



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MÉXICO**

POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

**EVALUACIÓN DE PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS EN
LAGUNA DE ALVARADO, VERACRUZ, MÉXICO.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRA EN CIENCIAS (QUÍMICA ACUÁTICA)

PRESENTA:

HIDROBIÓL. CLAUDIA PALMERÍN RUIZ

DIRECTOR DE TESIS:

DR. ALFONSO VAZQUEZ BOTELLO



MÉXICO D.F. 2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	3
II.	ANTECEDENTES.....	11
III.	DESCRPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	15
IV.	JUSTIFICACIÓN.....	35
V.	HIPÓTESIS.....	36
VI.	OBJETIVOS.....	36
VII.	MATERIAL Y MÉTODO.....	38
VIII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
IX.	CONCLUSIÓN.....	87
X.	REFERENCIAS.....	89
XI.	ANEXOS.....	98

I. INTRODUCCIÓN

Un plaguicida es una sustancia o mezcla de sustancias destinadas a controlar cualquier plaga, incluidos vectores que transmiten enfermedades humanas y de animales, especies no deseadas que causan perjuicio o que interfieran con la producción agropecuaria y forestal, las que causan daño durante el almacenamiento o transporte de alimentos u otros bienes materiales, incluyendo sustancias defoliantes y desecantes. De acuerdo con el Catálogo Oficial de Plaguicidas, Cicoplafest (1998), los plaguicidas se pueden clasificar de varias maneras, por ejemplo, de acuerdo a los organismos que controlan:

*Insecticidas y acaricidas: Son sustancias o mezcla de ellas utilizadas para prevenir, matar, repeler o disminuir poblaciones de insectos como cucarachas, termitas, chapulines, pulgones, escarabajos. Los acaricidas controlan organismos de tamaño pequeño parecidos a las arañas que pueden transmitir enfermedades a las plantas, como la araña roja.

*Herbicidas: Son sustancias de origen orgánico u organosintético que se aplican para combatir poblaciones vegetales indeseables, como zacate, quelite, verdolaga, malva y trébol.

*Fungicidas: Son compuestos que se usan para prevenir y detener el ataque de hongos fitopatógenos como la roya, el carbón y mildiu.

*Fumigantes: Son compuestos químicos que en contacto con el oxígeno del aire se gasifican produciendo vapores o humo y son de efecto mortal para insectos, hongos, nemátodos y roedores. Se utilizan en lugares cerrados o se aplican directamente al suelo.

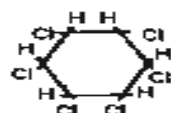
*Rodenticidas o Roedoricidas: Son materiales que se utilizan solos o como cebos preparados para abatir poblaciones de roedores, como ratas, tuzas y ardillas.

*Nematicidas: Son sustancias destinadas a detener y prevenir el ataque de organismos con forma de diminutos gusanos que habitan bajo la tierra y causan importantes daños en las plantas.

Características generales de los organoclorados, Cicoplafest (1998):

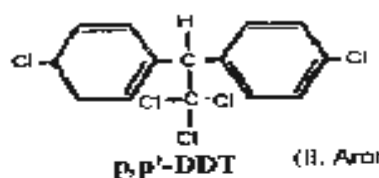
- Insolubles en disolventes polares.
- Solubles en disolventes de baja polaridad.
- Muy estables química y bioquímicamente.
- Vida media en el ambiente superior a diez años.
- Toxicidad de amplio espectro.
- Solubles en lípidos.
- Bioacumulables.

Clasificación de los organoclorados, Cicoplafest (1998):



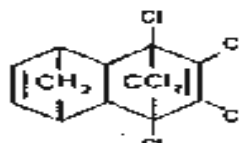
Lindano

1. Derivados de hidrocarburos alicíclicos



p,p'-DDT (H. Arocl)

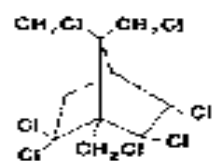
2. Derivados de hidrocarburos aromáticos



Aldrin

3. Derivados de hidrocarburos ciclodiénicos

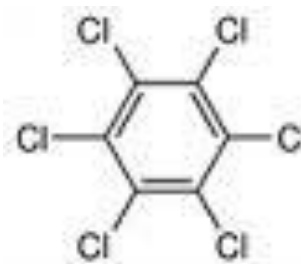
4. Derivados del pentaciclodecano



TOXICANTE C

TOXAFENO

5. Derivados de hidrocarburos terpénicos



6. Hexaclorobenceno

La historia de los plaguicidas se puede resumir y dividir en tres grandes etapas: la primera a principios del siglo XIX, cuando se descubrió accidentalmente la acción plaguicida de algunos elementos naturales como el azufre, cobre, arsénico, piretrinas (sustancias obtenidas de los pétalos del crisantemo -*Chrysanthemum cinerariifolium*-), y fósforo; así mismo se inició el uso de los derivados del petróleo. La segunda etapa en 1922, cuando se emplearon diferentes aceites insecticidas y poco más tarde los primeros productos sintéticos. La tercera etapa, en la que en 1940 se descubren las propiedades insecticidas del dicloro-difenil-tricloroetano, mejor conocido como DDT (Estrada, 1998). A partir de esa fecha ese nuevo compuesto se utilizó para la eliminación de algunos parásitos como el piojo.

Desde entonces se han producido potentes venenos contra los diferentes organismos plaga, siendo la mayoría organoclorados, (su principal característica es que poseen átomos de carbono, cloro, hidrógeno y en ocasiones, oxígeno) son muy estables en el ambiente. Y organofosforados derivados del ácido fosfórico, poseen un átomo central de fósforo en su molécula (Cremllyn, 1979).

Sin embargo, el uso intensivo de estos compuestos empezó a producir enormes problemas de contaminación ambiental y daños a la salud, tal es el caso del DDT que se desarrolló como el más conocido entre los organoclorados y fue usado extensivamente para el control de plagas hasta su prohibición en 1979. Sus metabolitos (productos secundarios de su degradación) se han encontrado contaminando el suelo y el agua, así como en tejidos animales y en humanos. Otros ejemplos de este tipo de plaguicidas son el Endrín, Heptacloro, Hexacloro, entre otros; los cuales han causado también una grave contaminación de los ecosistemas.

Cicoplafest (1998), ha catalogado de la siguiente manera a algunos plaguicidas organoclorados:

Prohibidos	Restringidos	Uso agrícola e industrial
Aldrín	DDT	Endosulfán
Dieldrín	Lindano	
Endrín	Metoxicloro	
Mirex	Dicofol	
Kepone	Pentaclorofenol	

El gamma-HCH (lindano) es componente de algunos shampoos para el tratamiento de piojos en la cabeza; su uso como plaguicida en la agricultura ha disminuido en años recientes aunque continúa siendo utilizado. Como resultado de continuas liberaciones y su persistencia en el ambiente, el alfa-HCH permanece esparcido en el ambiente.

El lindano es uno de los insecticidas más ampliamente usados, su vida media es de dos años. Su baja presión de vapor favorece el transporte de largo alcance en la atmósfera. Es moderadamente tóxico para los invertebrados y los peces.

El lindano es altamente persistente en el ambiente, concentrándose en agua, aire, suelo y sedimentos, donde puede contaminar a los organismos expuestos, bioacumularse en los tejidos grasos y bioconcentrarse a través de la cadena alimenticia.

La EPA (EU, 2005), menciona que las principales características de los POCs (Plaguicidas organoclorados) es que son compuestos tóxicos, persistentes, bioacumulables y pueden viajar a grandes distancias, ya que generalmente son semivolátiles y, por lo tanto, las corrientes de aire pueden arrastrarlos, depositarlos en el suelo y volver a volatilizarse, para ser llevados de nuevo y repetir el ciclo. Asimismo, pueden ser arrastrados por corrientes de agua dulce y marina y de este modo, pueden afectar poblaciones alejadas del lugar donde se emitieron (tomado de Rendón *et al.*, 2005).

La contaminación del ambiente por plaguicidas se da por aplicaciones directas en los cultivos agrícolas, derrames accidentales, lavado inadecuado de tanques contenedores, filtraciones en los depósitos de almacenamiento y residuos descargados y dispuestos en el suelo. Los restos de estos plaguicidas se dispersan en el ambiente y se convierten en contaminantes para los sistemas bióticos y abióticos, amenazando su estabilidad y representando un peligro de salud pública (Ortiz-Hernández *et al.*, 1997).

El sedimento es un compartimiento ambiental que funciona como depósito de diversos compuestos que son arrastrados por la escorrentía que drena al cuerpo de agua al cual pertenece la cuenca, por lo que se ha determinado la presencia de residuos de compuestos organoclorados en sitios cercanos a la escorrentía proveniente de zonas de cultivo. Se ha reportado que la escorrentía del drenaje de campos agrícolas puede, en ocasiones, causar mortalidad de peces y camarones. Así mismo, los sedimentos constituyen un gran depósito de plaguicidas, principalmente, de organoclorados (Carvalho *et al.*, 2002).

LAGUNAS COSTERAS.

Las lagunas costeras, son de los ecosistemas más productivos, lo cual se refleja en su alta producción pesquera y diversidad. Esta elevada productividad se debe a que dichos ecosistemas disponen de nutrientes terrígenos provenientes de los ríos, escurrimientos y del reciclamiento durante la mineralización de la materia orgánica en el sedimento, así como la resuspensión de la materia orgánica en la columna de agua. La alta fertilidad de las lagunas costeras mantienen una rica y compleja trama alimenticia, sosteniendo importantes pesquerías (Botello *et al.*, 2000).

Los organoclorados empleados en campañas de salud y en zonas agrícolas llegan al ambiente costero a través de drenes, escurrimientos, ríos o por transporte atmosférico. Estos pueden ser movilizados a través de procesos de solubilización, adsorción, bioacumulación, volatilización o transportados en asociación con materia particulada suspendida, debido a su baja solubilidad. También pueden ser directamente aplicados a la zona costera para el control de larvas, algas y malezas acuáticas (Fig. 1), (Albert y Benítez, 2005).

En el ambiente costero, los organoclorados pueden ser transformados en compuestos de estructura diferente que no siempre son menos tóxicos, ni menos estables, esto puede ocurrir por altas temperaturas, luz lluvia, degradación química o biótica, bioturbación, erosión eólica o por eventos de inundación; diversas actividades pueden transferir sedimentos contaminados a la columna de agua (Hilscherova *et al.*, 2007).

La toxicidad de los plaguicidas está influida por el estadio de desarrollo de los especímenes así como por los factores ambientales, principalmente por la temperatura y la salinidad (Espina y Vanegas, 2005).

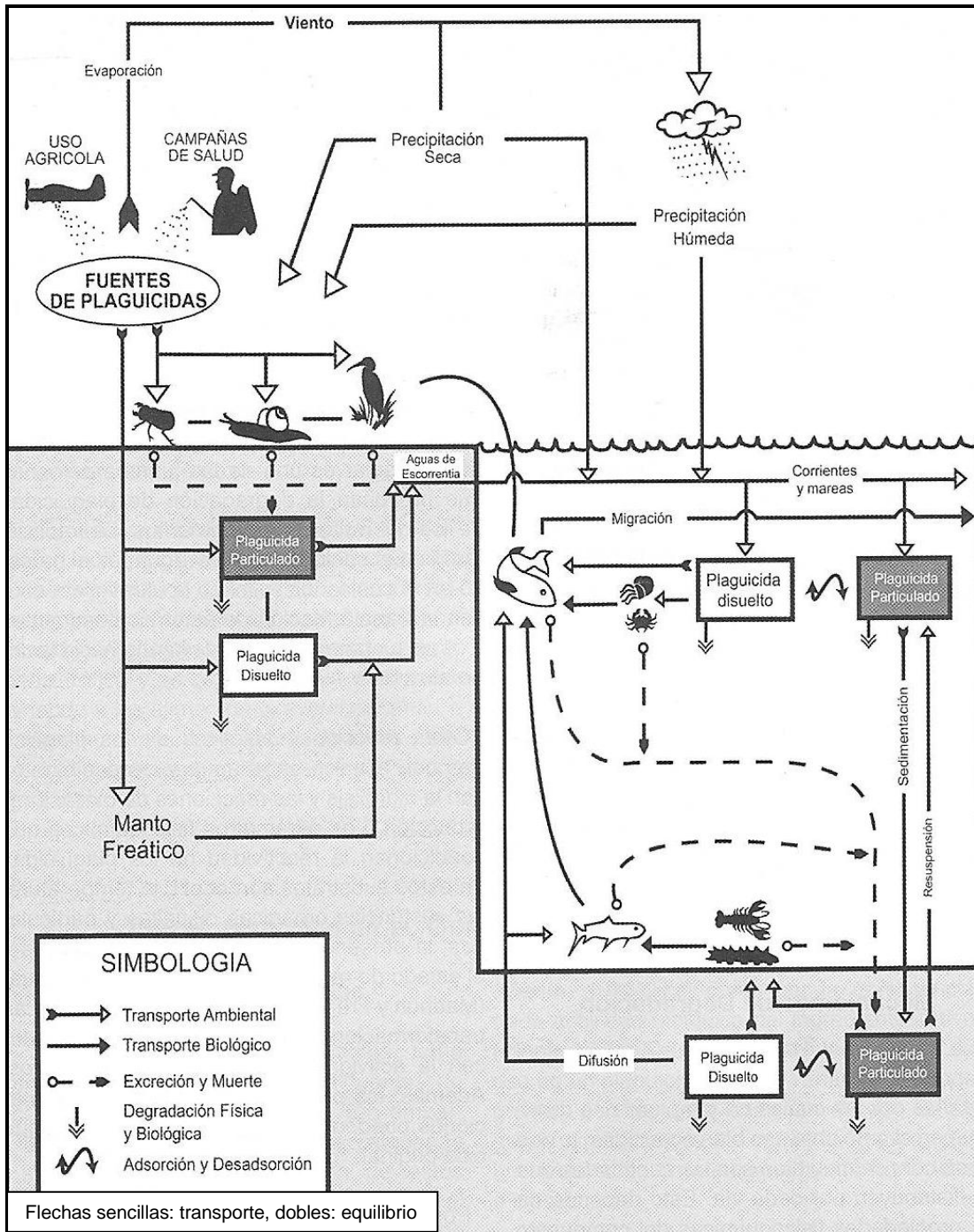


Figura 1. Mecanismos de transporte de plaguicidas en zona costera (Albert y Benítez, 2005).

II. ANTECEDENTES

Los plaguicidas organoclorados persistentes han sido utilizados para la agricultura en América latina durante las últimas décadas, aunque su uso en la agricultura es ilegal hoy, en términos generales. En particular, en México, se han utilizado grandes cantidades para cultivos comerciales. En años más recientes, el uso de plaguicidas organoclorados se ha restringido a programas de salud pública contra enfermedades como la malaria. Considerando esto, México es por mucho, el mayor usuario del plaguicida DDT, seguido por Brasil y otros países que utilizan cantidades menores.

En lo que respecta a la distribución geográfica en México, las zonas con mayor uso de plaguicidas en la agricultura y con fines sanitarios se muestran en los cuadros 1 y 2, respectivamente.

Cuadro 1. Zonas con mayor uso de plaguicidas en la agricultura en México, 2000-2005.

LUGAR	ESTADO O ZONA
1	SINALOA
2	CHIAPAS
3	VERACRUZ
4	JALISCO-NAYARIT-COLIMA
5	SONORA-BAJA CALIFORNIA
6	TAMAULIPAS
7	MICHOACÁN
8	TABASCO
9	ESTADO DE MÉXICO
10	PUEBLA-OAXACA

NOTA: ALREDEDOR DEL 70% DE LOS PLAGUICIDAS SE CONSUMEN EN LAS PRIMERAS SEIS ENTIDADES

Cuadro 2. Uso de DDT para el control de paludismo en México, 1988-1999.

ESTADO	DDT AL 75 %, TONS
CHIAPAS	1,365.305
OAXACA	1,301.530
GUERRERO	1,099.480
QUINTANA ROO	892.287
MICHOACÁN	797.460
VERACRUZ	739.510
SINALOA	668.956
TABASCO	534.962
CAMPECHE	350.238
PUEBLA	288.360
MORELOS	245.230
NAYARIT	189.649
HIDALGO	156.092
SONORA	146.69
JALISCO	121.05
COLIMA	109.97
SAN LUIS POTOSÍ	104.571
QUERÉTARO	61.99
CHIHUAHUA	59.117
ESTADO DE MÉXICO	44.799
DURANGO	38.306
ZACATECAS	26.462
TAMAULIPAS	16.308
GUANAJUATO	10.063
AGUASCALIENTES	2.41
NUEVO LEÓN	1.642
BAJA CALIFORNIA SUR	1.106
TOTAL	8,900.181

En el caso de las costas mexicanas del Golfo de México, los estudios se han enfocado principalmente en lagunas costeras y poco en áreas marinas. Se han determinado concentraciones altas de compuestos organoclorados como heptacloro, aldrín, dieldrín y DDT en sedimentos del sur del Golfo de México (Botello *et al.*, 1992).

La zona costera del Golfo de México presenta una gran intensidad de contaminación. En ella se encuentran diversos tipos de contaminantes como desechos industriales y municipales que llegan a las lagunas a través de escurrimientos locales y de ríos. En estos cuerpos lagunares los desechos sufren una serie de transformaciones como precipitación, fluctuación y sedimentación antes de llegar al mar. Estos procesos pueden provocar que los contaminantes sean más tóxicos, que incrementen su tiempo de residencia en la columna de agua y aumenten su toxicidad para los organismos que habitan estas áreas.

Por otra parte en la Laguna de Mecoacan, Tabasco, el rango de concentraciones de plaguicidas organoclorados en sedimentos fue de 6 a 370 $\mu\text{g/Kg}$ (Armenta-Arteaga y Elizalde-González, 2003). En la laguna de Términos se ha detectado la presencia de plaguicidas organoclorados en algunos de sus sistemas fluvio-lagunares (Gold *et al.*, 1993).

Las descargas de los ríos Usumacinta, Grijalba, San Pedro, Palizada, Boca Chica, Chumpán y Candelaria puede ser que arrastren y depositen residuos de plaguicidas organoclorados en el Golfo de México debido a que estos compuestos fueron empleados en los municipios aledaños (Rendón *et al.* 2005).

En México los altos niveles de DDT son consecuencia de su uso para el control de vectores. El DDT es el contaminante más común en peces y crustáceos analizados del Golfo de México (Allsopp y Erry, 2000).

En algunas áreas como lagunas, estuarios y ríos estos contaminantes se han incrementado y rebasan cualquier norma ambiental produciendo impactos ecológicos negativos en los organismos que habitan estos ecosistemas y en ocasiones generando problemas de salud pública.

Actualmente son empleados alrededor de 260 tipos de plaguicidas en México (Rendón *et al.*, 2005). CICOPLAFEST (1991), reporta 499 plaguicidas autorizados para su uso en el país, de los cuales 158 son insecticidas, y acaricidas, 102

herbicidas, 125 fungicidas, 8 fumigantes, 15 rodenticidas, 71 coadyuvantes, 1 molusquicida, 4 nematocidas, 1 protector de semillas, 12 atrayentes y feromonas y 2 repelentes.

Entre los principales plaguicidas que actualmente se venden para propósitos de agricultura se usan los siguientes niveles: aldrín 1000 ton/año; endrín 15000 ton/año; dieldrín concentraciones variables; lindano 80 ton/año.

Análisis realizados para determinar la concentración de DDT y sus metabolitos en los tejidos de ostiones y almejas, así como de algunos peces de los principales estuarios y lagunas costeras mexicanas, muestran que estos compuestos están presentes en niveles detectables de 0.06 a 28 ppb. Otros plaguicidas como el dieldrín, aldrín, hexaclorobenceno, endosulfán II y endrín, también se encuentran en niveles notables y los más altos se han detectado en las cercanías de áreas industriales o de centros urbanos, como los litorales de Veracruz y Tabasco (Botello y Ponce, 1993).

En ciertos casos, el lindano puede ser fuertemente adsorbido en suelos que contienen una gran cantidad de materia orgánica, sin embargo, puede lixiviar con agua de lluvia o riego artificial, sus usos son los siguientes:

Usos del lindano	(Catálogo oficial de plaguicidas 1998)
Tratamiento de Semillas	Avena, cebada, frijol, maíz, sorgo y trigo
Otros	Veterinario (contra parásitos externos) Salud pública (contra piojos y sarna) Urbano (contra alacranes) Suelo, en los cultivos de maíz y sorgo

III. DESCRIPCIÓN DEL ÀREA DE ESTUDIO

El Estado de Veracruz, se localiza en la parte oriente del territorio nacional en la vertiente del Golfo de México, limita al norte con el estado de Tamaulipas; al sur con Oaxaca y Chiapas; al este con Tabasco y el Golfo de México y al oeste con los estados de Puebla, Hidalgo y San Luis Potosí. Cuenta con una superficie agrícola de 1'780,984 hectáreas de las cuales en 1'668,513 hectáreas cultivan en la modalidad de temporal y 112,470 hectáreas en riego, estableciéndose en éstas alrededor de 110 cultivos, dentro de los que destacan: la caña de azúcar, café, naranja, limón persa, mango, plátano, papaya, piña y vainilla, ocupando los primeros lugares a nivel nacional.

El Complejo Lagunar de Alvarado se localiza al Sureste del Estado de Veracruz, está constituido, de Norte a Sur, por las lagunas Camaronera, Buen País, Alvarado y Tlalixcoyan, tiene una extensión de 6,200 ha, presenta un ancho máximo de 4.5 Km., se localiza entre las coordenadas geográficas 18° 44' 00" y 18° 52' 15" de latitud Norte y 95° 44' 00" y 95° 57' 00" de longitud Oeste (Flores-Coto y Méndez, 1982) (Fig. 2).



Figura 2. Localización del área de estudio y sitios de muestreo (Google-Earth, 2011).

De acuerdo a la estructura actual de la SAGARPA (2009), el estado de Veracruz tiene 12 Distritos de Desarrollo Rural. El Municipio de Alvarado, corresponde al Distrito Num. 007 (Fig. 3), se ubica dentro de las siguientes coordenadas geográficas: 18° 30' y 19° 15' de latitud norte y 95° 40' y 96° 40' de longitud oeste, con altitudes desde 0 hasta los 320 metros sobre el nivel del mar (msnm). Cuenta con una extensión territorial de 4,543.68 km² (454,368.00 ha), que representan el 6.24% de la superficie total estatal; de la cual aproximadamente el 65.0% es propiedad privada, el 34.0% es propiedad social y el 1% propiedad pública.

Municipios

- 1.-Alvarado
- 2.-Boca del Río
- 3.-Jamapa
- 4.-Manlio F. Altamirano
- 5.-Medellín de Bravo
- 6.-Veracruz
- 7.-Adalberto Tejeda
- 8.-Cotaxtla
- 9.-Soledad de Doblado
- 10.-Ignacio de la Llave
- 11.-Tlalixcoyan
- *(Joachín) Área de Riego.

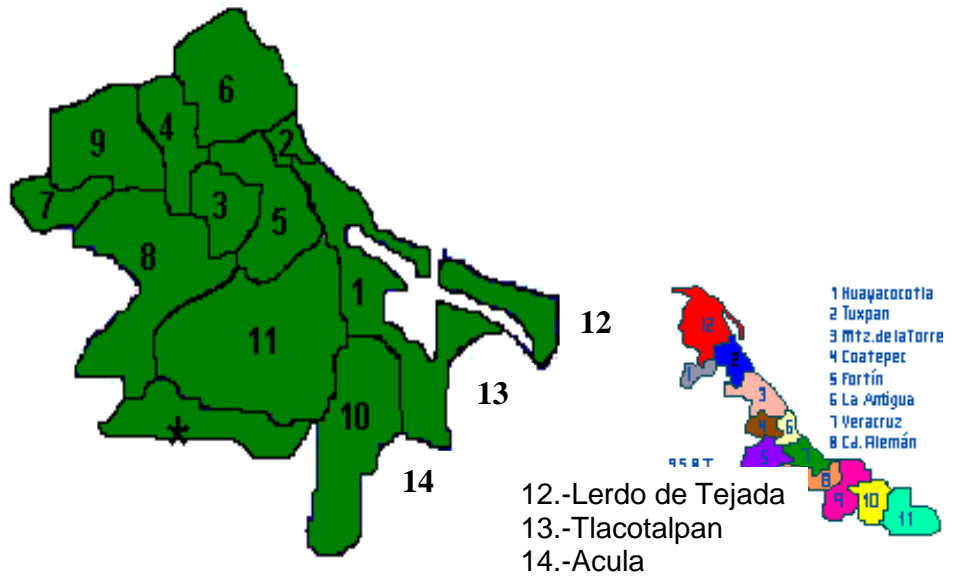


Figura 3. Ubicación del municipio de Alvarado dentro del distrito 7 (SAGARPA, 2009)

El municipio de Alvarado, limita al norte con Boca del Río, al este con el Golfo de México, al sureste con Lerdo de Tejada, al sur con Tlacotalpan y Acula, al suroeste con Ignacio de la Llave, al oeste con Tlalixcoyan y al noroeste con Medellín. Dentro de la actividad económica de estos límites se encuentra principalmente la agricultura:

- Boca del río: El municipio cuenta con una superficie total de 1,618.246 hectáreas, de las que se siembran 898.580 en las 106 unidades de producción. Los principales productos agrícolas y la superficie correspondiente en hectáreas que se cosecha son maíz con 35.00 y 10.00 de frijol.

- Medellín: El municipio cuenta con una superficie total de 31,609.053 hectáreas, de las que se siembran 21,875.994 hectáreas, en las 2,180 unidades de producción. Los principales productos agrícolas en el municipio y la superficie que se cosecha en hectáreas es la siguiente: maíz 1,622, frijol 128.25, sandía 3, arroz, 2, chile verde .75, naranja 10, mango 1,190.50, piña 497.50.
- Tlaxicoyan: Con una superficie total de 81,576.008 hectáreas dedicadas a la agricultura, de las que se siembran 47,739.827 hectáreas, en las 4,253 unidades de producción. Los principales productos agrícolas en el municipio y la superficie que se cosecha en hectáreas: maíz 9,093.50, sorgo 170 riego y 1960.50 temporal, frijol 696, arroz 2,297, sandía 423.50, chile 9.50, caña de azúcar 7 y mango 381.50.
- Ignacio de la llave: Superficie total de 29,904.989 hectáreas, de las que se siembran 13,659.705 hectáreas, en las 2,271 unidades de producción. Los principales productos agrícolas en el municipio y la superficie que se cosecha en hectáreas es la siguiente: maíz 1,979.00; frijol 501.00; arroz 6.00; chile verde 1.00 y mango 420.00.
- Lerdo de Tejada: Superficie total de 8,130.236 hectáreas, de las que se siembran 4,614.585 hectáreas, en las 578 unidades de producción. Los principales productos agrícolas en el municipio y la superficie que se cosecha en hectáreas es la siguiente: maíz 150.00; frijol 5.00 y caña de azúcar 2,664.00.
- Tlacotalpan: El municipio cuenta con una superficie total de 45,839.441 hectáreas dedicadas a la agricultura, de las que se siembran 24,508.626 hectáreas, en las 1484 unidades de producción. Los principales productos agrícolas en el municipio y la superficie que se cosecha en hectáreas es la siguiente: maíz 990, sorgo 240, frijol 18 y arroz 260 y caña de azúcar 13,115.63.
- Acula: Superficie total de 10,514.710 hectáreas, de las que se siembran 4,384.00, de las que 469 unidades son de producción y representan el 22.78%

del suelo. Los principales productos agrícolas y la superficie correspondiente en hectáreas que se cosecha son: maíz con 330.00; frijol con 5.00 y arroz con 2.50. Otros cultivos en la región son: el coco de agua, mango, caña de azúcar. Existen 98 unidades de producción rural con actividad forestal en 3,500.00 hectáreas, que equivalen al 18.18%, principalmente áreas de manglares y pequeñas reforestaciones.

CLIMATOLOGÍA. De acuerdo con García (1971), la Laguna de Alvarado presenta un clima de tipo Aw² (i), que corresponde a cálido subhúmedo, con lluvias en verano. La temporada de sequía se presenta entre los meses de enero a mayo, la de lluvias inicia en junio y los nortes tienen lugar en noviembre, generalizándose en enero (Reséndez, 1973).

El general, la SAGARPA (2009), registra que el clima en el territorio del Distrito es igualmente cálido sub-húmedo, con régimen de lluvias en verano principalmente y un porcentaje menor al 5% en invierno, con una precipitación media anual de 1,564 mm, la cual se concentra en un 80% en el periodo de Junio a Octubre. La evaporación media anual es de 1,684.2 mm. La temperatura media anual es de 26°C, presentándose temperaturas extremas en verano que alcanzan hasta los 44°C y en invierno las temperaturas mas bajas llegan a descender hasta los 6°C.

Los principales fenómenos meteorológicos son los vientos dominantes del norte, que se presentan durante los meses de octubre a mayo con una frecuencia de ocurrencia de cada 10 días en promedio, presentándose vientos fuertes con velocidades variables que van desde 45 a 70 kilómetros por hora y rachas que pueden llegar a los 90 o 120 kilómetros por hora principalmente en la parte cercana a la costa.

HIDROGRAFÍA. En la región Sureste del complejo descarga sus aguas el río Papaloapan; los ríos Camarón y Blanco desembocan en Tlalixcoyan, el Acula se conecta directamente con el cuerpo de agua central (Flores-Coto y Méndez Vargas, 1982). El Papaloapan tiene la particularidad de vencer siempre las

barreras provocadas por la marea y tener un balance positivo de gasto, el río siempre aporta agua a la laguna, en un promedio diario aproximado de 40 millones de metros cúbicos.

HIDROLOGÍA. Los aportes de agua continental que recibe permanentemente la Laguna de Alvarado a través de los ríos, se ven incrementados en la época de lluvias y nortes. Por otra parte, el flujo de aguas marinas se lleva a cabo por la desembocadura del río Papaloapan (Fig. 4) y por un canal artificial que comunica a la laguna Camaronera con el mar. Esta apertura fue posterior a los estudios de Villalobos *et al.*, (1975), quienes propusieron la división del complejo lagunar en subsistemas, que han sido modificados en función de los cambios salinos e hidrológicos del área. Así, Perkins (1974) identifica cuatro zonas en Alvarado:

- A: Influencia dulceacuícola, cercana a la desembocadura de los ríos, en la que hay un aporte continuo que se incrementa en la época de lluvias;
- B. Zona de estratificación, ubicada en las regiones de influencia mareal;
- C. Zona de influencia nerítica, que va del canal de comunicación a la parte sureste de la laguna, y
- D. Zona de mezcla o agua estuarina, que domina el resto de la laguna

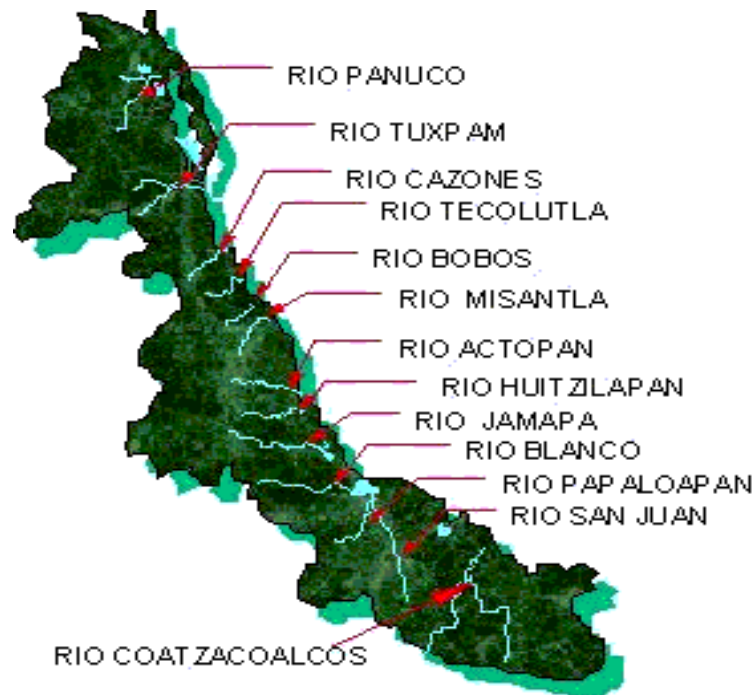


Figura 4. Desembocadura de los ríos en el estado de Veracruz (SAGARPA, 2009).

BATIMETRÍA. Reséndez (1973) señala que, en términos generales, Alvarado es una Laguna somera, con profundidades máximas de 2.2 m en su porción central, a excepción del lecho del río Papaloapan y canales en donde se han registrado profundidades hasta de 13 m.

TRANSPARENCIA. Los porcentajes promedio para las tres épocas son: nortes 36.0%, secas 38.8% y lluvias 16.5%. Alvarado es un sistema de aguas muy turbias, con transparencias aún menores para la época de lluvias (Vargas-Maldonado, 1986).

TEMPERATURA DEL AGUA. Flores-Coto y Méndez (1982) registran para el verano temperaturas superficiales entre 25 y 30°C, muy similares a las de fondo que van de 25.1 a 31°C, mientras que Fernández (1989) y García-Montes (1989) señalan variaciones entre 29 y 34°C para el mes de julio.

En Laguna, la temperatura del agua es cálida de abril a septiembre con temperaturas de 27 a 33°C, disminuye a 22°C durante los meses fríos (diciembre a febrero) (Morán, *et al.*, 2005).

SALINIDAD. Los rangos de salinidad reportados por Vargas-Maldonado (1986) para cada una de las épocas son: en nortes 5 a 22 %, secas 1.65 a 35.58 % y lluvias 0.12 a 5.92 %.

Raz-Guzmán *et al.*, (1992), establecieron las condiciones hidrológicas imperantes durante la década de los años 1980, se registró una salinidad desde 0 ups en las salidas de ríos hasta polihalina durante la temporada de secas particularmente en Laguna Camaronera, mientras que el resto de la laguna presentaba características mesohalinas(5.0 a 18 ups).

Diversos autores (Winfield, *et al.*, 2007, Ruiz Y Rodríguez, 1992 y Raz-Guzmán, *et al.*, 1987), reportan condiciones oligohalinas (0.5 a 5 ups) en época de lluvias y de nortes, y mesohalinas en secas. Estas características se relacionan con los aportes procedentes de los sistemas fluviales.

La salinidad varía de 0 a 10 ups entre julio y octubre, en este periodo las salinidades más altas ocurren en la boca artificial de Laguna Camaronera y la boca de comunicación del Río Papaloapan; de noviembre a junio alcanza hasta 16 ups en Laguna Camaronera, 22 ups en la boca del río Papaloapan, mientras el resto de la laguna presenta 0 a 8 ups en las lagunas de Buen País y Alvarado (Morán, *et al.*, 2005).

SEDIMENTOS. Contreras (1985), señala que en el área pueden encontrarse sedimentos de tipo arenoso y limo-arcilloso, con un alto contenido de materia orgánica en el extremo noroeste de la laguna y sedimentos arenosos y carbonatados pobres en materia orgánica, en la zona sureste del sistema.

VEGETACIÓN. El contorno de la laguna se encuentra poblado por manglares, predominando el "mangle rojo" *Rhizophora mangle*, aunque se observan también *Avicenia germinans* y *Laguncularia racemosa* (Reséndez, 1973). En la época de lluvias abunda el lirio acuático *Eichornia crassipes* (Contreras, 1985). La vegetación sumergida del área litoral inmediata a la zona de manglar está integrada casi totalmente por *Ruppia maritima*. A dicha flora se asocia estrechamente una fauna muy particular, entre la que figuran varios moluscos. En aguas más profundas se encuentran diversas especies de algas, destacando la rodofita *Gracilaria verrucosa* (Reséndez, 1973).

FAUNA. Contreras (1992), menciona los siguientes registros: En Buen País el zooplancton domina todo el año; en Alvarado existe variación estacional, así que el fitoplancton exhibe su máximo volumen de enero a marzo. Entre los representantes se hallan cladóceros, poliquetos, larvas de peces, moluscos, tintínidos y larvas de crustáceos, anélidos e insectos, así como ctenóforos. Entre los crustáceos y moluscos, se encuentran *Crassostrea* sp., *Penaeus aztecus*, *P. setiferus*, *Callinectes sapidus* y *Macrobrachium acanthurus*.

La fauna malacológica es uno de los componentes bióticos más relevantes de los sistemas lagunares, debido a su posición de consumidores dentro de la red trófica y a que algunas especies nativas, como ostiones y almejas están sujetas a explotación comercial y son objeto de cultivos extensivos.

Entre las especies de importancia comercial están las almejas negra, gallo y casco; chucumite, lancha, mojarra blanca, corvina, bagre, jurel, lisa y entre otros, camarón blanco y prieto; jaiba y ostión.

En 2008, la captura de ostión y almejas alcanzó un volumen total de 2, 083 (toneladas), generando un valor por la producción del \$ 8, 893.16 (miles de pesos) (Anuario Estadístico Agropecuario, Forestal y Pesquero, 2008).

Reguero y García (1989), reportan que el número más elevado de organismos bivalvos capturados vivos fue en localidades en las que predominan sedimentos limo-arcillosos con alto contenido de materia orgánica y carbonatos, Laguna de Buen País, Punta grande y Punta chica, en donde hay aportes de carbono orgánico que derivan de vegetación sumergida (*Ruppia maritima*), o bien de la vegetación circundante (*Rhizophora mangle*), como sucede en la Laguna de Buen país.

Para el 2000, disminuyó notablemente la cantidad de especies marinas y aumentó la cantidad de especies dulceacuícolas y estuarinas, aparentemente ha sucedido un cambio en el régimen salino del sistema, pues después del 2000 una gran parte del sistema lagunar presentó características oligohalinas y limnéticas, solo en la temporada de secas las zonas de las bocas de comunicación son mesohalinas o polihalinas (Morán, *et al.*, 2005).

PATRÓN DE USO DE LOS RECURSOS NATURALES. El patrón de uso de los recursos naturales del área aledaña a la Laguna corresponde a las actividades siguientes:

El suelo se aprovecha para las actividades agrícolas, ganaderas y para otros usos como el aprovechamiento urbano, industrias, caminos, carreteras; así como aquellos ocupados por lechos de arroyos, ríos, lagunas y demás terrenos inaprovechables. Del total de la superficie distrital, la agricultura emplea tan solo el 13.40%, y esta actividad, en su mayor extensión, se realiza bajo condiciones de temporal 83% y de riego en un 17%. En cuanto al aprovechamiento en las actividades pecuarias o terrenos de agostadero, emplean el 75.84%, un 1.64% está ocupado por áreas cubiertas con manglares y el restante 9.12% se distribuye en el rubro de otros usos.

Con relación al uso del agua, este recurso se aprovecha para múltiples actividades tales como: aguas para consumo urbano e industrial, y aguas para consumo de actividades agrícolas y ganaderas. Es importante señalar que los tres grandes ríos, el Jamapa, Cotaxtla y Blanco, sus aguas se encuentran fuertemente contaminadas a causa de las indiscriminadas descargas de aguas negras de los drenajes, y de aguas residuales de las industrias y factorías ubicadas en la parte alta de la cuenca. Por ejemplo; el río Blanco, nace en las cumbres de Acultzingo y termina junto con el río Papaloapan formando la Laguna de Alvarado. La contaminación del río Blanco es provocada por la industria de las ciudades de Nogales, Orizaba y Córdoba ya que usan al río como vía de eliminación de sus desechos y sus caudales descienden al municipio de Tierra Blanca. El río Blanco ha servido para la generación de energía eléctrica para las fábricas textiles que operan en la región. En él, son arrojadas las descargas de los residuos de los ingenios azucareros, de las industrias de la caña de azúcar, papel, bebidas y de la química entre otras ramas industriales, que se asientan a lo largo de sus márgenes. La Comisión Nacional del Agua reconoce al río Blanco, como el cuerpo receptor que muestra los más altos niveles de contaminación en la Región Golfo Centro (Senado de la República, 2007).

En cuanto a la flora nativa, se aprovecha para diversas actividades tipificadas como de aprovechamiento doméstico y que consisten en la utilización de madera para la construcción de muebles, casas, postes para cercas, leña, hojas de palma para techos de viviendas, etc. Existen numerosas especies de plantas que la gente les atribuye propiedades medicinales, aunque no existen los estudios científicos que demuestren tales propiedades. Y en relación a la fauna silvestre, algunas de las especies existentes son aprovechadas para el consumo de su carne, por lo que han sido fuertemente diezmadas sus poblaciones, considerándose muchas de las especies, representativas de la fauna nativa, como especies en peligro de extinción (SAGARPA, 2009).

Descripción de las especies capturadas:

Reino ANIMALIA

Filo MOLLUSCA

Clase BIVALVIA

OSTIÓN

Género *Crassostrea* Sacco, 1897

Concha muy variable, generalmente elongada, valva izquierda profunda y retraída debajo de la charnela, valva derecha o, superior plana y opercular impresión muscular desplazada dorsolateralmente y generalmente pigmentada. Cámara promial grande en el lado derecho del cuerpo, ostias de las branquias y huevecillos relativamente pequeños.

***Crassostrea virginica* (Gmelin)**

Ostrea virginica Gmelin, 1791.

Tamaño. De 5 a 15 cm de largo.

Color. Gris pardo.



Forma. Irregular y variable, desde orbicular a francamente alargada, moderadamente gruesas. La superficie es rugosa con escamaciones; los márgenes de las valvas son rectos u ondulados. El umbo es largo y curvado. La valva derecha o superior es pequeña y aplanada; más lisa que la inferior o izquierda. La concha se encuentra cementada al sustrato por un biso calcificado. La valva izquierda es ligeramente mayor que la valva derecha.

Hábitat. Es una especie característica de aguas salobres, se le encuentra en lagunas y esteros, son organismos filtradores de partículas orgánicas en suspensión y forman parte de la epifauna cementante.

Distribución geográfica. Golfo de San Lorenzo, Canadá, Golfo de México a Las Antillas.

En el sistema lagunar de Alvarado el ostión se encuentra principalmente en la laguna Camaronera y Buen País y en la parte poniente de la laguna de Alvarado, González (1988), reporta de diciembre de 1987 a agosto de 1988, que el ostión presenta dos temporadas reproductivas, una que comprende los meses de diciembre a enero, y otra en el mes de julio, en estos dos períodos ocurre los desoves masivos, la proporción de sexos que se presenta en su gran mayoría son hembras.

En cuanto a los parámetros ambientales que repercuten en la fisiología reproductiva de estos organismos son la salinidad (17 y 20 ups) y la temperatura (25 y 31 °C).

ALMEJAS

Rangia cuneata (gallo), *R. flexuosa* (casco) y *Polymesoda caroliniana* (negra) se distribuyen desde la Bahía Chesapeake hasta la Laguna de términos (Abbott, 1974). Su zona principal de producción se encuentra en la Laguna de Alvarado y otras pequeñas lagunas y canales de la zona baja del río Papaloapan (Echeverría *et al.*, 2002). Las tres especies se encuentran en aguas salobres, *R. cuneata* es más común en áreas con salinidades de 5 a 15 ups (Swingle y Bland, 1974).

Su hábitat es en alta turbidez del agua y sustratos blandos que consiste en una mezcla de arena, barro y vegetación (Tarver, 1972).

Sus mayores concentraciones se encuentran en zonas poco profundas de menos de 6 metros de profundidad. Se ha notado disminución en profundidades de 2.5 a 4.6m (LaSalle y De la Cruz, 1985).

***Rangia cuneata* (Gray)**

Gnathodon cuneatus Gray, 1831.



Es una de las principales especies blanco de los pescadores y tiene el mayor valor económico de las tres almejas.

Distribución geográfica. Norte de Chesapeake a Alvarado, Veracruz. Siempre se encuentra asociada a otras almejas menos abundantes como son *Polymesoda caroliniana* y *Rangia (Rangianella) flexuosa*. Todas ellas comestibles.

Subgénero Rangianella Conrad, 1863

Concha rostrada, periostraco de color amarillo paja, que cubre a la concha blanca, más oscura y fibrosa en el declive posterior.

Dientes laterales cortos rectos, casi lisos y seno paleal obsoleto.

***Rangia flexuosa* (Conrad)**



Distribución geográfica. Louisiana a Texas y de Veracruz se amplía su rango al sur del Golfo de México.

La fase de reproducción de *Rangia* se hace evidente durante casi todo el año, los desoves masivos se presentan de febrero a junio y de septiembre noviembre. Los rangos de temperatura y salinidad son de 22 a 30.5°C y 0 a 3% de salinidad.

Los valores más bajos de salinidad coinciden con los valores porcentuales más altos en los desoves parciales detectados (Rogers y García-Cubas, 1980).

La baja salinidad es significativa para la sobrevivencia de las fases embrionarias y larvarias, asegurando un buen reclutamiento de juveniles a la población (Caín, 1973 y 1974).

Orden Veneroida

Superfamilia Corbiculacea Gray, 1847

Conchas ovadas, porcelanasas; con estrías concéntricas, ligamento externo; charnela con más de tres dientes cardinales, la valva derecha con un diente cardinal más largo que los otros. Línea paleal completa o con un pequeño seno.

Familia Corbiculidae Gray, 1847

Almejas marinas o de aguas salobres, con un seno paleal pequeño o sin él. Tres dientes cardinales en cada valva, con dientes laterales anterior y posterior. Sin lúnula ni escudo, son almejas comestibles en México y Sudamérica.

***Polymesoda caroliniana* (Bosc)**

Cyclas caroliniana Bosc, 1802.



Distribución geográfica. Virginia al norte de Florida, Texas, hasta laguna de Términos, Campeche.

Cuadro comparativo de las principales características de las almejas.

<i>Especie</i>	<i>Tamaño</i>	<i>Forma</i>	<i>Hábitat</i>	<i>Nutrición</i>
<i>Rangia cuneata</i> (Gray)	Entre 3 y 7 cm de largo	Ovada muy obesa y oblícua, equivalva, inequilateral, con la parte posterior alargada y triangular. Conchas gruesas.	Lagunas costeras y esteros de baja salinidad, es una especie típicamente estuarina (0-15 ups), en áreas influenciadas por ríos, en fondos limo-arcillosos, forman parte de la infauna superficial.	Su alimentación es por filtración de partículas orgánicas suspendidas, es saprófaga, obtiene materia orgánica y fósforo de los sedimentos por ingestión directa o por alimentarse de bacterias asociadas con los materiales.
<i>Rangia flexuosa</i> (Conrad)	Entre 2.5 y 4 cm de largo	Ovada, oblícua, cuneiforme inequilateral, pesada y gruesa.	En lagunas costeras y esteros de baja salinidad en zonas submareales, con influencia de agua dulce, forman parte de la infauna superficial en fondos blandos.	Su nutrición es micrófaga, suspensívora y saprófaga.
<i>Polymesoda caroliniana</i> (Bosc)	Entre 3 y 7 cm de largo	Conchas fuertes, subtriangulares obesas, equivalvas e inequilaterales. El exterior es casi liso con débiles líneas de crecimiento.	Comunes en las bocas de los ríos hasta donde llega la influencia de la marea, son típicos de aguas salobres de salinidad baja hasta aguas dulces, están formando parte de la infauna en fondos suaves.	Su nutrición es filtrante.

ORGANOCOLORADOS EN ORGANISMOS

El riesgo de muerte o la magnitud de los efectos subletales están determinados por el grado de: dispersión, concentración, tipo de toxicidad (aguda o crónica) dependiendo de la intensidad, frecuencia y duración de la exposición, estado reproductivo, edad, tamaño, estado nutricional o enfermedades de los organismos (Albert y Benítez, 2005).

Los organoclorados provocan efectos adversos a todos los niveles tróficos, ya que causan inhibición de la actividad bacteriana, por lo tanto una disminución en la transformación del carbono, alteran las poblaciones bentónicas, reducen la tasa fotosintética del fitoplancton, provocan disminución de poblaciones zooplanctónicas. En crustáceos reducen la capacidad osmoreguladora. En moluscos interfieren en procesos de alimentación (Espina y Vanegas, 2005).

En humanos causan hipertensión, dolor abdominal, diarrea, enfermedades respiratorias, disfunciones del sistema reproductivo, daño pre-postnatal, mutagénesis, daños al sistema nervioso central, incrementan el riesgo de cáncer de mama, leucemia y cáncer pancreático (Rivero-Rodríguez *et al.*, 1997; Singh *et al.*, 2005).

Los organoclorados tienden a depositarse y concentrarse en tejido graso, bioacumulándose y ocasionando a través de la red trófica su biomagnificación (Albert y Loera, 2005). La bioacumulación es el proceso que causa un aumento en la concentración del contaminante en un organismo, comparado con la concentración en el ambiente. La bioacumulación y biomagnificación de los organoclorados son causados por adsorción e ingestión, permaneciendo en tejidos adiposos o partes duras como resultado de la no excreción. Cuando los plaguicidas están almacenados en el tejido adiposo, suelen ser inactivos, pero en las épocas de estrés, los depósitos de grasa se movilizan liberando los organoclorados al torrente sanguíneo con la posibilidad de producir los efectos

tóxicos antes mencionados y sí la concentración alcanza un nivel suficientemente elevado y pueden provocar la muerte (Albert y Loera, 2005; González-Farías, 2003).

La biodisponibilidad es la proporción de la concentración total de una sustancia que está disponible para su absorción por un organismo determinado. Ésta depende de una combinación de propiedades químicas del compuesto, entre ellas, el ambiente y de las características morfológicas, bioquímicas y fisiológicas del propio organismo. Por esta razón, y aunado a que los organoclorados no se degradan, es difícil excretarlos y se acumulan en los organismos. De la misma forma, algunos de estos compuestos se degradan a formas aún más persistentes que el compuesto primario; como en el caso de la conversión del DDT a DDE (Ritter *et al.*, 1995).

Graves problemas relacionados con la persistencia (Cuadro 3) de estos insecticidas organoclorados son: la dispersión, bioacumulación y biomagnificación a través de las redes tróficas. Debido a la biomagnificación se han encontrado concentraciones elevadas de ellos en gran número de organismos vivos, incluyendo el hombre, en particular en el tejido adiposo y la leche materna (Albert y Loera, 2005).

Cuadro 3. Clasificación de plaguicidas con base en diferentes criterios (modificado de Albert y Benítez, 2005).

Criterio	Clasificación	Ejemplos
Por su persistencia	Baja (0-12 semanas) Moderada (1-18 meses) Alta (hasta 20 años) Permanentes (+ de 20 años)	Malatión Atrazina, 2,4-D DDT Arsenicales (Verde París: Cu y As) Mercuriales (Anagran: Cu, S y Hg)
Por su toxicidad aguda (según la DL50 para rata, vía oral)	Extremada Alta Moderada Ligera	Carbofurán, paratión, metílico Endrín , disolfotón, Endosulfán Carbarilo, bensulide Clorotalonil, mancozeb
Por sus efectos	A corto plazo A mediano plazo A largo plazo	Paratión, carbofurán Endosulfán DDT, Lindano

IV. JUSTIFICACIÓN

Los plaguicidas en el medio acuático pueden ser degradados, permanecer sin cambios, regresar a la atmósfera por volatilización, depositarse en los sedimentos, bioconcentrarse en los organismos e incluso biomagnificarse. Gran parte de estos compuestos se depositan paulatinamente en los sedimentos donde pueden experimentar hidrólisis, degradación anaerobia o se adsorben en partículas húmicas, minerales y arcillas, constituyendo así una fuente para los organismos asociados a los sedimentos de los sistemas costeros como lo es el ostión y la almeja; la forma de nutrición más frecuente en estos bivalvos corresponde a la filtración de partículas orgánicas en suspensión, su ciclo de vida es corto, son sésiles y bioindicadores.

Se debe tener en cuenta que este tipo de plaguicidas al ingresar al sistema acuático ocasionan problemas de contaminación para los sistemas bióticos y abióticos amenazando su estabilidad y representando un peligro de salud pública.

Es por ello que en el presente trabajo se analizan plaguicidas organoclorados en sedimentos, ostión y almeja; productos capturados para consumo humano por los habitantes aledaños a la laguna Alvarado.

V. HIPÓTESIS

- Sí el sistema lagunar Alvarado, recibe efluentes provenientes de ríos contaminados y deslaves de zonas agrícolas aledañas a la laguna, ésta debe presentar contaminación por organoclorados en sedimentos y organismos bentónicos, con niveles más elevados de plaguicidas en época de lluvias debido a la escorrentía de contaminantes.

VI. OBJETIVOS:

OBJETIVO GENERAL:

Evaluar los niveles de plaguicidas organoclorados (POC's) en sedimentos, ostiones y almejas de Laguna Alvarado, Veracruz.

OBJETIVOS PARTICULARES:

- Identificar los principales POCs, determinar sus concentraciones en sedimentos (superficiales en época de secas y lluvias) de Laguna Alvarado y compararlos con el nivel de umbral de efectos y con el nivel de efectos probables de NOAA.
- Establecer sí existe relación entre la concentración de POCs y la materia orgánica con el tipo de sedimento presente en la Laguna.

- Identificar y cuantificar las concentraciones de POCs, en ostión *Crassostrea virginica*, en almeja gallo *Rangia cuneata*, casco *R. flexuosa* y negra *Polymesoda caroliniana*, capturados en la Laguna, para evaluar su factor de bioconcentración.
- Comparar las concentraciones de Organoclorados en sedimentos, con niveles establecidos (EPA, EU) para determinar si existe Bioacumulación en los organismos bentónicos.

VII. MATERIAL Y MÉTODO

COLECTA DE MUESTRAS

Se realizaron 2 colectas en la Laguna Alvarado, una en el mes de enero y la segunda en septiembre ambas en 2009, con el objeto de obtener muestras en diferentes épocas climáticas (secas y lluvias respectivamente). Se distribuyeron 7 puntos de muestreo de forma que cubrieron la superficie lagunar (1: en la desembocadura de la laguna de buen país, 2: al noroeste, 3: en el centro de laguna, 4: en la desembocadura de laguna Tlaxcoyan, 5: al sureste, 6: en la desembocadura del río Papaloapan y 7 en la desembocadura de la laguna. La localización de los puntos de muestreo se presenta en la figura 2.

Se recolectaron muestras de sedimento en todos los puntos; ostión *Crassostrea virginica* en el sitio 1; almeja gallo, casco y negra (*Rangia cuneata*, *R. flexuosa* y *Polymesoda caroliniana*) en el sitio 4.

La SAGARPA en Veracruz, emite las medidas reglamentarias y la talla permitida de captura, para la lameja es de 35 mm de ancho. Se recomienda la temporada de captura los meses de mayo, julio y agosto (DOF, 2006).

Para el ostión hay periodos de veda del 15 de abril al 30 de mayo y del 15 de septiembre al 30 de octubre. Talla mínima de 80 mm (DOF, 2006).

En cada sitio de muestreo se midió temperatura del agua superficial, salinidad y profundidad. Para obtener las muestras de sedimento se utilizó una draga van Veen, que proporciona sedimentos superficiales. Una submuestra de sedimento se colocó en frascos de vidrio debidamente lavados y se transportaron en hielo para su posterior análisis en laboratorio.

Las muestras de ostiones (50 organismos) ya desconchados se colocaron igualmente en frascos de vidrio; y se empacaron con hielo para su traslado a laboratorio. Las almejas se recolectaron con concha (gallo 62 organismos, de casco 119 y 68 de negra), se trasladaron con hielo y posteriormente en laboratorio se desconcharon.

Las técnicas que se utilizaron para la determinación de plaguicidas organoclorados en sedimentos y organismos (Fig. 5) son las propuestas por UNEP/IAEA (1982), y UNEP/FAO/IOC/IAEA (1986), respectivamente, las cuales se describen a continuación:

DETERMINACIÓN DE PLAGUICIDAS ORGANOCORADOS EN SEDIMENTOS Y ORGANISMOS.

En laboratorio se descongelaron los sedimentos y los organismos con ayuda de un horno artesanal que utiliza focos para elevar la temperatura, se dejaron tres días, volteándolos cada día para que secan completamente. Ya secos se maceraron en un mortero de porcelana, se tamizaron en un tamiz metálico con abertura de malla de 250 mm y se almacenaron en frascos limpios.

Posteriormente se tomó una alícuota de cada muestra de 3g aproximadamente y se colocó en papel filtro previamente lavado con hexano durante 8 horas.

Para la extracción en equipo Soxhlet se uso un matraz de balón de 500 mL con 250 mL de hexano por 8 horas a temperatura constante, con una velocidad de cuatro a cinco ciclos por hora; se hizo un blanco para sedimentos y uno para organismos.

El extracto fue concentrado en un Rotavapor hasta aproximadamente 5-8 ml, cuidando que la temperatura del baño no excediera los 30°C, la presión de la bomba de vacío estuvo en 40 libras/pulgadas y la velocidad de rotación fue de 100 rpm.

Los extractos concentrados de organismos se pasaron a tubos para centrífuga y se agregaron 2 mL de H₂SO₄; se procedió a centrifugar por 10 minutos con la finalidad de hidrolizar los lípidos. Con pipeta Pasteur se separó el extracto, colocándolo en un matraz redondo de 50 mL.

Para la limpieza del extracto en columnas, se utilizaron columnas de vidrio de 2 cm de diámetro interno x 30 cm de longitud, empacadas con fibra de vidrio, 13g de Florisil activado a 700°C un día antes, después se disminuyó la temperatura a 190°C por dos horas y se pasó a un desecador hasta que alcanzó temperatura ambiente, se desactivó al 1.25%, con agua tridestilada y 0.5 cm de sulfato de sodio anhidro.

Se aplicó el extracto y se eluyó con 60 mL de hexano, con lo que obtuvimos la fracción 1 (que contiene los BPCs); después se eluyó con 50 mL de hexano: éter etílico (9:1), seguido de 20 mL de hexano: éter etílico (8:2), y se obtuvo la fracción 2 que corresponde a los plaguicidas clorados. Ésta fracción se concentró a un volumen aproximado entre 3 y 5 mL.

Posteriormente se trasvasaron a viales con tapa, se registró el volumen y finalmente se inyectaron al cromatógrafo de gases.

CROMATOGRAFÍA DE GASES (GC).

En esta técnica la muestra se volatiliza y se inyecta en la cabeza de una columna cromatográfica. La elución se produce por el flujo de una fase móvil de gas inerte. A diferencia de los otros tipos de cromatografía, la fase móvil no interacciona con las moléculas del analito; su única función es la de transportar el analito a través de la columna.

ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO CON DETECTOR DE CAPTURA DE ELECTRONES (ECD).

Este detector es muy selectivo y sensible a la presencia de moléculas con grupos electronegativos como halógenos, peróxidos, quinonas y grupos nitro, grupos que contienen átomos de halógeno (cloro, bromo, yodo), oxígeno y nitrógeno. Se aplica en la detección de moléculas que contienen halógenos, principalmente cloro, como pesticidas organoclorados o bifenilos policlorados.

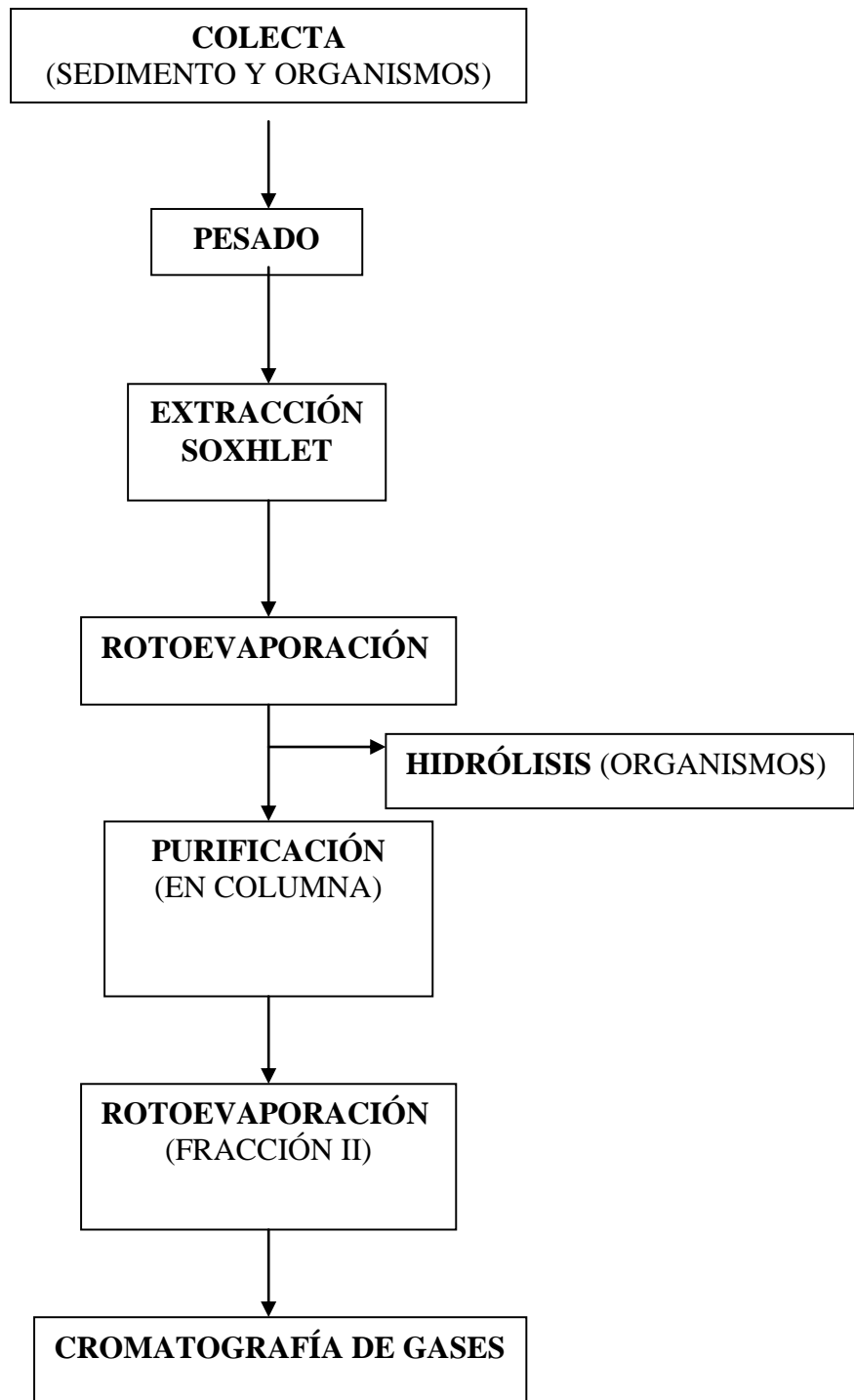


Figura 5. Técnica de análisis de Plaguicidas Organoclorados en Organismos y Sedimento.

CROMATOGRAFÍA DE GASES

El análisis de los POCs se realizó en un Cromatógrafo de Gases.

Equipo: Marca Hewlett Packard

Modelo HP 6890 SERIES II GC System

Equipado con Detector de Captura de Electrones (ECD)

Columna: HP-SMS

Fase Fenil Metil Silicon al 5%

30m de longitud x 0.25 mm de diámetro interno, 0.25 μ m grosor de capa

Gas acarreador: He

Gas auxiliar: N

Modo de inyección: Splitless

Las condiciones de trabajo durante el análisis fueron:

Volumen de la inyección: 0.8 μ L

Temperatura del inyector: 260°C

Temperatura del detector: 320°C

Empleando la siguiente rampa:

Temperatura inicial: 90°C manteniendo 2 min

Nivel 1: 30°C/min hasta 180°C manteniendo 0 min

Nivel 2: 1°C/min hasta 200°C manteniendo 0 min

Nivel 3: 10°C/min hasta 300°C manteniendo 6 min Tiempo total de análisis: 41 min

La identificación y cuantificación de los plaguicidas se realizó con base en los tiempos de retención y el área de los picos, comparados con el patrón establecido por la mezcla de estándares de Chem Service (Cuadro 4) de los siguientes compuestos:

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

Cuadro 4. Tiempo y área de la mezcla del estándar.

No.	Compuesto	Tiempo de retención (min.)	Área
1	ALFA HCH	9.275	872464.5
2	BETA HCH	10.026	714209.5
3	GAMMA HCH	10.221	857678.5
4	DELTA HCH	11.019	721678
5	HEPTACLORO	12.947	855749
6	ALDRIN	14.655	920798.5
7	EPOXIDO DE HEPTACLORO	17.048	817204
8	ENDOSULFAN I	19.544	868415.5
9	P,P' - DDE	21.631	763157
10	DIELDRIN	21.907	828368
11	ENDRIN	23.430	507817.5
12	ENDOSULFAN II	24.376	649595.5
13	P,P' - DDD	25.735.	490668.5
14	ENDRIN ALDEHIDO	26.100	508921
15	ENDOSULFAN SULFATO	27.665	296150.5
16	P,P' - DDT	28.123	422195

* El límite de detección en general es de 0.01 ppb para los plaguicidas organoclorados.

* La curva de calibración fue a partir de los siguientes puntos 0.5, 1. 5, 10, 20, 25 y 30 ppb.

* La forma de garantizar la eficiencia de análisis fue a través de muestras adicionadas o blancos adicionados donde el porcentaje de recuperación oscila entre el 80 a 110 %; es bastante robusto y confiable. Además de verificar el desempeño del equipo con la inyección del punto medio de la curva de calibración sin rebasar una variación del 20%. Señal de voltaje a través de los blancos

electrónicos e inyección de solventes para garantizar la limpieza de la columna sin arrastrar una contaminación cruzada.

FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN

La relación entre la concentración de los plaguicidas organoclorados en ostiones y almejas, con la concentración de los contaminantes en el sedimento, se calculó con el Factor de Bioconcentración: $FBC = \text{Concentración en el organismo} / \text{Concentración en el sedimento}$.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Los sedimentos fueron analizados por el método Láser con el equipo Beckman Coulter LS230; el cual mide el tamaño de partículas (arenas, limos y arcillas) por difracción de un haz de luz láser.

El sedimento seco se colocó en vasos de precipitado con agua oxigenada hasta cubrir la muestra durante 24 horas, con la finalidad de oxidar la materia orgánica y eliminarla. Posteriormente, se eliminó el agua oxigenada y se cubrió la muestra con agua destilada durante 24 horas para enjuagar la muestra y eliminar sales solubles. Por último se agregó una solución de dispersante hexametáfosfato de sodio (100 g/l) hasta cubrir la muestra para disgregar las partículas, pasadas 24 horas se homogenizó, se tomaron alícuotas y se efectuó el análisis en el equipo láser.

Una vez que el equipo analiza las muestras, éste envía la información al software y grafica el porcentaje de volumen vs. diámetro de partícula, obteniéndose una gráfica promedio de las mediciones; los valores dados se copiaron a Excel para obtener el tamaño gráfico promedio y el porcentaje de arenas, limos y arcillas presentes en cada muestra.

CARBONO ORGÁNICO TOTAL (COT) Y MATERIA ORGÁNICA

El COT se determinó mediante el método de titulación, el cual utiliza calentamiento exotérmico y oxidación con dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) y ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado, el exceso de dicromato de potasio es titulado con sulfato ferroso ($FeSO_4$) 0.5 N (Gaudette *et al.*, 1974).

Se colocó aproximadamente 1.0 g de sedimento seco en un matraz Erlenmeyer de 500 ml, se agregaron 5 ml de solución de $K_2Cr_2O_7$ (1N), se le adicionó H_2SO_4 concentrado (10 ml) y se mezcló durante un minuto. La muestra se dejó reposar 30 minutos y se diluyó con 100 ml de agua destilada. Posteriormente, se agregaron 5 ml de ácido fosfórico (H_3PO_4) al 85 % y diez gotas de difenilamina. La muestra se tituló con sulfato ferroso (0.5N) observándose un cambio de color café verdoso, posteriormente a azul oscuro y el punto de equivalencia a verde brillante. Se analizaron blancos y se realizó cada muestra por duplicado. Para tener la referencia de materia orgánica en sedimentos, se utilizó el factor de conversión de Van Bemmelen: % Materia orgánica = % Carbono orgánico x 1,724.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Laguna de Alvarado se muestrearon siete sitios, nombrados por los lugareños (Cuadro 5).

Cuadro 5. Sitios muestreados en Laguna Alvarado.

Sitios	Nombre local
1	Desembocadura Buen País
2	Costa de la palma
3	Centro de la Laguna
4	Las iguanas
5	Entrada Río Blanco
6	Desembocadura de la Laguna
7	La polvadera

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DEL SISTEMA

ÉPOCA DE SECAS

La temperatura osciló entre 21.5°C y 24°C, la mayor temperatura se registró en la polvadera (sitio 7), ésta es la estación más cercana al pueblo de Alvarado y la más baja se encontró en (sitio 1), desembocadura de Buen País (Cuadro 6).

La salinidad tuvo poca variación, oscilando de 1.4 ups en Costa de la Palma (sitio 2), cerca de la costa; hasta 1.6 ups en Las iguanas (sitio 4), ahí se encuentra la boca de Laguna de Tlalixcoyan.

En cuanto a batimetría, el sistema lagunar es muy somero variando desde medio metro, hasta apenas 2 metros de profundidad; los sitios más someros se encuentran en la parte central de la laguna y los más profundos se localizan en la desembocadura de la laguna (sitio 6).

ÉPOCA DE LLUVIAS

En esta época, la temperatura superficial del agua aumentó, variando de 26 a 27°C, registrándose las más altas al norte del sistema (sitios 1, 2 y 3), y las más bajas en la costa sur (sitios 5 y 6), cercanas a la desembocadura del río Blanco. Cabe mencionar que la temperatura es más elevada en esta época, ya que en secas se muestreo en enero, aún con presencia de nortes. En Alvarado, la temperatura del agua es cálida de abril a septiembre con temperaturas de 27 a

33°C, disminuye a 22°C durante los meses fríos (diciembre a febrero) (Morán, *et al.*, 2005).

La salinidad disminuye en el sistema respecto a secas y permanece constante en 1.0 ups, excepto en el punto 6 localizado cerca de la desembocadura del Río Acula, donde se registró 0.0 ups. Con estos datos se puede deducir el gran aporte de agua dulce y la poca o nula influencia marina. Diversos autores (Winfield, *et al.*, 2007, Ruiz y Rodríguez, 1992 y Raz-Guzmán, *et al.*, 1987), reportan condiciones oligohalinas (0.5 a 5 ups) en época de lluvias y de nortes, y mesohalinas (5.0 a 18 ups) en secas. Estas características se relacionan con los aportes procedentes de los sistemas fluviales.

En cuanto a la profundidad, esta aumentó considerablemente hasta alcanzar los 8 metros en el punto más profundo, en la desembocadura de la laguna (sitio 6), gracias a los aportes de los ríos que desembocan en la laguna y a las escorrentías de los municipios aledaños, todos ellos con importante actividad agrícola.

Cuadro 6. Valores de temperatura, salinidad y profundidad de la Laguna.

Sitio	Temperatura °C		Salinidad ups		Profundidad (m)	
	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias
1	21.5	27.0	1.5	1.0	1.0	3.5
2	22.2	27.0	1.4	1.0	1.5	5.5
3	22.2	27.0	1.5	1.0	2.0	2.0
4	23.0	26.5	1.6	1.0	0.5	4.0
5	23.0	26.0	1.5	1.0	0.5	3.0

6	23.0	26.0	1.5	0.0	2.0	8.0
7	24.0	26.5	1.5	1.0	2.0	2.5

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

ÉPOCA DE SECAS

En la figura 6 se muestran los porcentajes de las fracciones granulométricas (arena, limo y arcilla) en época de secas.

Los valores de los parámetros estadísticos granulométricos: tamaño promedio gráfico (M_z), desviación estándar gráfica inclusiva (σ_i), grado de asimetría gráfica (Sk_i) y curtosis gráfica (K_G) de ambas épocas se muestran en el cuadro 7.

En esta época se registró sedimento de textura limosa en 3 sitios, arena-limosa en 2 y arena en los 2 restantes. Coincidiendo con Contreras (1985), al señalar sedimentos de tipo arenoso y limo-arcilloso predominantemente.

El tamaño promedio de las partículas que predominaron fueron arenas en los sitios 4, 5, 6 y 7; estos sitios se localizan cerca de las desembocaduras de los ríos que llegan a la laguna en la zona sureste del sistema al igual que la boca de la laguna y, probablemente hay arenas provenientes de la marea externa que ingresa a la laguna. Los limos se registraron en los sitios 1, 2, y 3; esta es la parte central del sistema y predominan estos sedimentos, ya que hay menos movimiento y ahí se depositan este tamaño de partículas. Se registró arcilla en muy bajo porcentaje y estuvo ausente en el sitio 5, el cual presentó 100% arenas, probablemente en esa zona se depositan este tipo de sedimentos provenientes de los ríos Papaloapan y Acula.

En la desviación estándar gráfica inclusiva (σ_i), los sitios de muestreo 3 y 6 se ubicaron en la categoría de muy mal clasificado; los sitios 1, 2, 4 y 7 en la categoría de mal clasificado; mientras que el sitio 5 en la categoría de bien clasificado (tendencia a presentar un único tamaño).

Respecto al grado de asimetría gráfica (Sk_i), todos los sitios se ubicaron en la categoría muy asimétrico hacia finos (exceso de material de grano fino).

En cuanto a la curtosis gráfica (K_G), los sitios 1, 3, 4 y 6 presentaron una distribución platicúrtico (frecuencias menos apuntadas que la normal), los sitios 2 y 5 mesocúrtico (distribución que tiene el mismo apuntamiento que la normal) y el sitio 7 tuvo una distribución muy leptocúrtico (frecuencias más apuntadas que la normal).

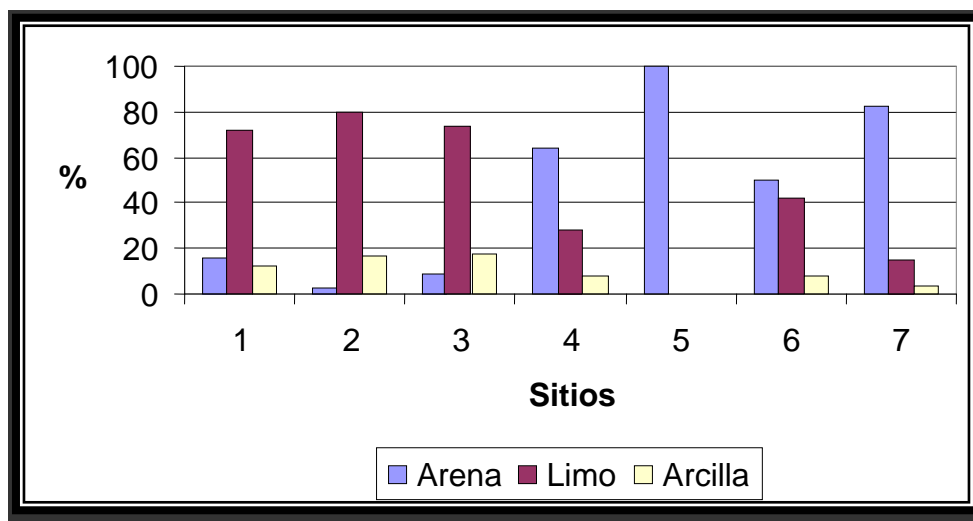


Figura 6. Porcentaje de fracciones granulométricas en época de secas.

Cuadro 7. Parámetros estadísticos granulométricos en época de secas y lluvias.

SECAS				
Sitio	Promedio gráfico (Mz) / Textura	Desviación estándar gráfica inclusiva (σ_i)	Grado de asimetría gráfica (Sk_i)	Curtosis gráfica (K_G)
1	5.86 Limo	1.78 Mal clasificado	0.07 Muy asimétrico hacia finos	0.87 Platicúrtico
2	6.61 Limo	1.5 Mal clasificado	0.05 Muy asimétrico hacia finos	1.11 Mesocúrtico
3	6.19 Limo-	1.83 Muy mal clasificado	0.11 Muy asimétrico hacia finos	0.87 Platicúrtico
4	3.4 Arena-Limosa	2.51 Mal clasificado	0.78 Muy asimétrico hacia finos	0.78 Platicúrtico
5	1.34 Arena	0.46 Bien clasificado	-0.14 Muy asimétrico hacia finos	1.07 Mesocúrtico
6	4.32 Arena-Limosa	2.29 Muy mal clasificado	0.28 Muy asimétrico hacia finos	0.75 Platicúrtico
7	3.03 Arena	1.32 Mal clasificado	0.66 Muy asimétrico hacia finos	2.09 Muy leptocúrtico
LLUVIAS				
Sitio	Promedio gráfico (Mz)	Desviación estándar gráfica inclusiva (σ_i)	Grado de asimetría gráfica (Sk_i)	Curtosis gráfica (K_G)
1	6.29 Limo	1.52 Mal clasificado	0.07 Muy asimétrico hacia finos	1.01 Mesocúrtico
2	4.45 Arena-Limosa	1.95 Mal clasificado	0.73 Muy asimétrico hacia finos	0.82 Platicúrtico
3	4.00 Arena-Limosa	2.01 Muy mal clasificado	0.49 Muy asimétrico hacia finos	0.83 Platicúrtico
4	4.25 Arena-Limosa	1.72 Mal clasificado	0.73 Muy asimétrico hacia finos	1.29 Leptocúrtico
5	4.67 Limo-Arenoso	1.61 Mal clasificado	0.51 Muy asimétrico hacia finos	1.30 Leptocúrtico
6	5.69 Limo	1.84 Mal clasificado	0.33 Muy asimétrico hacia finos	0.97 Mesocúrtico
7	3.82 Arena	1.83 Mal clasificado	0.63 Muy asimétrico hacia finos	1.21 Leptocúrtico

ÉPOCA DE LLUVIAS

En la figura 7 se muestra el porcentaje de las fracciones granulométricas (arena, limo y arcilla) registradas en esta época.

En lluvias predominaron los sedimentos de textura arena-limosa en 3 sitios, el sitio 5 fue limo-arenoso, el 1 y 6 limosos y el 7 arenoso.

En esta época, el tamaño de partículas sedimentarias que predominaron en la Laguna fueron arenas y limos nuevamente, pero el porcentaje de arena ésta vez fue mayor que en la época de secas, ya que hay aporte de materiales de los ríos, erosión y escorrentía de agua de lluvia que arrastra sedimentos de los campos de cultivo hacia el sistema. Los sitios 2, 3, 4 y 7 presentaron en su mayoría arena, estos puntos están cercanos a las costas de la Laguna. En los sitios 1, 5, y 6 se registró mayormente limo; en estos puntos aumentó la profundidad comparada con la época anterior, estas condiciones permiten que este tamaño de sedimento se deposite en el fondo. En muy bajos porcentajes se registró arcilla.

Los sitios 1, 4 y 7 fueron los que permanecieron sin cambios respecto al tamaño de sedimento en ambas épocas. El sitio 1 se localiza en la desembocadura de Laguna Buen País con sedimento limoso, el 4 con arena-limosa se localiza en la desembocadura de Laguna de Tlalixcoyan y el 7 en la desembocadura del Papaloapan con sedimentos arenosos.

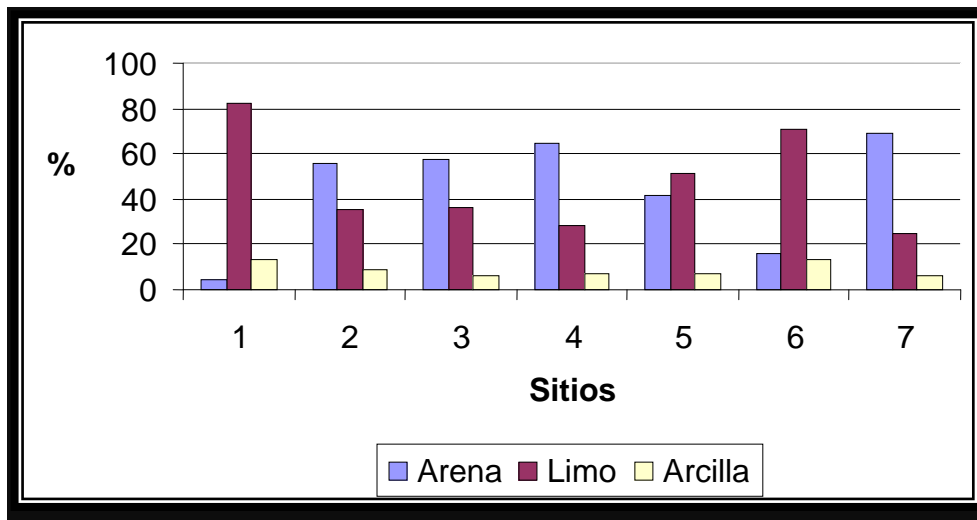


Figura 7. Porcentaje de fracciones granulométricas en época de lluvias.

Los valores de la desviación estándar gráfica inclusiva (σ_1), permitieron ubicar a los sitios de muestreo exceptuando el 3 en la categoría de mal clasificado; el sitio 3 se registró en la categoría de muy mal clasificado (tendencia a presentar diferentes tamaños).

Respecto al grado de asimetría gráfica (Sk_1), al igual que en la época anterior todos los sitios que se agruparon en la categoría muy asimétrico hacia finos (exceso de material de grano fino).

En cuanto a la curtosis gráfica (K_G), los sitios 2 y 3 presentaron una distribución platicúrtico, los sitios 1 y 6 mesocúrtico y los sitios 4, 5 y 7 tuvieron una distribución leptocúrtico.

En esta época, se presentó fragmento de conchas en casi todos los puntos; en el punto 4 Las iguanas mostró lirio abundante, allí se encuentra la boca de Laguna de Tlalixcoyan. En los puntos 6 y 7 al sur del sistema, el agua se presentó muy turbia, probablemente por el material que descarga en sus aguas el río Papaloapan que desemboca en la región Sureste de la Laguna. En general, en esta época la turbiedad en el sistema aumentó considerablemente, en la mayoría

de los puntos la visibilidad fue de 10 cm, presentando agua color chocolate debido a la remoción de sedimentos ocasionados por el aporte de agua de lluvia y material acarreado a la Laguna.

CARBONO ORGÁNICO

En época de secas, el intervalo del carbono orgánico es uniforme, la variación y el promedio es el siguiente:

Estación	CO (%)
1	1.12
2	2.11
3	1.79
4	0.66
5	0.22
6	0.84
7	0.25
PROMEDIO	0.99

Estos valores están distribuidos según la conformación de la laguna; ya que los niveles más altos (sitios 2 y 3) se encuentran ubicados en la parte centro, donde la circulación de las masas de agua son mínimas, además de que la profundidad es de 1.5 m., así como el tipo de sedimento es limoso, provocando la acumulación de la materia orgánica.

Los porcentajes del resto de los sitios son bajos o cercanos al mínimo del rango, tomando en cuenta el valor que reporta Contreras (1995) como naturales para las lagunas costeras que es de 4-5%. Los promedios se encuentran por debajo del intervalo antes establecido para lagunas costeras.

En época de lluvias, el intervalo de carbono orgánico también es uniforme, la variación y el promedio es el siguiente:

Estación	CO (%)
1	2.13
2	1.47
3	1.87
4	1.46
5	1.62
6	1.79
7	0.73
PROMEDIO	1.58

Los niveles más altos (sitios 1 y 3) se encuentran ubicados en la parte centro, donde la circulación de las masas de agua son mínimas, además de que la profundidad es de 1.5 m., así como el tipo de sedimento es limoso, provocando la acumulación de la materia orgánica. El sitio 6 también registró un porcentaje alto, pero a diferencia de las anteriores, ésta se localiza en la desembocadura del río Acula con sedimentos limo-arenosos.

Los porcentajes del resto de los sitios son bajos o cercanos al mínimo del rango, tomando en cuenta el valor que reporta Contreras (1995) como naturales para las lagunas costeras que es de 4-5%.

Los promedios se encuentran por debajo del intervalo antes establecido para lagunas costeras.

CARBONO ORGÁNICO TOTAL (COT)

ÉPOCA DE SECAS

El valor promedio de COT correspondiente a esta época fue 0.99 %, el valor más alto se registró en el sitio 2 (2.11%) con 80% de limos; estos sedimentos tienen tendencia a poseer cargas negativas asociadas, siendo rápidamente cubiertas por una capa de materia orgánica.

Los principales aportes de materia orgánica al sistema provienen de descargas de la agricultura. En Tlaxicoyan, municipio que limita al oeste con Alvarado y cercano al sitio 2, la actividad principal es la agricultura con el área de siembra más extensa. El valor más bajo de COT se presentó en el sitio 5 (0.22%) este presentó el 100% de arena (Figura 8). Los bajos porcentajes de COT en los sedimentos de los sitios restantes, probablemente se deben a la dinámica del sistema, lo cual disminuye la sedimentación de la materia orgánica.

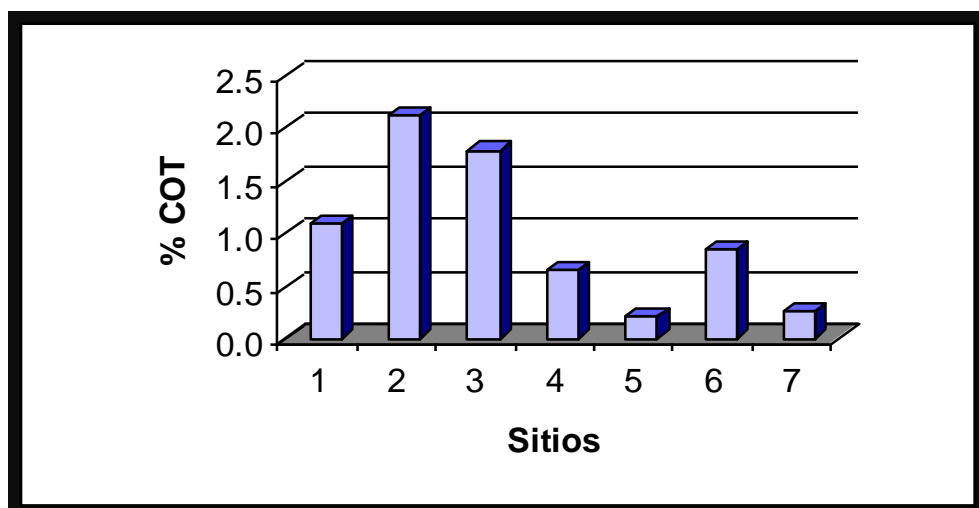


Figura 8. Porcentaje de COT en sedimentos en época de secas.

En el cuadro 8 se muestra el coeficiente de correlación entre los diferentes tamaños granulométricos del sedimento y el COT, en los cuatro tamaños de sedimento se registraron coeficientes de correlación significativos. Las graficas de cada tamaño textural vs COT se pueden observar en el Anexo 1.

Cuadro 8. Coeficientes de correlación entre granulometría y COT en época de secas.

	COT
Arcillas	0.96
Limos	0.93
Arenas	-0.94

ÉPOCA DE LLUVIAS

Los valores de COT en los sedimentos de esta época, oscilaron en un intervalo de 0.73% a 2.13%, con un valor promedio de 1.58% (Fig. 9). El porcentaje más alto se observó en el sitio 1 (2.13%) con aproximadamente 82% de limos; el menor fue en el sitio 7 (0.73%) con casi 70% de arenas. Se repite el patrón de la época de secas.

Comparando ambas épocas, ésta registró mayor porcentaje de COT con 11.07%; ya que en secas se registró 6.99%.

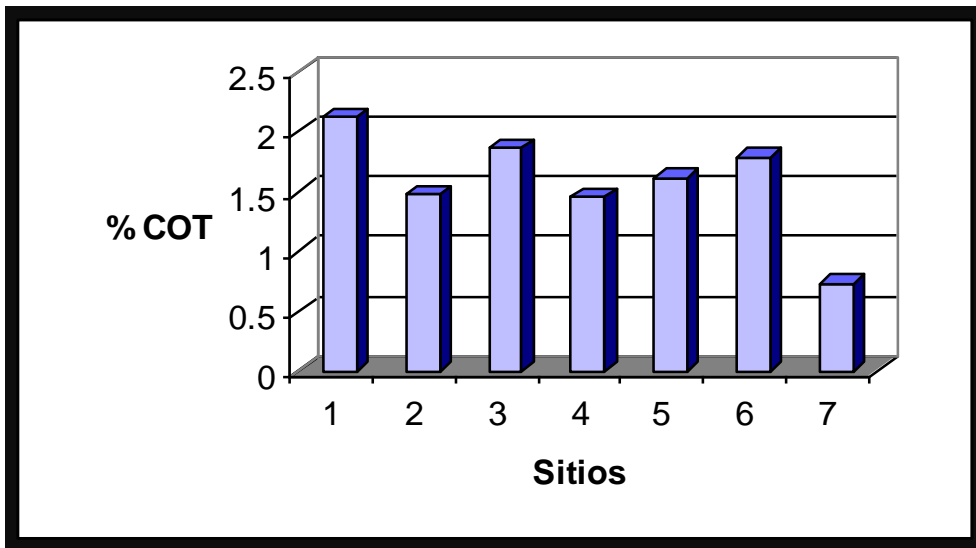


Figura 9. Porcentaje de COT en sedimentos en época de lluvias.

En el cuadro 9 se muestra el coeficiente de correlación entre los diferentes tamaños granulométricos del sedimento y el COT, se puede deducir que no existe una relación estadísticamente significativa entre estos parámetros.

Cuadro 9. Coeficientes de correlación entre granulometría y COT en época de lluvias.

	COT
Arcillas	0.64
Limos	0.74
Arenas	-0.73

NIVELES DE PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS

Para ambas épocas se registraron compuestos organoclorados en el 100% de las muestras evaluadas. En el cuadro 10 se presentan los resultados de las concentraciones de los 16 plaguicidas organoclorados detectados en ambos muestreos.

Cuadro 10. Concentraciones de los 16 plaguicidas organoclorados detectados en la Laguna Alvarado en ambas épocas.

Compuesto	Sedimentos (ng/g)														Ostiones (ng/g)		Almeja gallo (ng/g)		Almeja casco (ng/g)	Almeja negra (ng/g)	
	1		2		3		4		5		6		7		secas	lluvias	secas	lluvias	lluvias	lluvias	
	secas	lluvias	secas	Lluvias	secas	lluvias	secas	lluvias	secas	lluvias	secas	lluvias	secas	lluvias							
Alciclicos	ALFA HCH	3.77	0.50	2.50	N.D.	N.D.	0.77	N.D.	N.D.	N.D.	0.42	N.D.	N.D.	N.D.	0.65	0.63	N.D.	0.49	N.D.	N.D.	
	BETA HCH	0.22	4.56	0.20	3.85	N.D.	4.35	0.06	1.84	0.24	7.39	0.18	3.3	0.20	1.98	N.D.	1.2	N.D.	N.D.	0.491	N.D.
	GAMMA HCH	0.59	0.17	0.68	0.69	0.093	0.76	0.55	0.27	0.41	1.71	0.22	0.42	0.21	N.D.	0.324	0.41	N.D.	N.D.	0.592	0.20
	DELTA HCH	N.D.	0.41	1.10	0.53	N.D.	9.60	0.16	2.56	0.30	2.7	N.D.	0.63	0.41	0.01	N.D.	0.44	N.D.	0.37	N.D.	0.31
Aromáticos	P, P'-DDT	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	3.29	N.D.	N.D.	N.D.	2.73	N.D.	9.28	N.D.	26.57	N.D.	13.69	3.221	19.91	12.84	7.86
	P, P'-DDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.39	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	5.092	N.D.	5.76	3.56	1.40	
	P, P'-DDE	N.D.	30.85	N.D.	41.07	N.D.	14.35	N.D.	10.5	N.D.	N.D.	N.D.	48.4	N.D.	21.37	N.D.	10.55	N.D.	N.D.	11.68	N.D.
Ciclodienicos	HEPTACLORO	0.40	8.422	1.72	8.89	N.D.	4.73	0.59	0.88	0.92	12.86	N.D.	4.24	N.D.	0.58	2.77	2.70	N.D.	N.D.	1.01	0.54
	EPOXIDO DE HEPTACLORO	N.D.	21.28	1.71	19.16	0.264	N.D.	1.09	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1.26	2.81	2.12	2.21	0.51	4.22	0.90	0.37	
	ALDRIN	0.24	10.64	0.58	6.05	N.D.	16.7	N.D.	4.83	0.38	15.25	N.D.	16.72	N.D.	6.45	0.561	4.84	N.D.	0.31	1.58	N.D.
	DIELDRIN	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	4.17	1.744	0.94	2.69	1.67	
	ENDRIN	2.37	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.86	0.728	2.83	2.17	N.D.	
	ENDRIN ALDEHIDO	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	18.51	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	12.27	3.174	N.D.	24	N.D.	
	ENDOSULFAN I	N.D.	0.95	N.D.	1.41	N.D.	0.79	N.D.	0.48	N.D.	1.43	N.D.	0.82	N.D.	N.D.	1.27	N.D.	9.104	1.728	0.64	N.D.
	ENDOSULFAN II	N.D.	1.52	N.D.	2.62	N.D.	1.71	N.D.	2.18	N.D.	1.82	N.D.	3.16	N.D.	1.14	N.D.	N.D.	1.21	4.922	0.66	N.D.
	ENDOSULFAN SULFATO	N.D.	3.05	N.D.	2.61	N.D.	2.72	N.D.	N.D.	N.D.	5.2	N.D.	N.D.	N.D.	12.46	N.D.	0.22	1.509	22.4	4.83	1.35
Concentración Total	7.62	82.38	8.51	86.92	0.357	59.82	2.47	42.09	2.26	51.91	0.41	86.98	2.098	73.38	7.708	59.32	21.2	63.90	67.69	13.72	

N. D. : No Detectado; valor menor al límite de detección. SECAS LLUVIAS CONC. TOTALES POR SITIO

ÉPOCA DE SECAS

Las concentraciones totales en época de secas se muestran en la figura 10, donde se aprecia que la mayor concentración total con 21.2 ng/g corresponde a las almejas recolectadas en el sitio 4, con sedimento arenolimoso, los cuales son característicos de su hábitat incluyendo alta turbidez del agua; allí se encuentra la boca de Laguna de Tlaxicoyan, municipio agrícola de la cual probablemente fluye materia orgánica a través del deslave de sus suelos y es aprovechada por este organismo filtrador; el ostión es también uno de los de mayor concentración, el tipo de sustrato donde se recolectó, presentó más del 70% de limos.

Dado que las concentraciones encontradas en los organismos fueron altas y se sabe que los plaguicidas afectan al metabolismo en general, se podrían observar los siguientes efectos: inhibición en el almacenamiento de reservas asociadas con los procesos de reproducción y con la activación de hormonas durante el proceso de muda, reducción en la capacidad osmoreguladora e interferencia en el proceso de alimentación (Espina y Vanegas, 2005).

La mínima concentración se detectó en la muestra 3 de sedimento con 0.357ng/g, esta estación se encuentra casi al centro de la laguna y es una de las de mayor profundidad con 2 m.

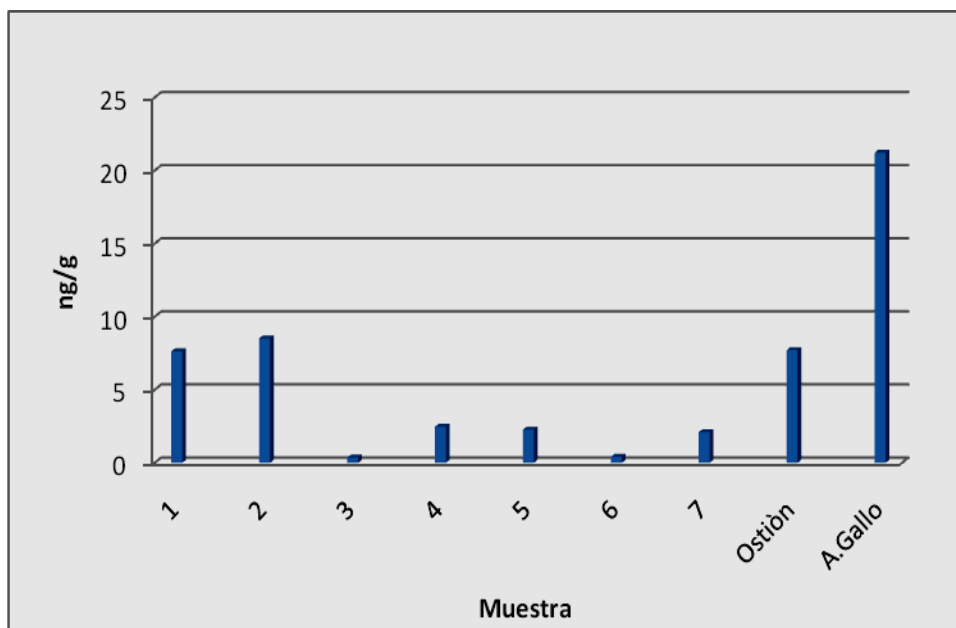


Figura 10. Concentración total de Plaguicidas Organoclorados en época de secas; ostión recolectado en sitio 1 y almeja en 4.

ÉPOCA DE LLUVIAS

Las concentraciones totales de plaguicidas aumentaron en todos los sitios y organismos muestreados, en esta época se logró obtener almeja casco y negra, cercanos al sitio 4.

Los sitios con mayor concentración total es el 6, con 87 ng/g (con 70% de limo), y el 2 con 86.9 ng/g (con 55% de arena y casi el 40% de limo); ambos sitios aumentaron considerablemente la profundidad (Fig.11).

Nuevamente el sitio 2 se ve afectado probablemente por toda la escorrentía de los campos agrícolas del municipio vecino Tlalixcoyan. El sitio 6 se localiza cerca de las desembocaduras de los ríos Acula y Papaloapan recibiendo directamente descargas de éstos.

En mayor o menor medida, todos los suelos absorben plaguicidas; depende del contenido de materia orgánica. Así, los suelos ricos en humus con frecuencia absorben mayor cantidad de insecticidas que los suelos arenosos. Otro factor importante para la absorción es el grado de humedad del suelo (Albert y Loera, 2005).

En la región Sureste del complejo desemboca el río Papaloapan, pasa por tres ciudades que son importantes en cuanto a su industria y actividades agrícolas; San Juan Bautista Tuxtepec Oaxaca, Carlos A. Carrillo y Cosamaloapan Veracruz siendo grandes focos de contaminación para el río Papaloapan, depositando las descargas en la Laguna.

La mínima concentración se detectó en la almeja negra con 13.72 ng/g, probablemente porque ésta se produce mayormente en la zona intermareal.

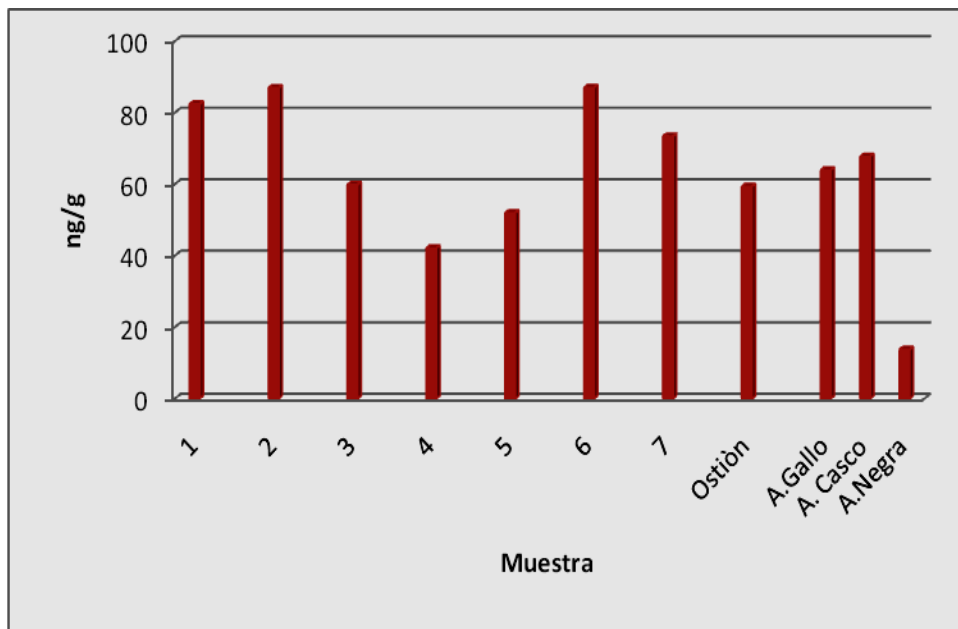


Figura 11. Concentración total de Plaguicidas Organoclorados en época de lluvias.

En la figura 12 se muestra la concentración total de Plaguicidas Organoclorados en ambas épocas, observándose claramente el gran aumento de estos contaminantes en la época de lluvias.

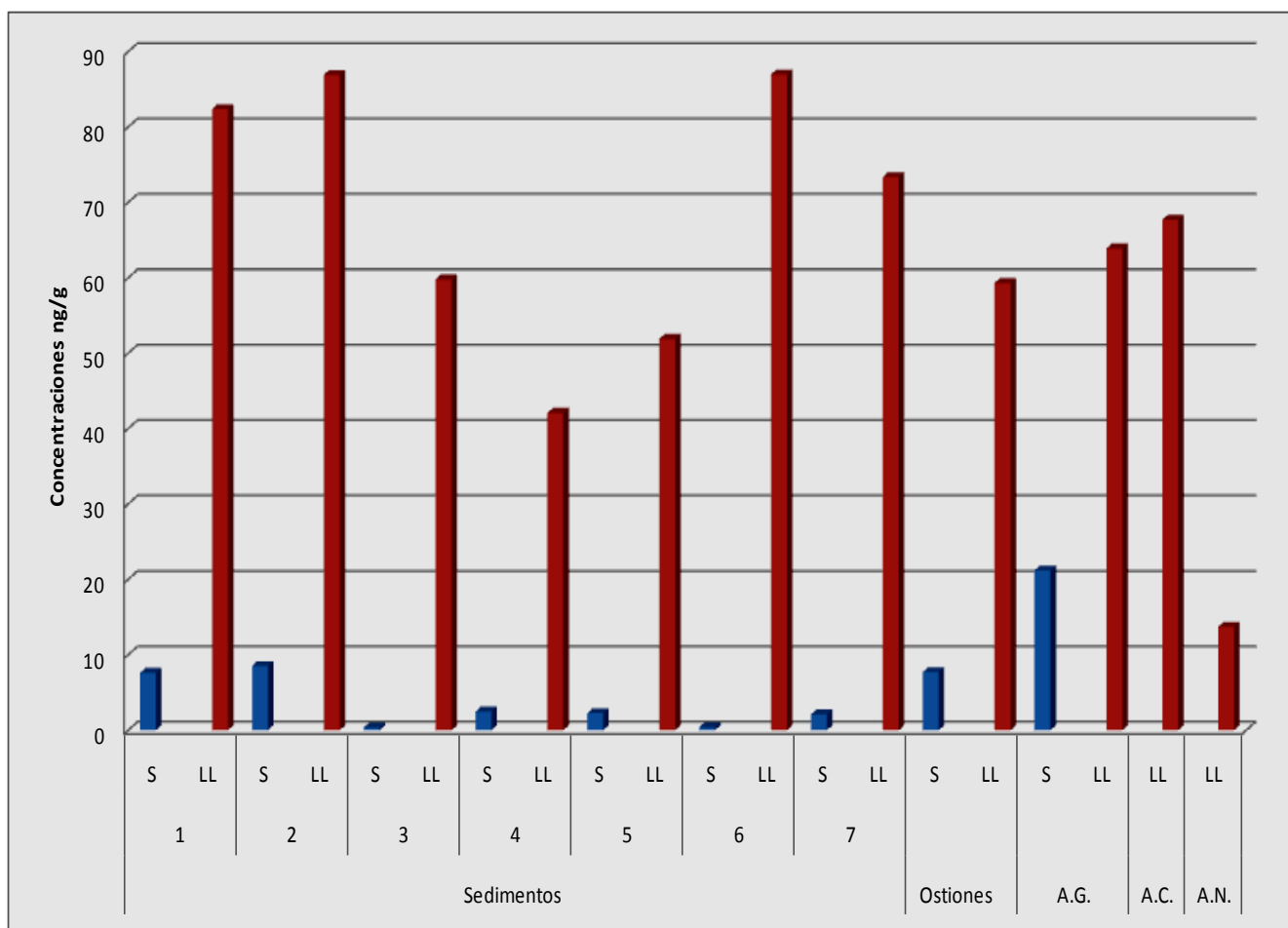


Figura 12. Concentración total de Plaguicidas Organoclorados en ambas épocas.

EN CUANTO A LA CONCENTRACIÓN DE PLAGUICIDAS POR FAMILIA SE OBTUVO LO SIGUIENTE:

- ALICÍCLICOS

En época de secas, en la familia de los alicíclicos fue en la que se detectó la mayor cantidad de analitos, sobresaliendo el GAMMA HCH o lindano (de uso restringido por CICOPPLAFEST), influyendo probablemente su alta persistencia en el suelo, cabe destacar que respecto al sedimento el ALFA HCH tiene las concentraciones mas altas para las muestras 1 y 2 (con 70 y 80% de limo respectivamente). Según la Agencia de Medio Ambiente de Suecia, América Latina y Asia, el uso de la mezcla de isómeros de HCH que incluye el ALFA-HCH, es de uso restringido. No obstante, como resultado de continuas liberaciones y su persistencia en el ambiente, el ALFA-HCH permanece esparcido en el ambiente.

El lindano es altamente persistente en el ambiente, concentrándose en agua, aire, suelo y sedimentos, donde puede contaminar a los organismos expuestos, bioacumularse en los tejidos grasos y bioconcentrarse a través de la cadena alimenticia.

Respecto a los organismos, la almeja gallo no contienen alicíclicos en esta época; ésta es una especie típicamente estuarina, habita en áreas influidas por ríos, preferentemente en fondos limo-arcillosos, pero cabe mencionar que en secas, en este sitio se registró sedimento con más del 60% de arena. Su alimentación es por filtración de partículas orgánicas suspendidas.

En época de lluvias, se detectaron igualmente todos los analitos y las concentraciones aumentaron, BETA, GAMMA y DELTA se presentaron en todos los sedimentos excepto GAMMA en el sitio 7.

En sedimentos, el sitio 3 fue el que presentó mayor concentración total, con un gran aumento respecto a secas (de 0.093 a 15.508 ng/g); en este sitio registró arena-limosa.

En ostión se registran los 4 analitos y es la mayor concentración en todos los organismos con 2.701 ng/g; nuevamente predominan los limos en el sitio de recolecta.

○ AROMÁTICOS

En la familia de los aromáticos se detectó una menor cantidad de analitos para todas las muestras en época de secas, sobresale el DDT, que estuvo presente en almejas (recolectadas en el sitio 4), cuya concentración fue de 3.221 ng/g.

El uso del DDT está restringido, es de uso exclusivo de la Secretaria de Salud, en campañas sanitarias. Este se bioacumula en peces, aves y mamíferos y se biomagnifica a lo largo de la cadena alimenticia, afectando todos los niveles tróficos de los ecosistemas acuáticos, principalmente a los productores primarios. (CICOPLAFEST, 1991).

En lluvias, se detectaron todos los compuestos de esta familia. En sedimentos de los sitios 6 (limoso) y 7 (areno-limoso) se presentaron las mayores concentraciones totales con 57.68 y 47.94 ng/g respectivamente.

En los organismos, el ostión con 29.332 ng/g y almeja casco con 28 ng/g fueron los de mayor concentración total de los tres aromáticos. La almeja gallo y negra presentan DDT y DDD. La almeja casco presenta los tres compuestos de esta familia.

De acuerdo al Catalogo Oficial de Plaguicidas elaborado por CICOPRAFEST de 1996, el uso de DDT está restringido a campañas sanitarias contra la malaria de las dependencias del ejecutivo. Desde 1996 se implantó un Plan de Acción Regional de América del Norte. Con la instrumentación del PARAN (Planes de Acción Regional) en 2002, México llevó a cabo las acciones convenidas y se logró la restricción en el uso agrícola de este plaguicida. Además, se detectaron sustancias alternativas para el control del mosquito que transmite la malaria y se elaboraron programas de destrucción de los sitios de incubación del mosquito, eliminando los requerimientos de DDT. Se desconocen los volúmenes que se utilizaron antes de ser prohibido, así como su impacto ecotoxicológico. Se desconoce si se utiliza en forma clandestina.

No obstante, después de la restricción se continuó detectando el compuesto en varios medios naturales. Los niveles detectados en los sedimentos en varios estudios en México no han encontrado concentraciones especialmente altas, aunque hay excepciones. Se ha detectado DDT en sedimentos de lagunas de México (Cuadro 11) (Allsopp y Erry, 2000). En este estudio se registro DDT en las cuatro especies de organismos.

El Estado de Veracruz ocupó el sexto lugar en uso de DDT para el control de paludismo en México (1988-1999), con una aplicación registrada de 740 toneladas. Probablemente residuos de esta aplicación están contenidos en los organismos, ya que la vida media del DDT en suelos es de 10.5 años (Mc Ewen y Stephenson, 1979).

Análisis realizados para determinar la concentración de DDT y sus metabolitos en los tejidos de ostiones, almejas y peces de los principales estuarios y lagunas costeras mexicanas (como las mencionadas en los cuadros 10 y 17), muestran al igual que este estudio que estos compuestos están presentes en niveles detectables.

Cuadro 11. Concentraciones e intervalos de DDT y metabolitos en sedimento de áreas costeras de México (ppb) (Tomado de Allsopp y Erry, 2000).

Sitio	DDD	DDE	DDT
Laguna de Términos	0- 0.55	0- 17.67	
Laguna de Términos	0.45- 0.55	0.24-17.67	
Laguna del Carmen		0.15	1.47
Laguna Machona		0.26	1.47
Laguna Alvarado		1.78	2.24
Laguna Verde			16,600

○ CICLODIÉNICOS

En la familia de los ciclodienicos en la época de secas; el primer lugar lo ocupó el ENDOSULFAN I en las almejas con una concentración de 9.104 ng/g. La presencia de este analito, puede deberse a que es ampliamente utilizado en la agricultura (se aplica en el follaje de los principales cultivos como la caña de azúcar) ya que su persistencia en el medio es menor que los de otros plaguicidas de reconocida toxicidad como el ENDRIN y el DDT.

En lluvias, los compuestos presentes en mayor concentración en sedimentos fueron Endosulfan I y II y E. Sulfato; en los sitios 1 con sedimentos limosos y el 2 con textura arena limosa, fue donde se reportó la mayor concentración con 45.8 y 40.7 ng/g, respectivamente.

El efecto tóxico del Endosulfan ha sido ampliamente reconocido a diferentes niveles de organización biológica tanto en moluscos como en crustáceos y peces, alterando en la reproducción y crecimientos de crustáceos y moluscos bivalvos (Naqvv y Vaishnavi 1993, tomado de Espina y Vanegas, 2005).

La acción neurotóxica del endosulfán altera la osmoregulación y el consumo de oxígeno de los moluscos (Espina y Vanegas, 2005).

En organismos, la almeja gallo y casco fueron las que presentaron mayores concentraciones totales de ciclodiénicos con 37.3 y 38.5 (ng/g) respectivamente, mientras que la almeja negra solo reporta 3.9 ng/g, probablemente porque su hábitat ideal es la zona intermareal y en cantidades menores en zonas costeras. En ostiones se registró concentración alta de 27.2 ng/g.

En el cuadro 12, se muestra la vida media en años de algunos ciclodiénicos, detectados en este estudio.

Al sumar las concentraciones de ambas épocas, la mayor concentración la presentó el Aldrín, éste se encuentra entre los principales plaguicidas que actualmente se venden para propósitos de agricultura, principal actividad de los municipios aledaños a la Laguna.

El aldrín de grado técnico en presencia de peróxidos en el ambiente y en los organismos, se oxida para transformarse en su epóxido, dieldrín. Éste posee propiedades fisicoquímicas similares a las del aldrín, pero es de mayor toxicidad y persistencia. El endrín es el insecticida de mayor toxicidad aguda. El aldrín, dieldrín y endrín son altamente lipofílicos y persistentes en el medio, pero tienen una acción sistémica menor que el DDT (Leyva-Cardoso, 2003).

Según el Catálogo Oficial de Plaguicidas (1996), se logró la prohibición del uso agrícola de este plaguicida de acuerdo con el Diario Oficial de la Federación del 3 de enero de 1991. Se desconocen los volúmenes que se utilizaron antes de ser prohibido, así como su impacto ecotoxicológico.

Cuadro 12. Persistencia de algunos insecticidas organoclorados en suelos.

<i>Plaguicida</i>	<i>Vida Media (años)</i>
Aldrín	5
Clordano	8
DDT	10.5
Dieldrín	7
Endrín	10
Heptacloro	4
Lindano	2

(McEwen y Stephenson, 1979)

En el ambiente, estos compuestos sufren transformaciones químicas y bioquímicas por reacciones abióticas y bióticas; como resultado, se modifica el tiempo que el compuesto y/o sus productos de transformación permanecerán en el ambiente, así como sus efectos, pues muchos de los productos de degradación parcial son más tóxicos o más persistentes que el compuesto original; esto ocurre, por ejemplo con el dieldrín y el epóxido de heptacloro (Albert y Loera, 2005).

- CONSUMO DE OSTRAS EN EL PAIS

En México, el consumo de moluscos por persona es aproximadamente de 1.37g/persona/día (FAO, 2007).

Multiplicando éste consumo aproximado por el promedio de las concentraciones de alicíclicos registrados en este estudio, los resultados de la ingestión son de: 0.79 en ostión, 0.58 en almeja gallo, 0.73 en almeja casco y 0.34 en almeja negra, ng/g/día de alicíclicos.

Con las concentraciones promedio de los aromáticos, se tienen los siguientes resultados para ingesta: 13.28 en ostión, 10.96 en almeja gallo, 12.82 en almeja casco y 6.30 en almeja negra, ng/g/día de aromáticos.

De la concentración promedio de ciclodiénicos, se observaron resultados de ingesta de: 3.82 en ostión, 5.41 en almeja gallo, 5.86 en almeja casco y 1.34 en almeja negra, ng/g/día de aromáticos.

Estos valores no cumplen con la Norma Oficial Mexicana **NOM-032-SSA1-1993**, que establece las especificaciones sanitarias de los moluscos bivalvos, en su numeral de contaminación por plaguicidas, que menciona que los productos objeto de esta Norma no deberán contener residuos de plaguicidas prohibidos en el Catálogo Oficial de Plaguicidas publicado en el Diario Oficial de la Federación.

Así como lo reporta Ortiz-Hernández *et al.*, (1997) en consecuencia, estos plaguicidas representan un riesgo para la salud pública en las comunidades con un alto consumo de ostras.

FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN

Bioconcentración es una medida de la cantidad de residuos de plaguicidas en el tejido de un organismo respecto a la concentración en medio ambiente del organismo. Incluye la absorción de plaguicidas a través de la respiración y contacto, no a través de fuentes dietéticas (Consultado en: http://www.epa.gov/oppefed1/models/water/kabam/kabam_user_guide_appendix).

El factor de bioconcentración (FBC) calculado se muestra en el cuadro 13, en el que se observa a la almeja casco con el valor más alto (FBC= 22.7) con ciclodiénicos, con esta misma familia sigue la almeja gallo en la época de secas con FBC= 10.5 y con FBC= 2.2 a los ostiones en la misma época. En la familia de los aromáticos en las almejas casco y gallo se registró FBC= 2.6 y 2.4 respectivamente. De acuerdo a la EPA de Estados Unidos, valores de FBC > 1 indican que la concentración en el organismo es mayor que la del medio (suelo o agua) de la que fue tomado el plaguicida. Para este estudio, tres especies excepto la almeja negra registraron Factor de Bioconcentración mayor que la del sedimento (Fig.13).

Cuadro 13. Factor de bioconcentración.

compuesto	Ostiones (ng/g)		Almeja gallo (ng/g)		Almeja casco (ng/g)	Almeja negra (ng/g)
	secas	lluvias	secas	lluvias	lluvias	lluvias
aliciclicos	0.212	0.477	0	0.185	0.231	0.11
aromaticos	0	0.977	0	2.44	2.675	0.882
ciclodienicos	2.228	0.594	10.566	1.385	22.742	0.146

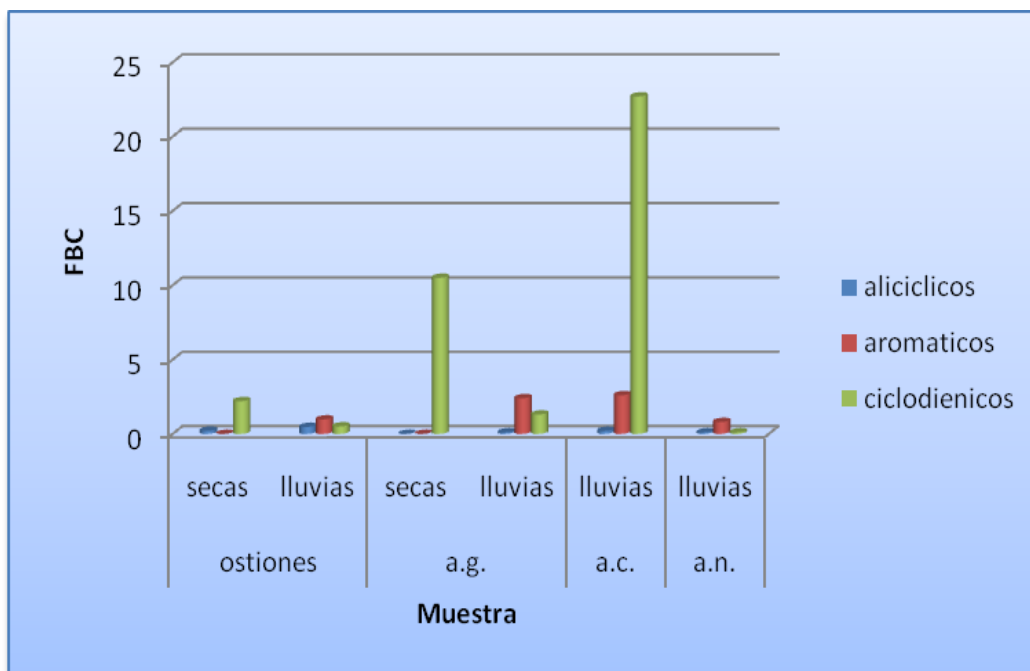


Figura 13. Factor de Bioconcentración

La toxicidad está determinada por la disponibilidad real de los contaminantes en el ambiente, por las transformaciones que experimentan en el medio y por las interacciones que se producen entre ellos. En los animales, la toxicidad depende de las formas y vías de captación; de la concentración y tiempo de exposición al tóxico y de la sensibilidad y tolerancia de la especie. Depende también del tamaño, del estado de desarrollo y de la condición fisiológica del organismo. También es indispensable tener en cuenta la acción de los factores ambientales (Espina y Vanegas, 2005).

COMPARACIÓN DE CONCENTRACION DE ORGANOCOLORADOS EN SEDIMENTOS DE ESTE ESTUDIO, CON NOAA.

Se compararon los datos obtenidos en este estudio, con las talas de Referencia de Compuestos Orgánicos (NOAA, 2004), la cual especifica el nivel umbral de efectos (Threshold Effects Level, TEL) y nivel de efectos probables (Probable Effects Level, PEL), para los siguientes compuestos en sedimentos de la laguna: lindano, dieldrín, endrín, epóxido de heptacloro, DDT, DDE y DDD.

En el sitio 1, en el sedimento recolectado en época de lluvias, las concentraciones del DDE y del epóxido de heptacloro sobrepasan considerablemente los niveles establecidos de TEL y PEL, por lo que los organismos bentónicos podrían estar sujetos a efectos biológicos adversos. En el sitio 2, las concentraciones del DDE y de epóxido de heptacloro sobrepasan los niveles de TEL y PEL en lluvias. En secas el epóxido de heptacloro está muy cercano al nivel de PEL y por debajo del TEL (Tabla 1). Las concentraciones del resto de los compuestos se mantienen por debajo de los niveles establecidos por los criterios de calidad de los sedimentos, por lo que raramente se presentarían efectos adversos.

Tabla 1. Valores de NOAA (2004) comparados con sitios 1 y 2.

	1			
	secas	lluvias	TEL	PEL
GAMMA HCH	0.599	0.176	0.94	1.3
P, P'-DDT	N.D.	N.D.	6.9	
P, P'-DDD	N.D.	N.D.	3.5	8.5
P, P'-DDE	N.D.	30.85	1.4	6.7
EPOXIDO DE HEPTACOLORO	N.D.	21.28	0.6	2.7
DIELDRIN	N.D.	N.D.	2.8	6.6
ENDRIN	2.373	N.D.	2.6	62.4

	2			
	secas	lluvias	TEL	PEL
GAMMA HCH	0.684	0.694	0.94	1.3
P, P'-DDT	N.D.	N.D.	6.9	
P, P'-DDD	N.D.	N.D.	3.5	8.5
P, P'-DDE	N.D.	41.07	1.4	6.7
EPOXIDO DE HEPTACLORO	1.71	19.16	0.6	2.7
DIELDRIN	N.D.	N.D.	2.8	6.6
ENDRIN	N.D.	N.D.	2.6	62.4

En sedimentos de los sitios 3 y 4, en época de lluvias, las concentraciones del DDE sobrepasan los niveles establecidos de TEL y PEL, por lo que los organismos bentónicos podrían estar sujetos a efectos biológicos adversos (Tabla 2). El resto de los compuestos se encuentran por debajo de los límites TEL y PEL establecidos.

Tabla 2. Valores de NOAA (2004) comparados con sitios 3 y 4.

	3			
	Secas	lluvias	TEL	PEL
GAMMA HCH	0.093	0.766	0.94	1.3
P, P'-DDT	N.D.	3.298	6.9	
P, P'-DDD	N.D.	N.D.	3.5	8.5
P, P'-DDE	N.D.	14.35	1.4	6.7
EPOXIDO DE HEPTACLORO	0.264	N.D.	0.6	2.7
DIELDRIN	N.D.	N.D.	2.8	6.6
ENDRIN	N.D.	N.D.	2.6	62.4

	4			
	secas	lluvias	TEL	PEL
GAMMA HCH	0.551	0.273	0.94	1.3
P, P'-DDT	N.D.	N.D.	6.9	
P, P'-DDD	N.D.	N.D.	3.5	8.5
P, P'-DDE	N.D.	10.5	1.4	6.7
EPOXIDO DE HEPTACLORO	1.098	N.D.	0.6	2.7
DIELDRIN	N.D.	N.D.	2.8	6.6
ENDRIN	N.D.	N.D.	2.6	62.4

En el sitio 5, en el sedimento recolectado en época de lluvias, la concentración de lindano está muy cercana a los niveles de PEL y TEL, por lo que raramente se observaran efectos adversos. En el sitio 6, las concentraciones de DDT sobrepasan los niveles de TEL en lluvias, la concentración de DDE en lluvias sobrepasa considerablemente los niveles de TEL y PEL (Tabla 3). Las concentraciones del resto de los compuestos se mantienen por debajo de los límites.

Tabla 3. Valores de NOAA (2004) comparados con sitios 5 y 6.

	5			
	secas	lluvias	TEL	PEL
GAMMA HCH	0.414	1.71	0.94	1.3
P, P'-DDT	N.D.	2.73	6.9	
P, P'-DDD	N.D.	0.394	3.5	8.5
P, P'-DDE	N.D.	N.D.	1.4	6.7
EPOXIDO DE HEPTACLORO	N.D.	N.D.	0.6	2.7
DIELDRIN	N.D.	N.D.	2.8	6.6
ENDRIN	N.D.	N.D.	2.6	62.4

	6			
	secas	lluvias	TEL	PEL
GAMMA HCH	0.223	0.425	0.94	1.3
P, P´-DDT	N.D.	9.28	6.9	
P, P´-DDD	N.D.	N.D.	3.5	8.5
P, P´-DDE	N.D.	48.4	1.4	6.7
EPOXIDO DE HEPTACLORO	N.D.	N.D.	0.6	2.7
DIELDRIN	N.D.	N.D.	2.8	6.6
ENDRIN	N.D.	N.D.	2.6	62.4

En el sitio 7, en el sedimento recolectado en época de lluvias, las concentraciones de DDT sobrepasa considerablemente el nivel de TEL, el nivel de DDE en lluvias sobrepasa los niveles de TEL y PEL (Tabla 4). La concentración de epóxido de heptacloro en lluvias sobrepasa los niveles de TEL y están muy cercanos a los valores de PEL, en los sedimentos de secas sobrepasa TEL y se encuentran por debajo de PEL. Las concentraciones del resto de los compuestos se mantienen por debajo de los niveles establecidos por los criterios de calidad de los sedimentos.

Tabla 4. Valores de NOAA (2004) comparados con el sitio 7.

	7			
	secas	Lluvias	TEL	PEL
GAMMA HCH	0.217	N.D.	0.94	1.3
P, P´-DDT	N.D.	26.57	6.9	
P, P´-DDD	N.D.	N.D.	3.5	8.5
P, P´-DDE	N.D.	21.37	1.4	6.7
EPOXIDO DE HEPTACLORO	1.266	2.81	0.6	2.7
DIELDRIN	N.D.	N.D.	2.8	6.6
ENDRIN	N.D.	N.D.	2.6	62.4

TOXICIDAD DE LOS PLAGUICIDAS QUE EXCEDIERON LOS NIVELES NOAA.

En éste estudio, el lindano (en un sitio), DDT (en 2 sitios), DDE (en 6 sitios) y epóxido de heptacloro (en 3 sitios) excedieron los niveles establecidos por los criterios de calidad de los sedimentos establecidos por NOAA (2004).

LINDANO. En ciertos casos, el lindano puede ser fuertemente adsorbido en suelos que contienen una gran cantidad de materia orgánica, sin embargo, puede lixiviar con agua de lluvia o riego artificial. El lindano no se descompone fácilmente cuando permanece en el suelo y de ahí es transportado a la atmósfera, por esta razón las emisiones más importantes de este plaguicida en el aire se deben a las provenientes de usos agrícolas, debido a su baja degradación en el suelo.

El lindano es moderadamente tóxico en invertebrados y peces, con valores de LC_{50} de 20-90 $\mu\text{g/L}$. La toxicidad aguda en ratones es moderada, con valores de LD_{50} entre 60-250 mg/kg. Ocasiona perturbaciones endocrinas. Los hexaclociclohexanos son posibles carcinógenos en seres humanos (UNEP, 2002).

DDT. El DDT en condiciones de biotransformación en la mayoría de los organismos se convierte en p,p'-DDE, el cual es más soluble en lípidos y es menos tóxico que el DDT (Thomas, 1995).

El DDT es un posible carcinógeno en seres humanos. El nivel máximo de residuo en alimentos que recomienda la OMS/FAO se encuentra entre 0.02 mg/kg de grasa de carne roja. Los niveles máximos permisibles de DDT en agua potable (OMS) son de 1.0 $\mu\text{g/L}$ (UNEP, 2002).

El DDT y sus metabolitos, entre los que destaca el DDE, son altamente solubles en las grasas y casi insolubles en el agua, por lo cual pueden depositarse y concentrarse en el tejido graso de los organismos con los que entran en contacto. Lo anterior trae como consecuencia, entre otras, que se vayan acumulando a

través de la cadena alimentaria ocasionando un fenómeno de biomagnificación. Su factor de bioconcentración en peces es de cerca de 50 mil y en mejillones de alrededor de 500 mil (INE, 1991).

DDE. El DDE carece de propiedades insecticidas, pero es aún más estable y persistente que el DDT. (Leyva-Cardoso, 2003).

EPÓXIDO DE HEPTACLORO. Bacterias y animales degradan al heptacloro a epóxido de heptacloro; insecticida para el control de termitas, hormigas y otros insectos en cosechas o vivienda. El epóxido de heptacloro se disuelve más fácilmente en agua que el heptacloro y también se adhiere al suelo. El epóxido de heptacloro es más tóxico que el heptacloro en animales de laboratorio (GobiernoUSA.gov).

La toxicidad aguda del heptacloro es mayor en organismos acuáticos que en mamíferos, se han encontrado valores de LC_{50} de $0.11\mu\text{g/L}$ en camarón rosado. Es posiblemente carcinógeno en seres humanos. Los niveles máximos de residuo que recomienda la FAO/OMS están entre 0.006 mg/kg de grasa láctea y 0.2 mg/kg de grasa en carne de ave o roja (UNEP, 2002).

COMPARACIÓN CON OTROS SITIOS

Con el propósito de tener una referencia acerca del nivel de contaminación por POCs en los sedimentos de la zona de estudio se realizó una comparación con otros ecosistemas costeros. El cuadro 14 muestra las concentraciones de POCs en sedimentos de algunas lagunas costeras nacionales.

Las lagunas de Chiapas tienen altas concentraciones de plaguicida debido principalmente a que en la zona del Soconusco se emplearon, durante mucho tiempo, grandes cantidades de estos compuestos en los cultivos de algodón.

De acuerdo a las concentraciones determinadas por Rendón -Von Osten en la laguna de Términos en 2000, se identificó que el número y las concentraciones de α - HCH, Aldrin, epóxido de heptacloro, DDT y DDE incrementaron sus concentraciones desde 2 hasta 1,000 veces más la concentración encontrada en el estudio del mismo autor en 2003. Igualmente incrementaron las concentraciones de Aldrin, DDT y DDE en este estudio, lo cual puede indicar que se presentan procesos de transporte y depositación de estos compuestos en este último ecosistema. Además es importante mencionar que en el 2000 se reportó el compuesto Mirex en la laguna de Términos, el cual fue utilizado para el control de hormigas. De manera general se puede decir que las concentraciones se han incrementado en casi todos los compuestos, pero de manera significativa los productos de degradación como el p'-DDE y p'-DDD hasta en cuatro y tres veces más respectivamente. Lo anterior confirma que los productos de degradaciones están incrementados y que muy posiblemente el uso de DDT ha disminuido.

Cuadro 14. Concentración de POCs (ng/g) en sedimentos de diferentes sitios

(Modificado de Rendón-Von Osten *et al.*, 2005).

PLAGUICIDA ORGANOCOLORADO	Laguna Chantuto- Panzacola y Carreteras – Pereira Chiapas 2000	Laguna de Términos 2000	Costa Sur de Campeche 2003	Este estudio 2009 Laguna de Alvarado Veracruz (Conc. totales) secas lluvias	
α – HCH		.0013 - 2.9	0.086	6.27	3.49
β - HCH				1.12	28.49
γ – HCH	22	.00037 - 1.1	0.74 - 2.23	2.78	4.784
δ - HCH				1.99	17.29
Aldrín	151	.002 - 0.1	3.62 - 45.99	1.20	82.36
Endrín				2.37	4.42
Metoxicloro		.003	2.7 - 6.07		
Heptacloro	23			3.64	46
Epóxido de Heptacloro	113	.002 - .03	0.47 - 1.02	4.33	52.32
Endosulfán II	250				20.29
Mirex		N.D. - 12.6			
o, p´-DDT		.0005 - 3.2	0.236		
o, p´-DDD		.001 - 2.9	1.07 - 8.70		
o, p´-DDE		.0005 - 2.8	14.936		
p, p´-DDT		.00008 - 2.1	0.34 - 3.023		78.701
p, p´-DDE	22				177

En el cuadro 17, se reportan β – HCH y δ - HCH solo en éste estudio. Según el Catálogo Oficial de Plaguicidas (1996), históricamente, el lindano es uno de los insecticidas más ampliamente usado; como otros isómeros del HCH, es persistente en suelos y agua, con vida media de uno y dos años, respectivamente. Es menos bioacumulativo que otros organoclorados, debido a su baja lipofilicidad, pero a cambio su baja presión de vapor favorece el transporte

de largo alcance en la atmósfera. Es moderadamente tóxico para los invertebrados y los peces.

En otros sistemas, de la familia de los ciclodiénicos se presentó aldrín, y en éste se registró aldrín y endrín, siendo este último el más tóxico y proveniente del Isodrín; se logró la prohibición del uso agrícola de éste de acuerdo con el Diario Oficial de la Federación del 3 de enero de 1991, pero se desconocen los volúmenes que se utilizaron antes de ser prohibido, así como su impacto ecotoxicológico de acuerdo al Catálogo Oficial de Plaguicidas (1996).

Investigaciones registradas al INE (1991), indican la exposición al DDT y sus metabolitos en algunas especies de bivalvos, como en la almeja *Rangia flexuosa* del Río Coatzacoalcos, Veracruz con 3.80 ng/g de DDT y en el ostión *Crassostrea virginica* de las Lagunas Costeras del Golfo de México con 4.17 ng/g de DDE. Comparando con los resultados de éste estudio, el ostión reportó una concentración casi del doble con 10.55 ng/g de DDE. En cuanto a la almeja casco, ésta reportó 12.8 ng/g, siendo casi cuatro veces mayor al estudio anterior, lo cual indica que muy probablemente sigue siendo aplicado DDT en los alrededores de la zona estudiada.

Comparando los resultados obtenidos en este trabajo con otros países (cuadro 15), se tiene que:

Cuadro 15. Plaguicidas Organoclorados en sedimentos de América (ng/g)

Area	Laguna Chantuto, México	Laguna Chantuto-Panzacola, México	Pozuelos-Murillo, México	Lagunas Costeras, noroeste, México.	Bahía San Antonio, Argentina	Mar Chiquita, Argentina	Black Lake, USA	Lagunas costeras, Pacifico, Nicaragua.	Bahía Tampa, Florida, USA.	Yukon River, Bristish Columbia
Año de estudio	2005-2006	1994-1995	2002	1994	2000	2000	2002-2003	1995	1993-1999	1993-1994
Alfa-HCH	ND-7,12	1,45	-	14,13	1,7±2,2	0,9-2,0	-	ND-0,21	0,05-0,8	0,04-0,42
Beta-HCH	0,61-13,73	-	-	19,48	-	-	-	ND-0,20	0,08-1,4	-
Delta-HCH	ND-39,91	ND	-	9,48	6,3-9,9	13,3-26,7	-	ND-1,0	0,30-1,1	0,02-1,54
Gamma-HCH (lindano)	ND-8,73	ND	-	-	27,1±20,5	0,9-2,9	-	-	0,15-3,0	-
HCHs	ND-39,91	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,4'-DDD	ND-10,7	ND	Trazas	11,66	-	-	2,2	ND-39	0,10-56,3	-
4,4'-DDE	ND-7,87	ND	247,9	5,38	11,0-16,8	19,7-22,8	4,7	0,41-160	0,55-34,9	-
4,4'-DDT	ND-12,79	12,42	-	41,10	2,4±3,9	9,8-18,1	E0.9	0,15-32,20	0,25-12,0	-
DDTs	ND-12,79	-	-	-	-	-	-	0,71-244	-	0,21-5,23
Aldrin	1,10-11,25	-	-	15,68	-	-	-	ND-0,083	0,30-5,8	-
Dieldrin	ND-0,92	ND	-	18,29	3,4-5,3	0,2-2,6	-	ND-53,7	0,45-9,5	0,02-1,76
Endrin	ND-5,80	6,76	Trazas	18,53	-	-	-	ND-2,90	0,15-2,64	-
Endrin ketona	ND-4,27	-	-	-	-	-	-	-	0,15-5,1	-
Heptacloro	ND-1,85	1,33-4,71	-	32,42	0,9±0,9	0,1-0,6	-	ND-65,4	0,50-1,9	-
Hexaclorobenceno	ND-19,99	-	-	-	-	-	-	0,006-1,1	-	-
Alfa-Endosulfán	ND-0,38	ND	814,5	-	1,2-1,5	1,4-1,7	-	ND-0,17	0,25-4,9	0,00-0,50
Sulfato de endosulfán	ND-8,53	ND	-	-	-	-	0,44	ND-0,35	0,25-2,9	-
Beta- Endosulfán	ND-1,88	ND	-	-	ND	1,1±1,5	-	0,014-0,71	0,05-2,9	-
Endrin Aldehído	ND-0,03	4,62	-	-	-	-	-	-	0,05-3,0	-
Epóxido de Heptacloro	ND-3,91	3,39	-	-	2,0-2,5	1,0-1,2	-	-	0,02-0,94	0,00-0,45
Metoxicloro	ND-5,90	-	-	-	-	-	-	-	0,10-2,5	-

Tomado de Linares, 2007.

PLAGUICIDA ORGANOCOLORADO	Este estudio 2009 (ng/g)	
	secas	lluvias
α - HCH	6.27	3.49
β - HCH	1.12	28.49
γ - HCH	2.78	4.784
δ - HCH	1.99	17.29
Aldrín	1.20	82.36
Endrín	2.37	4.42
Heptacoloro	3.64	46
Epóxido de Heptacoloro	4.33	52.32
Endosulfán II		20.29
p, p'-DDT		78.701
p, p'-DDE		177

De los 16 plaguicidas analizados, las concentraciones detectadas en Beta-HCH, DDE, DDT, Aldrín Heptacoloro, y Epóxido de heptacoloro son mayores que las referencias presentadas en el cuadro 15.

IX. CONCLUSIONES

- Dadas las características de los plaguicidas organoclorados identificados y analizados en almejas, ostiones y sedimentos de la laguna Alvarado; se considera que puede existir un riesgo ambiental y de salud pública. El análisis mostró que no se cumple con la **NOM-032-SSA1-1993**, de especificaciones sanitarias de moluscos bivalvos, la cual es de observancia obligatoria en el territorio nacional.
- La mayor concentración total de organoclorados, se registró en los sedimentos de la zona sur del sistema, donde la circulación de las masas de agua son mínimas, además de ser una parte somera, su tipo de sedimento es limoso y areno limos. Los niveles más elevados de plaguicidas se registraron en la época de lluvias.
- El DDT, DDE y Epóxido de heptacloro excedieron los respectivos niveles establecidos TEL y PEL, por NOAA (2004) y podrían bioacumularse en los organismos bentónicos analizados en este estudio y provocar transferencia a través de la red trófica.
- La laguna presentó valores más bajos de materia orgánica en sus sedimentos superficiales que los reportados como naturales para lagunas costeras, lo cual depende en gran medida de la granulometría.
- El promedio más elevado de COT en el sistema fue en época de lluvias.
- Existe coeficiente de correlación significativa entre las fracciones granulométricas y el COT en época de secas. Predominó el sedimento limoso en época de secas y arena-limosa en lluvias.

- El ostión, almeja gallo y casco registraron factor de bioconcentración mayor que la del sedimento, la almeja negra registró un valor muy cercano a 1.
- En lo que refiere a las familias, en los ciclodiénicos (como el epóxido de heptacloro, el cual excedió los valores NOAA), se registró un mayor factor de bioconcentración en la mayoría de los organismos.

X. REFERENCIAS

- Abbott, R. T. 1974. American seashells. Van Nostrand Reinhold Co. N.Y., 663 p.
- Albert, L. A., y J. A. Benitez. 2005. Impacto ambiental de los plaguicidas en los ecosistemas costeros, p. 160. En: A. V. Botello, J. Rendon-Von Osten, G. Gold-Bouchot y C. Agraz-Hernández (Eds.). Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnostico y Tendencias, 2da Edición. Univ. Autón. De Campeche, Univ. Nal. Autón. de México, Instituto Nacional de Ecología. 696 p.
- Albert, L. A., y R. Loera Gallardo. 2005. Química y ecotoxicología de los insecticidas, p.177-190. En: A. V. Botello, J. Rendon-Von Osten, G. Gold-Bouchot y C. Agraz-Hernández (Eds.). Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnostico y Tendencias, 2da Edición. Univ. Autón. De Campeche, Univ. Nal. Autón. de México, Instituto Nacional de Ecología. 696 p.
- Allsopp Michelle Erry Bea. 2000. COPs en América Latina: una revisión de los niveles de los contaminantes orgánicos persistentes en América Latina. *Exeter, Greenpeace*. 73 p.
- Armenta-Arteaga, G., y M. Elizalde-Gonzalez. 2003. Contamination by PAHs, PCBs, PCPs and heavy metals in the Mecoacan lake estuarine water and sediments after oil spilling. *J. Soils Sed.*, 3 (1): 35-40.
- Botello, A. V., G. Ponce, A. Toledo, S. Díaz G, y S. Villanueva. 1992. Ecología, recursos costeros y contaminación en el Golfo de México. *Ciencia y desarrollo*. 17:28-48.
- Botello, A. V. y G. Ponce. 1993. Contaminación de lagunas Costeras. *Serie Grandes Temas de la Hidrobiología I*. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México. 108 p.

- Botello, A. V., Rueda-Quintana, Díaz G. G. y Toledo, A. 2000. Persistent Organochlorine Pesticides (POPs) in Coastal Lagoons of the Subtropical Mexican Pacific. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 64, p. 390-397.
- Caín, T. D. 1973. The combined effects of temperature and salinity on embryos and larvae of the clam *Rangia cuneata*. *Mar. Biol.* 6 p. 21.
- Caín, T. D. 1974. Combined effects of changes in temperature and salinity on early stages of *Rangia cuneata*. *Va. Jour, Sci.* 30-31.(1): 25
- Carvalho, F., González-Farias, F., Villeneuve, J., Cattini, C., Hernandez-Garza, M., Mee, L., y Fowler, S. 2002. Distribution, fate and effects of pesticide residues in tropical coastal lagoons of Northwestern México. *Environ Toxicol.*, 23, 1257-1270
- CICOPLAFEST: Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas. 1996. Catálogo Oficial de Plaguicidas. SAGAR / SEMARNAP / SSA / SECOFI. México, D.F.
- CICOPLAFEST: Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas. 1998. Catálogo Oficial de Plaguicidas. SAGAR / SEMARNAP / SSA / SECOFI. México, D.F. p.115-116.
- Contreras, F. 1985. Las lagunas costeras mexicanas. Centro de Ecodesarrollo, Secretaría de Pesca, D. F. 253 p.
- Contreras, F. 1995. Ecosistemas costeros mexicanos. CONABIO/UAM-I. México. 415 p.
- Cremlyn, R. 1979. Pesticides, Preparation and Mode of Action. John Wiley & Sons. N.Y., E.U.A. 360 p.
- Echeverría, R. V. S., J. A. Pech-Paat, E. Baqueiro-Cárdenas, y C. Re Regis. 2002. La pesquería de Almeja. In A. Guzmán, C. Quiroga B., C. Díaz L., C. Contreras, y G. Silva L. (Eds.), La pesca en Veracruz y sus perspectivas de desarrollo. Inst. Nacional de la Pesca y Univ. Veracruzana. Veracruz, Veracruz. p. 229-232.
- Espina, S., y C. Vanegas. 2005. Ecotoxicología y contaminación, p.107-108. In: A. V. Botello, J. Rendon-Von Osten, G. Gold-Bouchot y C. Agraz-

- Hernández (Eds.). Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnostico y Tendencias, 2da Edición. Univ. Autón. De Campeche, Univ. Nal. Autón. de México, Instituto Nacional de Ecología. 696 p.
- Estrada, M. 1998. Uso Moderado de Plaguicidas en México. Memorias, Ciclo de conferencias "Hacia una renovación ambiental en México". Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México.
 - Fernández Buces, N. 1989. Tesis Profesional. Variación poblacional de *Discapseudes holthuisi* (TANAIDACEA) (Bacescu y Gutu, 1975) en la laguna de Alvarado, Veracruz. Facultad de Ciencias, UNAM. 97 p.
 - Flores-Coto, C. y L. Méndez Vargas. 1982. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Contribución al conocimiento del ictioplancton de la Laguna de Alvarado, Veracruz. Univ. Nal. Autón. México, 141-1609(1).
 - García-Cubas, A. 1981. Mollusks of a tropical system in the southern Gulf of Mexico (Laguna de Términos, Campeche). An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nac. Auton. Mexico, Publ. Esp., 5, 182 p.
 - García E. 1971. An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México. Los climas del Estado de Veracruz (según el sistema de clasificación climática de Köppen modificado por la autora). Ser. Botánica. 3-4241 (1)
 - García-Montes, J. F. 1989. Tesis de Maestría Composición, distribución y estructura de las comunidades de macroinvertebrados epibénticos del sistema lagunar Alvarado, Veracruz. UACPyP-CCHUNAM. 124 p.
 - Gaudette, H., Fligart, W., Torner, L., y Folger, D. 1974. An inexpensive titration method for the determination of organic carbon in recent sediments. *J. Sediment. Petrology.*, 44,249-253.
 - Gold-Bouchot, G., H.T. Silva, y O. Zapata. 1993. Chlorinated pesticides in the Rio Palizada, Campeche, México. *Mar. Poll. Bull.* 26 (11):648-650.
 - González-Farías, F. 2003. Pesticides in the coastal zone of Mexico. En: Taylor M., Klaine, S., Carvalho, F., Barceló, D y J. Everaarts (Eds.):

- Pesticides Residues in Coastal tropical Ecosystems. Distribution, fate and effects.* Taylor and Francis, London, Chapter 11, p. 311-337.
- González M., R. 1988. Avances sobre el ciclo reproductivo del ostión *Crassostrea virginica* en la laguna de Alvarado, Ver. *Mem. XII Simp. Biol. de Campo. ENEP-Iztacala.* 25.
 - Hilscherova, K., Dusek, L., Kubik, V., Cupr, P., Hofman, J., Klanova, J. y Holoubek, I. 2007. Redistribution of organic pollutants in river sediments and alluvial soils related to major floods. *J. Soils Sediments.*, 7(3), 167-177.
 - LaSalle, M. W., y A. A. De La Cruz. 1985. Species profiles: life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (Gulf of Mexico)--common *rangia*. U.S. Dep. Inter., Fish Wildl. Serv., Biol. Rep. 82 (11.31). U.S. Army Corps Eng. TR EL-824. 16 p.
 - Leyva-Cardoso, D. 2003. Análisis del grado de contaminación por plaguicidas organoclorados en la zona costera de la bahía de Petacalco, Guerrero. Tesis de licenciatura. México: Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. 112 p.
 - Linares Mazariegos Reyna M. 2007. Evaluación ambiental de pesticidas organoclorados en sedimentos de la Laguna de Chantuto (Chiapas, México). Tesis Doctoral. Universidad de Cantabria.
 - McEwen, F.L., Y G.R. Stephenson. 1979. *The Use and Significance of Pesticides in the Environment* John Wiley and Sons. New York.
 - Morán, A., Martínez, L., Chávez López, R., Bedia Sánchez, C., Contreras, F., Gutierrez, F., Brown Peterson, N., y Peterson, M. 2005 "Seasonal and spatial patterns in salinity, nutrients, and chlorophyll a in the Alvarado Lagoonal System, Veracruz, México", *Gulf and Caribbean Research* (17), p. 133 – 143.
 - Olsen, L. A. 1973. Food and feeding in relation to the ecology of two estuarine clams, *Rangia cuneata* (Gray) and *Polymesoda caroliniana* (Bose). M.S. Thesis. Florida State University, Tallahassee. 102 p.

- Ortiz-Hernández, M, Sánchez-Salinas, E., Vázquez-Duhalt, R., y Quintero-Ramírez, R. 1997. Plaguicidas Organofosforados y Ambiente. *Biotecnología*. 3(2): 129-151. México.
- Raz-Guzmán, A., G. De La Lanza E. y L. A. Soto. 1987. Caracterización ambiental de la laguna de Alvarado, Ver., basada en la distribución de sedimentos y vegetación. *Resúmenes VII Congr. Nal. Oceanogr.* p. 88.
- Raz-Guzmán, A., G. De La Lanza E. y L. A. Soto. 1992. "Caracterización Ambiental y del sedimento, detrito y vegetación del sistema lagunar de Alvarado, Veracruz, México", *Revista de Biología Tropical* 40 (2), 215–225.
- Reguero, M. y García-Cubas, A. 1989. Moluscos de la laguna de Alvarado, Veracruz: sistemática y ecología. *Anales del instituto de ciencias del mar y limnología*.
- Rendón Von Osten, J., M. Memije Canepa, y N. A. Ek Moo. 2005. Plaguicidas orgánicos persistentes (POPs) en sedimentos de la costa sur de Campeche, México, p. 250-251. *In: A. V. Botello, J. Rendon-Von Osten, G. Gold-Bouchot y C. Agraz-Hernández (Eds.). Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnostico y Tendencias, 2da Edición. Univ. Autón. De Campeche, Univ. Nal. Autón. de México, Instituto Nacional de Ecología. 696 p.*
- Reséndez, M. A. 1973. Estudio de los peces de la Laguna de Alvarado, Veracruz, México. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 183-28134.
- Ritter, L. Solomon, K. R. Forget, J. 1995. Contaminantes orgánicos persistentes. Informe sobre: aldrín, dieldrín, endrín, clordano, heptacloro, hexaclorobenceno, mirex, toxafeno, BPCs, dioxinas y furanos. Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas. Programa Interinstitucional para la Gestión Racional de las Sustancias Químicas de las Naciones Unidas.
- Rivero-Rodríguez, L., Borja-Aburto, V., Santos-Burgoa, C. y Waliszewsky, S. 1997. Exposure assessment for workers applying DDT to control malaria in Veracruz. *Environ. Health. Persp.*, 105 (1), 98-101.

- Ruiz, C, A, y A. Rodríguez V. 1992. Comunidades biológicas y calidad del agua en zonas de crianza del sistema lagunar de Alvarado, Ver. I: Parámetros físico-químicos y calidad del agua. *Res. III Reunión Nal. Alejandro Villalobos*. p. 23.
- Singh, K., Malik, A., Mohan, D. y Sinha, S. 2005. Persistent Organochlorine pesticide residues in alluvial groundwater acuifers of gangetic plains, India. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 74, 162-169.
- Swingle, H. A., y O. G. Bland. 1974. Distribution of the estuarine clam *Rangia cuneata* Gray in coastal waters of Alabama. *Ala. Mar. Resour. Bull.* 10:9-16.
- Tarver, J. W. 1972. Occurrence, distribution and density of *Rangia cuneata* in Lakes Pontchartrain and Maurepas, Louisiana. *La. Wildl. Fish. Comm. Tech. Bull.* 1, 8 p.
- Thomas, P. 1995. Pesticide-induced inmunotoxicity: are Great Lakes residents at risk?. *Environ. Health Persp.*, 103 (9), 55-61.
- Tenore, K. R., D. B. Horton, y T. W. Duke. 1968. Effects of bottom substrate on the brackish water bivalve *Rangia cuneata*. *Chesapeake Sci.* 9(4):238-248.
- UNEP/IAEA: United Nations Environment Programme/ International Agency of Energy Atomic. 1982. Determination of DDT's, PCB's and other hydrocarbons in marine sediments by gas liquid chromatography. Reference Methods for Marine Pollution Studies. No. 17. Washington DC, EE.UU.
- UNEP/FAO/IOC/IAEA: United Nations Environment Programme/ Food and Agriculture Organization/ Intergovernmental Oceanographic Commission of Unesco (United Nations Educational Scientific and Cultural organization)/ International Agency of Energy Atomic . 1986. Determination of DDT's, PCB's in selected marine organisms by packed column gas chromatography. Reference Methods for Marine Pollution Studies. No. 14. Washington DC, EE.UU.

- US Environmental Protection Agency (EPA). 2002. Office of Research and development. Persistent Organic Pollutants, EE.UU.
- Vargas Maldonado, I. 1986. Estudios ecológicos básicos de las Lagunas costeras del Golfo de México. Estudio ecológico de la ictiofauna de la Laguna de Alvarado, Veracruz. Estructura de las comunidades de peces para las épocas de nortes y secas. Informe Técnico. PCECBNA/UAM IZTAPALAPA/CONACYT.
- Villalobos, A., J. A. Suárez, S. Gómez, G. De La Lanza, M. Aceves, F. Manrique y J. Cabrera., 1975. Considerations on the hidrography and productivity of Alvarado Lagoon, Veracruz, México. Proc. Gulf. Carib. Fish. Inst. Nineteenth Anual Sess.
- Winfield, Ignacio, Cházaro-Olvera, S. y Fernando Álvarez. 2007. ¿Controla la biomasa de pastos marinos la densidad de los peracáridos (Crustacea: Peracarida) en lagunas tropicales?. Rev. Biol. Trop. Vol. 55 (1): 43-53.

REFERENCIAS DE INTERNET

ANUARIO ESTADÍSTICO AGROPECUARIO, FORESTAL Y PESQUERO, "Veracruz en cifras 2008". En: oeidrus-veracruz.gob.mx/pbi/anuario2008

CICOPLAFEST: Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas. 1991. Catálogo Oficial de Plaguicidas. SAGARPA / SEMARNAP / SSA / SECOFI. México, D.F. En: <http://www.ine.gob.mx/dgicurg/plaguicidas/>

DOF: Diario Oficial de la Federación. Golfo de México y el Caribe. 2006. En: <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r37344.PDF>

EPA: Environmental Protection Agency. 2002. Office of Research and development. Persistent organic pollutants. Washington, DC, EE.UU. En: http://www.epa.gov/oppefed1/models/water/kabam/kabam_user_guide_appendix

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. En: <http://www.faostat.fao.org/site/610/DesktopDefault.aspx?PageID=610#ancor>

GobiernoUSA.gov

NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration. 2004. Sediment Quality Guidelines developed for the National Status and Trends Program. Screening Quick Reference Tables. En: <http://www.noaa.gov/>

INE: Instituto Nacional de Ecología. En: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/237/situacion.html#top>

INE: Instituto Nacional de Ecología. 1991. <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/folletos/91/91.html#top>

Rogers, P. y A. García-Cubas. 1980. Evolución gonádica a nivel histológico de *rangia cuneata* (gray, 1831) de la laguna Pom, Campeche, México (mollusca: bivalvia). UNAM Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. En: <http://biblioweb.tic.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1981-1/articulo107.html>

SAGARPA: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2009. En: <http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/veracruz/agricultura/index.htm>

SECRETARIA DE ECONOMÍA. En: <http://www.economia-noms.gob.mx/>

SENADO DE LA REPÚBLICA. En: <http://www.senado.gob.mx/gace.Php?sesion=2007/07/17/>

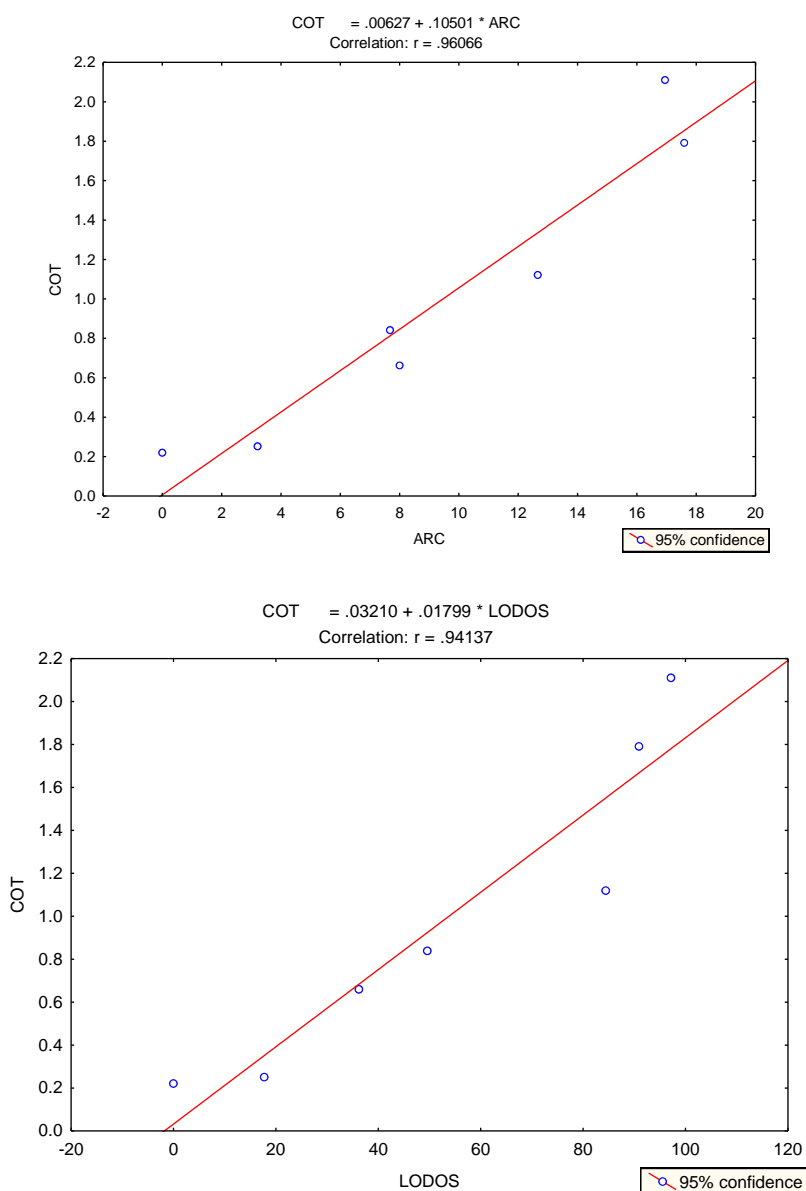
UNEP. 2002. En: <http://www.chem.uep.ch//Eastern%20and%20Western%20South%20America%20sp.pdf>

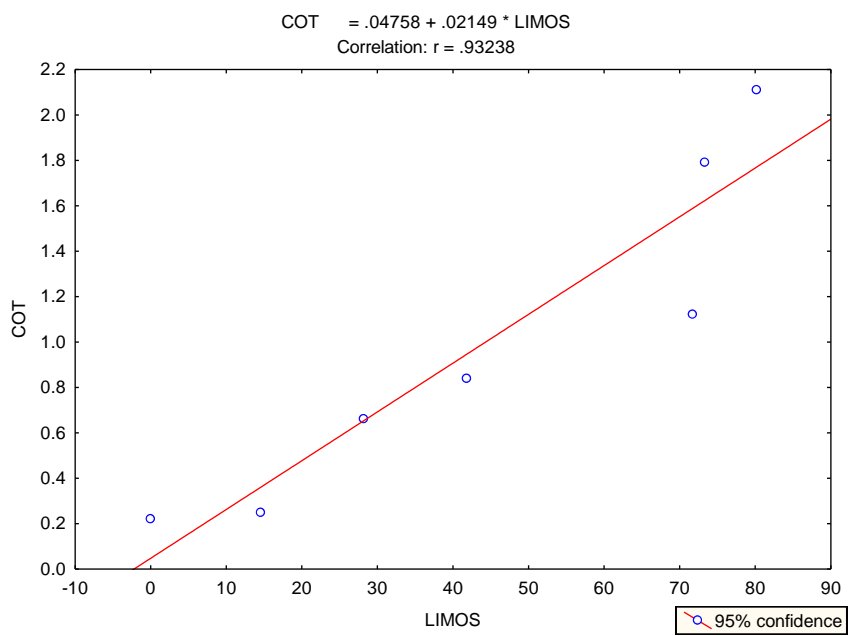
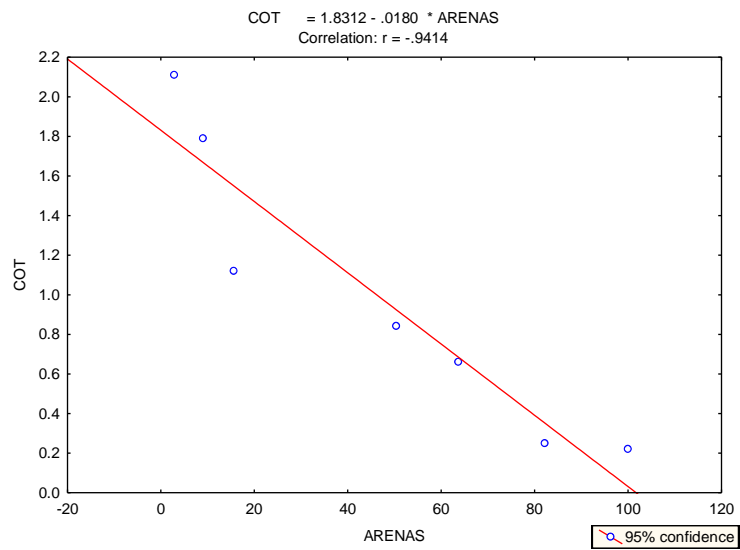
XI. ANEXOS

Anexo 1

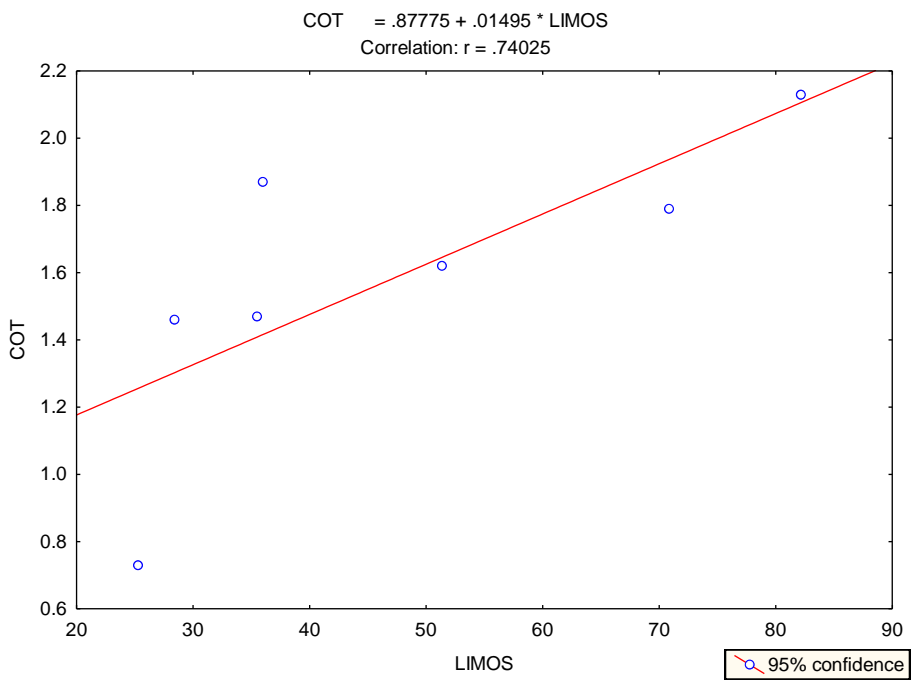
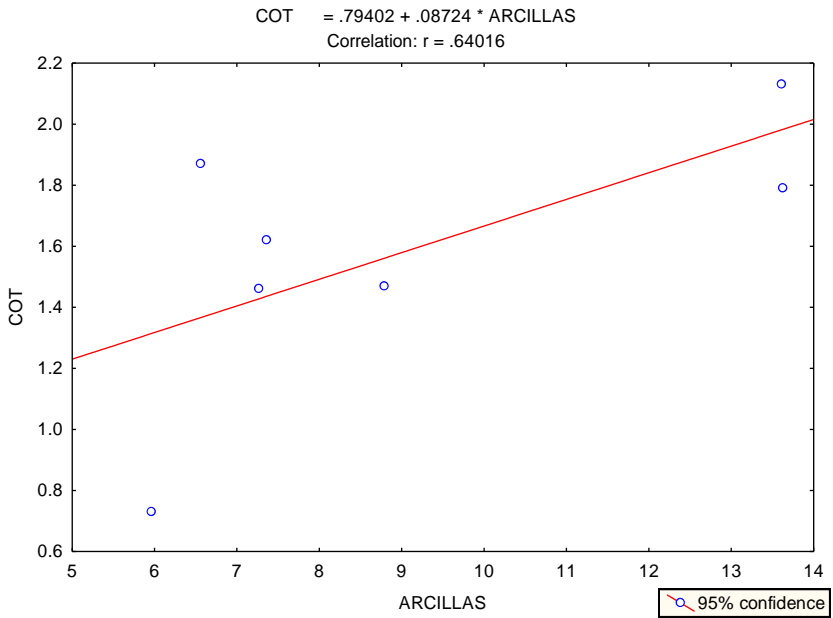
Gráficas de correlaciones entre fracciones granulométricas y COT:

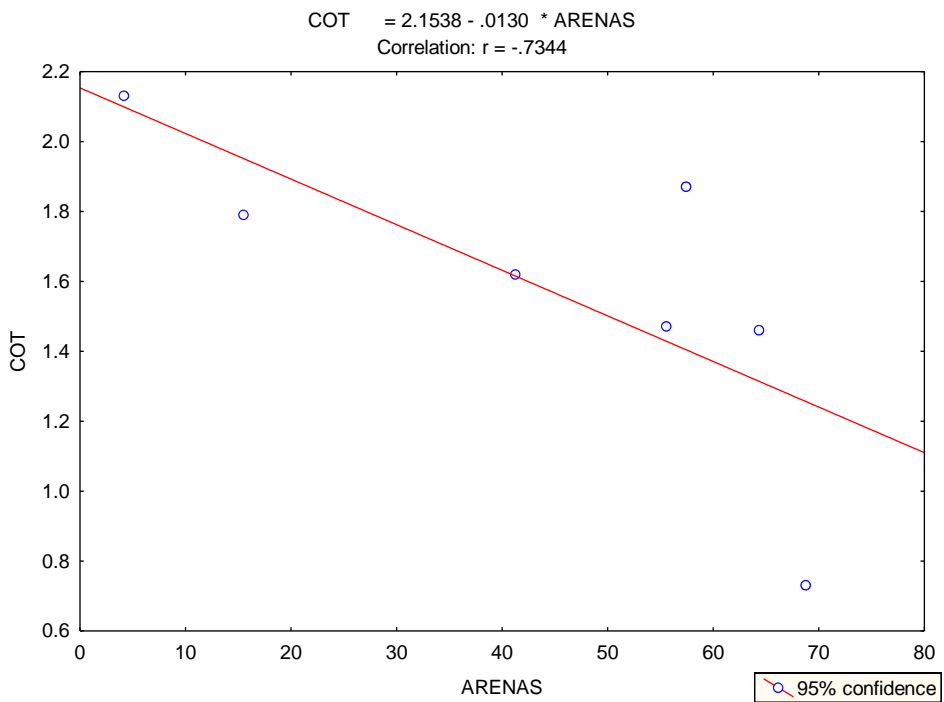
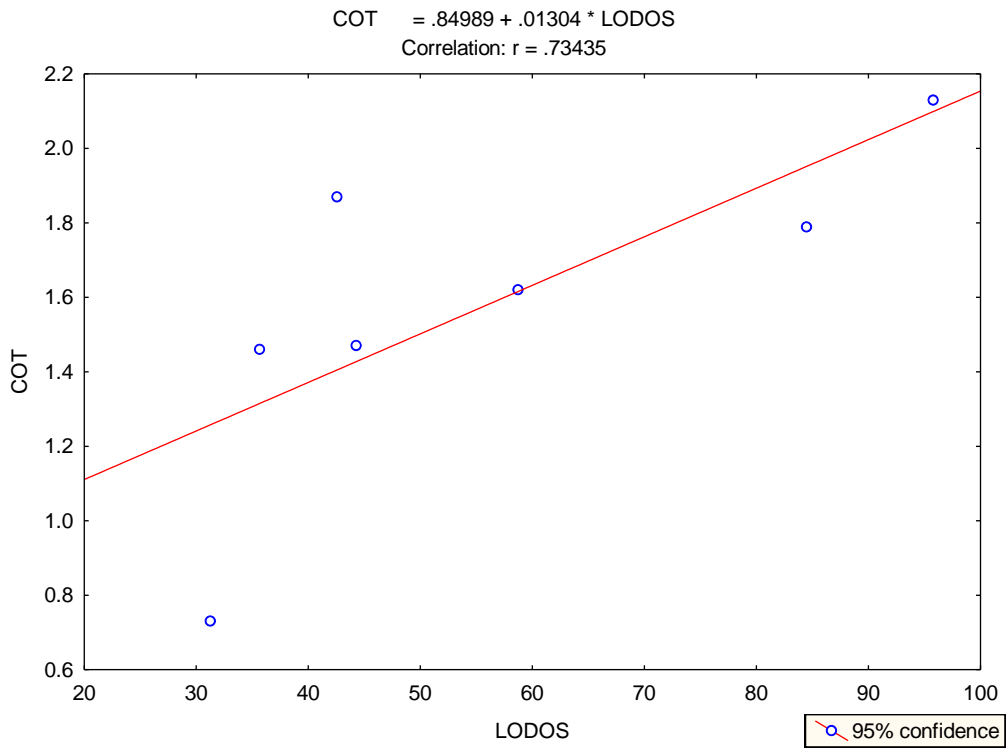
ÉPOCA DE SECAS





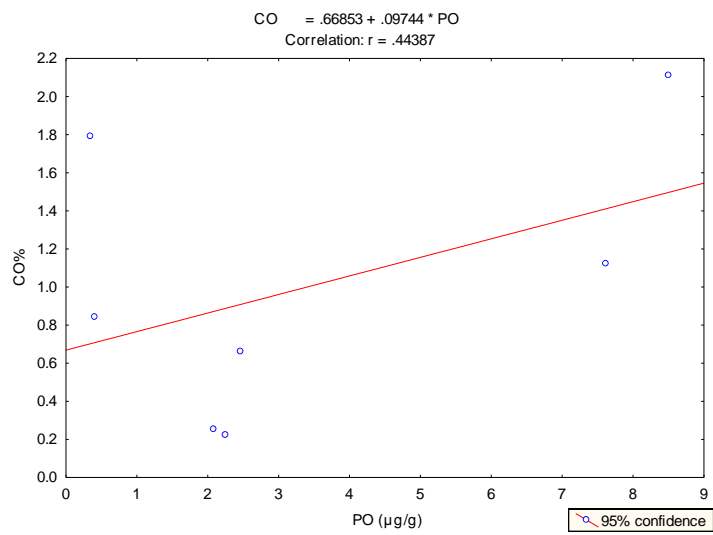
ÉPOCA DE LLUVIAS



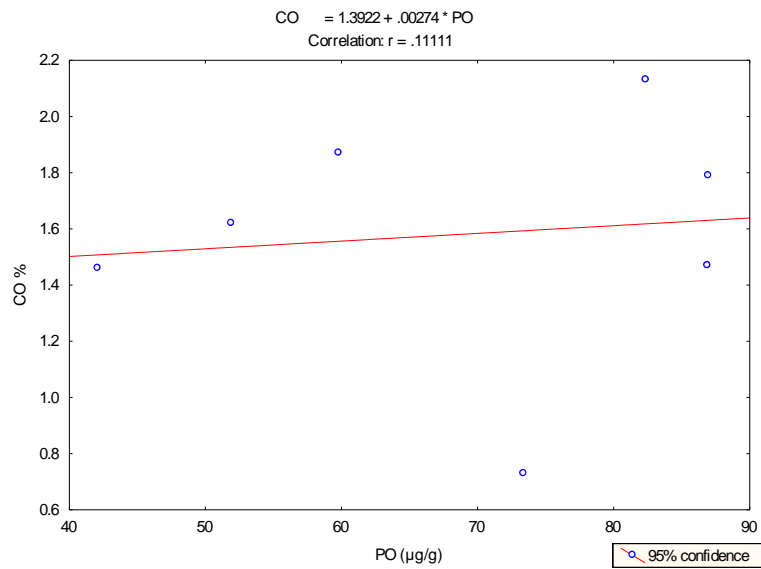


Gráficas de correlaciones entre concentraciones de organoclorados y COT:

ÉPOCA DE SECAS



ÉPOCA DE LLUVIAS



RESPECTO A LEGISLACION A NIVEL FEDERAL DE LOS ORGANISMOS ANALIZADOS EN ESTE ESTUDIO SE TIENE LO SIGUIENTE:

NOM-032-SSA1-1993, Bienes y servicios. Productos de la pesca. Moluscos bivalvos en conserva. Especificaciones sanitarias.

1. Objetivo y campo de aplicación

1.1 Esta Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones sanitarias de los moluscos bivalvos en conserva.

1.2 Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria en el territorio nacional para las personas físicas o morales que se dedican a su proceso o importación.

6. ESPECIFICACIONES SANITARIAS

6.5 Contaminación por plaguicidas

Los productos objeto de esta Norma no deberán contener residuos de plaguicidas como: Aldrín, Dieldrín, Endrín, Heptacloro, Kapone u otros prohibidos en el Catálogo Oficial de Plaguicidas publicado en el Diario Oficial de la Federación.

NOM -051-FITO-1995, Por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para el manejo de plaguicidas agrícolas cuya adquisición y aplicación está sujeta a la recomendación escrita de un profesional fitosanitario.

3.1 De los plaguicidas agrícolas que estarán sujetos a la recomendación escrita por profesionales fitosanitarios.

3.1.1 Los plaguicidas que sólo podrán ser adquiridos y aplicados bajo la recomendación escrita por los profesionales fitosanitarios que establece el artículo 4.2 de la Ley Federal de Sanidad Vegetal, son los siguientes:

Insecticidas: Aldicarb, Dicofol, Forato, Lindano, Metoxicloro, Mevinfos y Metamidofos.

Fungicidas: Clorotalonil, Quintozeno y Pentaclorofenol.

Fumigantes: Bromuro de Metilo, 1,3 Dicloropropeno, Cloropricrina, Fosfuro de Aluminio, Isotiocianato de Metilo y Metam Sodio.

Herbicidas: Alaclor y Paraquat. ¹

DE LA LEGISLACION A NIVEL ESTATAL:

El Estado, monitorea la certificación de cumplimiento de las siguientes normas referentes a plaguicidas.

NOM-033-FITO-1995 de empresas comercializadoras de plaguicidas.

NOM-034-FITO-1995 de empresas fabricantes, formuladoras, formuladoras por maquila, formuladoras y/o maquiladoras e importadoras de plaguicidas agrícolas.

NOM-052-FITO-1995 de empresas que se dedican a la aplicación aérea de plaguicidas agrícolas. ²

1. SECRETARÍA DE ECONOMÍA.

2. SAGARPA.

PRESENCIA DE PLAGUICIDAS EN TODOS LOS CONTINENTES. (Tomado de Linares, 2007).

Plaguicidas Organoclorados en sedimentos de Europa (ng/g)

Area	Bahía de Santander	Mar Báltico, norte de Europa	Costa de Alicante, España	Lago Albufera, España	Mar Barents, Copenhagen	Bahía de Cadiz, España.	Mar Caspian
Año de estudio	2005-2006	2001-2002	1989-1990	2001-2002	2003-2004	No especifica	2000-2001
Referencia	Linares, 2007	Pikkarainen et al., 2007	Prats et al., 1992	Peris et al., 2005	ICES WGWS, 2006	Lara et al, 2005	De Mora et al, 2004.
Pesticidas							
Alfa-HCH	ND-7,9	0,0065-0,39	-	-	-	-	0,066
Beta-HCH	2,21-8,43	-	-	-	-	-	0,17
Delta-HCH	ND	0,0025-0,24	<0,001- 0,02	0,06-0,12	-	-	0,053
Gamma-HCH (lindano)	ND	-	-	-	-	-	0,028
HCH	ND-12,40	-	-	-	0,1-3,59	-	0,35
4,4'-DDD	ND-16,63	0,063-2,1	0,011- 0,07	0,06-1,02	-	-	0,29
4,4'-DDE	ND-9,98	0,045-2,5	0,005- 0,23	0,58-1,07	-	-	0,33
4,4'-DDT	ND-11,74	0,012-0,62	<0,002- 0,05	0,02-0,5	-	-	0,27
DDT	ND-31,65	-	-	-	-	52	0,0011
Aldrin	0,82-4,43	-	-	-	-	-	0,009
Dieldrin	ND-1,27	-	N.D.	0,010-0,018	-	-	0,014
Endrin	ND-4,98	-	-	0,012-0,031	-	-	0,017
Endrin ketona	ND-0,23	-	-	-	-	-	-
Heptacloro	ND	-	<0,01	0,02-0,04	-	-	0,007
Hexaclorobenceno	ND	0,0022-0,36	-	0,02-0,04	-	-	0,066
Alfa-Endosulfán	ND-0,79	-	<0,001	-	-	-	0,005
Sulfato de endosulfán	ND-7,98	-	-	-	-	-	0,008
Beta- Endosulfán	ND	-	-	-	-	-	0,004
Endrin Aldehído	ND	-	-	-	-	-	-
Epóxido de Heptacloro	ND	-	<0,002	0,2-0,5	-	-	0,022
Metoxicloro	ND	-	-	-	-	-	0,097

Plaguicidas Organoclorados en sedimentos de Asia (ng/g)

Area	Bahía de Arake, Japon	Lake Nansihu, China	Arabian Sea	Jiulong Estuary, Western Sea, China	Pearl River Delta, China	Bay of Bengal, India.	Bay of Bengal, India.	Black Sea rivers/sea of Turkey	East China Sea
Año de estudio	2005	2000	No especifica	1999	2003	1998	1999-2000	1999-2000	2002
Referencia	Yun et al, 2007	Li et al, 2007.	Sarkar et al, 1997	Maskaoui et al, 2005.	Fung et al, 2005.	Rajendran et al, 2005.	Das y Das, 2004.	Bakan y Ariman, 2004	Yang et al, 2005
Pesticidas									
Alfa-HCH	0,26-0,52	-	-	<0,01-0,10	0,54-73,46	-	-	ND-5	<0,05-1,06
Beta-HCH	0,31-2,3	-	-	0,34-1,0	6,52-191,25	-	-	-	<0,2-1,30
Delta-HCH	0,059-0,13	-	-	0,01-0,03	0,42-57,4	-	-	ND-37	<0,06-0,57
Gamma-HCH (lindano)	0,15-0,26	-	-	0,12-8,20	0,09-56,81	-	-	ND-36	<0,12-0,16
HCHs	0,78-1,5	0,66-12,5	0,85-7,87	0,48-9,0	11,95-352,6	-	-	-	<DL-2,52
4,4'-DDD	0,21-0,32	-	-	<0,01-0,05	0,37-239,17	0,015-2,78	0,53-2,53	ND-71	<0,08-4,86
4,4'-DDE	0,64-0,96	-	-	0,01-0,40	0,30-247,61	0,035-4,41	0,09-5,03	ND-7	<0,06-2,11
4,4'-DDT	ND-0,052	-	-	<0,01-0,04	0,11-145,57	0,011-0,32	1,21-4,56	ND-31	<0,23-2,92
DDTs	1,0-1,5	0,24-2,99	1,47-25,17	0,01-0,43	1,37-599,78	0,04-4,78	3,44-11,34	-	<DL-10,94
Aldrin	ND	-	0,10-0,26	0,11-1,28	0,68-33,97	-	0,12-3,14	N.D.-151	-
Dieldrin	0,006-0,15	-	0,70-3,33	<0,01-1,14	0,14-214,65	-	N.D.-1,32	ND-64	-
Endrin	0,009	-	0,42-0,95	0,06-1,32	<0,05-39,50	-	-	-	-
Endrin ketona	-	-	-	0,01-0,03	-	-	-	-	-
Heptacloro	<ND	-	-	<0,0,1-0,07	0,04-16,9	-	1,22-3,61	-	-
Hexaclorobenceno	0,83-2,3	-	-	-	1,08-55,5	-	-	-	-
Alfa-Endosulfán	-	-	-	0,01-0,26	-	-	-	-	-
Sulfato de endosulfán	-	-	-	<0,01-10,40	-	-	-	-	-
Beta- Endosulfán	-	-	-	<0,01-3,92	-	-	-	-	-
Endrin Aldehído	-	-	-	<0,01-16,60	-	-	-	-	-
Epóxido de Heptacloro	0,0-0,001	-	-	<0,01-0,08	-	-	-	ND -21	-
Metoxicloro	-	-	-	1,25-3,13	-	-	-	-	-

Plaguicidas Organoclorados en sedimentos de Africa (ng/g)

Area	Sedimentos marinos		Sedimentos de agua dulce
	Malindi, Coast of Kenia	Volta Lake, Ghana	Ouémé River, Republic of Benin
Año de estudio	1999	1995-1996	2004
Referencia	Wandiga et al, 2002	Ntow, 2005.	Pazou et al, 2006
Pesticidas			
Alfa-HCH	-	-	<0,1-61
Beta-HCH	-	-	-
Delta-HCH	0,733±0,025	2,30±1,40	<0,1 - 61
Gamma-HCH (lindano)	-	-	<0,1- 42
HCHs	-	-	<0,1 - 196
4,4'-DDD	<0,009	-	<0,1 - 131
4,4'-DDE	1,3 ± 0,03	52,30±37,80	<0,1 - 526
4,4'-DDT	<0,003	9,00±5,0	<0,1 - 561
DDTs	-	-	-
Aldrin	0,467±0,007	-	-
Dieldrin	<0,006	-	-
Endrin	<0,004	-	-
Endrin ketona	-	-	-
Heptacloro	-	-	-
Hexaclorobenceno	-	-	<0,1 - 164
Alfa-Endosulfán	<0,042	0,21±0,05	-
Sulfato de endosulfán	-	0,36±0,04	<0,1 - 26
Beta- Endosulfán	-	0,17±0,04	-
Endrin Aldehído	-	-	-
Epóxido de Heptacloro	-	-	-
Metoxicloro	-	-	-

Plaguicidas Organoclorados en sedimentos de Oceania (ng/g)

Area	Vanuatu y Toga	Nort Queensland, Australia	Sydner Harbour, Australia	Malabar ocean, Syndey.	Perth, Western Australia.	Queensland, Cape York and Moreton Bay
Año de estudio	1991	1995-1996	2000-2001	1996	1991	1997
Referencia	Harrison, et al, 1996.	Cavanagh, et al., 1999	McCready, et al., 2006.	Matthai et al, 2000.	Burt y Ebell, 1995.	Haynes et al., 2000.
Pesticidas						
Alfa-HCH	<0,01-0,07	<0,005-6,23	-	-	-	-
Beta-HCH	<0,02-0,16	<0,005-45,6	-	-	-	-
Delta-HCH (lindano)	-	<0,005-0,038	-	-	-	<0,05-0,19
Gamma-HCH	<0,02-0,11	<0,005-3,99	-	-	-	-
HCHs	-	-	-	-	-	-
4,4'-DDD	<0,02-142	<0,005-0,313	1,6-4980	<0,5-5,1	-	-
4,4'-DDE	<0,01-17,1	<0,005-19,9	0,8-188	<0,5-1,9	-	<0,05-0,26
4,4'-DDT	<0,01-854	<0,005-0,972	1,2-157	<0,5-53	0,0005-0,022	<0,05-0,05
DDTs	-	-	0,8-5170	-	<0,001-0,022	-
Aldrin	<0,02-0,08	<0,005-0,132	-	-	-	-
Dieldrin	<0,01-0,96	<0,005-22,2	1,1-102	-	0,001-0,002	<0,05-0,37
Endrin	<0,02-0,34	<0,005-0,936	4,1-24,2	-	-	-
Endrin ketona	-	-	-	-	-	-
Heptacloro	<0,01-0,08	<0,005-0,288	-	-	-	-
Hexaclorobenceno	-	<0,005-0,204	2-1620	<0,5-3,2	-	-
Alfa-Endosulfán	<0,01-0,08	<0,005	-	-	-	-
Sulfato de endosulfán	-	<0,005	-	-	-	-
Beta- Endosulfán	-	<0,005	-	-	-	-
Endrin Aldehído	-	<0,005	-	-	-	-
Epóxido de Heptacloro	<0,01-0,61	<0,005-15,9	1,0-2,0	-	-	-
Metoxicloro	<0,02-0,98	<0,005	-	-	-	-