados de las investigaciones Cubano-Soviéticas en el Banco de Campeche. UNESCO (Ed.). Coloquio Sobre Investigaciones y Recursos del Mar Caribe y Regiones Adyacentes. París: 317-323.
- » BIDLEMAN and OLNEY (1974). Aerial Transport of Pesticides Sargaso Sea. Atmosphere and Surface Water. *Science* 183:516-518.
- » BOUMA H.A. (1972). Distribution of Sediments and Sedimentary Structures in the Golfo of Mexico. In: Ocenografía Geológica del Golfo de México y Mar Caribe Mexicano.
- » BOTELLO, A.V. (1978). Variaciones de los parámetros hidrológicos en las épocas de sequías y lluvias (mayo y septiembre, 1974) en la Laguna de Terminos. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., UNIV. NAL. AUTON. DE MEXICO.* 5(1):159-178.
- » BOTELLO, A.V., y PAEZ-OSUNA.F. (1986). El problema crucial: la contaminación. Serie Ambiente en Coatzacoalcos. *Centro de Ecodesarrollo.* Vol 1: 177 p.

-
-
- » BOTELLO, A.V., y VILLANUEVA S. (1987). Impacto ambiental de los Hidrocarburos Fósiles en dos sistemas costeros del Caribe Occidental (México-Costa Rica) 1985 - 1988. 2o. Informe anual Proyecto OEA-CONACyT. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 44 p.
- » BRADY, M. (1972). Sedimentology and diagenesis of carbonate muds in coastal lagoons of NE Yucatan. Tesis doctoral. Rice Univ. Houston. Texas.
- » BROWN, A.W.A. (1978). *Ecology of Pesticides*. John Wiley and Sons. New York. 525 p.
- » BUTLER, P.A. SCHUTZMAN, R. L. (1979). Bioacumulation of DDT and PCB in Tissues of marine fishes. *Aquatic Toxicology*, ASTM STP 667, Marking, L.L. and Kimerle, R.A.; Eds.; American Society for testing and materials, Philadelphia, 212.
- » CAPURRO, A.L. (1969). La circulación Oceánica en el Golfo de México. Mem. IV Congreso Nacional Oceanográfico (Mex.) 3-12 p.
- » CARRANZA-EDWARDS, A., M. GUTIERREZ y RODRIGUEZ, R.T. (1975). Unidades morfoecológicas continentales de las costas mexicanas. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. UNIV. NAL. AUTON. DE MEXICO* 2(1):81-88.
- » CARRANZA-EDWARDS, A., y A. GALAVIZ-SOLIS (1983). Morfología y Sedimentos Recientes de las lagunas El Carmen, Pajonal y la Machona, Tabasco, México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNIV. NAL. AUTON. DE MEXICO*, 10(1):249-268.
- » CARRANZA-EDWARDS, A., y AGUAYO-CAMARGO E.J. (1990). Atlas Nacional de México. Sección Sedimentología Marina. *Inst. de Geografía. UNIV. NAL. AUTON. DE MEXICO*.
- » CHAU, A.S.Y., and B.K. AFGHAN. (1982). Analysis of pesticides in water. Volume I. CRC Press. 200 p.
- » CHAVANCE, P., A. YAÑEZ-ARANCIBIA, D. FLORES HERNANDEZ, A.L. LARA-DOMINGUEZ y F. AMEZCUA L. (1986). Ecology, biology and population dynamics of *Archosargus rhomboides* (Pisces: Sparidae) in a Tropical Lagoons System, Southern Gulf of Mexico: *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nat. Auton. Mexico*, 13 (2): 11 -30.
- » CHOI, W.W., and CHIEN, K.Y. (1976). Association of Chlorinated Hydrocarbons with fine particles and humic Substances in nearshores surficial sediments. *Environment. Sci. Technol.*, 10. 782
- » CONTRERAS, F., HERZING, M. y BOTELLO, V.A. (1988). Atlas del Golfo y Caribe Mexicano. Diagnóstico Ambiental Centro de Ecodesarrollo/Secretaría de Pesca. México.
- » CORBET, J.R. (1974). The Biochemical mode of actions of Pesticides. Academic Press, N.Y. p. 330.
- » CPPS. (1981). Fuentes, Niveles y Efectos de la Contaminación Marina en El Pacífico Sudeste. CPPS, Serie Seminarios y Estudios, No. 2.
- » DAY, W.J. y YAÑEZ-ARANCIBIA, A. (1982). Coastal lagoons and estuaries. Ecosystem approach. *Ciencia Interamericana (Mar Sci)* 22:11-26.
- » DE LEON y PEÑA N.O. (1987). Evaluación de Metales Pesados en Sedimentos recientes de dos sistemas costeros del Caribe Mexicano. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias UNAM. 68 P.
- » DIAZ-GONZALEZ, G. y LUIS SOTO (1988). Hábitos Alimenticios de Peces depredadores del Sistema Lagunar Huizache-Caimanero, Sinaloa, México. *Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nat. Auton. Mexico*, 15 (1):97-124.
- » DIAZ-GONZALEZ, G. y BOTELLO A.V. (1989). Comparación de dos técnicas analíticas para la determinación de plaguicidas organoclorados en organismos. V Congreso de Química Analítica, Zacatecas, Zac.
- » DUINKER, J.C., D.E. SHULTZ and PETRICK (1988). Selection of Chlorinated Biphenyl Congeners for Analysis in Environmental samples. *Mar. Pollut. Bull.* (19): 19-25.
- » DUINKER, J.C. and HILLEBRAND, M. T. J. (1983b). Determination of Selected Organochlorines in Seawater. In K. Grassoff, Ehrhard, M. and Kremling, K. (Eds.), *Methods of Seawater Analysis*, and Ed., Verlag Chemie, Chapter 12.4.
- » DURFEE, R.L. (1976). PCB's in the United States, Industrial Uses and Environmental Distribution. Washington, D.C., US. EPA, Office of Toxic Substances.
- » DUURSMA, E.K. and MARCHAND, M. (1974). Aspects of Organic Marine Pollution. *Oceanogr. & Mar. Biol.*, (12); 315-431.
- » EMERY, K.O. and STEVENSON, R.E. (1958). Estuaries and lagoons I. Physical and Chemical characteristics. In: J.W. Hedgpeth (eds). *Treatise on marine ecology and paleoecology*. Vol I. *Ecology. Geol. Soc. Amer. Mem.* (67): 673-693.

-
- » EPA, (1979). Manual for Analytical Quality Control for Pesticides and Related Compounds in Human and Environmental Samples, First Revision, U.S. Environmental Protection Agency, EPA, 600/1 79-008, USA.
 - » FERRANDO M.D., E. ANDREU-MOLINER, M.M. AIMAR, C. CEBRIAN and A. NUÑEZ (1987). Acute Toxicity of Organochlorinated Pesticides to the European Eel, *Anguilla anguilla*. To Dependency on exposure time and temperatura. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 39:365-369.
 - » FOLK, R.L. (1974). Petrology of sedimentary rocks. *Hemphill's Publ. Co., Austin, Texas.* 182 p.
 - » FRANK, R., HOLDRINET, M. BRAUN, H.E. THOMAS, R.L. KEMP, A.L. W., and JAQUET, J.M. (1977). Organochlorine Insecticides and PCB'S in Sediment of Lake St. Clair (1970-1974) and Lake Erie (1971), *Sci. Total Environ.*, 8, 205.
 - » FRANK, R., THOMAS, R.L., HOLDRINET, M., KEMP, A.L.W., and BRAUN, H.G. (1979). Organochlorine Insecticides and PCB in surficial Sediment (1968). and sediment cores (1976) from Lake Ontario. *Int. Assoc. Great. Lakes Res.*, 5, 18.
 - » FUENTES-YACO, C. (1990). Dinámica hidrológica y Análisis de Parámetros Físico-químicos en el Ecosistema Fluvio-Deltaico-Lagunar-Estuarino del Río Palizada, Campeche. Tesis de Maestría en Ciencias del Mar (Oceanografía Biológica y Pesquera) CCH-UACPyP-UNAM.
 - » GALASSI, S., GANDOLFI, G., and PACHIETTI, G. (1981). Chlorinated Hydrocarbons in fish from the river PO (Italy), *Sci. Total Environ.*, 20, 231.
 - » GANNON, N. and J.H. BIGGER (1958). The conversion of Aldrin and Heptachlor to their epoxidos in soil. *J. Econ. Entomol.*, 51: 1-2.
 - » GARAY, T.A.J. (1982). Manual de Técnicas para análisis de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos. CIOH. Colombia.
 - » GARCIA, E. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). *Inst. Geog. UNIV. NAL. AUTON. MEXICO.* 264 p.
 - » GAUDETTE, H.E., FLIGAT, W.R., TONER, L., FOLGER, D.W. (1974). An inexpensive titration method for the determination of organic carbon in recent sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, 44 (1): 249-253.
 - » GLOOSCHENKO, W.A., STRACHAND, W.M.J., and SAMPSON, R. C.J. (1976). Distribution of Pesticides and PCB's in water sediment and Seston of the upper great lakes-1974. *Pest. Monit. J.*, 10, 61.
 - » GOLDBERG, D.E. (1976). The health of the Oceans. The UNESCO Press. Paris. 173 p.
 - » GONZALEZ-ESTRADA, C. (1990). Determinación de los niveles de hidrocarburos alifáticos y aromáticos en sedimentos recientes de la plataforma continental de los estados de Tabasco y Campeche, México. Tesis Licenciatura Fac. de Ciencias, Univ. Nal. Auton. Mex. pp. 108.
 - » GRIVEL-PIÑA, F. y ARCE, U.R. (1977). Configuración cotidal en la Laguna de Terminos, Camp. *Inst. de Geofísica. UNIV. NAL. AUTON DE MEXICO.* (no publicado).
 - » GUADARRAMA, R. (1977). Variación estacional de la biomasa fitoplanctónica en la Laguna de Alvarado, Ver., V Congreso Nacional de Oceanografía, Son. Mexico. 1974.
 - » GUTIERREZ-ESTRADA, M., A. GALAVIZ y CASTRO. (1978). Fisiografía y sedimentos recientes de las lagunas El Carmen y Machona, Tabasco, México. VI Congreso Nacional de Oceanografía. México.
 - » HASSAL, K.A. (1990). The Biochemistry and uses of Pesticides Metabolism, mode of action and uses in crop protection, 2a. Ed., MacMillan Press Ltd.
 - » HARRIS, C.R. and MILES, J. R. W. (1975). Pesticide Residues in the Great Lakes Region of Canada *Residues Rev.*: 57, 27.
 - » HILL, D.W. and McCARTY, P.C. (1967). Anerobic degradation of selected chlorinated hydrocarbons pesticides. *J. Water Pollut. Cont. Fed.*, 39, 1259.
 - » HODGES, L. (1973). Environmental Pollution. 2nd. Eds. Holt, Rinehart and Winston. New York.
 - » HUNT, E.G. and BISCHOFF, A.L. (1960). Inimical effects on wild life of periodic DDE application to clear lake, *Calif. Fish. Game*, 46, 91.
 - » HUTZINGER, O., SAFE, S. and ZITKO, V. (1974). Chemistry of PCB's, CRC Press, Boca Raton, Fla.
 - » INGLE RAY (1971). Comunidades del Mar, Fauna y Flora del litoral. Ed. Bruguera, S.A. México.
 - » INTERGOBERNAMENTAL OCEANOGRAPHY COMMISSION TECHNICAL SERIES. (1984). The determination of Polychlorinated Biphenyls in Open Ocean Water. Report 26, UNESCO, Paris.
-

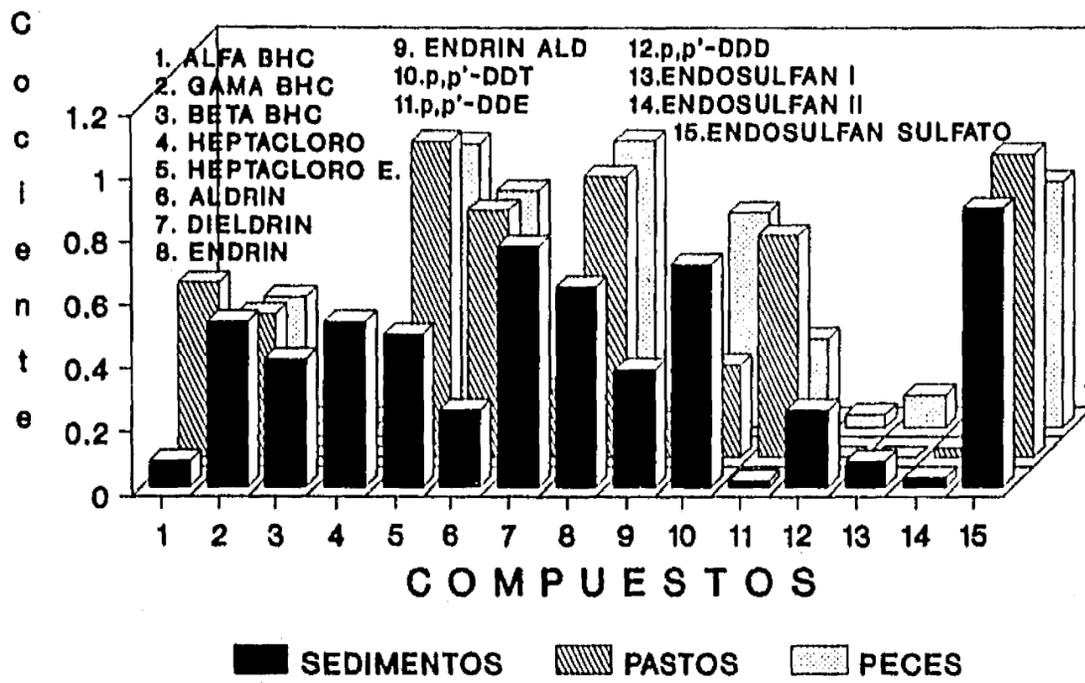
-
- » JENSEN, S. (1966). Report of a new chemical hazard. *New Sci.*, 32, 612.
- » JORDAN, E., M. ANGOT y DE LA TORRE, R. (1978). Prospección biológica de la Laguna Nichupte, Cancun, Quintana Roo. Nota científica. *Anales Centro Cienc. del Mar y Limnol. UNIV. NAL. AUTON. DE MEXICO*. 5(1):179-188.
- » KAISER, K.L.E. (1982). Early trend determination of organochlorine contamination from residue ration in the Sea Lamprey (*Petromizon marinus*) and its lake white fish (*Coregonus clupeaformis*) host. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39, 571.
- » KAWANO, M., SANAE M., TSUYOSHII, I., HIROYUKI T. and RYO T. (1986). Biological accumulation of clordane compounds in marine organisms from the North Pacific and Bering Sea. *Marine Pollution Bulletin*. Vol 1, 512-516.
- » LACSA, (1985). Unpublished daily effluent monitoring results. Los Angeles Country Sanitat Distrit.
- » LANKFORD, R.R. (1977). Coastal lagoons of Mexico: Their Origin and Classification. Est. Proc. 2. Academic Press, Inc. New York. 182-215.
- » LECUANDA, R. y RAMOS, F. (1985). Distribución de sedimentos en el sur del Golfo de México. Informe Técnico No. 2, Laboratoriode Sedimentología, *Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNIV. NAL. AUTON. DE MEXICO*. (inédito).
- » LOERA, R., L. ALBERT (1990). Plaguicidas y criterios de riesgo. *In: Los Plaguicidas, el Ambiente y la Salud*. Lilia Albert, Coordinadora. Centro de Ecodesarrollo.
- » LOZANO CABO, F. (1978). Oceanografía, Biología Marina y Pesca. Tomo II, 3a. Ed. Paraninfo, Madrid.
- » MANCILLA, P.M. y VARGAS, F.M. (1980). Los primeros estudios sobre la circulación y el flujo neto de agua a través de la Laguna de Terminos, Campeche. *An. Cienc. del Mar y Limnol. UNIV. NAL. AUTON. DE MEXICO*. 7:1-12.
- » MARCHAND, M. and J.C.CAPRAIS (1985). Hydrocarbons and halogenated hydrocarbons in coastal waters of the English Channel and the North Sea. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 16, (2):78-81.
- » MATSUMARA, F. (1973). Degradation of pesticides residues in the environmental pollution by pesticides, Edwards, C.A. Ed., Plenum Press, London, 494.
- » McEWEN, F.L. and G.R. STEPHENSON (1979). The Use and Significance of Pesticides in the Environment, Ed. John Wiley and Sons, INC. USA.
- » MEARNS, A.J., M.B. MATTA., DEBRA S., MICHAEL F.B., GARY S. and WILLIAM A.W. (1988). PCB and chlorinated pesticide contamination in U.S. Fish and Shellfish: A Historical Assesment Report. NOAA Technical Memorandum NOS OMA 39: 139.
- » MEDINA, N.N., D.REYES y M.R. RIVAS. (1981). Productividad neta y velocidad de degradación foliar del manglar en la Laguna de Términos, Campeche, México. VII Simp. Latinoamer. Oceanogr. Biol. Acapulco, Gro. México.
- » MERINO, M. y GALLEGOS, M. (1986). Evaluación del impacto ambiental generable sobre el sistema Lagunar Nichupte por el dragado programado para rellenar el lote 18-A en Cancun, Quintana, Roo. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. PIADISA-UNAM.
- » METCALF, R. L.(1955). Organic insecticides their chemistry and mode of action. Interscience. New York.
- » MILES, J. R. W. and HARRIS, C.R. (1971). Insecticides residues in a stream and a controlled drained system in agricultural areas of southwestern Ontario, 1970 *Pest. Monit. J.*, 5, 89.
- » MIYAZAKI, T., YAMAGISHI, T. and MATSUMUTO, M. (1985). Isolation and Structure Elucidation of some components in technical grade Chlordane. *Arch. Environm. Contam. Toxicol.* 14, 475-485.
- » MORIARTY, F. (1975). Organochlorine Insecticides: Persistent Organic Pollutants. Academic Press.
- » MORRIS, R. and JHONSON, L.G. (1971). Dieldrin levels in fish from Iowa Streams. *Pestic. Monit. J.*, 5, 12.
- » MULLIN, M.D., POCHINI, C.M., McCRINDLE, S., ROMKES, M., SAFE, S.H. and SAFE, L. M. (1984). High Resolution PCB Analysis: Synthesis and Chromatography Properties of all 209 PCB Congeners. *Environ. Sci. and Technol.* (18):468-476.
- » MURTAUGH, J.J. and BUNCH, R.L. (1976). Sterols as a measure of faecal pollution. *J. Water Pollut. Cont. Fed.* 39:404-409.
- » MURTY, A.S. (1986). Toxicity of Pesticides to Fish, Vol. I C.R. Press, INC, Boca Raton, Florida.
- » NASH, R.G., WOOLSON C.A. (1967). Persistence of Chlorinated Hydrocarbons Insecticides in Soils. *Science*. 157:224-227.
- » NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1975). Endosulfan it's effects on environmental quality. *Nat. Res. Coun. Can. No.* 14098.100p.

-
-
- » NIMMO, D.R., WILSON P.D., BLACKMAN R.R., WILSON A.J. Jr. (1971). Polychlorinated Biphenyls Absorbed from Sediments by fiddler crabs and pink shrimp. *Nature* 231:50.
- » OLAFSON, R.W. (1978). Effects of Agricultural Activity on Levels of Organochlorine Pesticides in Hard Corals, Fish and Molluscs from the Great Barrier Reefs. *Marine Environ. Res.* (1).
- » OLOFFS, P.C., ALBRIGHT, L.J., SZETO, S.Y. and LAV, J. (1973). Factors affecting the behaviour of five chlorinated hydrocarbons in two natural waters and their sediments. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 30, 1619-1623.
- » PAEZ-OSUNA, F., D. VALDEZ LOZANO, H. M. ALEXANDER, H.FERNANDEZ-PEREZ y J.I. OSUNA LOPEZ (1987). Niquel y plomo en las fracciones disuelta y particulada del Sistema Fluvio-Lagunar de la Laguna de Términos, México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nat. Autón. Méx.* 14 (1):79-86.
- » PAEZ-OSUNA, F. (1987). Trace metals in the fluvian system of Términos Lagoon, México. *Marine Pollution Bulletin.* 18(6):294-297.
- » PARIS, D.F. and LEWIS, D.L. (1973). Chemical and microbial degradation of ten selected pesticides in aquatic systems, *Res. Rev.*, 45-95.
- » PARLAR, H., HUSTERT, K., GAB, S. and KORTE F. (1979). Insolation Identification, and Chromatographic Characterization of Some Chlorinated C10 Hydrocarbons in Technical Clordane. *J. Agric. Food. Chem.* 27, 278-283.
- » PERKINS, E.J. (1974). The biology of estuaries and coastal waters. Academic Press. New York. 678 p.
- » PHLEGER, B.F. y AYALA, A.A. (1971). Process and history of Terminos Lagoon, Mexico. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* 55(2): 2130-2140.
- » PICA GRANADOS, Y., y PINEDA L. RUBEN (1991). Oceanografía Física del Golfo de México y Mar Caribe Mexicano. In: Oceanografía Física Parte II. De la Lanza E.G. (Ed.) AGT Editores. México, D.F. PICA GRANADOS, Y., PONCE V.G., y M.E.BARRON (1991). Oceanografía Geológica del Golfo de México y Mar Caribe Mexicano. In: Oceanografía de mares Mexicanos. De la Lanza E.G. (Ed.) AGT Editores. México, D.F.
- » PICER, M., PICER, N., and AHEL, M. (1978). Chlorinated Pesticide and PCB Residues in Fish and Mussels of East Coastal Water of the Middle and North Adriatic Sea, 1974-1975, *Pestic. Monit. J.*, 12, 102.
- » RAND, G.M. and S.R.PETROCELLI (1985). Fundamentals of Aquatic Toxicology, Methods and Applications. Hemisphere Publishing Corporation. New York.
- » RAY, P.K., A.K. PROSAD and R. NANDAN (1985). Pesticides-Major Environmental problem. *Science and Culture.* 51:363-1173.
- » RESTREPO, I. (1988). Naturaleza muerta. Los plaguicidas en Mexico. Centro de Ecodesarrollo. Mexico, Editorial Andromeda S.A. 236 p
- » REYNOLDS, L.M. (1971). Pesticide residue analysis in the presence of polychlorobiphenyls (PCB's). *Residue Rev.*, 34, 27.
- » RIDGWAY, R.L., FINNEY J.C., MacGregor J.T., STARLER N.J. (1978). Pesticide use in agriculture. *Environ. Health Perspect.* 27:103-112.
- » RIPOPT (1984). Registro Internacional de Productos Químicos Potencialmente Tóxicos (PNUMA) Vol. 7 No. 1. p.43.
- » RISEBOROUGH, R.W., R.J.HUGGET, J.J. GRIFFIN, and E.D.GOLDBERG (1972). Science 159, 1233. In: Environmental Toxicology of Pesticides Ed. F. Matsumara, G.M. Boush and T. Misato.
- » ROBERTS D, MEIER P.G. (1982). A new method for exposing deposit feeders to contaminated sediments for food chain studies Great Lakes. *Entomol.* 15: 5963.
- » RODRIGUEZ-ESPINOZA, P.F. (1982). Impacto en las lagunas costeras Carmen Pajonal-Machona, Tabasco, Mexico, a partir de la abertura de una boca artificial. Tesis Profesional. Fac. de Filosofía y Letras, UNAM, Colegio de Geografía. 107 p.
- » ROSALES, M.T.L., A.V.BOTELLO, H.BRAVO y E.F.MANDELLI. (1979). PCB's and organochlorine insecticides in oysters from coastal lagoons of the Gulf of Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology.* 21, 652-656.
- » ROSALES, M.T.L., y ALVAREZ, L.R. (1979). Niveles actuales de hidrocarburos organoclorados en sedimentos de lagunas costeras del Golfo de Mexico. *An. del Inst. de Cienc. del Mar y Limnol. UNIV. NAL. AUTON. DE MEXICO.* 6(2):1-6.
- » ROSALES-HOZ, L. A., CARRANZA-EDWARDS y U. ALVAREZ-RIVERA (1986). Sedimentological and Chemical Studies in Sediments from Alvarado Lagoon System, Veracruz, Mexico. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM.* 13 (36): 19-28.
- » RUDD, R.L. (1964). Pesticides and the Living Landscape, Madison, Wis.: Univ. of Wisconsin Press.

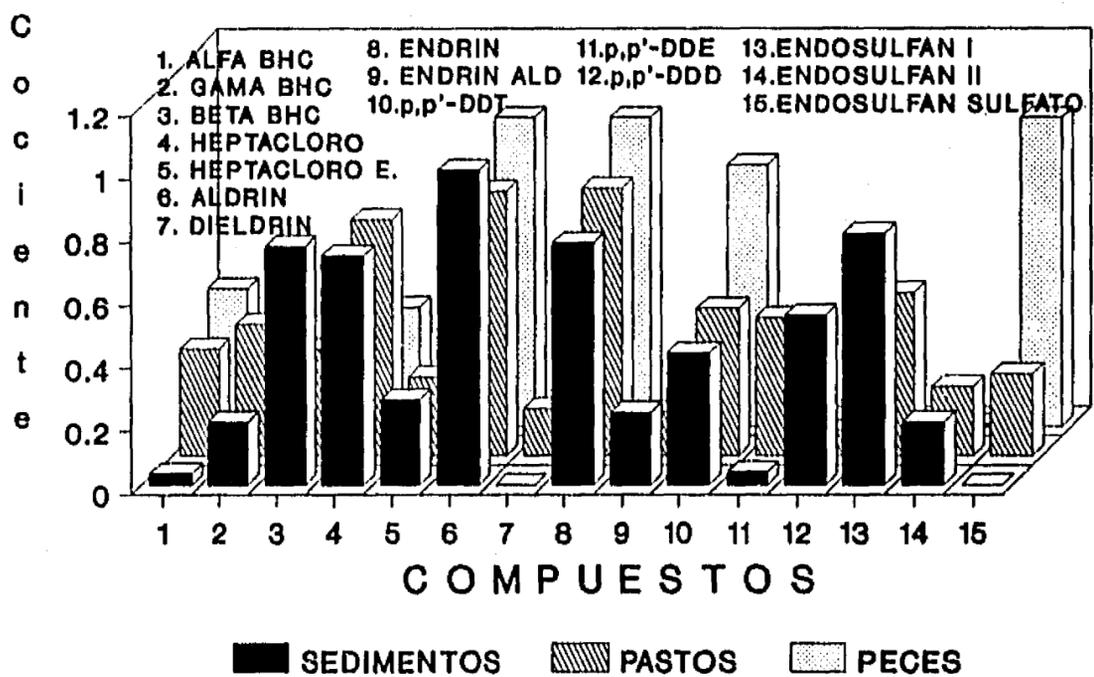
-
-
- » SAFE, S., BANDIERA, S., SAWYER, T., ROBERTSON, L. SAFE, L. PARKINSON, T., THOMAS, P.E., RYAN, D.E. REIK, L.M., LEVIN, W., DENOME, M.A., and FUJITA, T. (1985). PCB'S: Structure - Function Relationship and Mechanism of Action. *Environ. Health. Perspec.* 60, 47-56.
- » SARH (1987). Manual de Agroquímicos, Químico-Farmacéuticos, Alimenticios y Biológicos Veterinarios. Plaguicidas Vol.I Comité Nacional Calificador de Insumos, México.
- » SARKAR, A., and R. SEN GUPTA (1987). Chlorinated Pesticide Residues in Sediments from the Arabian Sea Along The Central West Coast of India. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 39: 1049-1054.
- » SARKAR, A., and R. SEN GUPTA (1988). Chlorinated Pesticides Residues in marine sediments. *Marine Pollution Bulletin*, Vol.19 No.1, pp.35-37.
- » SCHMITT, C.J., J.L.ZAJIK, and M.A.RIBICK. (1985). National Pesticide Monitoring Program: Organochlorine residues in freshwater fish, 1980-81. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 14:225-260.
- » SCHOOR, J.L. (1981). Fate and Transport of Dieldrin in coralville reservoir: Residues in fish and water following a pesticides ban. *Science.* 211:840-842.
- » SERICANO, J.L., H. B. ZUBILLAGA and ADANE E. PUCCI (1984). Behaviour of Hexachlorocyclohexane Isomers and Zn, Cu and Cd in the Fresh Waters-Sea Water Mixing Area. *Marine Pollution Bulletin*. Vol. 15. No. 8, pp. 288-294.
- » SHERMA, J. (1973). Chromatographic analysis of pesticide residues. CRC Critical reviews in Analytical Chemistry: 299-354.
- » SHIRASAGO, G.B. (1991). Hidrografía y Análisis Frontogenético en el sur de la Bahía de Campeche. Tesis de Maestría en Ciencias del Mar (Oceanografía Física) UACPyP CCH, IMAS.
- » SING, P. P., RAMINDERJICT, SINGH BATU, and RAJINDER LAL KAIRA (1988). Insecticide Residues in wheat Graines and Straw arising their storage in premises treated with BHC and DDT under Malaria Control Program. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 40: 696-702.
- » SISSONS, D. and WELTI, D.J. (1971). *J. Cromatogr.* 60, 15-32.
- » SOVOCOL, G. W., LEWIS, R. L. HARLESS, N. K. WILSON, and R.D. ZEHR (1977). Analysis of Technical Clordane By Gas Chromatography Mass Spectrometry. *Anal. Chem.*; 49:734-740.
- » STEWART, D.K.R., and K.G. CAIRNS (1974). Endosulfan persistence in soils and uptake by potato tubers. *J. Agric. Food. Chem.* 22:984-986.
- » STOUT, V.F. and F.L. BEEZHOLD (1981). Chlorinated Hydrocarbons Levels in fishes and shellfishes of the northwestern Pacific Ocean, including the Hawaiian Inlands. *Mar. Fish. Rev.* 43 (1):1-13.
- » SWINDOLL, C.M., F.M. APPLEHANS (1987). Factors influencing the accumulation of sediments-sorbed Hexachlorobiphenyl by Midge larvae. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 39:1055-1062.
- » TANABE, S., TATSUKAWA, R., KAWANO, M. and HIDAHA, H. (1982). Global distribution and atmospheric transport of chlorinated hydrocarbons: HCH (BHC) isomers and DDT compounds in the Western Pacific, Eastern Indian and Antarctic Oceans. *J.Ocean.Soc.Japan* 38, 137-148.
- » THOMPSON, J.F. (1976). Analysis of Pesticide Residues in Human and Environmental Samples, V.S. EPA, *Research Triangle Park, N.C.*
- » UNEP/IAEA. (1982). Determination of DDT's, PCB's and other hidrocarbons in marine sediments by gas liquid chromatography. Reference Methods for Marine Pollution Studies No.17.
- » UNEP/FAO/IAEA. (1986). Determination of DDT's, and PCB's in selected marine organisms by packed column gas chromatography. Reference Methods for Marine Pollution Studies No. 14, Rev. 1.
- » VARGAS. (1978). Las corrientes y el transporte neto de agua en la laguna de Terminos, Campeche. Tesis profesional. Fac. Ciencias. UNAM. Mexico. 94 P.
- » VAZQUEZ - YANEZ, C. (1971). La vegetación de la Laguna de Mandinga, Veracruz. *An. Inst. Biol. Univ. Nat. Autón. México.* 42. Ser. Botánica (1): 49 - 94.
- » VILLENEUVE, J.P. and L.D. MEE (1989). Chlorinated Hydrocarbons in Marine Sediment SD-M 2/100. Results of a World-wide Exercise IAEA/MESL/ILMR. Monaco.
- » VILLENEUVE, J.P. and L.D. MEE (1989). Chlorinated Hydrocarbons in Tuna Homogenate IAEA-351. Results of a World-wide Exercise. IAEA/MESL/ILMR. Monaco.

-
-
- » VILLENEUVE, J.P., S.W. FOWLER and V.C. ANDERLINI (1987). Organochlorine Levels in Edible Marine Organisms from Kuwaiti Coastal Waters. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 38: 266 - 270.
 - » VERRA-HERRERA, F. y J.L. ROJAS-GALAVIZ (1989). Plan Nacional de Contingencia para combatir y controlar derrames de hidrocarburos y otras sustancias nocivas en el mar, Anteproyecto a evaluar a largo plazo.
 - » YAÑEZ-ARANCIBIA A. A., A.LLARA-DOMINGUEZ P. CHAVANCE and D. FLORES-HERNANDEZ (1983). Environmental Behaviour of Terminos Lagoon Ecological System, Campeche, Mexico, *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nat. Auton. Mexico.*, 10 (1):137-176.
 - » WAN, H., HIGGINSON F.R., HARRIS C.R., McDOUGALL K.W. (1989). Organochlorine Insecticide residues in soils used for vegetable and tropical fruit production in the Cudgen - Durambah area of New South Wales. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 42.
 - » WEBB, R.G., and McCALL (1973). Quantitative PCB Standards for Electron Capture Gas Chromatography. *Journal of Chromatographic Science.* Vol. II, p. 366 - 373.
 - » WESTERNHAGEN, H.V., ROSENTHAL, H., DETHLEFSEN, V., ERNST, W., HARMS, V., and HANSEN, P.D. (1981). Bioaccumulating substances and reproductive success in Baltic Flounder *Platichthys flesus*. *Aquat. Toxicol.*, 1, 85.
 - » WON-WOOK, C. and CHIEN, K.Y. (1976). Associations of Chlorinated hydrocarbons with fine particles and humic substances in nearshore Surficial Sediments. *Envir. Sci. Technol.* 10, 782 - 786.

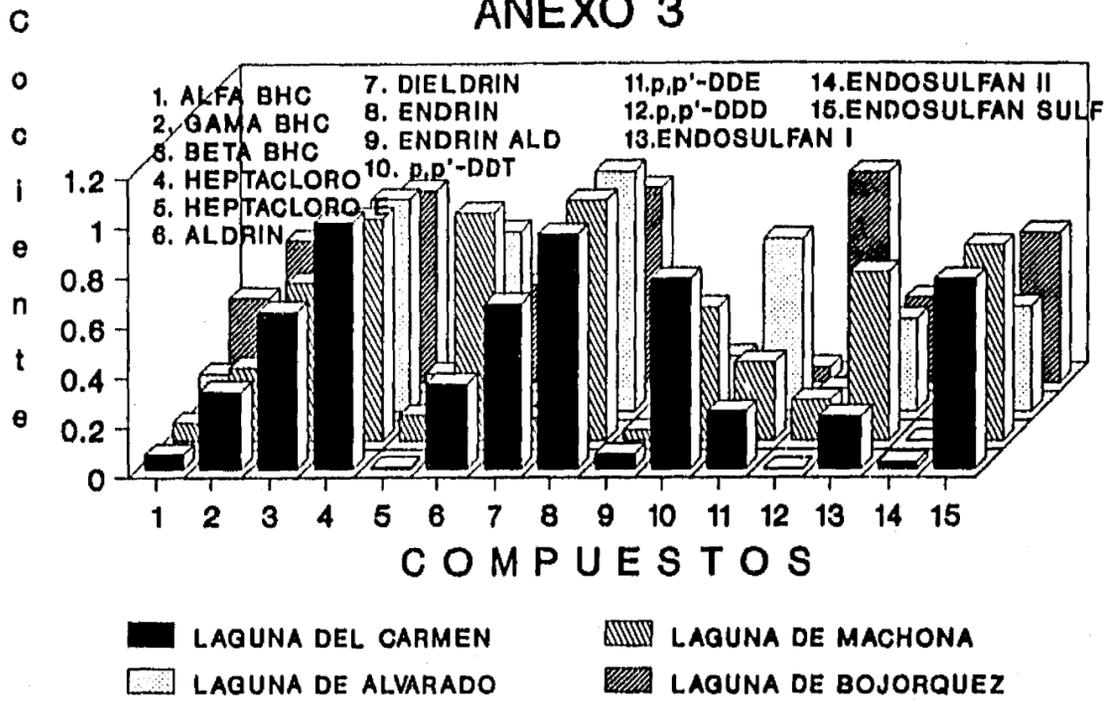
**PLAGUICIDA/SUMATORIA METABOLITOS
SISTEMA CANDELARIA PANLAU
ANEXO 1**



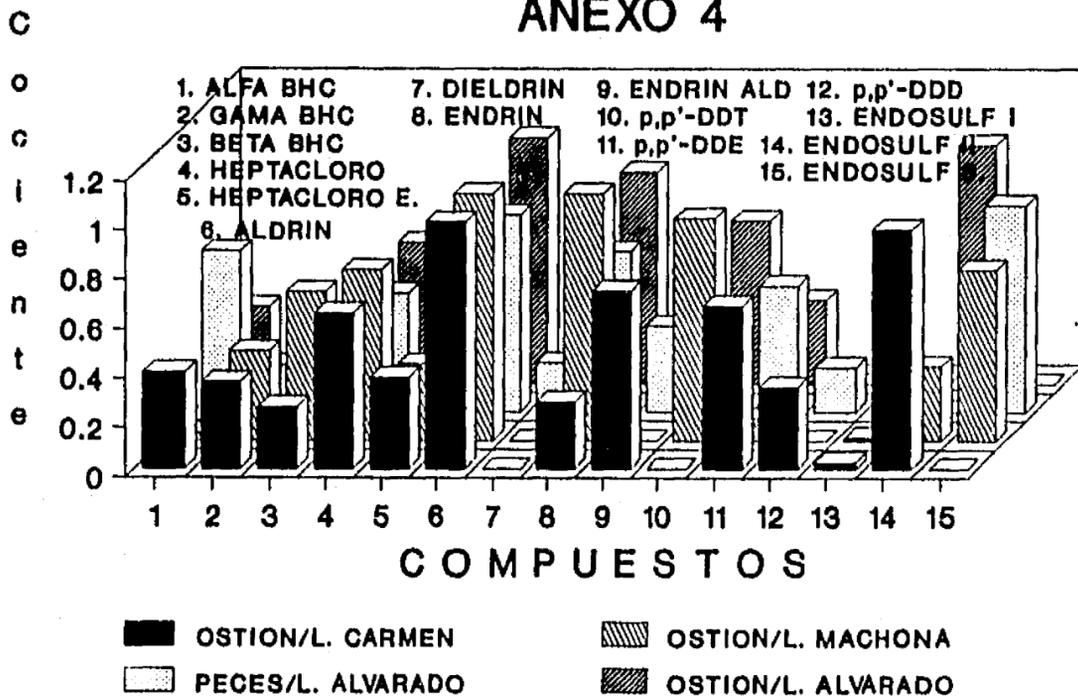
**PLAGUICIDA/SUMATORIA METABOLITOS
SISTEMA PALIZADA DEL ESTE
ANEXO 2**



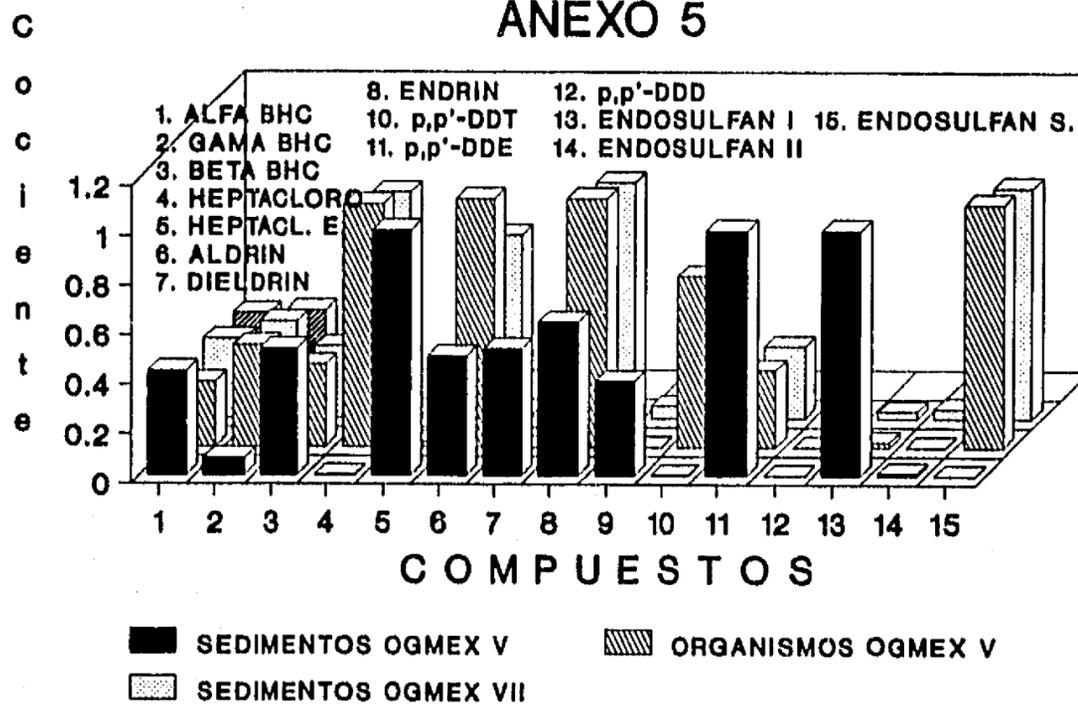
**PLAGUICIDA/SUMATORIA METABOLITOS
SEDIMENTOS
ANEXO 3**



**PLAGUICIDA/SUMATORIA METABOLITOS
LAGUNAS COSTERAS TAB. Y VER.
ANEXO 4**

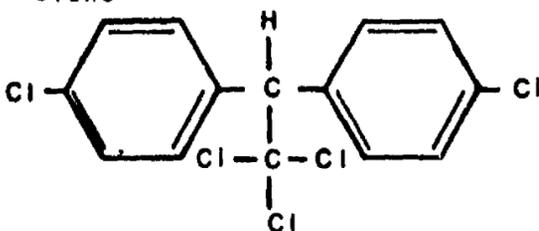
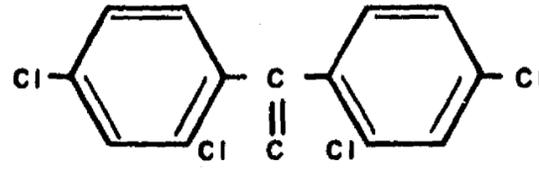
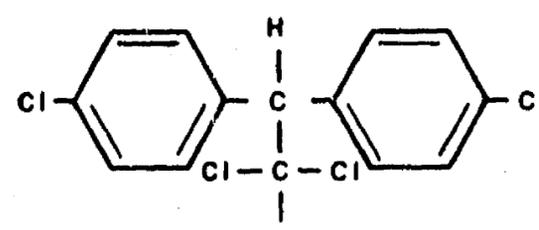
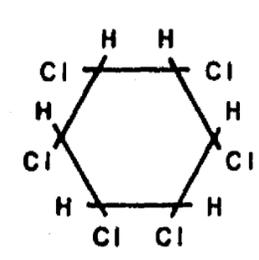
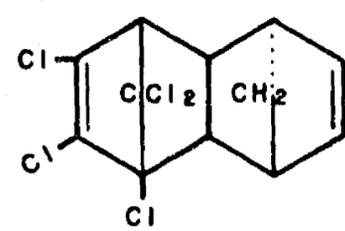


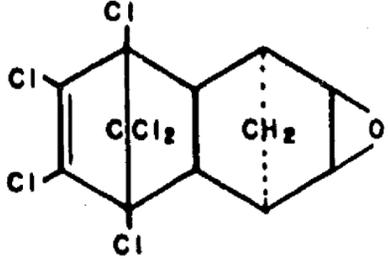
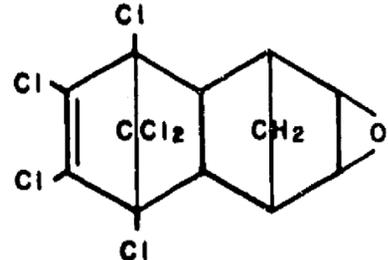
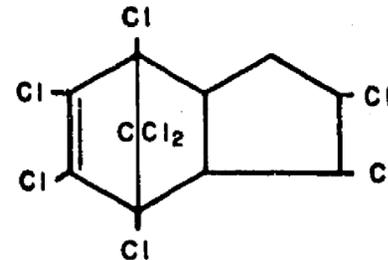
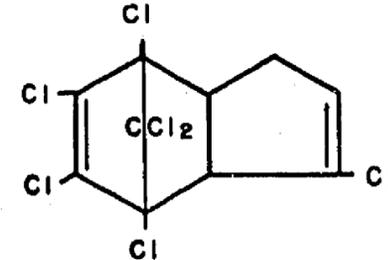
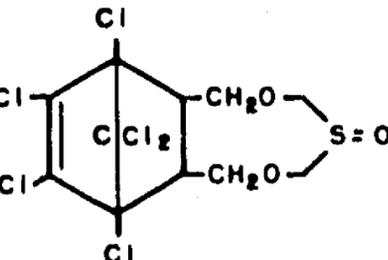
**PLAGUICIDA/SUMATORIA METABOLITOS
PLATAFORMA CONTINENTAL
ANEXO 5**



ANEXO 6

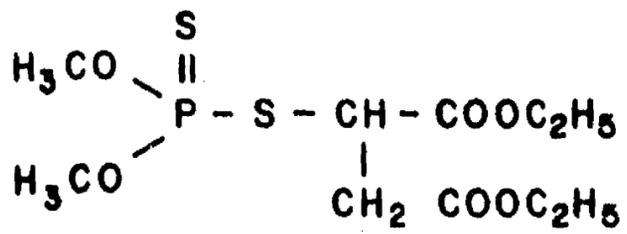
CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE DERIVADOS CLORADOS

PRODUCTO	NOMBRE CIENTIFICO Y FORMULA	DATOS FISICO-QUIMICOS	NOTAS
p.p'-DDT	p,p'-diclorobifenil-1,1,1, triclora-etano 	Sól. Prod. técnico p.f.=89°C o más. Isómero p,p' puro. p.f.=108-109°C Pres. vap.: 1.9×10^{-7} mmHg/20°C	Solub. agua=0.0012 ppm solub. limitada en aceites e hid.-alif. Soluble en solventes orgánicos
p.p'-DDE	p,p'-diclorobifenil-1,1, dicloroetileno 		Solubilidad similares al DDT
p.p'-DDD	p,p'-diclorobifenil-1,1, dicloroetano 	Prod. Sól. téc. p.f.=86°C Pres. Vap.:	Solubilidades similares al DDT. Menos sensible a los Alc. que el DDT
BHC (Lindano)	Hexaclorociclohexano 	Mezcla isómeros. isómero Gamma (Lindano), sól. p.f.=112-113°C. Pres. vap.=9.4 x 10 ⁻⁶ mm de Hg/20°C	Sol. Lind. en agua =10 ppm. Sol. en solv. orgánicos.
ALDRIN	1,2,3,4,10,10-hexacloro-1,4,4a,5,8,8a-hexahidro-1,4,endo-exo 3,8-dimetanonaftaleno 	Prod. técnico sólido p.f.=50-60°C prod. puro p.f.=104°C. Pres. vap =2.3 x 10 ⁻⁷ mmHg/20°C Fácilmente oxidable a Dieldrin	Sol. en agua=0.03 ppm. Sol. en solv. orgánicos

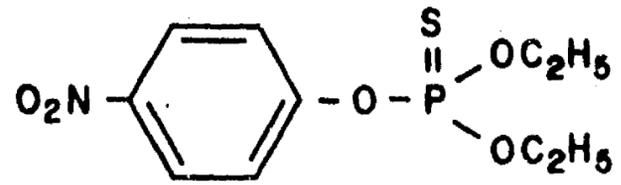
PRODUCTO	NOMBRE CIENTIFICO Y FORMULA	DATOS FISICO-QUIMICOS	NOTAS	
DIELDRIN	6,7,- epóxido de Aldrín		Prod. técnico contiene 76% de Dieldrín, pf. prod. téc. = 150°C. pf. Dieldrín=176-177°C. Pres. vap. 1.8×10^{-7} mmHg / 25°	Solub. en agua=0.14 ppm. Estable a álcalis. Sol. en solventes orgánicos.
ENDRIN	Isómero 1,4,-endo. del Endrín		Prod. puro. p.f. sup. a 200°C. con descomp. pres. vap. = 2×10^{-7} mmHg/25°.	Soluble en solv. orgánicos pero menos que Aldrín y Dieldrín
CLORDANO	2,3,4,5,6,7,8,8-octacloro-2,3,3a,4,7,7a,hexahidro-4,7,metanoindeno		Prod. téc. mezcla isóm. y líq. viscoso con p.e.=175°C/2 mmHg. Pres. vapor	Miscible con varios solventes orgánicos Sencible a los álcalis
HEPTACLORO	1,4,5,6,7,8,8, heptacloro-3a,4,7,7a-tetrahidro-4,7,metanoindeno		Prod. técn. mezcla isóm. y sol. céreo pf. indef. entre 46-75°C. Prod. purif. sól. blanco, pf.=95-96°C, pres. vap. = 3×10^{-4} mmHg/25°C.	Prod. téc. contiene alrededor 67% - mezcla isóm. heptacloro. Soluble en solventes orgán. específ. Ciclohexano, o diclorobenceno, tetracloruro de carbon
ENDOSULFAN	1,2,3,4,7,7,- hexocloro-biciclo(2,2,1) heptano-5,6, bisoximetileno-sulfito		Sol.pardo, mezcla de dos isómeros: alfa, pf.108-109°C; beta, pf.206-208°C. Prod. técn. pf. 70-100°C.	Insoluble en agua. Sol. en solventes orgánicos

A N E X O 7

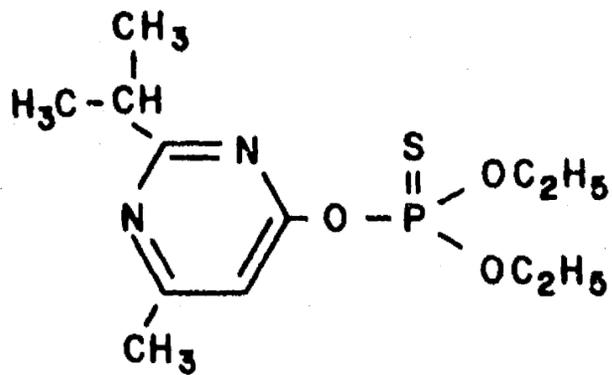
PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS MAS USUALES



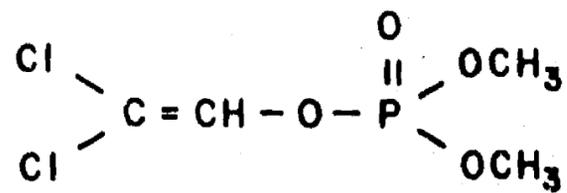
MALATION



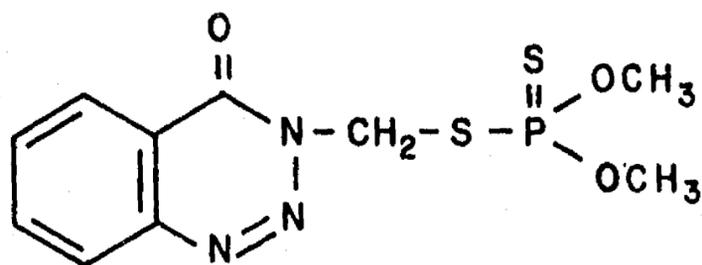
PARATION ETILICO



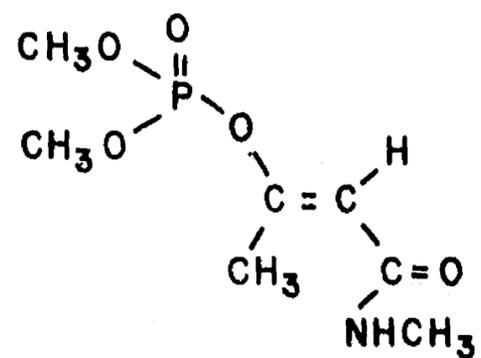
DIAZINON



DICLORVOS



AZINFOS METIL



MONOCROTOFOS

ANEXO B

NUMERO SISTEMATICO Y FORMULA ESTRUCTURAL DE BIFENILOS POLICLORINADOS DE ACUERDO A LA IUPAC

