

222
24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

NIVELES DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS PRESENTES
EN SEDIMENTOS RECIENTES DE LA LAGUNA
DE TERMINOS, CAMPECHE.

T E S I S

Para obtener el Título de

B I O L O G O

Que presenta

Cynthia Elizabeth Villalobos Flores



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Junio de 1990



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.

I N D Í C E

	RESUMEN.	1
I	INTRODUCCION.	3
I.1	Generalidades de Plaguicidas.	3
I.2	Efectos de los P.O. en el Ecosistema Lagunar-Estuarino.	20
I.3	La Evaluación de los P.O. en Sedimentos de Ecosistemas Acuáticos.	29
I.4	Análisis de P.O. por Cromatografía de Gases.	32
I.5	Objetivos.	34
II	DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.	35
III	MATERIALES Y METODOS.	40
IV	RESULTADOS.	49
V	DISCUSION.	
VI	CONCLUSIONES.	80
	BIBLIOGRAFIA.	82

Tesis realizada en el laboratorio de Contaminación Marina del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la U.N.A.M., bajo la dirección del Maestro en Ciencias Gilberto Díaz González.

RESUMEN

Con el objeto de determinar las cantidades de plaguicidas organoclorados, que se han depositado en los sedimentos de la Laguna de Términos, Campeche; se utilizaron muestras de sedimentos colectadas durante el mes de enero de 1986 (época de nortes) y una muestra de sedimentos obtenida en agosto de 1987 (época de lluvias).

Las muestras de sedimentos pertenecientes a la época de nortes, se procesaron con la técnica de extracción de plaguicidas organoclorados, empleada por el Instituto Nacional de Investigación de los Recursos Bióticos de Jalapa Veracruz (INIREB, 1979) asimismo se llevó a cabo la cuantificación de materia orgánica, por medio de la técnica de titulación de carbón orgánico (Gaudette, et al, 1974) a fin de relacionar la presencia de plaguicidas organoclorados y la materia orgánica asociada al sedimento. A la muestra de sedimentos correspondiente a la época de lluvias se le trató con la técnica de extracción de plaguicidas mencionada anteriormente y se efectuó una comparación con una segunda extracción de plaguicidas, empleando la técnica de Garay, 1982; ambas metodologías son modificaciones de la utilizada por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos de América. La identificación de los compuestos organoclorados se realizó por medio de cromatografía de gases.

Se determinó la presencia de los siguientes plaguicidas organoclorados: aldrin; endrin; dieldrin; alfa, beta y gama HCH; heptacloro, DDT y clordano. Las concentraciones más altas de estas sustancias provienen de sitios de estudio más cercanos a la Punta Sabancuy, así como de la Isla del Carmen, ubicándose al este de la Laguna de Términos y los valores más bajos, fueron observados en las zonas cercanas a la Boca de Palizada Vieja, a la Laguna Lodazal y a la parte oceánica frente a esta Laguna.

Se probó la relación de los niveles de plaguicidas organoclorados entre la cantidad de materia orgánica y la textura del sedimento.

Se encontró que el aldrin, lindano y heptacloro presentaron las concentraciones más altas de plaguicidas; las cantidades detectadas de estos compuestos, rebasan los máximos permisibles en descargas de agua a lagos y estuarios, establecidos en las normas de calidad del agua (SARH, 1971). Las concentraciones de plaguicidas determinadas en este estudio para el aldrin, heptacloro y clordano, sobrepasan los niveles máximos tolerables en cuerpos de agua lagunar-estuarino, para la protección de la vida; según las reglas de normatividad que marca la SEDUE, 1990.

Se comprobó que existe menor costo en la técnica de extracción de plaguicidas en sedimentos propuesta por Garay en comparación con la del INIREB, op cit.

Las lagunas costeras se definen como "la depresión de la zona costera por debajo del promedio mayor de las mareas más altas (MHMW), que tiene una comunicación con el mar de manera permanente o efímera; pero protegida por las fuerzas del mar, por algún tipo de barrera" (Lankford, 1977).

Los sistemas ecológicos naturales resguardados por lagunas costeras como: pantanos salobres, manglares tropicales y esteros; figuran entre los ecosistemas más productivos del planeta, incluyendo a los ecosistemas terrestres. Las lagunas costeras obedecen a las interacciones de influencias procedentes de la tierra, mar y drenes de agua dulce, que permiten la integración de flujos energéticos muy complejos (Laserre, 1985).

Debido a la riqueza de las lagunas costeras, las sociedades humanas las han hecho patrimonios culturales, ya que estas les han servido para establecerse, navegar, obtener recursos, así como para depositar desechos. De tal forma que el uso intensivo y en la actualidad la manipulación tecnológica de estos sistemas, han provocado efectos indeseables tales como la contaminación, que ponen de manifiesto la necesidad innegable de aumentar el control de esos lugares, que permitan el empleo óptimo de sus abundantes recursos (Botello, 1987).

México cuenta con 1,156,000 hectáreas de lagunas costeras y zonas estuarinas; aunque el nivel de contaminación de las aguas mexicanas no se ha considerado elevado, en ciertas zonas la descarga de energía y sustancias de manera directa o indirecta es ya un problema real (SARH, 1976).

Entre las lagunas costeras de México esta la Laguna de Términos, área de estudio del presente trabajo; tiene enorme importancia en la economía del país, dado su gran potencial pesquero (Carbajal, 1973); esta zona se ha considerado un modelo de preindustrialización, comparandola con otras del

Golfo de México, en las que también se ha determinado que la influencia de diversas actividades humanas que ahí se efectúan no permiten detectar valores basales de algunos contaminantes (Botello et al, 1976).

La Laguna de Términos ha sido objeto de estudios de contaminación por hidrocarburos (Botello, 1979; 1985), metales pesados (Botello, 1983; Poncè, 1988; Hicks, 1976) y por bacterias (Rodríguez y Rómero, 1981).

En lo referente a estudios sobre plaguicidas en lagunas costeras mexicanas, son muy pocos los que se han reportado y en particular de la Laguna de Términos existen algunos antecedentes, que son muy parciales; ya que solo se han analizado dos muestras de sedimentos, que fueron colectadas cerca de dos efluentes (Rosalez y Alvarez, 1979 a); así como una muestra de pastos marinos pertenecientes a bancos ostrícolas de este ecosistema (Botello, et al, op cit).

Los plaguicidas y en especial los de tipo organoclorado han sido utilizados a gran escala, para resolver problemas de salud, agricultura, silvicultura y conservación de alimentos (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA, 1978), encontrándose distribuidos ampliamente en ecosistemas terrestres y acuáticos.

La presencia de plaguicidas organoclorados (P.O.) en el medio ambiente marino, se ha reportado en el mundo en numerosos trabajos científicos. El interés de conocer su dispersión en las lagunas costeras, se debe a que en estos sitios se han desarrollado especies de valor comercial, ecológico así como alimenticio y que al tener contacto directo con estos compuestos a través del agua y/o sedimentos pueden acumularlos en sus tejidos y magnificarlos por medio de la cadena alimenticia hasta llegar al hombre, por tal motivo en la actualidad se hace necesario establecer criterios de control de estos compuestos, reconociendo que tales criterios son esenciales para la vigilancia de las zonas costeras y estuarinas afectadas por el ingreso de P.O. (Rosalez, 1979 b).

En los estudios de monitoreo efectuados en el medio acuático marino, con la finalidad de evaluar plaguicidas se ha llegado a las siguientes conclusiones (Weber, 1972):

- Los plaguicidas más persistentes como el DDT y el dieldrin son detectados con frecuencia en aguas oceánicas.

- Otros plaguicidas solo se encuentran en las áreas inmediatas donde se les emplea.

- Los plaguicidas están casi siempre en material suspendido de los cuerpos de agua.

- Estos compuestos se almacenan en el sedimento, los cuales al ser resuspendidos contribuyen a la continua contaminación de estuarios, lagunas costeras, pantanos o playas.

El destino biológico de los plaguicidas se conoce todavía mal, algunos quedan parcialmente degradados por la acción de las bacterias, insectos o aves, pero en la mayoría de los casos quedan apresados en el sedimento (Rosalez, op cit a).

Los sedimentos son el receptáculo final de materiales y sustancias que se vierten o son acarreadas hasta un determinado cuerpo de agua, con base a diferentes estudios y aquellos registrados principalmente por Forstner y Wittman en 1979, ha quedado aceptada la utilidad de los sedimentos marinos, sus propiedades texturales y sus componentes químicos para localizar, evaluar y cuantificar en tiempo y espacio la magnitud y dispersión, de contaminantes en ambientes estuarinos costeros y en los océanos (Ministerio del Ambiente y de los Recursos Renovables MARNR, 1988).

La persistencia de los hidrocarburos organoclorados en sedimentos es variable ya que cada tipo de sedimento es un sistema complicado con características determinadas por su origen, el rango de su partícula, el contenido de materia coloidal, así como tipo de fauna y flora presentes en el, por ejemplo en estudios orientados a la detección de P.O. en sedimentos se ha establecido que la absorción del DDT así como de otros P.O. aumenta en relación directa a la cantidad de humus que contienen (Ober, 1978).

Los sedimentos pueden representar un sistema de alarma frente a contaminantes potenciales tales como: plaguicidas organoclorados, en estudios de monitoreo continuos antes de que los daños a un ecosistema acuático, se hagan evidentes en la biología de las especies, sin embargo hasta hoy no se cuenta en México con programas sistemáticos de monitoreos, que den pruebas de la existencia de P.O. o de su comportamiento en lagunas costeras y en especial de la Laguna de Términos.

Todo lo mencionado anteriormente ha provocado gran interés ya que se considera necesario tener conocimiento adecuado de los lugares de residencia o distribución, así como el grado de acumulación de P.O., a que se ve expuesta la Laguna de Términos. Con el presente trabajo se desea contribuir a esto, mediante el análisis del sedimento, que es un componente muy importante de este ecosistema lagunar estuarino, donde se desarrollan distintas comunidades biológicas, que pueden estar siendo afectadas.

Desde la antigüedad y a medida que el hombre transformó su vida nómada en vida sedentaria, congregándose en ciudades y aumentando su población, convirtiéndose sus actividades de predador (cazador-recolector) en agricultor y ganadero; ha tenido la necesidad de enfrentarse al desarrollo de plagas. A continuación se citan algunos ejemplos que se relacionan con diversos ámbitos de la vida humana.

- Las malezas que compiten con plantas cultivadas por espacio, nutrientes y agua, causando decrementos significativos a la producción agrícola.

- Las plagas de tipo agrícola que pueden destruir cosechas enteras.

- Las plagas que perjudican el bienestar y la salud humana, que son la causa de enfermedades como: la malaria, la encefalitis letárgica, la elefantiasis, peste bubónica y otras que han ocasionado la muerte de muchas personas.

- Existen también plagas urbanas: ratas, piojos, cucarachas etc. cuyas poblaciones han crecido paralelamente con las ciudades.

Los métodos de control de las plagas se han planteado como una necesidad incuestionable y en la lucha por combatirlas, se han aplicado distintos procedimientos físicos, químicos y biológicos; de los cuales los de tipo químico serán los que aquí se traten.

Un plaguicida se define como una sustancia que sirve de bloqueador de distintos procesos fisiológicos, en los organismos que son plaga (Restrepo, 1988).

Existen varias formas de clasificar a los plaguicidas, entre las más comunes están las siguientes.

- Por el tipo de organismos que afectan, suelen designarse en tres grandes grupos: insecticidas, fungicidas y herbicidas; aunque existen otros de uso menos frecuente como: rodenticidas, acaricidas y nematocidas.

- Por su modo de acción se pueden dividir en dos tipos principalmente: plaguicidas de contacto o no sistémicos y sistémicos.

Los plaguicidas de contacto o no sistémicos, son los que no penetran apreciablemente hasta los tejidos de plantas o animales y en consecuencia no son translocados al interior del organismo que se apliquen.

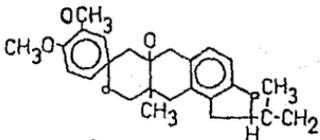
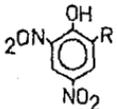
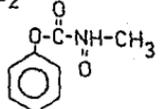
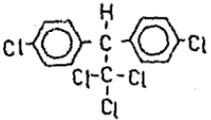
Los plaguicidas sistémicos que si son transportados e integrados al metabolismo de un individuo.

- Por su naturaleza química los plaguicidas pueden ser compuestos orgánicos e inorgánicos.

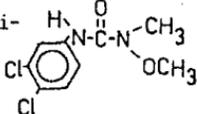
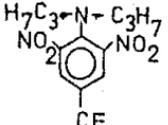
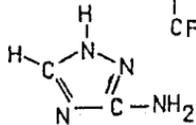
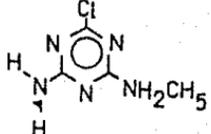
Los compuestos inorgánicos fueron los primeros que surgieron en la historia de los plaguicidas, un ejemplo es el pigmento "Paris Green" que es un compuesto de cobre aceto arsénico, que fué utilizado en el mundo desde 1664, para el control del escarabajo de la papa, sobresaliendo así también, otros compuestos trivalentes de arsénico y de cianuro; estos compuestos siguen siendo muy efectivos, pero su elevada toxicidad, los han caracterizado como contaminantes potenciales. En la actualidad la tecnología moderna de la química ha producido muchos compuestos orgánicos, que son relativamente resistentes a la degradación física y metabólica, esto dio inicio desde 1924 en que se introdujo la rotenona, posteriormente el DNOC (dinitro o cresol) en 1936, el DDT en 1942, las piretrinas y los compuestos organofosforados en 1945, los carbamatos en 1953 y más recientemente en 1969 las foramidinas. En la tabla 1 se muestran los nombres y las formulas de los principales plaguicidas de origen químico.

El uso de plaguicidas en México no ha tenido excepción, ya que se tienen pruebas que desde la antigüedad existieron plagas tales como: la langosta, los chapulines, jefenes sobre todo del área de Veracruz; así como las

Tabla 1. Nombres y fórmulas de los principales plaguicidas químicos de acuerdo a Metcalf, 1971.

GRUPO	NOMBRE COMUN	NOMBRE QUIMICO	FORMULA
Arsenicales.	Arseniato de sodio.	Arseniato de sodio.	$\overset{0}{\text{As}}-\text{O}-\text{Na}$
Compuestos de cobre.	Sulfato de cobre.	Sulfato de cobre.	CuSO_4
Tiocianatos.	Ditiocianodiantil.	2-(2,Butoxyethoxy)etiltiocianato.	$\text{R}-\text{S}-\text{C}\equiv\text{N}$
Rotenoides.	Rotenona.	Rotenona.	
Dinitrofenoles.	Dinitro o cresol.	2,5 dinitro o cresol.	
Carbamatos.	Chlorpropham.	Isopropil 3, clorofenil-carbamato.	
Organoclorados.	DDT	2,2,-bis(para-clorofenil), 1,1,1 tricloroetano.	

Continuación de la tabla 1

GRUPO	NOMBRE COMUN	Nombre QUIMICO	FORMULA.
Organofosforados.	Malatión	2-(1,2-di(etoxicarbonil)etil dimetilfosforotiolotionato.	$ \begin{array}{c} \text{S} \qquad \qquad \text{O} \\ \qquad \qquad \parallel \\ (\text{CH}_3\text{O})_2\text{-P-S-CH-COC}_2\text{H}_5 \\ \qquad \qquad \qquad \\ \qquad \qquad \qquad \text{CH}_2\text{-COC}_2\text{H}_5 \\ \qquad \qquad \qquad \parallel \\ \qquad \qquad \qquad \text{O} \end{array} $
Ureas.	Linurón.	3-(3,4-diclorofenil-1-metoximetilurea.	
Dinitroanilinas.	Trifluoralin.	2,6-dinitro-N-dipropil-4-trifluorometilanilina.	
Triazoles.	Amitrole.	3-Amino-1,2,4 triazole.	
S-Atrazinas	Atrazine	2 cloro-4-etilamina-6-isopropilamina-1,3,5, triazina.	

jicaritas, el arador, las malas hierbas, el chahuistle, el hongo del centeno, la cebada y el trigo, las plagas de hormigas, que se encuentran representadas en el códice florentino, así mismo el hongo del maíz o cuitlacoche. Se conoce que el control de estas plagas se efectuaba con la quema de chapopote, basura y estiércol, con orines y cenizas; más adelante en el período precomercial y hasta 1930 se utilizaron productos como: el alquitrán, soluciones amoniacales de carbonato de cobre, polisulfato de calcio, carburos de calcio, nicotina así como el parís verde. El uso de plaguicidas orgánicos para la agricultura y salud pública comenzó en 1946 con la introducción del DDT, para el combate del paludismo de las regiones de Temixco y Acatlipa, en 1949 quedó probado el potencial de dicho plaguicida, al haberse erradicado esta enfermedad en Xochimilco y Baja California Sur. Al inicio de 1950 se introdujeron los compuestos organoclorados, sustancias que mostraron ser eficaces y poco persistentes (Soria, 1986). En la tabla 2 se muestra el nombre de los plaguicidas organoclorados y organofosforados utilizados hasta el momento.

Tabla 2. Nombres de los plaguicidas usados para el tratamiento de plagas agrícolas en México (SARH, 1985).

PLAGUICIDA	NOMBRE EN EL MERCADO
BHC o Lindano	- Abrocol, Gy-ben, Nekroben 5, Palsatox 6.
Cloradano	- Cloratox, Clordanin, Difacloro.
D.D.T.	- Agrotox 75 mojable, Diamekla 75, Difanil, palsetox 79.
Endrin	- Multitox 19.5 % C.E., Palmarol.
Heptacloro	- Cebo envenenado, Diamond 1 %, Diantan 15-G, Diater 5% granulado, fernotox, Fitoterra, Nekiator 2.5, Palsatox 142, Pertoform, Polvo Diamond Aiaprotec 50, Terrasar, Traster 2.5
Metoxycloro	- Muralte.
Tetradifon	- Tedi6n.
Toxafeno	- Multiusos visa, Salvadirim, Salvatox 5% (cebo envenenado Toxadrag6n al 71.3 %).
Carbaryl	- Carbaryl 80 (Cebo envenenado 2%) Palsatox 61, Sevimol, Sevin Unicrom 5.
Diazinon	- Basudin, Cansa DFS 10% granulado, Diaterr Fox 2%, Diafos, Diazinon 25-E, Diazol, Me liazinon, Heliozinon, Quimisol.
Endosulfan	- Diathan 35-E, Endosulfan, Insecticida agr6cola, Palsatox 167 l6quido, Thiodan, Toxidian.
Malati6n	- Cuidador M., Thydon t6cnico, Fitafon UBV, Gorgajon 40, 4% Polvolocation, Malagron 100, Talafox 50%, Palsatox 78% l6quido, Toxidion 50%.

I.1.1

Los plaguicidas organoclorados.

Son compuestos sintéticos, que se caracterizan por poseer estructuras hidrocarbonadas unidas a átomos de cloro; tales estructuras pueden ser cicloalifáticas, acíclicas o aromáticas, son sustancias muy estables, persistentes, de fabricación barata, son poco solubles en agua, presentan gran afinidad a los tejidos grasos y se bioacumulan a lo largo de la cadena alimentaria (Ferreaz, 1973), Los plaguicidas más conocidos son el DDT, endosulfán, heptacloro y lindano (tabla 3).

Los plaguicidas más importantes desde el punto de vista del impacto ambiental, son los compuestos organoclorados y organofosforados, por ser los más utilizados en toda la tierra y por que son altamente tóxicos y residuales; por otra parte, los compuestos organoclorados son 100 veces más dañinos que los organofosforados (Brown, 1978).

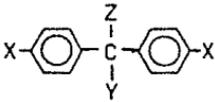
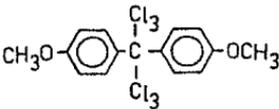
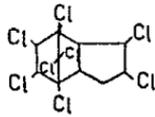
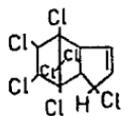
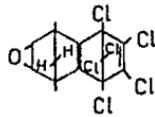
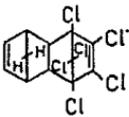
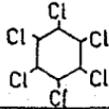
Estos compuestos surgieron a partir del descubrimiento del difeniltricloroetano o DDT, que es el miembro más importante de estas sustancias, el cual fue preparado por Müller en 1834 e introducido durante la segunda guerra mundial.

I.1.1.1

El DDT y sus metabolitos.

El DDT como producto crudo consiste de un 80% de compuesto p'p' isómero y un 20% de o'p' isómero y otra parte de o'o' isómero. Es importante señalar que solo el p'p' isómero tiene significado como insecticida. La efectividad de las moléculas derivadas de la molécula de DDT "tipo" depende

Tabla 3. Principales plaguicidas organoclorados (Cremlyn, 1988).

NOMBRE COMUN	NOMBRE QUIMICO	FORMULA
D.D.T.	2,2-bis(para-clorofenil) 1,1,1-tricloroetano.	
Metoxycloro	2,2-bis(para,para metoxifenil)1,1,1-tricloroetano.	
Clordano	Cloro 2,3,4,5,7,8,8-occloro 2,3,3a,4,7,7a-He _x ahidro 4,7 metanoindenno.	
Heptacloro	1,4,5,6,7,8,8-Heptacloro 3a,4,7,7a-tetrahidro 1,4-endo-exodimetanonafthaleno.	
Endrin	1,2,3,4,10,10-Hexacloro 6,7-epoxi-1,4,4a,5,6,7,8,8a-Octahidro-1,4-endo-endo 5,8-dimetanonafthaleno.	
Aldrin	1,2,3,4,10,10-Hexacloro 1,4,4a,5,8,8a-hexahidro 1,4-endo-exo-5,8-dimetanonafthaleno.	
Lindano	Beta-1,2,3,4,5,6-hexaclorociclohexano.	

de los p'p' sustitutos X, que pueden ser halógenos, alquifilos, etcétera; se ha visto que el carbono Y puede ser sustituido casi siempre por el tetracloruro de carbono (CCl_4) y que el sustituyente de Z, influya no solo en su actividad sino también en la detoxificación del insecto que puede ser inducida al introducirle flúor o deuterio, como se muestra en la tabla 4.

Uno de los principales metabolitos del DDT es el o'p' diclorodifeniltricloroetano o DDE, que se obtiene, con la acción de un álcali fuerte así mismo éste puede formarse mediante un proceso de detoxificación de los insectos, como se muestra en la tabla 5(a), este compuesto al igual que el DDT es tóxico y acumulable en la grasa animal, este puede ser transformado en diclorobenzofenona por el efecto de luz, el DDE puede ser convertido en diclorodifenilácido o DDA (Cremlyn, 1988).

I.1.1.2

Hexaclorociclohexano

Este compuesto se conoce también como HCH, pueden existir 8 diferentes estereoisómeros, de los cuales 5 se encuentran en el producto crudo, De los isómeros del HCH es el gama isómero o lindano (BHC), el más importante por sus propiedades de insecticida, su toxicidad es muy elevada y va de 5000-10000 veces más alta que la del alfa isómero. El lindano es un compuesto inodoro y por ello tiene gran aceptación como insecticida agrícola, es muy volátil y sublima con gran facilidad. (Cremlyn op cit); esto provoca que no sea muy persistente, es también muy estable a la luz y a las oxidaciones, pero se descompone con la acción de los álcalis produciendo entonces 1,2,4 triclorobenceno (tabla 5. b).

Tabla 4. Efecto de la estructura sobre la actividad insecticida de análogos del D.D.T. (Yufera, 1977).

X	SUSTITUYENTES		DL ₅₀ PARA MOSCA DOMESTICA (ppm)	DL ₅₀ PARA LARVAS DE MOSQUITO (ppm)
	Y	Z		
H	CCl ₃	H	500.0	1.1
F	"	" (gyx)	5.0	0.074
Cl	"	" (DDT)	1.6	0.070
Br	"	"	1.9	0.018
CH ₃	"	"	9.0	0.080
CH ₃	"	" (Metoxycloro)	3.4	0.067
NO ₂	"	"	500.0	10.0
Cl	CHCl	" (DDD)	6.5	0.038
"	=CCl ₂	" (DDE)	500.0	10.0
"	CF ₃	"	500.0	2.2
"	CBr ₃	"	500.0	0.55
"	C(CH ₃) ₃	"	30.0	0.39
"	CH(NO ₂)CH ₃	"	8.5	0.054
"	CCl ₃	Cl	500.0	10.0
"	"	F	125.0	0.092
"	"	D	2.3	0.016
"	"	OH	--	--

Nota DL₅₀ = dosis con la que muere un 50% de la población de individuos tratados.

I.1.1.3

Plaguicidas ciclodiénicos.

Los plaguicidas ciclodiénicos son hidrocarburos altamente clorados, se caracterizan por tener un ciclo de doble enlace que se obtiene mediante una reacción de Diels Alder o síntesis diénica; los principales compuestos diénicos son los derivados del metanoíndeno del dimetilnaftaleno y del ftaleno (Yufera, 1977).

a) Derivados del metanoíndeno: los derivados de este producto son el clordano y el heptacloro. El clordano posee un 70% de sus isómeros y heptacloro en el producto crudo, se transforma con la acción de los álcalis, hidrolizando a sus dos o más cloros, perdiendo su valor de insecticida, asimismo se puede hidrolizar con agua hasta formar ácido clorhídrico. El heptacloro se obtienen tratando al clordano con tetracloruro de carbono en presencia de un peróxido y silical gel, este compuesto es mucho más estable que el clordano; aunque en la presencia de algún peróxido, se obtiene su correspondiente epóxido, que también puede ser el resultado del metabolismo en mamíferos (tabla 5, c), tal epóxido se puede acumular en el suelo a consecuencia de la actividad bacteriana, este metabolito es muy tóxico.

b) Derivados del dimetilnaftaleno: Son los compuestos más conocidos de este grupo; el aldrin, dieldrin y endrin, su actividad como insecticidas es muy alta, son plaguicidas de contacto y tienen mucho parecido al DDT, por sus características lipofílicas, se utilizan para el control de insectos del suelo, algodón y de las termitas.

El aldrin es un compuesto muy estable al calor; el sodio metálico lo ataca para formar cloruro de sodio, los agentes oxidantes atacan sus anillos y los peróxidos los oxidan dando lugar a su epóxido o dieldrin, este puede formarse en cierta medida al contacto con el aire o en sistemas biológicos (tabla 5, d), el dieldrin es un compuesto estable y muy persistente, que no se descompone con agentes alcalinos o ácidos, el grupo epoxi puede reaccionar con el ácido bromhídrico y sodio metálico, para dar la bromhídrina, el endrin es el isómero endo-endo del dieldrin.

c) Derivados del ftaleno: el telodán, tiodán o endosulfan y el alodán son los principales compuestos de este grupo. El primer compuesto es muy tóxico para muchos insectos, pero su uso está restringido, debido a su alta toxicidad para mamíferos, ya que su DL 50 para ratas es de 8.7 mg/Kg y la de conejos es de 5.7 mg/Kg. El endosulfan tiene una efectividad similar a la del DDT, su DL 50 oral para ratas se encuentra entre los 40 y 50 mg/Kg; aparentemente los insectos no han desarrollado la misma resistencia para este plaguicida como para el DDT, por lo cual es utilizado para combatir al escarabajo de la papa. Otro producto es el alodán, que es un compuesto de baja toxicidad, utilizado para desinfectar graneros, alimentos almacenados y también en ganadería y posee una DL 50 para ratones de 15000 mg/Kg.

I.1.1.4

Terpenos clorados.

Son compuestos policlorados que se obtienen después de la cloración de terpenos naturales o modificados, un ejemplo es el toxáfeno, que se obtiene a partir de la cloración del canfeno, su fórmula empírica es $C_{10}H_{10}Cl_8$, esta molécula se descompone con la acción de la luz, dando lugar al ácido clorhídrico. El toxáfeno es un insecticida de acción lenta, aparentemente las aplicaciones son fitotóxicas, ya que se han observado daños a las cucurbitáceas. Su DL 50 oral para ratas es de 60 mg/Kg; este compuesto es utilizado en el combate de las plagas del algodón y se combina con el DDT para aumentar su acción sinérgica.

I.2 Efectos de Plaguicidas Organoclorados en el Ecosistema Lagunar-Estuarino.

La contaminación marina ha sido definida en la Reunión del Grupo de Expertos Sobre la Contaminación Marina (GESAMP, 1977) como "La introducción directa o indirecta de sustancias o energía en el medio marino; incluyendo estuarios, lo cual acaba por dañar los recursos vivos, poner en peligro la salud humana, alterar las actividades marinas, reducir el valor recreativo y la calidad del agua del mar."

Los efectos de alteración por la presencia de contaminantes en la zona costera, lagunas, pantanos y esteros, estará en función de las características más generales de estos ecosistemas, que se menciona a continuación (Contreras, 1985).

- Ecosistemas altamente productivos.
- De gran estabilidad y complejidad ecológica.
- Con fronteras abiertas hacia ríos y océanos.

Muchos de los efectos negativos en las lagunas estuarinas pueden deberse a presiones ambientales intensas durante períodos cortos de tiempo por causas naturales o por el efecto de contaminantes. En el ambiente lagunar estuarino es frecuente registrar variaciones extremas de temperatura, salinidad, demanda de oxígeno y cambios de pH en el cuerpo de agua, las cuales se hacen evidentes por los efectos letales a la biota, sin embargo en muchas ocasiones los cambios del ambiente no se detectan fácilmente, en particular cuando se registran en las poblaciones cambios subletales.

Las principales reacciones que se presentan en el ecosistema lagunar-estuarino, cuando son introducidos contaminantes, son gobernadas por los constituyentes del contaminante y sus formas de transformación (Yañez, 1986).

Los plaguicidas organoclorados son considerados contaminantes potenciales, ya que las aplicaciones a gran escala en áreas forestales y agrícolas, han contribuido a que se encuentren en distintos ambientes, como el lagunar-estuarino.

El ingreso de los P.O. a estos ecosistemas se produce por aportes directos, por escurrimientos y por transporte atmosférico como se muestra en la figura 1 (Robinson, 1977 y Nimmo, 1987). Las principales consecuencias de alteración en estos lugares son las siguientes (Restrepo, op cit).

- La mayoría de estos compuestos y sus metabolitos son poco solubles en agua y por tanto tienden a asociarse a la materia coloidal y orgánica, presente en un cuerpo de agua o en el sedimento en suspensión.

- Los P.O. presentes en el sedimento pueden aumentar el estado natural de eutroficación de un ecosistema acuático, disminuyendo la concentración de oxígeno.

- La presencia de estos compuestos en la biota, puede deberse a la absorción de agua, detritos orgánicos o microorganismos con estos P.O. previamente acumulados.

- Los P.O. podrían contribuir a la muerte, migración o extinción de algunas especies que viven en las lagunas estuarinas y en particular que viven en los límites de tolerancia en estos sitios.

Es importante mencionar que cualquier efecto tóxico de estas sustancias en las lagunas costeras dependerá del tiempo de exposición, acumulación y detoxificación de cada especie, lugar y espacio de tiempo.

I,2,1 Efectos de P.O. al fitoplancton lagunar estuarino

Los efectos de plaguicidas organoclorados en el fitoplancton tiene gran importancia debido que éste constituye, la base de la cadena trófica del

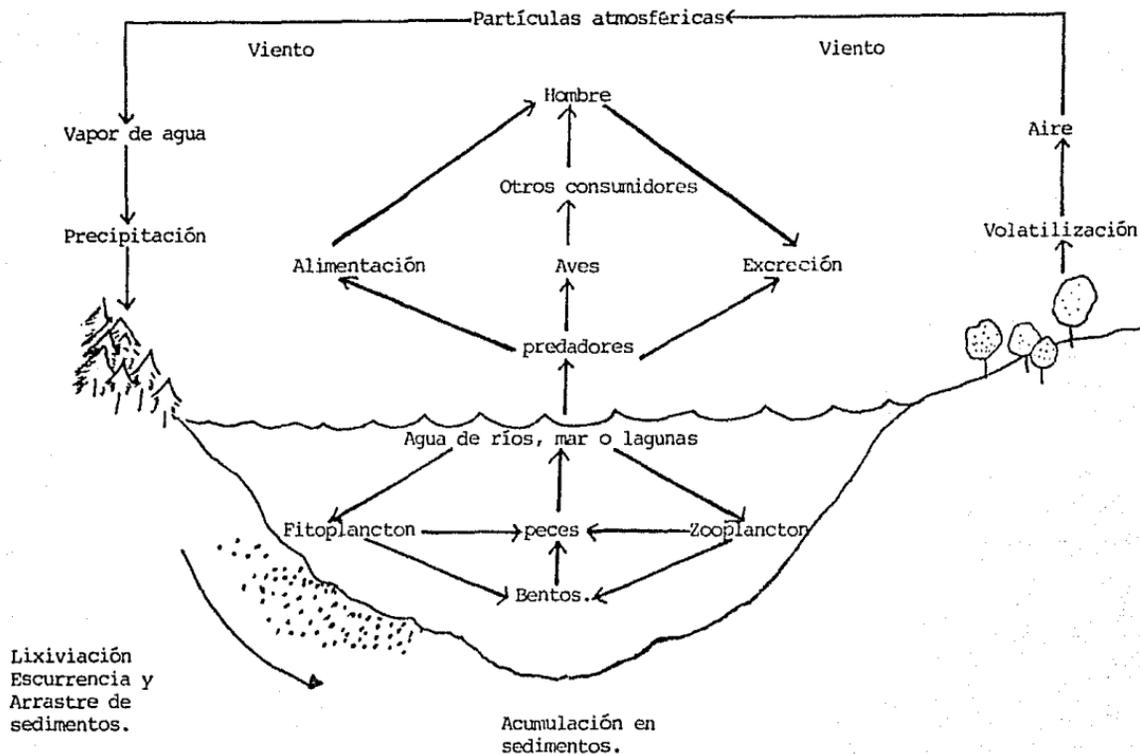


Figura 1. Sistemas de transferencia de plaguicidas organoclorados en ecosistemas acuáticos de acuerdo a Robinson 1977 y Nimmo, 1987.

mar y por lo tanto de la productividad marina y de las zonas costeras. En diferentes estudios realizados con la finalidad de conocer los efectos de estas substancias sobre el fitoplancton, se ha encontrado que:

- Las algas y las bacterias pueden fijar estos compuestos en sus cuerpos dada la relación entre su tamaño y el área que ocupan, la concentración se lleva a cabo rápidamente, por ejemplo *Aerobacter aerogenus* y *Bacillus subtilis* expuestos a 1 ppb de metoxycloro pueden acumularlo de 1140 a 1400 veces en su cuerpo en $\frac{1}{2}$ hora y en las algas como *Macrocystis* y *Anabaena* expuestas en un medio de DDT a una concentración de 1 ppb pueden fijarlo en su estructura celular de 130 a 270 ppm (Brown, op cit).

- En otros estudios se ha encontrado que algunas algas del plancton disminuyen su productividad, por la inhibición fotosintética debido al efecto de los P.O. (Wister, 1968 y Mensel et al, 1971).

- Se ha encontrado que en las algas del genero *Cyclotella*, el efecto de los P.O. puede apreciarse por la disminución de su crecimiento (Mensel et al, op cit).

- Algunas de las células de *Chlorella* cultivadas en medio líquido con concentraciones de 3ppm de DDT presentaron alteraciones morfológicas como son la formación de agregados celulares (Sordergreen, 1968).

- Otros efectos reportados han sido las alteraciones del metabolismo en la biosíntesis del DNA, RNA y proteínas de algunos generos de algas (Keneth, 1986).

Las respuestas del fitoplancton a los plaguicidas no se conocen totalmente, ya que como se mencionó, los efectos varían según el tipo de organismo que se trate, las concentraciones y tipo particular del compuesto al que se vean expuestos (Ferraéz, op cit).

I.2.2. Los efectos de los P.O. a la fauna lagunar estuarina

Las lagunas costeras representan áreas de refugio, reproducción y crianza para organismos del reino animal. Los principales grupos que forman parte

de la fauna lagunar estuarina van desde los protozoarios, celenterados, ctenofóros, anélidos, crustáceos, mísidos, quetognatos, moluscos, peces, etc., las comunidades animales están distribuidos en tres habitats principales y forman 3 grupos que son el zooplancton, el bentos y el nectón.

Los efectos que puedan tener los P.O. sobre la fauna varían dependiendo de la comunidad a la que forma parte cada especie animal (Bridges, 1961).

La evaluación de los daños causados a la fauna lagunar estuarina, puede resultar muy compleja. Los plaguicidas y otros contaminantes no causan efectos tóxicos específicos, esto quiere decir que pueden afectar a una gran cantidad de organismos y que pueden existir diferencias considerables en el efecto causado; por ejemplo, algunas especies pueden eliminar algunas cantidades de estas sustancias tóxicas a través de la urea, aunque esto no deja de afectar a otros organismos que se alimentan de detritos orgánicos; así mismo, la persistencia de un contaminante puede variar en las diferentes partes de un habitat y de esta manera, también las comunidades pueden tener distintas formas de contacto con los plaguicidas (Kennan, 1987).

Los principales efectos a la fauna lagunar estuarina han sido descritos por Moriarty, 1975 a y se muestran en la tabla 6.

Las principales comunidades biológicas de las lagunas estuarinas, que se ven afectadas, por la presencia de contaminantes acumulados en el sedimento to son las de tipo bentónico (Contreras, op cit).

A continuación se describen algunos efectos de los P.O. a los representantes más conspicuos de la fauna bentónica que son: crustáceos, anélidos, moluscos y algunos peces. La razón de que se enfatice acerca de los efectos en este tipo de organismos es por que estos son consumidores predominantes del sedimento (filtradores y raspadores) que es el sitio de estudio del presente trabajo.

Tabla 6. Resumen de los principales efectos de plaguicidas organoclorados sobre la fauna lagunar-estuarina, de acuerdo a Moriarty, 1975.

I Reducción de poblaciones

- a) Por efecto directo Es la muerte de organismos que tuvieron con tacto directo con el plaguicida y los daños pueden variar, dependiendo de la extensión de la contaminación en un ecosistema así co mo de la susceptibilidad de cada especie, de la tasa de reproducción y crecimiento, y de la migración.
- b) Efectos secundarios Se adquieren en la cadena trófica después de que se consumió algún organismos intoxicado, esto puede conducir a la muerte, a la reducción de poblaciones o pueden causar otro efecto visible.
- c) Por eliminación de presas Muerte de poblaciones de organismos por la eliminación de sus presas, que desaparecieron por el efecto de los P.O.

II Aumento de poblaciones dañinas.

- a) Por resurgimiento Se debe a que los plaguicidas no combaten por completo una plaga determinada y además con las aplicaciones de estas sustancias han eliminado a sus enemigos naturales.
- b) Resistencia al plaguicida Se presenta cuando el plaguicida utilizado para controlar una plaga no limita su presencia y su reproducción.
- c) Reemplazamiento de una especie por otra. Es la aniquilación de una población conside rada como plaga, que permite que otra se ex panda y surja una nueva plaga.

III Efectos subletales

Son los cambios que se observan en poblaciones que sobreviven y se reproducen, no obstante la acción de un determinado compuesto el cual, también puede conducir a la desaparición de una población por efectos en la fecundidad y la fertilidad.

IV Cambios genéticos

Alteraciones en la constitución genética de las poblaciones, que se manifiestan posteriormente en un alto índice de mortandad, debido a la presencia de Plaguicidas u otros tóxicos, que los conducen a la adquisición de resistencia o poder de detoxificación.

I.2.2.1 Efecto de los P.O. en los anélidos y crustáceos.

En estudios de los efectos de los P.O. causados a los anélidos, en particular al oligoqueto *Tubifex tubifex* se ha encontrado que puede sobrevivir, hasta 72 horas en medios cuyas concentraciones son 6 ppm de toxafeno, endrin y dieldrin, en 4 ppm de lindano, en 3 ppm de aldrin y en 2 ppm de DDT sin tener ningún efecto de mortalidad (Hurlbert, 1975).

Los efectos tóxicos que se manifiestan en crustáceos son la pérdida de equilibrio y la parálisis, lo anterior se comprobó en estudios de campo y laboratorio con el cangrejo *Uca minax*, que se alimentaba de detritos de plantas que contenían 10 ppm de DDT, lo cual provocó la huida y durante esto la pérdida del equilibrio, parálisis y posteriormente la muerte; así mismo, se comprobó que se convertían en presas fáciles de sus consumidores (Springer, 1965); por otra parte se ha visto que los cangrejos de piedra, lodo y violinista muestran gran susceptibilidad a plaguicidas como el dieldrin, DDT y lindano, variando el efecto siempre de acuerdo a la dosis y a la especie; por ejemplo, el 80% de la población del cangrejo *Uca pugnas* (violinista) puede vivir en exposiciones de 11.2 gramos/m², mientras que *Callinectes sapidus* (lodo) toleró tal concentración sin mostrar ningún trastorno (George, Darsie and Springer, 1967).

Los efectos de plaguicidas en las poblaciones de camarón varían dependiendo de la especie, la edad y estado de madurez, ya que se ha demostrado que las poblaciones de juveniles presentan mayor resistencia que en la etapa adulta, sin embargo dado que estos decapodos se desarrollan y crecen en los fondos de estuarios, no es de sorprender que los camarones de etapas juveniles exhiban altos índices de mortalidad ya que están más expuestos a la presencia de contaminantes tales como plaguicidas; por otro lado, en algunos trabajos hechos para conocer los efectos de los P.O. hacia los camarones se ha visto que el DDT es mucho más tóxico que

otros organoclorados, aunque el resultado puede variar con respecto a los límites de tolerancia de cada especie; por ejemplo el camarón blanco o Penaeus setiferus y el camarón café o Penaeus aztecus muestran gran susceptibilidad al DDT mientras que el camarón rosado o Penaeus duorarum es más susceptible al lindano como se ha descrito por Eisler, 1969.

I.2.2.2

Efectos de los P.O. en los moluscos.

Con relación a este tema existen muchos estudios en los que se ha utilizado a los moluscos y en especial a los ostiones y almejas, ya que las etapas adultas de este grupo de organismos, son especialmente vulnerables a los cambios químicos del ambiente fluido que los rodean, además de permanencia en los fondos de los ecosistemas acuáticos y por la imposibilidad de escapar de cualquier tipo de contaminante, así como la capacidad de filtrar la materia suspendida y particulada de la columna de agua y la depositada en el sedimento (Goldberg, 1975 y Phillips, 1978).

Los efectos que causan los P.O. son: la disminución de crecimiento cuando las concentraciones de estos compuestos son reducidas; por ejemplo, Crasostrea virginica detiene su crecimiento poblacional hasta un 96% en exposiciones de DDT concentrado en 1ppm, aunque su crecimiento es normal en medios con concentraciones menores a las 10 ppb; otro efecto es la inhibición en la depositación de la concha ya que en poblaciones de C. virginica se ha podido determinar que un 80% de esta puede dejar de construir su concha bajo concentraciones de 0.1ppb; aunque también se ha demostrado que este efecto es reversible (Salihoglu, 1980); en algunas especies de almeja como: Spharium corneum ha mostrado mantener un equilibrio de las concentraciones de contaminantes del medio que lo rodea y de su interior, exhibiendo en sus tejidos una concentración de hasta 1000 veces aumentada a la de su entorno (Boryslawsky, 1987).

En los ecosistemas acuáticos como son ríos, estuarios, lagunas costeras y el mar; se han presentado altos índices de mortalidad de varias especies de peces, que están cerca de zonas donde fueron aplicadas altas dosis de estos compuestos y donde inclusive se ha restringido su uso, pero dada la alta persistencia y toxicidad de los P.O. siguen causando daños a los peces.

Se ha comprobado por Hoblen, 1982; que los peces expuestos a los P.O. pueden absorberlo a través de las branquias, tomando de un 80 a 90% de plaguicidas como el DDT de un cuerpo de agua contaminada; por otra parte Bevenue probó en 1976 que los peces pueden concentrar estos compuestos al consumir el fitoplancton con estas sustancias previamente almacenadas o tomarlo junto con la materia particulada presente en el sedimento, en especial cuando este es resuspendido.

Las dosis que causan efectos letales a las poblaciones de peces varían según el P.O. y hasta donde se ha podido apreciar los más tóxicos en orden decreciente son el DDT, endrin, dieldrin y heptacloro (Eisler, 1970).

Los efectos subletales para los peces son de tres tipos (Johnson, 1988), que se describen a continuación.

- Cambios en la conducta; que se observan con un aumento en la sensibilidad, por la incapacidad de condicionar sus reflejos, seguido del abatimiento y pérdida del equilibrio.

- Los cambios fisiológicos que se manifiestan en los peces, son por lo regular la pérdida de equilibrio en la osmoregulación.

- Cambios metabólicos se pueden observar al hacer análisis del plasma sanguíneo y encontrar P.O. en la porción grasa, formando parte de las branquias o de los músculos; también se distinguen deficiencias en el pro

ceso de envolver sus huevecillos así como en la fabricación del saco vité lino y la reducción en la producción de huevecillos o de óvulos.

I.3 La Evaluación de los P.O. en Sedimentos de Ecosistemas Acuáticos.

Los sedimentos son partículas minerales que provienen de la erosión de las rocas terrestres que llegan a depositarse a los estuarios, ríos, lagunas o bien siguen su camino hasta el océano.

Los sedimentos constituyen el receptáculo más grande y estable de materiales y sustancias de origen natural y antropogénico, por lo que su análisis químico es de gran utilidad para detectar problemas de contaminación en ecosistemas acuáticos.

Las características geoquímicas de los sedimentos, los hacen ser valiosos dispositivos de vigilancia de problemas de contaminación. Los rasgos más importantes, que han hecho de los sedimentos un sitio apropiado de monitoreo de contaminación según Botello, 1986; son:

- Los sedimentos se encuentran en sitios adecuados para su colección, donde a su vez existen contaminantes, ya que las áreas industriales, domésticas y agrícolas se establecen en los márgenes de costas y de ríos.

- Bajo condiciones adecuadas las propiedades texturales de los sedimentos, pueden emplearse para conocer el tipo de depositación de un contaminante; ya que con la ayuda de núcleos fechados, se pueden efectuar evaluaciones de exposición de contaminantes, a lo largo del tiempo en un ambiente particular.

- Las mediciones cuidadosas de algunos constituyentes del sedimento, pueden servir de sistema de alarma, de contaminantes peligrosos antes de que se vuelvan evidentes los daños en los ecosistemas acuáticos.

- Los sedimentos son el habitat natural y la fuente de alimentos para muchas especies de organismos, las cuales pueden ser afectadas de manera directa o indirecta por la presencia de algún contaminante.

A pesar de lo señalado anteriormente se considera que, los sedimentos son una matriz compleja de componentes inorgánicos (arcillas, arenas y otros minerales), tales partículas, la materia orgánica y la biota asociada, dificultan la tarea de hacer generalizaciones de resultados en estudios de la dinámica que siguen tales contaminantes como los plaguicidas organoclorados en el sedimento.

En los estudios realizados con la finalidad de conocer, como se lleva a cabo la incorporación de P.O. en los sedimentos se ha encontrado (Robinson, op Cit), que los factores que determinan su asociación son:

- La naturaleza del plaguicida que incluye: estructura molecular, solubilidad en agua y tipo de molécula.

- Características químicas del sedimento: cantidad de coloides, tipo de arcillas, presencia de materia inorganica amorfa, pH, contenido de cationes y aniones así como de la materia orgánica.

- Características físicas del sedimento: edad del sedimento o estado degradativo, temperatura, humedad y tamaño de la partícula.

- Tipo de flora y fauna asociada al sedimento.

En el aspecto práctico en el uso de los sedimentos, que es el monitoreo del comportamiento de ecosistemas acuáticos ante la introducción de P.O., se ha encontrado (Reed, 1987), lo siguiente:

- Las concentraciones más altas de P.O. almacenadas en sedimentos se pueden encontrar en sitios con alto contenido de materia orgánica y gran cantidad de arcillas.

- Los plaguicidas son filtrados a través del sedimento en un cuerpo de agua.

- Los P.O. pueden ser resuspendidos en un cuerpo de agua, por la acción de las corrientes de agua.

- El oxígeno disuelto en el sedimento disminuye, por la presencia de estos compuestos en el sedimento.

- Que los sedimentos pueden estar biodisponibles para la flora y fauna asociada al sedimento de ecosistemas acuáticos.

- Los P.O. de los sedimentos pueden ser degradados por efecto microbiano, químico y fotolítico.

La vigilancia de la contaminación, utilizando a los sedimentos como base de estudio, dependerá en gran medida de la capacidad humana, desde el muestreo del sedimento; que debe hacerse en la porción superficial del fondo de un cuerpo de agua (Moriarty, op cit), hasta la interpretación de variables ambientales que controlan la deposición y el destino de tales contaminantes.

Por otra parte se ha demostrado (MARNR, 1988) que el uso, de los sedimentos, puede tener ventajas en el monitoreo de contaminantes en contraste al empleo de la biota, por las siguientes razones:

- Dan información más precisa de la distribución local o regional de contaminantes y su medio de aporte al medio marino.

- Son un buen medio para asegurarse de tener datos susceptibles de compararse en amplios intervalos de tiempo y de condiciones, especialmente en áreas con fuertes variaciones ambientales y biológicas como las lagunas estuarinas.

- Proveen de datos reproducibles y fáciles de analizar e interpretar superando, los que puedan proporcionar los organismos.

Los problemas que se pueden presentar en el análisis de resultados son:

- Que los contaminantes hayan sido degradados por rutas de transformación muy complejas, antes de que se hayan depositado en el sedimento.

- Que exista bioturbación o mezcla biológica, que pueda enmascarar la historia deposicional de los contaminantes, como la que ocurre en las áreas de alta deposición (como los pantanos).

- Los sedimentos no concentran contaminantes en el mismo grado que lo hace la biota acuática.

I.4 Análisis de P.O. por cromatografía de gases.

Los procedimientos analíticos utilizados con mayor frecuencia para detectar y cuantificar la presencia de plaguicidas organoclorados en tejidos animales, vegetales y en las muestras de sedimentos, son las técnicas de análisis por cromatografía de gases.

La cromatografía de gases es un método analítico de separación basado en la distribución de la materia entre dos fases (coeficiente de separación). Una fase es la fase estacionaria y puede ser un sólido o en una delgada película líquida que recubre el sólido, la otra fase consiste en un gas que percola sobre la fase estacionaria y alrededor de la misma, esta fase se denomina fase móvil.

En la cromatografía de gases, los componentes que se van a separar son llevados a través de una columna por un gas inerte o acarreador; la mezcla por analizar se fracciona entre el gas acarreador y el solvente no volátil o fase estacionaria el cual se encuentra soportado sobre un sólido inerte de gran superficie de contacto (alta porosidad) llamado soporte sólido, el solvente retiene selectivamente los componentes de la mezcla según su coeficiente de distribución, hasta que cada uno de ellos forma bandas separadas en el gas acarreador. Las bandas de los componentes salen de la columna de gas y son registrados como una función de tiempo por medio de un detector, los resultados de esta técnica pueden apreciarse claramente en un registro gráfico del análisis (cromatograma), con el

que se pueden obtener los componentes y el grado de concentración, los que se pueden calcular a partir de dos importantes parámetros, el tiempo de retención y el área del pico.

El instrumento utilizado para efectuar el análisis cromatográfico es el cromatógrafo que consiste de 7 partes fundamentales que son: I) Cilindro acarreador, II) Regulador de flujo y de presión, III) Una fuente de inyección, IV) Columna de separación, V) Detector, VI) Registrador y VII) Sistema de calentamiento para el inyector, columna y detector.

Las principales ventajas de la cromatografía son: alta resolución, velocidad, sensibilidad y resultados cuantitativos. Sin embargo es preciso aclarar que esta técnica cuenta con ciertas limitaciones como son: que las muestras analizadas deben de ser volátiles, de lo contrario, no pasarán a través de la columna. asimismo es difícil tratar compuestos iónicos, compuestos de elevada polaridad y compuestos de peso molecular más alto de 600 unidades de masa atómica (u.m.a.).

Por todo lo anterior se hace necesario el uso de las técnicas de extracción y purificación de muestras a analizar como son las de P.O., puesto que es esencial eliminar interferencias de orina, grasas y sales minerales, ya que si se inyectaran dichas muestras en una columna de cromatografía de gases, se obstruye la columna y disminuye la velocidad de flujo.

En el análisis de plaguicidas por medio de cromatografía de gases se presentan diferentes problemas, desde la selección de la técnica de extracción y purificación de muestras de P.O., así como la separación de estas sustancias por este método cromatográfico, ya que no existe ningún procedimiento de uso general para todo tipo de plaguicidas o para cualquier tipo de muestra.

El presente estudio tiene como propósito medir las concentraciones de diferentes plaguicidas organoclorados presentes en sedimentos de la Laguna de Términos, Campeche.

Relacionar las cantidades de P.O. depositadas en los sedimentos y los parámetros fisicoquímicos de esta Laguna.

Comprobar la relación entre las cantidades de P.O. y la cantidad de materia orgánica almacenada en los sedimentos de dicho ecosistema.

Probar dos modificaciones a una técnica de extracción de plaguicidas usada por la Agencia de Protección Ambiental EPA, 1979; la primera empleada por el Instituto Nacional de Investigación de Recursos Bióticos de Jalapa, Veracruz, INIREB (Albert y Aldana, 1981) y la segunda modificación es la realizada por Garay en 1982.

La Laguna de Términos se localiza en el borde sur-oeste del Golfo de México, en el estado de Campeche; geográficamente se encuentra entre los $91^{\circ} 15' - 92^{\circ} 00'$ de longitud oeste y los $18^{\circ} 26' - 19^{\circ} 00'$ longitud norte. La forma de la Laguna se asemeja a una elipse, con un eje mayor de 70 Km y el menor de 25 Km y una profundidad de 4.4 metros cerca del centro (Mancilla y Vargas, 1980); la ubicación de la zona de estudio se muestra en la figura 2.

La Laguna de Términos está constituida por un cuerpo de agua somero, que entra por la Boca de Puerto Real (localizada al este de la Laguna) y sale por la Boca del Carmen (que se sitúa al oeste de dicha laguna), presenta un tipo de mareas mixto-diurno (Grivel y Arce, 1977); la laguna tiene aportes de agua dulce a través de 4 ríos que forman estuarios, estos son los que se describen a continuación:

- El Río Candelaria que es el de mayor importancia, tiene un escurrimiento de 15,777 millones de metros cúbicos de agua por año, desemboca en la parte este de la laguna y tiene su cuenca en la Península de Yucatán.

- El Río Chumpan que desemboca al sur y aporta anualmente alrededor de 1,360 millones de metros cúbicos de agua.

- Dos ramales del Río Grijalva-Usumacinta; el Río del Este que tiene acceso a través de la Boca de Atasta y el Río Palizada, los dos desembocan a esta laguna al oeste y al sur-oeste respectivamente.

La gran afluencia fluvial determina la presencia de varias lagunas internas, estas son:

- Al sur-oeste, la Laguna de Pom-Atasta, Puerto Rico, Laguna Muerta, Las Palmas, Los Negros, Lodazal y La Corte.

- Donde desemboca el Río Palizada, están las Lagunas del Vapor, del Este y San Francisco.

- La Boca de Balchacah en la salida del Río Chumpan y la Laguna de Panlau que recibe aguas de los Ríos Candelaria y Mamantel.

- Al este de la Laguna de Términos se encuentra la laguna interna de Sabancuy.

El área de la Laguna de Términos, se encuentra en la zona de elevadas temperaturas, superiores a los 26 °C; el clima de la región se clasifica como cálido húmedo del tipo AmW de acuerdo a García, 1973, existiendo tres estaciones climáticas durante el año, la época de secas (de febrero a mayo), lluvias (junio a septiembre) y nortes (de octubre a febrero).

La precipitación pluvial alcanza valores entre 120 y 200 cm cúbicos anuales, siendo el período de mayor precipitación los meses de junio y noviembre (Botello, 1978).

La variación de la salinidad en la laguna parece estar de acuerdo con la dirección del flujo de agua, asimismo este parámetro oscila de acuerdo a la época del año, mostrándose hasta 12‰ en la estación lluviosa y durante el estiaje es de 38‰ (Amezcuea y Yañez, 1981).

El oxígeno disuelto en la superficie es alto debido a la acción del viento, los valores mínimos y máximos registrados son de 2.22 a 7.32 mg/lit respectivamente en las tres épocas del año. Los valores más altos se pueden encontrar en las proximidades de la Isla del Carmen, mientras los valores más bajos se encuentran en los esteros y pantanos (Botello, Op Cit).

Los sedimentos de la mayor parte de la Laguna son de textura límoo-arcillo sas; la zona norte de la Laguna que rodea a la Isla del Carmen está formada de fondos arenosos con conchas de grano fino y grueso; en la región sur-este existen sedimentos con carbonatos de calcio, que tienen carácter de biogénico y están presentes en la Boca del Puerto Real; en la parte sur-oeste se cuenta dentro de la Laguna con fondos fangosos, debido a los

terrígenos aportados por los ríos, asimismo existe mucha similitud entre los sedimentos de los cuatro sistemas fluvio-lagunares (Yañez, 1983). En la tabla 7 se pueden observar los datos de granulometría obtenidos para 11 estaciones de colecta durante el año de 1986, por Ponce en 1988, los cuales son de gran importancia para la discusión de resultados en el presente trabajo.

Tabla 7. Textura del sedimento de 11 sitios de colecta de la Laguna de Términos Campeche, según Ponce, 1988.

Estación	Latitud	Longitud	Tipo de sedimento	Porcentaje.
1	18°44'	91°31'	Arenoso	59.06
2	18°43'	91°23'	Limo-arcilloso	58.12-40.95
3	18°40'	91°18'	Arenoso	57.11
4	18°36'	91°22'	Arenoso	67.46
5	18°36'	91°30'	Gravo-arenoso	59.00-41.00
6	18°37'	91°43'	Arenoso	76.83
7	18°40'	91°51'	Arenoso	87.55
8	18°48'	91°24'	Limoso	66.12
9	18°33'	91°53'	Arcilloso	59.75
10	18°31'	91°49'	Arcilloso	57.11
11	18°41'	91°35'	Arcilloso	72.23

Para la realización del presente estudio se utilizaron muestras de sedimentos colectados en el mes de enero de 1986 (época de nortes), el muestreo se efectuó en 11 sitios ubicados en la Laguna de Términos; asimismo se empleó una muestra extra de sedimento, que fue colectada en agosto de 1987 (estación E), como se muestra en la figura 3.

Durante el muestreo de las primeras 11 muestras de sedimento, se midieron algunos parámetros importantes de la superficie del agua tales como la temperatura, la salinidad, la profundidad y el oxígeno disuelto; con la finalidad de determinar la relación que existe entre tales factores ambientales y la cantidad de P.O. depositados en los sedimentos.

Mediciones en el Area de Estudio.

La temperatura fue obtenida con la ayuda de un termómetro de campo marca Taylor, con una escala de -10 a +200 °C.

La salinidad se determinó utilizando un conductímetro portátil de inducción marca Beckman, modelo RS-7B.

Se cuantificó el oxígeno disuelto en el agua, según el método de Winkler, modificado con ácido (Strickland y Parsons, 1981).

Preparación de las Muestras de Sedimentos.

Las muestras de sedimento preservadas en el congelador, fueron secadas a base de lámparas incandescentes a una temperatura de 40 °C durante 48 ho-

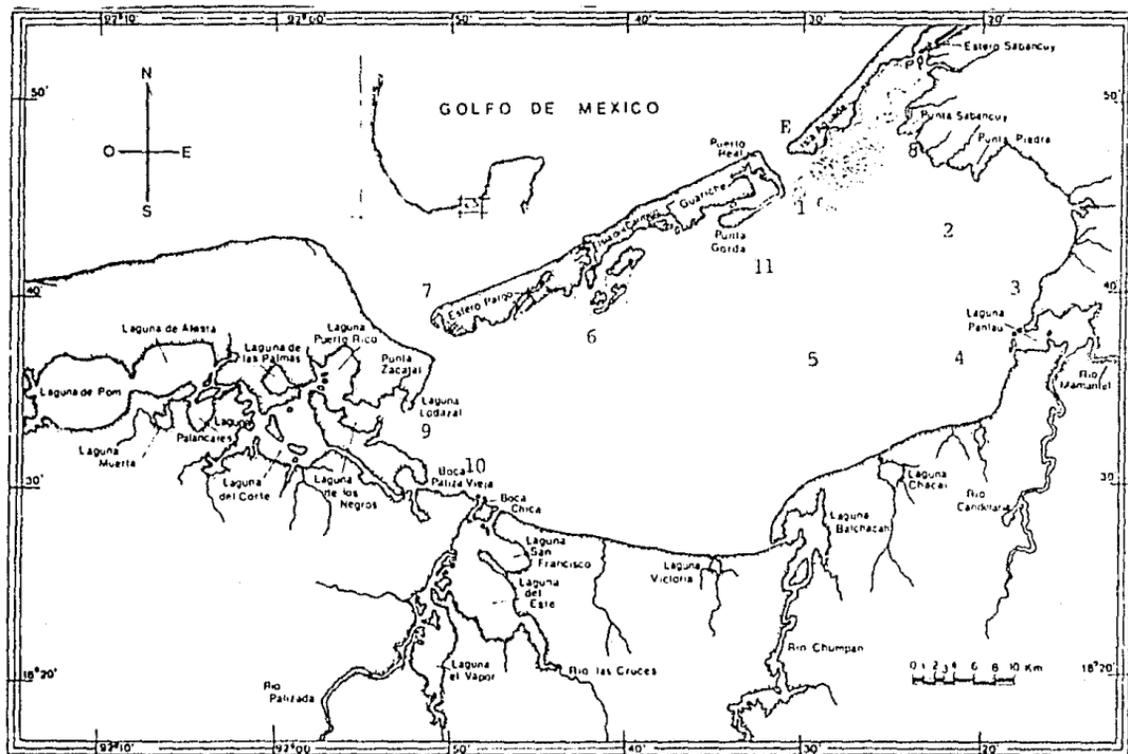


FIG. 3. Localización de los sitios de colecta de sedimentos recientes en la Laguna de Términos Campeche

ras, posteriormente se trituro cada muestra de sedimentos con un mortero de porcelana y se tamizó con una malla número 60 con 0.250 mm de abertura de poro. De cada muestra se pesaron 200 gramos, mismos que fueron almacenados en sobres de papel, que a su vez fueron rotulados con el número de muestra correspondiente, para después realizar los análisis de materia orgánica, la extracción de P.O. así como la cromatografía de gases.

Materia Orgánica

Se determinó la cantidad de materia orgánica presente en los sedimentos, usando la técnica de titulación de carbono orgánico (Cauette et al, 1974) que consiste en oxidar una muestra de sedimento (de 0.3 a 0.5 gramos), con una solución de 1.0 N de dicromato de potasio (K_2CrO_7) en 20 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado y titulado con sulfato ferroso ($FeSO_4$), usando a la difenilamina como indicador.

Preparación del Material para Realizar el Análisis de P.O.

Todo el material de cristalería utilizado para llevar a cabo el análisis de P.O., se limpió de la siguiente manera; se sumergió en extran al 10% durante 12 horas, posteriormente se enjuagó con agua destilada, se seco en una estufa a 70 °C y después se lavo con acetona grado plaguicida (G.P.) y se almacenó cubriéndose con papel aluminio.

Preparación de Reactivos para el Análisis de P.O.

Los reactivos analíticos utilizados fueron previamente purificados. Los disolventes fueron destilados en dos ocasiones y se hizo necesario aplicarles una prueba de pureza que se analizó a través de cromatografía de

gases para ser considerado de grado plaguicida; así el cromatograma obtenido fué pegado al frasco contenedor del disolvente, al cual se le adicieron los datos de la fecha y número de lote. Los reactivos tales como el florisil, cloruro de sodio y sulfato de sodio se les llevó a la mufla, donde se mantuvieron a una temperatura de 400 °C por 72 horas y después se les almacenó en frascos ámbar y se cubrió la boca de los frascos con papel aluminio, para evitar la contaminación y la hidratación.

Para llevar a cabo el análisis de P.O. se prepararon dos mezclas de plaguicidas con concentraciones conocidas. La primera mezcla de plaguicidas se le llamo estandar interno, esta consistio en una solución de alfa, beta y gama HCH, DDT y heptacloro diluidas en isoctano a una concentración de 4×10^{-8} g/ml. A la segunda mezcla de plaguicidas se le dió el nombre de estandar conocido la cual se preparó con alfa, beta y gama HCH, aldrin, dieldrin, endrin, DDT, heptacloro, clordano, DDE y TDE diluidos en isoctano a una concentración de 1×10^{-8} g/ml. Las dos mezclas se prepararon de acuerdo a la técnica del INIREB, Op Cit.

Método de Extracción y Purificación de P.O. Depositados en el Sedimento.

La técnica de extracción de plaguicidas que se aplicó a 11 muestras de sedimentos colectados en enero de 1986 fué la técnica empleada por la EPA con modificaciones del INIREB, Op Cit. Esta misma técnica fué usada para analizar los P.O. de una muestra extra (estación E) colectada durante el mes de agosto de 1987, con la finalidad de probar una segunda técnica de extracción-purificación de P.O. en sedimentos; misma que se será descrita más adelante.

Para probar la precisión de la técnica empleada se hizo una extracción sin emplear sedimento (Muestra testigo), se efectuó una extracción simple

a las 11 muestras de sedimento y se realizó una segunda extracción a dichas muestras, a las cuales se les adicionó previamente una alícuota de 5 ml de estándar interno hecho, para conocer el grado de recuperación de plaguicidas de dicha técnica. Los resultados obtenidos de la extracción más el estándar interno se compararon con las extracciones simples.

La técnica de extracción purificación consistió en pesar 10 gramos de sedimento (peso seco), mezclados con acetona G.P. y agua purificada por 3 ocasiones, filtrando a través de un embudo Buchner, posteriormente a estos pasos, el extracto obtenido fué separado con hexano en un embudo de separación, la fase orgánica o hexánica resultante se paso después por un tubo "But", previamente empacado con sulfato de sodio anhidro; el extracto se colectó en un matraz y se le añadieron 3 gotas de solución Keeper (Tolueno en hexano al 1%) y se concentró en rotavapor hasta un volumen de 5 ml, se transfirió la muestra de P.O. a una columna de vidrio empacada con florisil activado al 98%, se eluyo y nuevamente se concentró en rotavapor hasta la sequedad, más adelante se aforó hasta 5 ml con isoctano y se almacenó en un tubo de centrifuga hasta su análisis cromatográfico, (Figura 4).

La segunda técnica de extracción y purificación solo fué aplicada a la muestra extra de sedimento, esta técnica es una modificación hecha por Garay en 1982 a un método usado por la EPA, que consiste en lo siguiente. Pesar 5 gramos de sedimento en base húmeda sobre papel filtro, doblarlo e introducirlo a un equipo Soxhlet, añadiéndole 150 ml de una mezcla de hexano y acetona, se calienta cuidando de conectar el agua de refrigeración después, se pasa el extracto a un embudo de separación de 500 ml y se agrega agua desionizada y se agita fuertemente, se dejan separar las fases y se conserva la fase hexánica, posteriormente esta capa se lava con agua desionizada, se desecha la fase acuosa y el extracto se pasa a un matraz Erlenmeyer con sulfato de sodio y se deja reposar dos horas, se concentra con rotavapor hasta 5 ml más adelante se pasa a una columna con el florisil y se obtienen dos fracciones, la primera con una elución de 200 ml de una solución de eter al 6% en hexano y para la segunda fracción con

Figura 4. Procedimiento seguido para realizar el análisis de plaguicidas organoclorados en sedimentos, de acuerdo a la técnica usada por la E.P.A. y modificada por el I.N.I.R.E.B. de Jalapa-Veracruz.

Colecta

1. Colecta de muestras de sedimento y preservación a -4°C hasta su análisis.
2. Secar las muestras bajo lámparas incandescentes a $+40^{\circ}\text{C}$.
3. Triturar las muestras de sedimento con un mortero y tamizar con una malla de número 60 y abertura de poro igual a 0.250 mm.

Extracción

4. Pesar 10 gramos de sedimento y mezclarlo con 120 ml de acetona G.P. durante 15 minutos.
5. Dejar sedimentar y filtrar el extracto a través de un buchner conectado a kitasato y éste a su vez a una bomba de vacío.
6. Mezclar nuevamente con 120 ml de acetona + 40 ml de agua cloroformada por dos ocasiones y en cada una repetir el paso 5.
7. Transferir el extracto a un embudo de separación más enjuagues en hexano del kitasato y mezclar con 150 ml de hexano en dos porciones y dejar separar las fases.
8. Enjuagar la mezcla extracto-disolvente con 200 ml de agua cloroformada y desechar los lavados.
9. Pasar el extracto-disolvente a través de un tubo but, previamente empacado con Na_2SO_4 .
10. Recoger en un matraz de 500ml previamente enjuagado con hexano G.P.
11. Añadir al filtrado unas gotas de Keeper (tolueno + hexano al 1%) y concentrar a un volumen de 2 o 3 ml.

Purificación.

12. Transferir el extracto a una columna de vidrio empacada con 30 gramos de florisil (desactivado al 2%) eluir con una mezcla de cloruro de metileno al 25% en hexano y repetir el paso 11.
13. Añadir gotas de Keeper, concentrar a sequedad y reconstituir a 2 o 3 ml; y transvasar, después aforar hasta 5 ml con hexano o isooctano.
14. Realizar análisis por cromatografía de gases.

Figura 5. Procedimiento seguido para realizar el análisis de plaguicidas organoclorados en sedimentos, de acuerdo a la técnica empleada por la E.P.A. y modificada por Garay, 1982.

Colecta

1. Colectar muestras de sedimento y almacenar en frascos de vidrio y cubrirlos con papel aluminio, hasta su análisis a 2 °C.

Extracción.

2. Pesar 5 gramos de sedimento sobre un papel filtro e introducirlos en un Soxhlet.
3. Colocar 150 ml de acetona-hexano en el balón de un Soxhlet, conectar agua de refrigeración y calentar de 5 a 8 horas.
4. Pasar extracto a embudo de separación de 500 ml. y añadir 150 ml de agua desionizada y agitar fuertemente.
5. Dejar separar las fases; desechar la capa acetona-agua y conservar la fase hexánica.
6. Lavar la capa de hexano con 150 ml de agua desionizada y agitar fuertemente.
7. Pasar el extracto a un erlenmeyer de 125 ml que contenga Na_2SO_4 anhidro, agitar y dejar en reposo 2 horas.
8. Concentrar el extracto en baño maria hasta 5 ml.
9. Transvasar el extracto a un frasco de vidrio de 10 ml y taponarlo muy bien.

Purificación

10. Pasar todo el extracto a la parte superior de una columna de cristal previamente empacada con florisil y enjuagar el recipiente con hexano G.P., por dos ocasiones.
- 11a. Eluir con 200 ml de una mezcla de éter al 6% en hexano hasta obtener la primera fracción.
- 11b. Eluir nuevamente con 200 ml de una mezcla de éter al 15% en hexano hasta obtener la 2ª fracción.

(Repetir el paso 8 y 9 para cada fracción)

12. Mantener en refrigeración a 2°C, hasta el análisis cromatográfico.

una elución de éter al 15% en hexano, ambas fracciones se concentran en rotavapor a un volumen de 5 ml, se transvasa, se cubre y almacena en refrigeración a -2 °C, hasta su análisis cromatográfico, ver figura 5.

Los resultados obtenidos después del análisis cromatográfico, para la muestra de P.O. de la estación E extraídos con la técnica de Garay fueron comparados con los que se encontraron con la técnica de extracción-purificación de P.O. del INIREB.

Cromatografía de Gases.

La cromatografía de gases se efectuó para tratar de identificar y cuantificar 11 tipos de plaguicidas organoclorados que son: alfa, beta y gama HCH, aldrin, endrin, dieldrin, heptacloro, clordano, DDE, DDE y DDT en las muestras de sedimentos.

Antes de realizar la cromatografía de gases a las muestras extraídas a partir de los sedimentos, se hizo pasar a través del cromatografo de gases una mezcla de estandares conocidos que sirvió para programar el aparato, con lo cual se contaría con datos importantes para los análisis posteriores.

Para llevar a cabo éste análisis se empleó un cromatografo de gases Hewlett Packar modelo 5890-A equipado con detector de captura de electrones (ECD) y una columna capilar con fase estacionaria fenil metil silicón de 30 metros de longitud y 0.33 mm de diámetro interno. Los datos de operación son los siguientes: la temperatura inicial fue de 170 °C, con un aumento de temperatura de 8 °C/minuto, la temperatura final de 290 °C, la temperatura del inyector de 260 °C y la temperatura del detector de 300 °C.

La identificación de plaguicidas en las muestras de extracto-purificado se realizó comparando los cromatogramas obtenidos en una tabla de calibración de plaguicidas organoclorados.

La abundancia de cada uno de los compuestos de P.O. depositados en el sedimento fué calculado por la integración del área bajo la curva de los picos de cada cromatograma, utilizando un integrador acoplado al sistema 3390-A; aplicandó a su vez la siguiente fórmula en la que quedan incluidos los datos del área del pico de cada componente determinado y del estándar conocido; dicha fórmula es la siguiente:

$$\text{ppm o Mg/gramo} = \frac{h_m}{h_e} \times \frac{V_e}{V_m} \times \frac{C_e}{10^{-6}} \times \frac{V_{am}}{W_m}$$

Donde:

h_m = altura del pico de la muestra

h_e = altura del pico del estándar

V_e = volumen inyectado del estándar (ml)

V_m = volumen inyectado de la muestra (ml)

C_e = concentración del estándar (g/ml)

10^{-6} = factor de conversión de gramos a microgramos

V_{am} = volumen aforado de la muestra (ml)

W_m = Peso de la muestra (g)

Los siguientes resultados reflejan las condiciones hidrológicas como: profundidad, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, que prevalecieron en la laguna de Términos; durante la colecta de muestras de sedimentos en enero de 1986, como se puede ver en la tabla 8.

Los datos de profundidad para el presente estudio muestran una profundidad mayor en la parte central de la laguna, que corresponde a la estación 5 la que midió 4 metros y una profundidad menor en la estación 9 con 0.5 metros, la cual se ubica cerca de la Boca de Atasta o Laguna Lodazal; donde se encuentran los bancos ostrícolas de esta Laguna.

En los resultados de temperatura, se nota poca variación interestacional, pues se observó una temperatura mínima de 21 °C, que fué registrada al noroeste de la Laguna (estación 6) cerca de la Isla del Carmen y una temperatura máxima de 24°C (estación 3) que fué determinada cerca de la Laguna de Panlau.

Con respecto a los valores de salinidad se observó un índice más alto al noroeste de la Laguna de Términos cerca de la Boca de Puerto Real con 31.5‰ (estación 1) y un nivel más bajo cerca de la Laguna Lodazal (estación 9) con 11.9‰, asimismo una cantidad muy baja en la estación 10 que se sitúa cerca de la Boca de Palizada Vieja, observándose que el gradiente de concentración de la salinidad disminuye de la zona oceánica hacia el área continental.

En relación al oxígeno disuelto se obtuvo una cantidad mayor al noroeste de la Laguna en la estación 6 que alcanzó los 4 mg/lt y una menor cantidad en la estación 8 situada cerca del Estero de Sabancuy con 2.1 mg/lt, como se mencionó en la descripción del área de estudio de este trabajo, estos valores son adecuados, debido a la acción del viento, de acuerdo a la época de muestreo.

Tabla 8. Parámetros medidos en las estaciones de muestreo de la Laguna de Términos-Campeche, Enero de 1986.

Estación.	Profundidad (metros)	Temperatura (° C)	Salinidad (‰)	Oxígeno-disuelto (mg/lt)
1	1.0	22.0	31.5	2.22
2	3.0	23.0	24.8	3.13
3	2.0	24.0	17.3	3.22
4	2.5	23.5	23.8	3.24
5	4.0	23.0	23.0	3.13
6	2.5	21.0	28.6	4.0
7	*	*	*	*
8	1.0	23.5	23.5	2.1
9	0.5	23.0	11.9	3.92
10	1.0	23.0	12.4	3.4
11	*	*	*	*
Promedio	1.94	22.8	21.86	3.15

*- No cuantificados.

Resultados de Materia Orgánica

Los resultados de materia orgánica (% de M.O.) presentes en el sedimento; varían en cada una de las estaciones de colecta, presentándose en mayor cantidad en algunas muestras que se obtuvieron cerca de las Lagunas interiores de la Laguna de Términos y en menores porcentajes en las que pertenecen a áreas más próximas al mar; de esta forma se detectó un porcentaje más alto en la estación 10 o Boca de Palizada Vieja; que fué de 1.89% de M.O. y en menor porcentaje en la estación 11 frente a la Isla del Carmen, con un valor de 0.25% de M.O. como se puede verificar en la Tabla 9.

Resultados de P.O. Encontrados en Sedimentos

En la figura 6 se muestran algunos cromatogramas obtenidos durante el análisis cromatográfico aplicado a una muestra testigo, a una mezcla de estándares conocidos y a una muestra de P.O. extraídos a partir de los sedimentos de la estación 5.

En el cromatograma de la muestra testigo se puede comprobar la ausencia de P.O. ya que durante la extracción testigo no se empleó ninguna muestra de sedimentos, por lo tanto los picos que aparecen son de pequeñas impurezas de los disolventes y reactivos utilizados en la técnica de extracción y purificación de los P.O.

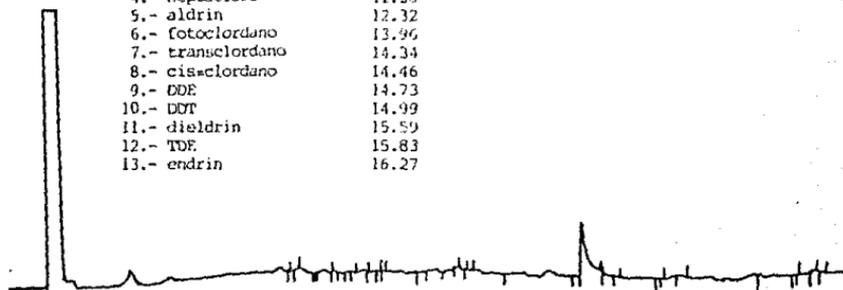
En el caso del cromatograma de la mezcla de estándares, se puede observar todos y cada uno de los picos de P.O. presentes en la mezcla así como la altura de cada pico, sus grados de atenuación, velocidad de carta y tiempos de retención utilizados para realizar la tabla de calibración empleada para llevar a cabo la identificación de cada uno de los P.O., en cada uno de los análisis realizados a las muestras de sedimentos.

Tabla 9. Porcentajes de materia orgánica y la textura del sedimento determinado en las estaciones de muestreo de enero de 1986.

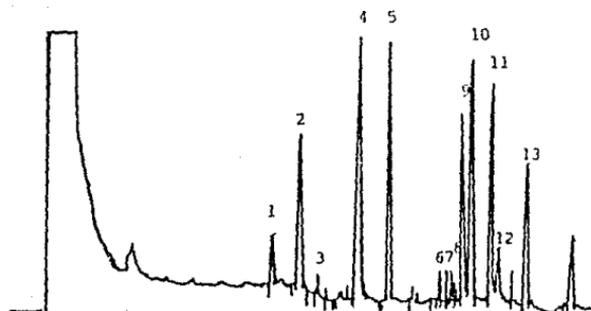
ESTACION	MATERIA ORGANICA	TEXTURA DEL SEDIMENTO	
	Porcentajes	Porcentajes	
2	1.91	Limo-arcilloso	53.13-40.95
10	1.89	Arcilloso	57.11
5	1.84	Gravo-arenoso	59.00-41.00
8	1.61	Limoso	66.12
3	1.58	Arenoso	57.11
6	1.12	Arenoso	76.83
1	0.73	Arenoso	59.06
4	0.59	Arenoso	67.46
9	0.40	Arcilloso	59.75
7	0.33	Arenoso	87.55
11	0.25	Arcilloso	72.23

Figura 6. Cromatogramas obtenidos en a) la muestra testigo, b) mezcla de estándares de plaguicidas organoclorados y c) a una muestra de P.O. extraída a partir de sedimentos de la estación 5.

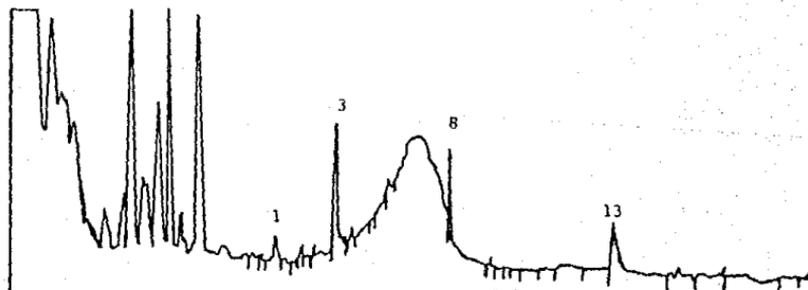
<u>Lista de plaguicidas</u>	<u>tiempo de retención</u>	<u>Condiciones cromatográficas</u>
1.- alfa HCH	8.55	1.-atenuación = 4
2.- gama HCH	9.42	2.-velocidad de carta = 0.7 mm/min
3.- beta HCH	10.01	
4.- heptacloro	11.36	
5.- aldrin	12.32	
6.- fotoclordano	13.96	
7.- transclordano	14.34	
8.- cis-clordano	14.46	
9.- DDE	14.73	
10.- DDT	14.99	
11.- dieldrin	15.59	
12.- TDE	15.83	
13.- endrin	16.27	



Cromatograma "a"



Cromatograma "b"



Cromatograma "c"

El cromatograma de la estación 5 muestra los picos y sus alturas de los plaguicidas detectados, los tiempos de retención que son los mismos que para la mezcla de estándares conocidos, pero difieren en los gradientes de atenuación así como la velocidad de carta de cada cromatograma.

En la tabla 10 se muestran las cantidades de P.O. detectados en las muestras de sedimento de cada una de las estaciones de colecta de la Laguna de términos, mismos que son explicados a continuación.

DDT

El DDT se presentó en 6 sitios de muestreo que son las estaciones 1,3,4, 6,8 y 11; encontrándose en mínima concentración en la estación 4 (0.003 ppm), dicha estación ha registrado tener un sedimento de tipo arenoso en 67.46% y 0.59 % de M.O. (materia orgánica), la máxima concentración se presentó en la estación 1 (0.043 ppm) en sedimento arenoso en un 59.06% y 0.73 % de M.O.; es importante señalar que los valores más altos de DDT fueron encontrados en las estaciones 1,8 y 11, dichas estaciones se encuentran cerca de la Isla del Carmen y el Estero Sanbancuy.

Aldrin.

Este compuesto fué detectado en 6 lugares de muestreo, que son las estaciones 2,3,4,6,7 y 8, éste es el plaguicida que se presenta en mayor concentración en toda la laguna, principalmente en la estación 8 con 4.86 ppm, este sitio presenta un sedimento limoso (66.12%) y 1.61% de M.O., el valor más bajo de este plaguicida se encontró en la estación 7 con 0.005 ppm,, éste lugar presentó un sedimento arenoso (87.55%) y 0.335 de M.O., éste sitio se localiza en la parte oceánica, cerca de la Boca del Carmen. Las estaciones con los valores más altos de aldrin son la número 8.6 y 2, de las cuales son la 8 y 2 las más cercanas a la Punta Sabancuy y la 6 más cerca de la Isla del Carmen.

Tabla 10. Concentraciones de plaguicidas organoclorados medidos en muestras de sedimentos de enero de 1986.

EST.	ALDRIN	a HCH	b HCH	g HCH	HCH total	CLORDANO	DDT	DIELDRIN	ENDRIN	HEPTACLORO	TOTAL
1	n.d.	n.d.	0.034	n.d.	0.034	0.166	0.043	n.d.	0.033	n.d.	0.278
2	1.391	0.077	0.084	0.007	0.169	0.293	n.d.	n.d.	0.008	0.004	1.866
3	0.033	0.002	0.003	n.d.	0.006	0.015	0.006	n.d.	0.007	0.008	0.077
4	0.043	0.013	0.008	n.d.	0.021	n.d.	0.003	0.006	0.053	n.d.	0.128
5	n.d.	0.023	0.077	n.d.	0.101	0.175	n.d.	n.d.	0.052	n.d.	0.339
6	1.425	0.008	0.041	n.d.	0.058	0.005	0.005	n.d.	0.003	0.007	1.497
7	0.005	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.053	n.d.	0.058
8	4.866	0.029	0.159	n.d.	0.189	0.730	0.024	n.d.	0.003	0.008	5.814
9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
10	n.d.	0.007	0.332	0.009	0.419	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.419
11	n.d.	n.d.	0.017	n.d.	0.017	0.022	0.016	n.d.	0.026	n.d.	0.082
Total	7.765	0.023	0.840	0.017	0.939	1.405	0.100	0.006	0.241	0.028	10.562
Prom.	1.294	0.033	0.084	0.008	0.104	0.200	0.016	----	0.026	0.007	1.056

n.d.= no detectados

los valores reportados en esta tabla están dados en partes por millón o microgramos por gramos (pesos seco).

Dieldrin

Este plaguicida fué encontrado únicamente en la estación 4 con 0.006 ppm, éste lugar se puede encontrar cerca de la Laguna de Panlau y presentó se dimento arenoso en 67.46 % y un 0.59% de M.O.

Endrin

El endrin se encontró en 9 estaciones de colecta de sedimento que son: la 1,2,3,4,5,6,7,8 y 11; los valores más altos fueron estimados en las estaciones 7,4 y 5, que alcanzaron 0.053,0.053 y 0.052 ppm cada una, estas estaciones se ubican en la parte oceánica frente a la Laguna de Términos y en el centro de la misma, contienen sedimento arenoso en un 87.5%; y un 67.46% y gravo-arenoso en 59 y 41% respectivamente; los valores de ma teria orgánica son de 0.33, 0.59 y 1.84 % de M.O., el valor más bajo de en drin se determinó en las estaciones 8 y 6 con 0.003 ppm para ambas; la es tación 6, cerca de la Isla del Carmen contienen un sedimento arenoso (76.83%) y 1.12% de M.O. y la estación 8, que se ubica cerca del Estero Sabancuy contiene 66.12% de sedimento limoso y 1.61% de M.O.

Clordano

La detección de este compuesto se efectuó en 7 lugares de colecta de sed imentos, que son las estaciones 1,2,3,5,6,8 y 11; en los resultados se pue den ver nuevamente a la estación 8 con la concentración más alta que fué de 0.73 ppm y la menor concentración se presentó en la estación 6 con 0.005 ppm.

Heptacloro

Las estaciones en que se encontró a este P.O. fueron las estaciones siguientes; 2,3,6 y 8, de las cuales las estaciones 3 y 8 registró tener una concentración más alta igual a 0.008 ppm y la estación 2 con una concentración menor igual a 0.004 ppm.

Hexaclorociclohexano

- a) El alfa HCH es un compuesto que se encontró en 7 estaciones que son: 2,3,4,5,6,8 y 10, el valor más alto de este compuesto se midió en la estación 2 con 0.077 ppm y el valor más bajo se encontró en la estación 3 con 0.002 ppm.
- b) Con respecto al beta HCH, es el isómero que se presentó un mayor número de veces, el máximo corresponde a la estación 10, con 0.332 ppm, nuevamente el valor mínimo fué detectado en la estación 3, con 0.003 ppm.
- c) El gama HCH o lindano sólo se presentó en dos estaciones, que son la número 2 y 10, la primera con 0.007 ppm y la segunda con 0.009 ppm.

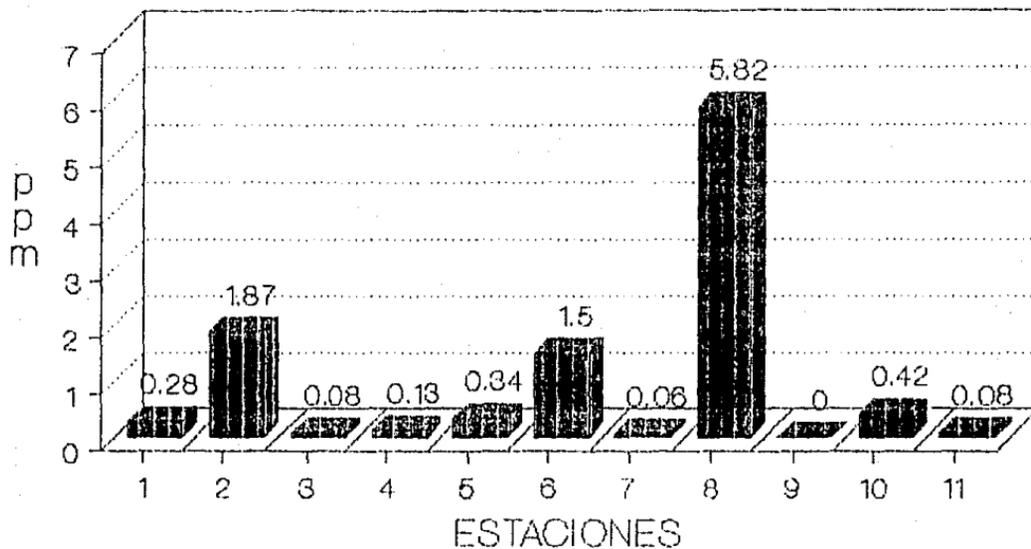
El HCH total es la suma de las fracciones de los isómeros de este compuesto, que fué determinado en nueve sitios de estudio que son: 1,2,3,4,5,6,8,10 y 11. El valor más alto se encontró en la estación 10, con 0.419 ppm, localizado cerca de la Boca de Palizada Vieja, con sedimento arcilloso en 57.11% y 1.89% de M.O., el menor valor de HCH se determinó en la estación 3 con 0.006 ppm, lugar que se encuentra situado cerca de la Laguna de Panlau que contiene sedimento arenoso en 57.11% y 1.58% de M.O.

Plaguicidas Organoclorados Totales

En la figura 7 se muestra una representación gráfica por barras de los totales de P.O. encontrados en la Laguna de Términos, los cuales se obtuvieron por la suma de las fracciones de P.O. determinados en cada una de las estaciones de estudio, que fueron expuestas anteriormente.

La mayor cantidad de P.O. totales se encontró en la estación 8, que como se ha señalado está cerca del Estero Punta Sabancuy, registrando 5.82 ppm de estos compuestos, seguida por la est. 2, que se sitúa también al este de la Laguna presentando 1.87 ppm; así como la est. 6 que está próxima a la Isla del Carmen, en la que se sumaron 1.50 ppm de P.O. totales. Los valores intermedios fueron calculados en las estaciones número 1,4,5

PLAGUICIDAS TOTALES LAGUNA DE TERMINOS, CAMPECHE



SEDIMENTO

FIGURA. 7

y 10 con 0.278, 0.128, 0.82 y 0.42 ppm, para cada una. Los totales más bajos se obtuvieron con los valores de la estación 3, sumando 0.077 ppm y en la estación 11 con un total de 0.082 ppm de P.O., la est. 3 se ubica cerca de la Laguna de Panlau y la est. 11 cerca al centro de la Laguna de Términos. Es importante agregar que los análisis de la muestra de sedimento de la estación 9 no mostraron la presencia de ningún rastro de P.O., dicha estación se localiza en los bancos de ostras que se encuentran cerca de la Laguna Lodazal. Por otra parte, la única muestra de sedimento colectada en la parte oceánica de frente a la Laguna de Términos no presentó elevadas concentraciones de P.O., la estación correspondiente es la número 7 con un valor de 0.058 ppm de estos compuestos.

Relación de los P.O. en Sedimentos y los Parámetros Registrados

En éste estudio se hicieron regresiones lineales para conocer el valor de la relación existente entre los parámetros hidrológicos medidos en la superficie del agua de la Laguna de Términos y las cantidades de P.O. encontrados en los sedimentos de cada estación de colecta, los cuales se muestran en la tabla 11, en los que se puede ver que no hay ningún coeficiente de correlación mayor al 0.3 y por lo tanto no existe relación entre la temperatura, salinidad o el oxígeno disuelto y los P.O. acumulados en el sedimento.

Por otra parte analizando los datos de granulometría que se mostraron en la tabla 7, y haciendo una comparación de estos y los P.O. totales para cada estación de muestreo del presente estudio como se ve en la tabla 12 se puede observar que hay una ligera tendencia de que aumente las cantidades de P.O. con respecto a la textura del sedimento, ya que las concentraciones más elevadas se obtuvieron en estaciones con sedimento fino, como son las estaciones 8, 2 y 10, que presentaron sedimentos limoso en un 66.12%, Limo-arcilloso en un 58.12-40.95 y tipo arcilloso en un 57.11%.

Tabla 11. Coeficientes de correlación lineal entre los parámetros hidrológicos (temperatura, salinidad y oxígeno disuelto) así como la materia orgánica con respecto a los valores de plaguicidas organoclorados detectados en las muestras de sedimento, de enero de 1986.

PARAMETROS	P L A G U I C I D A S							
	Aldrin	HCH	Endrin	Clordano	Dieldrin	DDT	Heptacloro	Total
Temperatura	-0.07	0.01	0.001	0.09	d.i.	-0.002	0.0003	0.019
Salinidad	0.3	-0.01	-0.001	0.002	d.i.	0.002	-1×10^{-5}	0.04
Oxígeno disuelto	-2.08	0.003	-0.002	-0.27	d.i.	-0.02	-0.001	-0.05
Materia orgánica.	0.72	0.80	0.80	0.72	d.i.	0.69	0.95	0.61

di= datos insuficientes para realizar regresión lineal.

por lo que se considera que la variación de las concentraciones de P.O., aumenta a medida que disminuye el calibre del sedimento.

La comparación de los valores de materia orgánica, presente en el sedimento y la cantidad de P.O. encontrados se mostraron en la tabla 11; en esta se puede observar que los coeficientes de correlación lineal entre la materia orgánica oxidada en cada muestra y los distintos P.O. acumulados en los sedimentos, se consideran muy elevados y varían de un valor más alto para el heptacloro (0.95) a un valor más bajo para el DDT (0.69), lo cual demuestra lo señalado por Wittowski en 1986, en que mencionó que la asociación de los P.O. aumenta a medida en que se ve incrementada la cantidad de materia orgánica depositada en el sedimento; pero que varía de acuerdo al tipo de plaguicida organoclorado.

Resultados de las Extracciones de P.O. con el Estándar Interno.

En la figura 8 se exponen dos cromatogramas que corresponden a una extracción simple y a una extracción con estándar interno, realizados a la muestra de sedimentos de la estación 8. En el cromatograma de la extracción simple se puede verificar la presencia de seis compuestos que son; el alfa y beta HCH, aldrin, clordano, DDT y endrin; el cromatograma que muestra los resultados de la extracción más el estándar interno, muestra la presencia de siete plaguicidas, que son los mismos que se observan en el primer cromatograma, más el heptacloro. Estos cromatogramas tienen los mismos tiempos de retención que se señalaron en la figura 6 y se obtuvieron con gradientes de atenuación distintos y velocidades de carta iguales.

Los resultados del análisis de recuperaciones hechas con la comparación de los valores obtenidos con las extracciones de P.O. simple y con el estándar interno a seis muestras de sedimento que corresponden a las siguientes estaciones: 1,2,6,7,8 y 11, se muestran en la tabla 13; en las que podemos ver lo siguiente.

Tabla 12: Comparación entre el tipo de sedimentos y la cantidad de plaguicidas organoclorados encontrados en los sitios de estudio.

ESTACION	TIPO DE SEDIMENTO		PLAG. TOTALES (p.p.m)
	TEXTURA	PORCENTAJES	
8	Limoso	66.12	5.814
2	Limo-Arcilloso	58.12-40.95	1.866
6	Arenoso	76.83	1.497
10	Arcilloso	57.11	0.419
5	Gravo-Arenoso	59.00-41.00	0.339
1	Arenoso	59.06	0.278
4	Arenoso	67.46	0.278
11	Arcilloso	72.23	0.082
3	Arenoso	57.11	0.077
7	Arenoso	87.55	0.058
9	Arcilloso	59.75	N.D.

N.D.= no detectados

Figura 8. Cromatogramas de la distribución de plaguicidas organoclorados en sedimentos de la estación 8, a) extracción simple de la muestra de sedimentos de la estación 8 b) extracción más el estándar interno de la misma estación.

lista de plaguicidas

- 1.- alfa HCH
- 2.- gama HCH
- 3.- beta HCH
- 4.- heptacloro
- 5.- aldrin
- 6.- fotoclordano
- 7.- transclordano
- 8.- cis-clordano
- 9.- DDE
- 10.- DDT
- 11.- dieldrin
- 12.- TDE
- 13.- endrin

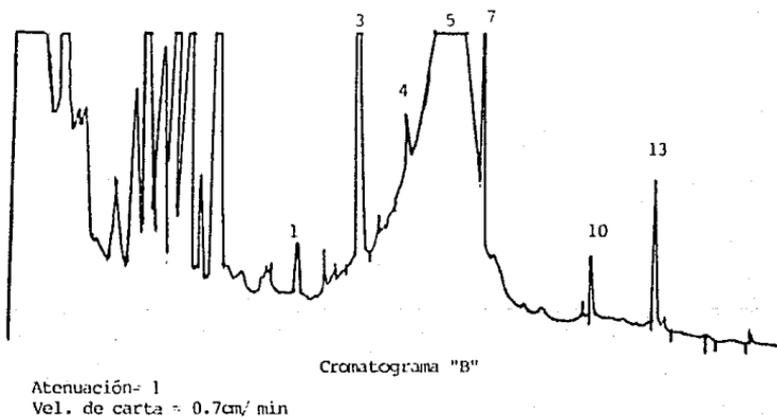
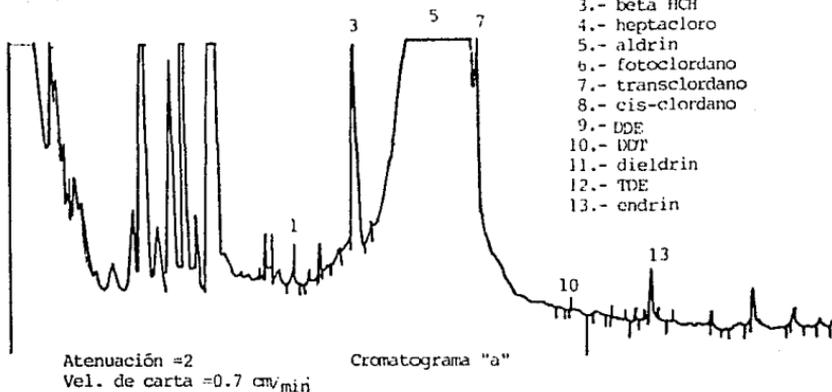


Tabla 13. Comparación entre las concentraciones estimadas en las muestras de sedimentos, aplicando extracción simple y con estándar interno.

ESTACION	PLAGUICIDA	EXTRACCION SIMPLE EXTRACCION + ESTANDAR	
		(p. p. m.)	
1	Beta HCH	0.0346	0.0465
	TDE	0.0295	0.0072
	endrin	0.0333	0.8308
	DDT	0.0438	0.0103
	clordano	0.1668	0.1605
	heptacloro	n.d.	0.0465
	Total-----	0.3080	0.9888
2	alfa HCH	0.0137	n.d.
	beta HCH	0.0081	n.d.
	dieldrin	0.0084	n.d.
	endrin	0.0266	0.0092
	DDT	0.0035	0.0069
	aldrin	n.d.	0.0002
	Total-----	0.0603	0.0166
6	alfa HCH	0.0089	0.0064
	beta HCH	0.0418	0.0782
	heptacloro	0.0072	n.d.
	aldrin	1.4256	n.d.
	clordano	0.0050	0.2755
	DDT	0.0050	n.d.
	endrin	0.0034	0.0387
	Total-----	1.5000	0.4000
7	heptacloro	n.d.	0.0059
	aldrin	0.0509	0.0037
	DDT	n.d.	0.0099
	endrin	0.0531	0.0739
	Total-----	0.1000	0.0931
8	alfa HCH	0.0298	0.0142
	beta HCH	0.1597	0.0795
	heptacloro	n.d.	0.0064
	aldrin	4.8665	0.0014
	clordano	0.7304	0.1933
	DDT	0.0265	0.0069
	endrin	0.0035	0.0407
	Total-----	5.8164	0.3427
11	alfa HCH	n.d.	0.0040
	beta HCH	0.0170	0.1263
	heptacloro	n.d.	0.0983
	aldrin	n.d.	6.9867
	DDT	0.0164	0.1790
	clordano	0.0220	0.9855
	endrin	0.0266	n.d.
Total-----	0.0820	1.3933	

n.d.= no detectable.

1.- Los datos de las extracciones con el estándar interno corroboran la presencia de algunos plaguicidas en los sedimentos, como es el caso del metoxicloro o TDE, que sólo fué encontrado en la muestra 1, así como el clordano, que se detectó en las muestras 1,6,8 y 11, el aldrin que se encontró en las muestras 7,8 y 11 y el aldrin detectado en las muestras 2,6,7 y 8; todos ellos analizados en las extracciones simples y también en las extracciones con el estándar interno.

2.- Por otra parte se logró observar que algunas de las concentraciones de P.O. encontrados con la extracción simple, como el beta HCH, DDT y heptacloro de la muestra 1, el beta HCH de la muestra 6, el heptacloro y el DDT de la muestra 7 asimismo el alfa y beta HCH, el heptacloro y el DDT de la muestra 11, ven incrementados sus valores en la extracción con el estándar interno; ya que estos plaguicidas se encontraron en la mezcla del estándar, como se mencionó en la metodología, sin embargo estos resultados, no pueden ser generalizados, puesto que otros plaguicidas presentes en la mezcla citada, muestran valores más bajos en los resultados de la segunda extracción; como es el caso del DDT en la estación 1, el alfa y beta HCH de la muestra 2, el alfa HCH y DDT de la muestra 6 y el alfa HCH y DDT de la muestra 8.

Resultados de la Comparación entre 2 Técnicas de Extracción de P.O.

La comparación entre dos técnicas que se hizo utilizando la muestra de sedimentos colectada en agosto de 1987 (Estación E), de la Laguna de Términos dió los resultados que se muestran en la tabla 14.

Se puede ver que la extracción de la técnica usada por el INIREB y la empleada por Garay, verifican, la presencia de seis compuestos organoclorados así como de sus diferentes isómeros, y vemos que las dos modificaciones a la técnica de la EPA, permiten la extracción de los mismos compuestos.

Tabla 14. Comparación de los resultados obtenidos en la aplicación de dos técnicas modificadas, empleadas para la extracción-purificación de P.O., aplicadas a una muestra de sedimento colectada en Agosto de 1987, en la Laguna de Términos.

PLAGUICIDA	TECNICA DE LA E.P.A. MODIFICADA POR EL I.N.I.R.E.B. EN 1981.		TECNICA DE LA E.P.A., MODIFICADA POR GARAY EN 1982.			
	Concentración (ppm)	Porcentaje %	1° Fracción C o n c e n t a c i ó n (ppm)	2° Fracción C o n c e n t a c i ó n (ppm)	Sumatoria (ppm)	Porcentaje %
alfa HCH	0.0086	14.24	0.0044	n.d.	0.0044	13.21
beta HCH	0.0063	10.55	n.d.	0.0044	0.0045	13.50
gama HCH	0.0124	20.52	0.0017	n.d.	0.0017	5.12
aldrin	0.0070	11.64	0.0010	0.0008	0.0019	29.56
clordano	0.0253	41.95	0.0203	0.0037	0.0240	35.96
heptacloro	0.0009	1.11	n.d.	0.0009	0.0008	2.60
TOTAL	0.0604	100	2.0265	0.0100	0.0334	100

n.d.= no detectable.

Algunos de los plaguicidas como el alfa, beta y gama HCH aparecieron más evidentes en la técnica modificada por el I.N.I.R.E.B (usual) cuyos valores son: 0.0086 ppm, 0.0063 ppm y 0.0124 ppm respectivamente y con la modificación de Garay se obtuvieron menores cantidades que son: 0.0044, 0.0045 y 0.0017 ppm para cada uno en el mismo orden.

Otros plaguicidas; tienen diferencias menos aparentes, como es el caso del heptacloro, que con la técnica usual se detectaron 0.0007 ppm y con la técnica de Garay se determinaron 0.0009 ppm.

Por otra parte es necesario mencionar que el total de P.O. detectados para la muestra extraída con la técnica usual fué mucho mayor que con la técnica de Garay, aunque para hacer alguna conclusión al respecto sería necesario realizar una valoración con un mayor número de muestras y calcular cual es el rango de incertidumbre o error de ambas .

En la cotización de precios que se realizó recientemente y que se puede observar en la tabla 15, se puede ver que la técnica de extracción empleada por el I.N.I.R.E.B. tiene un costo aproximado de 113,675.20 pesos (m.n.); mientras que la técnica utilizada por Garay tiene un costo de 36523.00 pesos (m.n.); lo que provoca que en costos sea más accesible la segunda modificación de la técnica de extracción de P.O. de la EPA.

Tabla 15. Cotización de precios para dos modificaciones de la técnica de extracción de P.O. en sedimentos, propuesta por la E.P.A.

TECNICA DE I.N.I.R.E.B., 1981.		TECNICA DE GARAY, 1982.	
410 ml de acetona GP	14718.30	75 ml de acetona GA	1346.20
310 ml de hexano GP	22044.54	825 ml de hexano GA	11537.00
50 ml de cloruro de metileno GP	2918.00	150 ml de agua desionizada	218.73
30 gr de sulfato de sodio anhidro GP	2034.00	20 gr de sulfato de sodio anhidro	678.40
258 ml de agua destilada	378.32	20 gr de florisil	20000.00
30 gr de florisil purificado y GP	60000.00	11 gr de éter GA	353.00
240 ml de agua cloroformada.	1500.00	5 ml de isooctano	251.07
5 gr de cloruro de sodio anhidro	226.56	2 gr de lana de vidrio	2137.00
22 ml de cloroformo GP	1170.00	<hr/>	
6 ml de solución Keeper	424.40	Total de la extracción	36523.90
4 gr de lana de vidrio purificada	8427.20	más gastos de cromatografía	215435.55
<hr/>		<hr/>	
Total de la extracción	114540.76	Total del análisis	251959.35
(más gastos de la cromatografía)			
- Mezcla de estándares de plaguicidas	133550.00	G. P. = Grado plaguicida	
- Jeringa cromatográfica	80000.00	G. A. = Grado analítico	
- Gasto de gas por una inyección cromatográfica	2.00		
- Gasto por uso de columna	133.55		
<hr/>			
Total de un análisis	329975.76		

La presente cotización es aplicable a una sola extracción de plaguicidas, el calculo de los costos se hizo de manera proporcional, de acuerdo a los precios que ofrece los laboratorios de reactivos analíticos B.J. Baker S.A. de C.V. hasta el 1° de diciembre de 1989.

Los datos de profundidad, salinidad, temperatura y de oxígeno disuelto que se reportaron en los resultados han permitido verificar lo que en otros estudios han demostrado, acerca de las condiciones ambientales de la Laguna de Términos, como se explica a continuación.

- Los resultados de profundidad de cada uno de los sitios de colecta co rresponden a lo que se ha establecido en estudios previos y están dentro de los rangos de 0.5 a 4.4 metros, que se alcanzan en épocas de mareas, mismos que concuerdan con el nivel hidrológico de la laguna en esta estación climática, determinada en gran medida por la acción ciclónica, de mareas y por la precipitación pluvial (Mancilla y Vargas, 1980).

- Durante esta época del año existió un gran aporte de agua dulce; por parte de los ríos debido a las condiciones meteorológicas que prevalecieron y se observó un gradiente de salinidad bastante bajo, que va de 31.3 ‰ a 11.9 ‰ con respecto a lo que se suele encontrar en épocas de estiaje, según lo manifestado por Botello, 1978. Por otro lado, la salinidad de la superficie del agua de esta laguna tuvo un descenso que va de la Isla del Carmen hacia tierra firme, como lo han señalado Phleger y Ayala op cit.

- La temperatura de la superficie del agua de esta laguna se mostró muy uniforme, su rango se estableció de 24°C a 21°C y su valor promedio fué de 23°C, las temperaturas en esta estación del año, se mantuvieron en general 5°C abajo de los que se ha reportado en la épocas de secas (Botello, op cit.).

- La parte superficial de la Laguna presentó buena oxigenación debido a la acción de los vientos, estos valores oscilaron entre 4 y 2.1 mg/lt y aunque para esta época del año se han reportado valores máximos de 7.3 mg/lt, se considera que la oxigenación de la laguna es aceptable.

Los porcentajes de materia orgánica analizados en la Laguna de Términos se encontraron más elevados en las estaciones cercanas con sedimentos arcillosos, esto nos permite retomar lo ya establecido por De la Lanza, 1986, que menciona la importancia de la textura del sedimento en la asociación de la

materia orgánica, sin embargo de acuerdo a los valores de M.O. en el sedimento, estas cantidades varían de acuerdo al sitio de estudio y su abundancia es mayor cerca de los efluentes de agua dulce de la Laguna de Términos.

Plaguicidas Organoclorados en Sedimentos

De los 11 tipos de P.O. analizados en el presente estudio, se determinó la presencia de nueve compuestos que son el aldrin, clordano, alfa, beta y gamma DDT, endrin, heptacloro y dieldrin de acuerdo a las concentraciones encontradas en los sedimentos, se estableció un rango que va de 0.002 a 4.866 ppm, así como del promedio que ocupan un margen muy amplio y es difícil definir un patrón de concentración de P.O. típico para los sedimentos, pues tales resultados varían según el compuesto y la estación donde se detecta cada plaguicida, esto se debe a que cada lugar de muestreo de sedimentos está separado de 6 a 60 Km de distancia y no obstante de formar parte de un mismo ecosistema, cada sitio es receptor de estas substancias de manera diferente y el nivel de acumulación así como los efectos son distintos.

Al realizar una comparación de los P.O. y las concentraciones encontradas en los sedimentos de la Laguna de Términos en el presente trabajo y los reportados por Rosales y Alvarez en 1979 (Tabla 16), en particular para dos sitios de esta Laguna que son la Laguna de Panlau y la Boca de Atasta o Laguna Lodazal, se observó que los resultados más recientes que corresponden a los del presente estudio en 1986 son diferentes a lo esperado, pues en el primer estudio se determinaron concentraciones mínimas de estas substancias que no ponen en riesgo a los organismos de la Laguna, por ejemplo en la Laguna Panlau, donde no se habían detectado a los P.O.; se encontró para 1986 siete diferentes compuestos de P.O., en un rango de 0.003 a 0.034 ppm de aldrin, lo cual puede deberse a un incremento de P.O.

Tabla 16. Cuadro comparativo de los resultados obtenidos en dos estudios realizados en dos sitios diferentes de la Laguna de Términos.

PLAGUICIDAS	REFERENCIAS			
	Rosalez y Alvarez, 1979		Este estudio *	
	Laguna de Atasta	Laguna Panlau	Laguna de Atasta	Laguna Panlau
Aldrin	n.d.	n.d.	n.d.	0.034
endrin	n.d.	n.d.	n.d.	0.008
dieldrin	0.34	n.d.	n.d.	n.d.
clordano	n.d.	n.d.	n.d.	0.016
DDT	0.93	n.d.	n.d.	0.006
alfa HCH	n.d.	n.d.	n.d.	0.003
beta HCH	n.d.	n.d.	n.d.	0.003
gama HCH	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
heptacloro	n.d.	n.d.	n.d.	0.008

n.d.= no detectadó.
 * = 1986

en las descargas de agua por parte de los ríos, por uso agrícola desarrolla da alrededor de la Laguna de Panlau; por otra parte en el presente estudio no se detectó ningún P.O. en la estación que está cerca de la Boca de Atasta, aunque en 1979, se habían encontrado concentraciones de 0.93 ppm de DDT y 0.34 ppm de dieldrin, lo cual puede ser resultado de un decremento de aportes de estas sustancias en este lugar.

Con relación a los rangos y promedios de las concentraciones de cada uno de los plaguicidas encontrados en la Laguna de Términos, se observó que los compuestos con concentraciones más altas en este lugar son las del aldrin, clordano y beta HCH o lindano y las concentraciones más bajas son para el dieldrin, heptacloro, gama HCH, DDT y alfa HCH ; partiendo de estos datos se pensó en determinar cuales son las sustancias que ponen en peligro la vida de los organismos, que se desarrollan en los sedimentos de esta laguna, sin embargo se encontró que hasta la fecha no existe ningún estudio que establezca cuales son las máximas concentraciones de P.O. que pueden existir en el sedimento de diferentes cuerpos de agua (ríos, lagos y estuarios), de esta forma se consideró en realizar comparaciones entre nuestros resultados y los valores máximos permisibles de P.O. en descargas de aguas residuales en lagos y estuarios (SARH, 1971), así como los parámetros de calidad del agua requeridos para mantener, sin peligro la vida marina y la lagunar estuarina (SEDUE, 1990) y se encontró lo siguiente (ver tabla 16).

Con respecto a los máximos permisibles de P.O. en descargas de aguas residuales para lagos y estuarios, se observó que el compuesto que representa mayor preocupación en nuestra área de estudio es el aldrin, puesto que se registró un total de 7.76 ppm y las concentraciones más elevadas que equivalen a 4.86, 1.42, 1.39 y 0.043 ppm de las estaciones 8, 6, 2 y 4 respectivamente, sobrepasan el máximo permisible en estos ecosistemas para el aldrin que es igual a 0.04 ppm. El lindano es también un compuesto considerado de riesgo, ya que se encontró un total de 0.84 ppm y una concentración de 0.332 ppm en la estación 10, que rebasa el máximo permisible de lindano que es de 0.2 ppm en estas zonas; por otra parte se considera que existe

Tabla 16. Comparación de los niveles de P.O., determinados en los sedimentos de la Laguna de Términos y los máximos permisibles establecidos por la SARH en 1971 y por la SEDUE en 1990.

PLAGUICIDAS NIVELES DE P.O. ENCONTRADOS EN SEDIMENTOS. MAXIMOS PERMISIBLES

	MAX	MIN	TOTAL	PRGMEDIO	A	B
DIELDRIN	4.86	0.005	7.760	1.39	0.04	1.0
ENDRIN	0.03	0.003	0.241	0.026	0.3	0.04
DIELDRIN	-	-	0.060	-	0.6	0.7
DDT	0.04	0.003	1.000	0.016	0.6	0.1
HCH	0.42	0.005	0.430	0.104	0.2	0.003
CLORDANO	1.40	0.005	1.405	0.2	2.0	0.09
HEPTACLO RO	0.008	0.004	0.028	0.007	0.2	0.5

A= Descargas de agua de desecho a lagos y estuarios, según las normas de calidad del agua de la SARH, 1971.

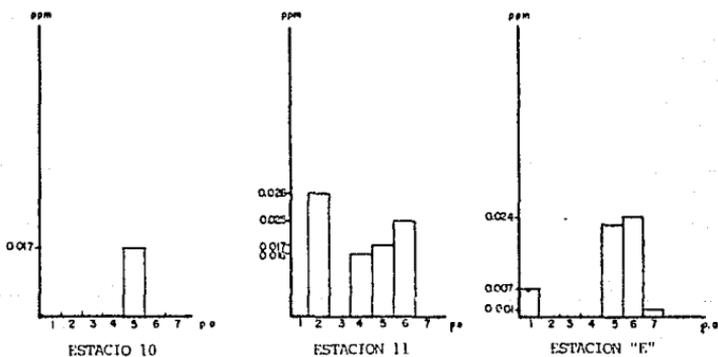
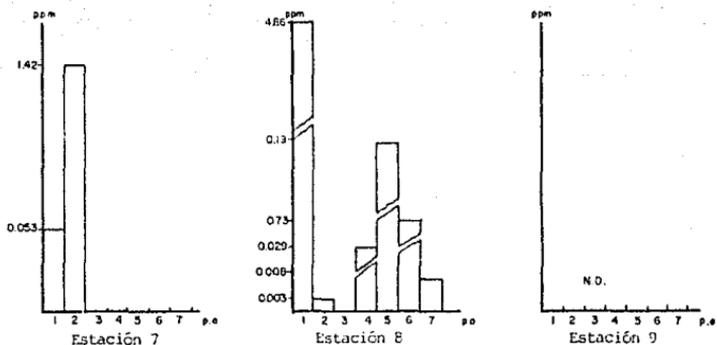
B= Valores máximos tolerables en lagos o estuarios, para la protección de la vida acuática en aguas marinas y costeras, de acuerdo a lo establecido por la Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología, 1990.

valores del clordano como el total que es igual a 1.405 ppm para este plaguicida, que puede representar un riesgo según las normas de la SARH, puesto que dicho valor es muy cercano al máximo permisible que es igual a 2.0 ppm.

De acuerdo a los máximos tolerables de P.O., para mantener la vida acuática de lagos y estuarios sin peligro, de acuerdo a las normas marcadas por la SEDUE, op cit. se observa que las concentraciones encontradas para el aldrin, HCH y el clordano, rebasan dichas normas y que por tanto pueden representar un riesgo en esta Laguna, en particular cuando se llevan a cabo surgencias de estos compuestos por la falta de oxígeno en la columna de agua.

Es importante señalar que el grado de acumulación de plaguicidas organoclorados para sedimentos es diferente que en los cuerpos de agua.

El hecho de que en los lugares más cercanos a la Punta Sabancuy (Estación 2 y 8) así como en la Isla del Carmen (Estación 6) hayan presentado las mayores cantidades de P.O. en las muestras de sedimento del presente estudio, demuestra que estos sitios son receptores de mayores aportes de compuestos organoclorados, que se realizan de manera directa o por aporte de los efluentes que allí desembocan, que se derivan de áreas con actividades agrícolas, ganaderas y domésticas (Secretaría de Programación y Presupuestos SPP, 1986) tales resultados son diferentes a los sitios cercanos a la Laguna de Panlau (estación 3 y 4), que tienen como drenes principales a los Ríos Candelaria y Mamantel, donde se detectaron menores cantidades de P.O., así como en los sedimentos de otros dos puntos de estudio que son la Laguna Lodazal y Boca de Palizada Vieja (Estaciones 9 y 10), que tienen como cauces de agua dulce al Río Palizada y al Río del Este, en las cuales se determinaron las menores concentraciones de P.O., por lo que se considera que es la zona menos afectada por estas substancias.



Continuación de la figura 8.

Nota la estación "E" pertenece a la muestra de sedimentos colectada en agosto de 1987, P.O.=plaguicidas organoclorados, ppm=partes por millón, N.D.= no detectados.

La presencia de P.O. en sedimentos de la parte central de la Laguna de términos como son la estación 5 y 11, las cuales están alejadas de efluentes de agua dulce y donde es difícil la aplicación de estos compuestos, se puede explicar por los efectos de las corrientes de agua del fondo de esta Laguna hacia los sedimentos superficiales, ya que esta zona suele presentar gran acumulación de sedimentos y por tanto de sustancias como los plaguicidas organoclorados.

La presencia de las reducidas cantidades de P.O. encontradas en los sedimentos de la parte oceánica frente a la Laguna de Términos se debe al gradiente de distribución de sedimentos en el mar por el arrastre de estos hasta la zona marina, por parte de las corrientes de agua aportadas por la Laguna de Términos (Figura 8).

Correlaciones

Con relación a los coeficientes de correlación existentes entre los P.O. y los parámetros hidrológicos analizados como son: temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, granulometría y materia orgánica, se observó lo siguiente.

La presencia de los plaguicidas organoclorados no se mostraron influenciados por las condiciones de la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, en la superficie del agua de la Laguna de Términos, debido a que los coeficientes de correlación calculados para el presente estudio, fueron menores de 0.5, es importante aclarar que en algunos estudios, se ha señalado que el proceso de incorporación de P.O. a los sedimentos depende de estos factores físico-químicos de un cuerpo de agua (Robinson op cit).

Con los valores de granulometría de cada uno de los sitios de estudio, no se consiguió calcular los coeficientes de correlación con los de P.O. acumulados en el sedimento; sin embargo se observó que las menores concentraciones de estos compuestos se encontraron en sedimentos cuya textura es más gruesa (gravo-arenoso) y las mayores concentraciones se detectaron

en sedimentos de textura más fina (limo-arcillosa), ya que el tamaño de las partículas que conforman al sedimento, es un factor que determina que diversas sustancias como los P.O., puedan ser atrapados en un sustrato.

Las correlaciones más significativas son las que existen entre la materia orgánica y la cantidad de P.O. acumulados en los sedimentos de la Laguna, ya que todos los coeficientes de correlación que se obtuvieron son mayores a 0.5 y oscilan de 0.61 a 0.95, esto comprueba que la presencia de M.O. es un parámetro químico de gran importancia en el proceso de deposición de los P.O. en los sedimentos; como se ha reportado en estudios realizados por Wittowski, op cit.

Recuperaciones

Considerando los resultados obtenidos en el análisis de los P.O. en las extracciones simples y con el estándar interno, no se obtuvo el grado de recuperación de P.O. esperado, puesto que a cada una de las extracciones con estándar interno se le inyectó 1 microgramo/mililitro de plaguicidas y los valores encontrados no mostraron tal incremento, esto permite establecer que la técnica no logró retener a todos los compuestos previamente adicionados, con toda seguridad por el excesivo número de lavados, sin embargo no fué posible calcular el margen de error de dicha técnica, por lo tanto se propone la realización de una evaluación precisa, empleando un mayor número de muestras o hacer la depuración de la técnica empleada por el INIREB, op cit.

Comparación de Dos Técnicas de Extracción de P.O.

La comparación entre dos modificaciones hechas a una técnica usada por la EPA, para la extracción de P.O. nos permitió comprobar que en ambas se puede conseguir la detección de los mismos compuestos orgánoclorados, sin

embargo no fué posible conocer las diferencias de la eficacia de una y otra modificación, ya que solo fué empleada una sola muestra de sedimento y solo se realizó una extracción de cada técnica modificada y se considera que para hacer una estimación precisa, se requiere de un mayor número de extracciones. En lo que se refiere a la cotización de precios se comprobó que el gasto de la técnica usada por el INIREB es más costosa que la técnica de Garay y que por tanto la segunda técnica puede sustituir a la primera técnica por los costos que implica.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos formulados en el presente estudio así como los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente.

Los P.O. que se detectaron son nueve tipos de compuestos organoclorados, el aldrin, clordano, DDT, alfa, beta y gama HCH, endrin, heptacloro y dieldrin, estos compuestos son utilizados con más frecuencia en los alrededores de la Laguna de Términos y la mayor depositación de estas sustancias se efectuó en la propia Laguna, ya que las cantidades que allí se acumulan, sobrepasan a las que se encontraron en la parte oceánica frente a la Laguna de Términos.

Se considera que la zona de la Laguna donde ingresan y se acumulan mayores cantidades de P.O. en los sedimentos es la que rodea a la Punta del Estero Sabancuy.

Se comprobó que los diferentes plaguicidas organoclorados tienen preferencia en su asociación al sedimento, con mayores cantidades de materia orgánica y al sedimento con textura fina.

Se determinó que las cantidades de aldrin, lindano sobrepasan a los máximos permisibles en las normas de calidad del agua, establecidas para descargas de agua de desecho a lagos y estuarios de la SARH y que el aldrin, lindano y clordano rebasan los máximos tolerables para mantener sin peligro el desarrollo de las especies lagunares-estuarinas, que marca de SEDUE.

Se probó que la modificación a la técnica para extracción de P.O usada por Garay es menos costosa que la utilizada por el INIREB.

BIBLIOGRAFIA

- Albert., y P. Aldana, 1981. "Manual para la determinación de residuos de plaguicidas". Programa de Desarrollo Tecnológico, INIREB, pp. 115.
- Amezcua L.F. y A.A. Yañez, 1980. "Ecología de los sistemas fluvio-lagunas asociados a la Laguna de Términos. El habitat y estructuras de las comunidades de peces". An. del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM núm. 76 Vol. 1, pp. 69-118.
- Bevenue A., 1976. "The bioconcentration aspects of DDT in the environment" Res Rev. Núm. 61 pp. 37-112.
- Boryslawski M., A. C. Garrod and J. T. Pearson. 1987, "Rates of accumulation of dieldrin by a freshwater filter feeder, Sphaerium corneum" Environmental pollution, núm. 43, pp. 3-13.
- Botello A.V., E. Hickes y E.F. Mandelli. 1976. "Estudios sobre los niveles de algunos contaminantes en la Laguna de Términos, Campeche, México". Simposio presentado en Simposio CICAR II, Progress in Marine Research in the Caribbean and Adjacent Regions, Caracas Venezuela, Julio 12-16, 1976, FAO. Fish Rep. núm. 203 (supl.) 264-289.
- Botello A.V. 1978. "Variación de los parámetros hidrológicos en las épocas de sequía y lluvias (Mayo y Noviembre de 1974) en la Laguna de Términos, Campeche, México". An. del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM núm 3, Vol 1, pp. 159-178.
- Botello A.V. 1979. "Presencia e importancia de hidrocarburos fósiles en el medio ambiente marino" Nota científica An. del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM, núm 6 Vol 1 pp. 1-6.
- Botello A.V. 1983. "Variación estacional del contenido de metales pesados en Thalassia testudinum y sedimentos de una zona costera del Golfo de México, Informe presentado en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM.
- Botello A.V. 1985. "Vigilancia de la contaminación por petróleo en la Bahía de Campeche y la zona costera del Caribe Mexicano". Reporte presentado al Consejo de Ciencia y Tecnología. Instituto de Ciencias de Mar y Limnología, UNAM. México D.F.
- Botello A.V. 1987. "Importancia de la zona costera" en: El pantano una riqueza que se destruye. de la serie medio ambiente en Coatzacoalcos, editado por el Centro de Ecodesarrollo, Vol XII, pp 41-91.

- Bridges W.R. and Andrews A.R., 1961. "Effects of DDT sprays on fish and wildlife aquatic insects in Gallatin River drainage in Montana, U.S.". Fish and Wildlife Service Specific Report to Fisheries. núm. 391, pp. 1-4.
- Brown A., 1978. ECOLOGY OF PESTICIDES, MARINE POLLUTION. John Wiley & Sons, New York, U.S.A., pp. 1-223.
- Carbaja J.R., 1973. "Condiciones ambientales y de productividad de la Laguna de Términos en Campeche, México". Laguna. núm. 51, pp. 39-59.
- Contreras F., 1985. LAGUNAS COSTERAS MEXICANAS. Centro de Ecodesarrollo y la Sec. de Pesca, México, D.F., pp. 29-85.
- Crenlyn R., 1978. PESTICIDES, PREPARATION AND MODE OF ACTION. John Wiley & Sons, New York, U.S.A., pp. 1-320.
- De la Lanza E.G., 1986. "Materia Orgánica en los Sedimentos del Sistema Lagunar Huisache y Caimanero; importancia, comportamiento y significado en modelos de predicción". An. del Inst. de Cienc. del Mar y Limnol. de la UNAM. núm. 13, vol. 1, pp. 251-256.
- Eisler R., 1969. "Acute toxicities of insecticides to marine decapod and crustaceans". Crustaceana. núm. 16, pp.302-310.
- Eisler R., 1970. "Acute toxicities of organochlorine and organophosphorus insecticides to estuarine fishes". U.S. Dept. Bull. Sport Fish Wildlife Tech. núm. 46, pp. 1-12.
- Environmental Protection Agency EPA, 1979. MANUAL OF ANALYTICAL METHODS FOR THE ANALYSIS OF PESTICIDES IN HUMAN AND ENVIRONMENTAL SAMPLES. Edit. For Randall r. watt. EPA, U.S.
- Ferraez E.R., 1973. "Efectos de los insecticidas clorinados sobre el fitoplancton". Laguna. núm. 31, pp.25-27.
- Fornster V. and G.T.W.Wittman, 1979. METAL POLLUTION IN THE AQUATIC ENVIRONMENTAL. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, New York.
- Garay T.J., 1982. "Optimización y ajustes realizados a las técnicas de extracción de plaguicidas". Manual de Técnicas para el Análisis de parámetros Fisicoquímicos y de Contaminantes Marinos. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrológicas de la Armada Nacional Cartagena, Colombia, segunda edición.

- García E., 1973. MODIFICACIONES AL SISTEMA AL CLASIFICACION DE KOPPEN. para adaptarlo a las condiciones de la Republica Mexicana, Instituto de Geografía de la UNAM. México, D.F., pp. 264.
- Gaudette H.E., Flight W.R., Toner L. and D.W. Folger, 1974. "An inexpensive titration method for determination of organic carbon in recent sediments". J.Sediments, petrol. núm. 44, vol. 1, pp. 249-253.
- George J.L., Darsie R.F., 1967. "Effects on wildlife of aerial applications of strobane, DDT, and BHC to tidal marshes in Delaware". J. Wildlife manage. núm. 21, pp.42-56.
- GESAMP (Joint Group of Experts on the Scientifics of Marine Pollution), 1977. "Impact of oil on the marine environmental". Report and Studies. núm. 6, pp. 235.
- Goldberg E.A., 1975. "The mussels watch a firts step in global marine monitoring". Marine Pollution Bulletin. núm. 6, pp.111.
- Grivel P.F. y V.E. Arce, 1977. "Configuración cotidal en la Laguna de Términos Campeche". Instituto de Geofísica de la UNAM (no publicado)
- Hicks E.A., 1976. VARIACION ESTACIONAL EN LA CONCENTRACION DE ELEMENTOS METALICOS EN OSTIONES DE LA LAGUNA DE TERMINOS, CAMPECHE, MEXICO. Tesis profesional de la Fac. de Química de la UNAM.
- Holden A.V., 1985. "Monitoring persistent organic pollution" IN: ORGANOCHLORINE INSECTICIDES. Edit. by Moriarty F., Academic Press, New York, London and San Francisco, pp. 1-21.
- Hurlbert S.H., 1975. "Secondary effects of pesticides on aquatic ecosystems". Residues Rep. núm. 57, pp.81-148.
- Jonhson D.W., 1988. "Pesticides and fishes" a review of selelct literatu re Amer. Fish Soc., núm. 97, pp. 398-424.
- Kenneth H. G., A. K. Conelly, Widne Ellis etcôtera, 1987. "The effects of DDT (1.1.1,-Trichloror-2,2 bis-(p-Chlorophenyl-ethano)) on the cell composition of Chlorella fusca". Environmental Pollution, (Series A) núm. 34, pp. 25-35.
- Kannan S.T. and Gupta R.S., 1987. "Organochlorine residues on zooplanton of Saurashia Coast, India". Marine Pollution, núm. 8, vol. 2 pp.92-104.

- Lankford R. 1977. COASTAL LAGOONS OF MEXICO. Their origin and classification. Est. Proc. 2, Press Academic Inc. New York. pp. 182-215.
- Laserre P., 1985. "Coastal Lagoon Sanctuary Ecosystems Gradless of Culture, Targets for Economic Growth". Nat. and Rec., núm. 4, vol. 5 pp. 1-21.
- Mancilla P.M. y Vargas F.M., 1980. "Los primeros estudios sobre circulación y el flujo neto del agua a través de la Laguna de Términos, Campeche, México" An del Inst. de Cicnc. del Mar y Limnol. de la UNAM. núm. 7, vol. 2, pp. 1-28.
- Mac Nair M. H., 1981. CROMATOGRAFIA DE GASES. Sec. Gral. de la Org. de los Est. Am., prog. Reg. del des. Cient. y Tecnol., Washintong D.C., pp. 1-85.
- MARNR, 1980. TALLER REGIONAL DE ENTRENAMIENTO PARA EL ANALISIS DE HIDROCARBUROS DEL PETROLEO EN ORGANISMOS Y SEDIMENTOS MARINOS. (PNUMA/ MARNR/DHN). Reporte realizado en Caracas Venezuela del 1º al 10 de noviembre de 1988.
- Mensel D.W., J. Anderson & A. Randkie, 1971. "Marine phytoplankton vary in their response to chlorinated hydrocarbons". Science. núm. 167, pp. 1724-1726.
- Metcalf R.C. 1971. "The chemistry and biology of pesticide". In: PESTICIDES IN THE ENVIROMENTAL . Ed. by Stevens Marcel Decker Inc., New York, pp. 82-420.
- Moriarty F., 1975. ORGANOCHLORINE INSECTICIDES . Academic Press, New York, San Francisco and London. pp. 29-70.
- Nimmo D.R., 1982. "Pesticides, transport and fate of Pesticides" IN: FUNDAMENTALS OF AQUATIC TOXICOLOGY. Hemisphere Publishing, Corporation, New York. pp. 341-373.
- Ober A.G., 1978. "Organochlorine Pesticides Residues in the Sediments by Cyclic steam distillation". Bull. Environ. Toxicol., Springer-Verlag, New York. núm. 38, pp. 404-408.
- Phleger B.F. and A.C. Ayala, 1971. "Process and history of Terminos Lagoon Mexico". Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., núm. 55, vol. 2, pp. 2130-2140.

- Phillips D.J.H., 1976. "Use of biological indicator organisms to quantitative organochlorine pollutant in aquatic environments" Environmental Pollut. núm. 16, pp. 167-228.
- Ponce V.G., 1988. EVALUACION DE METALES PESADOS EN SEDIMENTOS Y PEJIDOS DEL OSTION *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1781) DE LA LAGUNA DE TERMINOS CAMPECHE, MEXICO. Tesis profesional de la Facultad de Ciencias UNAM, pp. 1-70,
- PNUMA, 1978. EL ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE. Informe anual de 1977-78; Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. pp. 4-13.
- Reed E.I., 1988. "Chlorinated Pesticides Residues in Marine Sediments" Marine Pollution Bull. núm 13, pp.217-218.
- Restrepo I., 1988. "Naturaleza muerta, los plaguicidas en México" Rev. vista Ciencias. de la Facultad de Ciencias UNAM., núm 7. pp. 27-49
- Rodriguez S.H. y Romero J., 1981. "Niveles de contaminación bacteriana en dos sistemas fluvio-lagunares asociados a la Laguna de Términos Campeche". An. del Ins. de Cienc. de Mar y Limnol. UNAM., núm. 8, vol. 1, pp. 63-68.
- Rosalez H.M.T.L., 1979. "Sobre la dispersión de compuestos organoclorados en el medio ambiente marino". nota científica, An. del Inst. de Cienc. del Mar y Limnol. UNAM., núm 6, vol. 1, pp. 33-36.
- Rosalez H. M. y Alvarez L.R., 1979. "Niveles actuales de hidrocarburos organoclorados en sedimentos de lagunas costeras del Golfo de México". An. del Inst. de Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. núm. 6, vol. 2, pp. 1-6.
- Robinson J.W., 1982. "Analysis of pesticides in water " In: CRC SERIES IN ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL CONTROL. Press In Boca Raton, Florida, pp. 1-25.
- Salihoglu I., Fanganeli J. & Sirn J., 1980. "Chlorinated hidrocarbon (pesticides and PCBs) in some marine organisms and sediments in experimentally polluted ecosystems in the lagoon of stuarine (North-Adriatic) and its surrounding". Rev. Ins Oceanographic Med. núm 58, pp. 3-11.
- SARH, 1971. "Normas de calidad del Agua potable". Diario Oficial se la Republica Mexicana. Septiembre de 1971.

- SARH, 1985. GUIA PARA LA ASISTENCIA TECNICA AGRICOLA DEL CAMPO DE TABASCO Y CAMPECHE. Ints. Nal. de Inv. Agric. de la Sec. de Agric. y Rec. Hid. Tomo 5.
- SEDUE. 1990. "Acuerdo en que se establecen los Criterios de Ecológicos de la Calidad del Agua CECCA 001/89.". Gaceta Ecológica . núm 6, vol 2, pp.26-37.
- Soria P. L. 1986. LOS PESTICIDAS Y SU DETERMINACION. Tesis profesional de la Facultad de Química de la UNAM.
- Springer P.F., 1965. "Pesticides, a new factor in coastal environments". Wildlife. Nat. Recs. núm. 28, 378-390.
- Sordengreen A. 1968. "Uptake and Accumulation of C-14 DDT by Chlorella pirenoides sp". Oikos. núm. 22, vol. 2, pp.213-223.
- Strikland D.H. y T.R. Parsons. 1968. "A practical handbook of seawater analysis". Bull. Fish. B.D. CAN., núm 167.
- Weber B 1972. "Some aspects of surface interactions of clays with organophosphorates and organochlorine pesticides" Soil Sci. núm. 125. pp.210-216.
- Wittowski P.J., Smith J.A., Fusilios T.V. and Chiou C.T., 1986, A review of surface water-sediments fractions and their interactions with persistent man-made organic compounds ". U.S. Geological Survey Circular. núm 993.
- Wister C.F. Jr. 1968. "DDT reduces photosynthesis by marine phytoplankton". Science. núm. 159. pp. 1474-1476.
- Yañez A. 1983. "Environmental Behaviour of Campeche Sound Ecological system off Terminos Lagoon Mexico Preliminary Results" An. del Inst. de Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. núm 10, vol 1, pp. 117-186.
- Yufera P. 1977. QUIMICA AGRICOLA. Ed. Alhambra, Madrid-España. pp. 76-120.