

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

LICENCIATURA EN OCENOLOGÍA



Biovigilancia de contaminantes orgánicos persistentes en la
costa Noroccidental de Baja California, México.

T E S I S

QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS
PARA OBTENER EL GRADO DE

LICENCIADA EN OCENOLOGÍA.

PRESENTA

CRISTINA QUEZADA HERNÁNDEZ

Ensenada, Baja California, México. Diciembre 2011.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

**Biovigilancia de contaminantes orgánicos persistentes
en la costa Noroccidental de Baja California, México.**

T E S I S

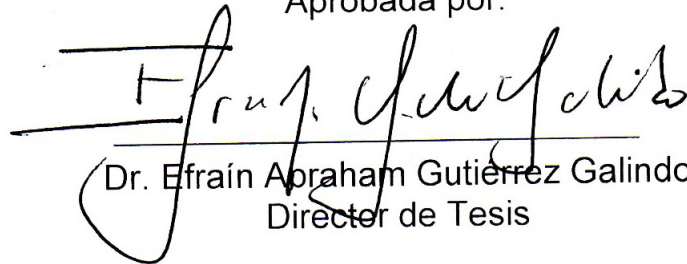
**QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS
NECESARIOS PARA OBTENER EL GRADO DE**

LICENCIADA EN OCEANOLOGÍA.

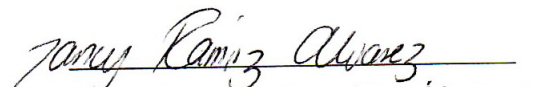
PRESENTA

CRISTINA QUEZADA HERNÁNDEZ

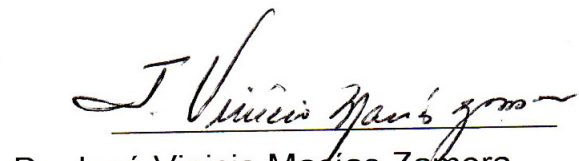
Aprobada por:



Dr. Efraín Abraham Gutiérrez Galindo
Director de Tesis



Dra. Nancy Ramírez Álvarez.
Sinodal



Dr. José Vinicio Macías Zamora
Sinodal

RESUMEN

Se realizó una caracterización espacial de contaminantes orgánicos persistentes mediante el uso del mejillón *Mytilus californianus* para determinar el grado de salud y la posible influencia antropogénica de estos compuestos en la línea de la costa noroccidental de Baja California. Para este propósito, se recolectaron 50 organismos durante diciembre 2007, en ocho localidades: Rosarito, Bajamar, Ensenada, Eréndira, San Quintín Punta Baja, Ojitos y Playa Esmeralda. La identificación y cuantificación de los compuestos orgánicos se realizó mediante cromatografía de gases. Los resultados indican que las concentraciones de los compuestos de DDT (ng g^{-1} peso húmedo) en *Mytilus californianus* presentaron un intervalo de 0.01-1.46 ng g^{-1} . La concentración (suma 2,4 y 4,4) para el DDT fue 1.22 ng g^{-1} . para el DDD, 3.41 ng g^{-1} y para el DDE 2.32 ng g^{-1} . La composición promedio de los metabolitos del DDT en los mejillones fue DDT:DDD:DDE = (17%:49%:34%, respectivamente. Los valores de la razón DDE/DDT sugiere que no ha habido entradas recientes de DDT al ecosistema. Los valores de concentración de DDT en los mejillones son significativamente inferiores a los determinados hace 24 años para la misma área de estudio. El pesticida clorado con el valor más alto de concentración fue el endosulfán sulfato con un valor de 22,24 ng g^{-1} , en la localidad de Punta Baja. La concentración de los HCHs varió en las ocho localidades examinadas, siendo el β -HCH el isómero dominante en los mejillones. La composición fue β -HCH; α -HCH; δ -HCH: γ -HCH; (50%, 31%, 8% y 12%, respectivamente). Las concentraciones de pesticidas organoclorados y BPCs en los bivalvos examinados pueden estar influenciados por aportaciones atmosféricas, por fuentes fijas y difusas de contaminación y por el uso histórico de insecticidas en las zonas agrícolas establecidas en la región. Los niveles de COPS y BPCs medidos en *Mytilus californianus* fueron inferiores al límite de tolerancia para consumo humano establecido por organizaciones internacionales.

Palabras clave *Mytilus californianus*, biovigilancia, pesticidas, bifenilos policlorados, Pacífico Noroccidental de Baja California.

DEDICATORIA A

Dios, por mantenerme viva, acompañarme y dejarme luchar.

Mi madre: *Esperanza*, que vive en otro nivel de éste ciclo de vida, dentro del Macrobios compartiendo existencia con el espíritu de Dios-Nuestro-Señor. ¡Gracias por ser mi mamá!

Mi padre: *Juan*, que por sus consejos me ha motivado a continuar mi preparación profesional y ha sido un inspiración de vida un héroe. ¡Gracias por ser mi papá!

Mi hijita, mi *luz de vida*: *Marley Reneé*, que me acompañó física y sentimentalmente a realizar este trabajo, y es en todo momento, mi mayor motivación e inspiración para mejorar. ¡Eres lo mejor que puede existir!

Mi esposo, *Pablo René* por cultivar nuestro fascinante *amor*; por comprender y ser mi amigo, confidente, compañero. Por ayudarme en este trabajo. ¡Te amo!

Mis hermanos, Juan Manuel, José Luis y Javier Guadalupe, de cariño, *Many, Pepe y Lupe*: por compartir sus *travesuras* conmigo y ser mis mejores *amigos* de la infancia, los llevo siempre en mi mente, y en un lugar muy importante en mi *corazón*.

Mis sobrinitos: *Bryan y Danielita* que con su inocencia y una simple *sonrisa* llenan de *satisfacción mis días*.

Al resto de mi familia: *cuñadas, sobrinos, primas, primos, tías, tíos, abuelitas, abuelitos* ¡, que por ser tantos y para evitar una omisión por olvido, voy a generalizar. Sin embargo, quiero decirles que a pesar de la *distancia* siempre estamos *juntos*, y me hace sentir reconfortada y feliz.

Familia Zepeda Vázquez, también mi familia: con cariño; *Suegro, suegra y cuñis*, por compartir su tiempo, *momentos*, y *ayuda*. También para: Jorge, Miguel, Cryss y Yaqui.

Mis amigas: *Yesy, Angie, Rocío, Citlalyn, Hilham, Viry, Anna*, por aguantarme, escucharme, comprenderme, apoyarme, y viceversa (je, je), gracias por tantos *momentos inolvidables* y por su valiosa *compañía*.

Mis compañeros de *danza* y amigos: Familia *Omóu Pílkuyak*, por tantos momentos maravillosos, especialmente: *Ramón Osuna* y familia, por su amistad y su gran corazón; *Ana Lilia Prado* y *Eliud*, por ser tan *especiales*.

Mis *amigos*: *Paulina, Miguel, Jorge, Cruz, René, Marcela, Jaime, Gerardo, Ochoa, Ana, Ene, Laura, Tunuhary, Donna, Emma, Ana, Carmen, Isabel, Oscar, Martín, Naye, Pepe Salcedo, Gonzalo, Marcela, Francisco, Aarón, Stalin, Armando, Amílcar, Cinthya, Mara, Chepi*, entre muchos otros que pude haber omitido.

AGRADECIMIENTOS

A la *Facultad de Ciencias Marinas*, por ser la casa de estudios en la que me *formé*, y por ser impulsora de *creación de tantos profesionistas*, para el desarrollo Nacional y mejoría en calidad de vida.

Al *IIO*, (Instituto de Investigaciones Oceanológicas) por prestar las Instituciones, laboratorios, congeladores, vehículos, equipos, materiales, para la realización de la presente investigación.

A la Universidad Autónoma de Baja California por los recursos financieros obtenidos a través de la 13 Convocatoria Interna de Proyectos de Investigación (Programa 0601/08).

A mi *Director de Tesis*: Dr. *Efraín Abraham Gutiérrez Galindo*, por su comprensión, por compartir su tiempo, espacio, *dedicación, enseñanzas*, experiencias, consejos, y por ser partícipe de mi formación profesional. Gracias por confiar en mí!

A mi *Sinodal*: Dra. *Nancy Ramírez*, por compartir su amistad, conocimientos, ilimitada paciencia, su tiempo, laboratorio, equipos, materiales de trabajo; pero por sobretodo, sus consejos, *experiencia y sus inigualables carcajadas*. Gracias por tu ayuda!

A mi *Sinodal*: Dr. *Vinicio Macías*, por compartir su *tiempo, experiencias*, consejos, laboratorio, equipos y por *motivarme* a finalizar este trabajo. Gracias brindarme una motivación!

Al M.C. *José Luis, a Félix y Sarah*, por compartir su tiempo, *consejos, espacio*.

A los profesores de la Licenciatura en Oceanología, entre los que destaco por su cercanía: al Profr. *Gabriel Rendón M.* por ser una persona especial, ejemplo, amigo y un gran ser humano; al Profr. *Felipe Correa*, por los ratos agradables y por ser un amigo; al Profr. *Enrique Hernández Garibay*, por sus enseñanzas, consejos, momentos agradables y gastronomía; al Profr. *Hector Bustos*, porque gracias a él me relacioné con la oportunidad de realizar este trabajo de tesis, por permitir aprender de él, y por ser una gran persona.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	9
1.1 Uso del mejillón como organismo centinela de contaminación.....	11
1.1.1 Distribución y características de <i>Mytilus californianus</i>	12
1.2 Movilización de los pesticidas organoclorados en el ecosistema y efectos toxicológicos en la salud del ambiente marino.....	13
1.2.1 Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT) y metabolitos	14
1.2.2 Clordanos.....	16
1.2.3 Hexaclorociclohexano (HCH)	16
1.2.4 Heptacloro y éoxido de heptacloro.....	17
1.2.5 Hexaclorobenceno (HCB).....	18
1.2.6 Aldrin, dieldrin, endrin, Mirex.....	19
1.2.7 Endosulfán y Endosulfán sulfato.....	19
1.2.8 Bifenilos policlorados (BPC).....	19
1.2.9 Efectos de los organoclorados en organismos marinos.....	21
1.3 Importancia socioeconómica de la zona examinada y su justificación de estudio.....	21
1.4 Hipótesis.....	24
1.5 Objetivo general y particulares.....	24
2. MATERIALES Y MÉTODOS	25
2.1 Descripción del área de estudio.....	25
2.2 Metodología.....	26
2.2.1 Procedimiento de la selección y recolección de organismos.	26
2.2.2 Proceso de extracción de tejido del mejillón <i>Mytilus sp.</i>	27
2.2.3 Proceso de extracción de compuestos orgánicos en tejido.	28
2.2.4 Identificación y cuantificación de compuestos orgánicos	29
2.2.5 Límite de detección de los compuestos orgánicos.....	31
2.2.6 Porcentaje de humedad y porcentaje de grasa en el tejido.....	33
3. RESULTADOS	34
4. DISCUSIÓN	44
5. CONCLUSIONES	51
6. LITERATURA CITADA	51-62
ANEXOS	63-732

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Aproximación de persistencia de pesticidas en el medio ambiente.....	14
Tabla II. Límites de detección de los compuestos orgánicos en <i>Mytilus californianus</i>	31
Tabla III. Porcentaje de humedad y de lípidos de <i>Mytilus californianus</i> en este estudio..	34
Tabla IV. Concentraciones de pesticidas organoclorados (ng g ⁻¹ peso húmedo) en <i>Mytilus californianus</i> a lo largo de la costa del Pacífico Noroccidental de Baja California.....	35
Tabla V. Concentraciones de BPCs (ng g ⁻¹ peso húmedo) en <i>Mytilus californianus</i> a lo largo de la costa del Pacífico Noroccidental de Baja California.....	36
Tabla VI. Concentraciones de compuestos de DDT (ng g ⁻¹ peso húmedo) y la razón 4,4DDE+4,4 DDD/ 4,4DDT en <i>Mytilus californianus</i>	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructuras moleculares de DDT, DDE, DDD y Dicofol (modificado de ATSDR, 2000).....	16
Figura 2. Rutas de distribución de BPC en el ambiente (Schwedt, 2001).....	20
Figura 3. Área de estudio en la costa noroccidental de Baja California. (Imagen modificada de Google Earth 2011).....	26
Figura 4. Mediciones de talla (ancho, alto, largo mm) del mejillón <i>Mytilus californianus</i> .	28
Figura 5. Distribución espacial de ΣDDTs en <i>Mytilus californianus</i> y su comparación con criterios de EPA para la salud humana (32 pg/g peso húmedo) y para la vida salvaje (200 pg/g peso húmedo).....	37
Figura 6. Composición de DDT y sus metabolitos en <i>Mytilus californianus</i> en el área de estudio.....	37

Figura 7. Distribución espacial de Σ heptacloro y heptacloro epóxico en <i>Mytilus californianus</i> en el área de estudio.....	38
Figura 8. Composición de heptaclor y heptaclor epóxico en <i>Mytilus californianus</i> en el área de estudio.....	38
Figura 9. Distribución espacial de aldrin, dieldrin, endrin y endrin aldehído en <i>Mytilus californianus</i> en el área de estudio.....	39
Figura 10. Composición de aldrin, dieldrin, endrin y endrin aldehído en <i>Mytilus californianus</i> en el área de estudio.....	39
Figura 11. Distribución espacial de Σ Endosulfán en <i>Mytilus californianus</i> en el área de estudio.....	40
Figura 12. Composición de Endosulfán I, Endosulfán y Endosulfán sulfato en <i>Mytilus californianus</i> en el área de estudio.....	40
Figura 13. Distribución espacial de Σ clordano en el <i>Mytilus californianus</i> en el área de estudio.....	41
Figura 14. Composición de α -clordano y δ clordano en <i>Mytilus californianus</i> en el área de estudio.....	41
Figura 15. Distribución espacial de Σ HCH en <i>Mytilus californianus</i> en el área de estudio.....	42
Figura 16. Composición de α -HCH, β -HCH, δ -HCH y γ -HCH en <i>Mytilus californianus</i> en el área de estudio.....	42
Figura 17. Distribución espacial de bifenilos policlorados en <i>Mytilus californianus</i> en el área de estudio.....	43

1. INTRODUCCIÓN

Los contaminantes orgánicos persistentes (COPs) son sustancias químicas tóxicas que afectan negativamente la salud humana y el medio ambiente en todo el mundo. Ya que pueden ser transportadas por el viento y el agua. La mayoría de los COPs generados en un país pueden y de hecho afectan a las personas y la vida silvestre de lugares más alejados, extendiéndose y creando a su vez una cadena de contaminación. Los COPs incluyen a los plaguicidas organoclorados (POCs), que son principalmente los compuestos del DDT (diclorodifeniltricloroetano) y los bifenilos policlorados (BPCs), además de las dioxinas y furanos (Venkatesan et al. 1999).

El transporte de los COP en el ambiente depende de la temperatura, ya que se evaporan en lugares calientes y viajan por el viento junto con las partículas de polvo para, posteriormente, ser depositados a grandes distancias, y moviéndose de nuevo a atrás regiones (Yarto, 2003). Los doce COP considerados como prioritarios y objeto de estudio de acuerdo a la Convención de Estocolmo son: aldrin, bifenilos policlorados, clordano, DDT, dieldrin, endrin, heptacloro, hexaclorobenceno, mirex, toxafeno, dioxinas y furanos. Este mismo caso, se presenta en otros grupos de sustancias que son candidatas a ser incluidas: hexaclorociclohexano, clordecona, atrazina, endosulfán, pentaclorofenol, ftalatos, parafinas policloradas, hexabromobifenilo, éteres bifenílicos polibromados, entre otros (Yarto, 2003).

El uso generalizado de los COPs e debe a dos razones principales, la primera de ellas es su persistencia, ya que al ser sustancias estables sus ingredientes permanecen activos durante un período largo; sin embargo, esta misma persistencia resulta perjudicial al dar como resultado una degradación lenta del compuesto. La segunda razón es el hecho de que la mayoría de los COPs son muy económicos, sobre todo el DDT (comúnmente, el plaguicida más tóxico tiene un precio menor).

Los pesticidas han sido usados a nivel mundial desde 1948 para proteger los cultivos agrícolas y para controlar diversas plagas domésticas. Entre los daños a corto plazo que ha ocasionado el uso intensivo de los plaguicidas está la mortandad de distintas especies de animales. Entre los daños a largo plazo están la contaminación de aguas continentales y costeras con la consiguiente disminución en la productividad de estas zonas. Los principales contaminantes de origen ambiental en los alimentos en México son los

plaguicidas organoclorados y sus derivados. En segundo lugar se podría colocar a los organofosforados pero con un tiempo de vida mucho menor a los primeros.

En México se han usado plaguicidas agrícolas desde fines del Siglo XIX; hasta mediados del siglo pasado se utilizaban cerca de 40 compuestos de tipo botánico o inorgánico. Fonseca (2000) asegura que el sector agrícola mexicano parecía tener un gran futuro, de hecho fue cuando se comenzó a exportar productos agrícolas básicos. Sin embargo, a partir de los años setenta mostraron bajas considerables, debido a la prohibición de algunos pesticidas tóxicos. Desde entonces la agricultura en México se encuentra prácticamente estancada debido a problemas naturales, económicos, sociales y políticos. (Albert, 2005)

El principal uso de los plaguicidas sintéticos en México fue en el cultivo del algodón, según datos oficiales, en 1960 se aplicó al algodón el 62.5 % del total de plaguicidas; este uso excesivo causó que rápidamente se generara una importante resistencia de las plagas del algodón (Albert, 2005). Inicialmente, todos los plaguicidas sintéticos se importaban en el país, pero poco a poco se fue obteniendo la tecnología para fabricar los más sencillos. El gobierno mexicano llegó a tener una de las industrias más fuertes de plaguicidas, pero ésta se especializó en insecticidas organoclorados, que ya están prohibidos en casi todo el mundo, y organofosforados de primera generación que van por el mismo camino. En la actualidad, la industria propiamente nacional está formada por empresas relativamente pequeñas, cuyos productos en general son ya obsoletos o están en vías de desaparecer del mercado mundial. (Albert, 2005). Actualmente se usan en México alrededor de 900 principios activos de plaguicidas formulados aproximadamente en 60,000 preparaciones comerciales. El país fabrica 36 ingredientes activos entre los que se encuentran el DDT, HCH, toxafeno y endrín (Rueda, 1993). Comercialmente el DDT se vende como "Agritán" y "Gerasol", el endosulfán como Thiodán" y "Endofán" y el HCH se encuentra como "Lincide".

El presente trabajo tiene como objetivo medir las concentraciones de los pesticidas clorados y BPCs en la costa noroccidental de Baja California, mediante el uso del mejillón

Mytilus californianus como organismo centinela. Mediante este estudio de biovigilancia de COPs nos permitirá determinar que niveles de estos contaminantes existe y la distribución de ellos en la zona de estudio, de manera que podamos determinar si existen riesgos para la salud del medio ambiente marino y del ser humano, debido al posible consumo de estos organismos.

1.1 Uso del mejillón como organismo centinela de contaminación.

Desde hace varias décadas se ha propuesto el uso de mejillones del género *Mytilus sp* como organismos indicadores cuantitativos de la contaminación por pesticidas organoclorados en el medio marino (Goldberg 1975, Phillips 1980, Gutiérrez Galindo y Muñoz Barbosa 2003). Se ha encontrado que estos organismos pueden acumular los contaminantes orgánicos a partir de su alimento y del agua de mar en concentraciones proporcionales a aquellas encontradas en el ambiente, por inclusión antropogénica. (Phillips 1980). A partir de que los mejillones se comenzaron a utilizar como excelentes biomonitores de las variaciones espaciales y temporales de pesticidas organoclorados, también, se han realizado investigaciones para conocer los factores o procesos que pueden afectar esta variabilidad en la concentración de los elementos en estos organismos. La acumulación de contaminantes orgánicos es un proceso complejo, gobernado por una variedad de factores externos e internos. Entre ellos se encuentran: la talla (Latouche y Mix 1982), la tasas de filtración (Boyden 1977), la época del año (Ouellette 1981), los ciclos de desove que afectan la condición y peso de los organismos (Lobel y Wright 1982, Marigómez e Ireland 1990). También la biodisponibilidad de los contaminantes, la temperatura y la salinidad del ambiente acuático (Phillips 1976, Lares y Oriens 1997) pueden ser importantes fuentes de variación de los contenidos de pesticidas organoclorados en el organismo.

Es conocido que para evaluar temporal y espacialmente la contaminación por elementos o compuestos persistentes y no persistentes en los ambientes costeros se realizan análisis de agua o sedimentos. Sin embargo, sólo proporciona estimaciones instantáneas de la concentración de los COPs en el medio ambiente (Phillips 1977). El uso de sedimentos está también sujeto a ciertos errores de acuerdo a la razón de sedimentación de material particulado y la cantidad de materia orgánica presente, además, proporciona poca información acerca de la cantidad del compuesto clorado biodisponible

(Phillips 1977). La utilización de indicadores biológicos parece ser más atractiva, ya que los mejillones no solo concentran contaminantes del agua, sino que representan un valor promedio con respecto al tiempo y a la biodisponibilidad relativa de los contaminantes organoclorados para cada localidad estudiada. Los organoclorados en su mayoría son muy poco solubles en agua, sin embargo, son muy solubles en grasas, por lo que se acumula fácilmente en los tejidos de los mejillones por la alta cantidad de grasas que presenta. (Dorantes, 2001)

El uso de indicadores biológicos obvia la necesidad de muestreos múltiples debido a su tiempo de integración de las concentraciones de compuestos orgánicos persistentes en el ambiente. Por lo que estos organismos nos pueden proveer datos en la carga de pesticidas en el sistema alimenticio marino, que lo cual no ocurre con las mediciones del contenido de compuestos clorados en el agua y sedimento (Dunstan et al., 1980).

Las desventajas principales del uso de organismos indicadores son las variables fisiológicas y las diferencias de disponibilidad de compuestos clorados en diferentes especies, que puede afectar la interpretación de resultados en estudios de vigilancia (Phillips, 1980).

1.1.1 Distribución y características de *Mytilus californianus*.

Las distintas especies del género *Mytilus* se encuentran ampliamente distribuidas tanto en el hemisferio norte como en el sur ocupando las zonas intermareales de la mayoría de los continentes. Entre los factores más importantes que pueden llegar a limitar la distribución de *Mytilus sp* en la costa es la temperatura ya que son poco tolerantes a temperaturas extremas, la desecación puede afectarles al encontrarse en los límites superiores de las áreas rocosas, mientras que en los límites inferiores se ven fuertemente influenciados por los factores biológicos (depredación y competencia) y por factores físicos (oleaje extremo). (Seed y Suchanek, 1992).

El mejillón *M. californianus* se encuentra distribuido a lo largo de las costas del Pacífico de Norte América, desde las Islas Aleutianas hasta el norte de México (Sarver y Foltz, 1993) habitando principalmente las áreas intermareales altas y bajas de las costas rocosas expuestas, pero también, se le puede encontrar a profundidades de 12 metros (Cáceres-Martínez, 1997). En la actualidad, *M. californianus* es una de las dos especies de

mejillón que tiene un excelente potencial para ser cultivada en Baja California (Cáceres-Martínez, 1997).

1.2 Movilización de los pesticidas organoclorados en el ecosistema y efectos toxicológicos en la salud del ambiente marino.

Los pesticidas organoclorados son de gran interés para el estudio de sistemas costeros debido a sus efectos tóxicos y a su elevada tendencia a biomagnificarse (Rainbow et al. 1990), en los seres vivos. La exposición a estos compuestos se ha asociado a efectos teratogénicos y mutagénicos. Su acción, es a nivel del sistema nervioso, generando alteraciones de la transmisión del impulso nervioso, algunos son perturbadores endocrinos (afectan las hormonas y el sistema endocrino), disfunciones hepáticas y además pueden irritar la piel y los ojos. (Maskaoui y Zhou 2005).

Los pesticidas organoclorados fueron muy empleados a inicio de los 80's, su origen se remonta principalmente al DDT que comenzó a ser producido en 1940 y su uso se incrementó ligeramente entre 1950-1974. (Venkatesan et al. 1999). Se generalizó, durante la segunda Guerra Mundial, como plaguicida contra los mosquitos para la prevención del paludismo y la fiebre amarilla, y también para combatir la mosca tse-tsé, (Anexo I) para combatir el control de plagas en el campo de la agricultura, así como para eliminar aquellos insectos que afectan a la salud humana y animal. Pueden actuar sobre los distintos estados de desarrollo del artrópodo, atacando tanto a los huevos, las larvas o los insectos (estado adulto). A pesar de estar prohibido en la mayoría de los países desde hace cuatro décadas, los pesticidas son contaminantes comúnmente detectados en los diferentes compartimentos ambientales.

La contaminación del medio ambiente marino por pesticidas organoclorados han presentado problemas en la salubridad de especies marinas principalmente en las que presentan un recurso explotable para el hombre: peces, crustáceos y moluscos, además, de que dependemos de los recursos agrícolas y pesqueros para subsistir, por lo tanto al ser éstos compuestos bioacumulables y biomagnificados en la cadena trófica sugiere un punto de alerta en la salud humana. El impacto biológico de estos compuestos orgánicos ha detectado niveles y efectos nocivos en pelícanos (Riserbrough et al., 1970), en leones marinos (De Long et al., 1973), en peces (Duke y Wilson, 1971); (Velarde, 1973), en

moluscos (Young et al., 1976a; Risebrough et al., 1980; Gutiérrez Galindo, 1980; Cajal-Medrano y Gutiérrez Galindo, 1981, Gutiérrez y Flores, 1992) en partículas atmosféricas (Young et al., 1976b), en agua (Young y Heesen, 1974) y en sedimentos (McDermott et al., 1974).

1.2.1. Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT) y metabolitos

El DDT es un compuesto sintético muy persistente en el medio ambiente (Tabla I) resiste la degradación fotolítica (estabilidad a la luz), biológica (su difícil degradación biológica) y químicas (alta estabilidad química), es decir, su degradación tiende a ser muy lenta y sus productos intermedios de degradación, DDE y DDD, también son muy persistentes . (Anexo II) y presentan propiedades químicas, físicas y toxicológicas similares a los del producto original.

Tabla I. Aproximación de persistencia de pesticidas en el medio ambiente.

COP	(Aproximación) persistencia en años
DDT	15
Toxafeno	11
Clordano	8
Dieldrin	7
Aldrín	5
Heptacloro	4
HCH	2

El DDT es un sólido cristalino de color blanco, sin sabor y casi sin olor. Es un compuesto organoclorado formado por una mezcla de isómeros de diclorodifeniltricloroetano. (Anexo II-b) Su síntesis se produce mediante una reacción entre tricloroacetaldehído y clorobenceno. La reacción entre estos dos compuestos transcurre principalmente en la posición “*para*” del cloro benceno, produciendo un alcohol intermedio, el cual, en medio ácido forma rápidamente un carbocatión secundario con otro clorobenceno. Cuando los dos compuestos han reaccionado, el DDT se forma fácilmente

debido a la alta reactividad del cloro gaseoso. En la misma reacción también se forman DDE (diclorodifenildicloroetileno) y DDD (diclorodifenildicloroetano), que contaminan el DDT, pero que también tienen características pesticidas (Fig. 1). El dicofol es un plaguicida obtenido de la hidroxilación del DDT (Qiu et al., 2004). Los organoclorados son, en esencia, hidrocarburos con alto contenido de átomos de cloro. (Yongnu y Sang Hee 2008)

La mayoría de los países desarrollados prohibieron el DDT durante la década de 1970 debido a sus efectos nocivos para el medio ambiente y la salud humana. La presencia de compuestos del DDT en altas concentraciones en la sangre de una mujer embarazada, puede aumentar el metabolismo del estrógeno y la progesterona, lo que puede provocar aborto (Nasir et al. 1998). Después de 1972 el DDT fue restringido en EUA a partir de su reglamentación (Venkatesan et al. 1999). La Comisión Económica Europea de la Organización de las Naciones Unidas (1999) permite el uso del DDT en dos casos: a) Protección de la salud pública en enfermedades como la malaria y b) como producto intermedio en la síntesis del dicofol, siempre que el contenido total del DDT sea inferior a 0.1%.

En los años 1950's -1980's se aplicaron grandes volúmenes de POCs con el objeto de eficientizar los cultivos en México, principalmente los compuestos de la familia del DDT (PONEMM, 2007). La aplicación de estos POCs ha ocasionado que actualmente se registre contaminación de aire, suelo y agua (PONEMM, 2007). Trabajos de 1969 a 1970 muestran que los niveles de los compuestos de DDT como otros compuestos orgánicos persistentes en agua, invertebrados y vertebrados en el sur de California, EUA., fueron los más altamente registrados que en cualquier otro ecosistema costero del mundo (Risebrough et al., 1976a).

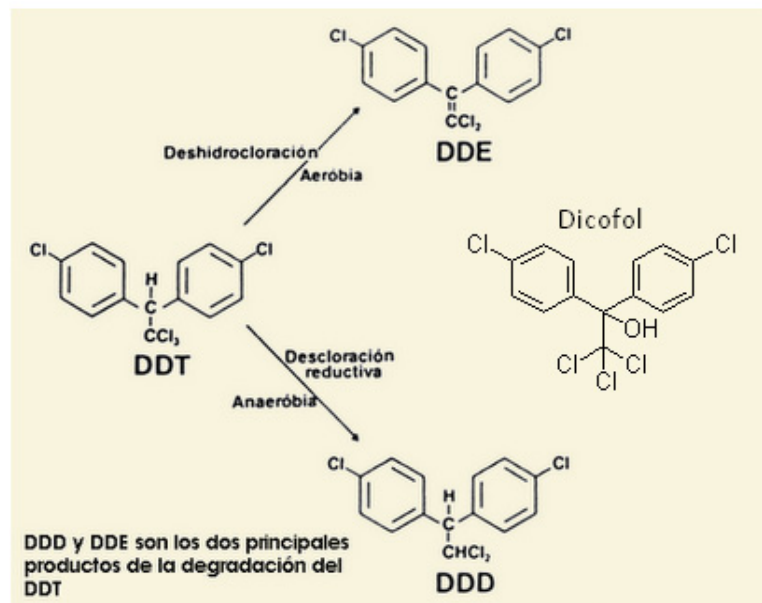


Figura 1. Estructuras moleculares de DDT, DDE, DDD y Dicofol (modificado de ATSDR, 2000).

1.2.2 Clordanos

Es un insecticida utilizado en el control de hormigas de fuego, en el césped, y en una variedad de cultivos. Los clordanos (alfa y gamma clordano) en su mayoría se presentan en los climas templados (OMS, 1984). El clordano es muy persistente en el medio ambiente, permanece en el suelo durante más de 20 años y en agua un poco menos. (ANEXO III.)

El clordano es moderadamente tóxico según la escala de Hodge; Sterner (1956). La Organización Mundial de la Salud (OMS, 1984), clasifica el producto técnico como moderadamente peligroso. La mayoría de sus metabolitos son ligera a moderadamente tóxicos, (OMS, 1984). El clordano es tóxico para algunos peces, aves, algas, caracoles, roedores, y también se bioacumula y biomagnifica en la cadena trófica. En seres humanos pueden desarrollar bronquitis, sinusitis y afectar el sistema nervioso. (WFPHA, 2000).

1.2.3 Hexaclorociclohexano (HCH)

Son productos químicos persistentes que se encuentra con frecuencia en el medio ambiente. Por sus propiedades fisicoquímicas tiene el potencial de viajar grandes distancias. Los principalmente afectados son los niños y personas desnutridas, pues los compuestos orgánicos se movilizan y se liberan, pasando al torrente sanguíneo, con posibilidad de producir efectos tóxicos si la concentración alcanza un nivel suficientemente elevado. En los seres humanos los plaguicidas (principalmente DDT y HCH) provocan diversos efectos, entre los que se incluyen los de tipo cutáneo, caracterizados por reacciones alérgicas y exantemas. Los contaminantes orgánicos producen alteraciones metabólicas al desencadenar la formación de enzimas y acné, asimismo tienen efectos neurológicos que abarcan lesiones del sistema nervioso central (OMS, 1992). El HCH, puede ocasionar una enfermedad llamada porfiria; mientras que el DDT y sus metabolitos como el p,p'DDT, p,p'DDE se reporta que tienen efectos estrogénicos.

El HCH, es estable a la luz, a altas temperaturas y ácidos, puede hidrolizarse a valores de pH elevados. Este contaminante, se degrada muy lentamente por acción microbial y es más soluble en agua y más volátil que otros productos químicos orgánicos clorados, lo que explica su omnipresencia en todos los ámbitos del medio ambiente (agua/nieve, aire, suelos/sedimentos). Los HCH tienen un período de semi-desintegración de 2,3 a 13 días en el aire, de 30 a 300 días en el agua, de 50 días en sedimentos y de dos años en el suelo. (UNEP, 2005)

Los HCH tiene también el potencial de bioacumularse fácilmente en la cadena trófica debido a su elevada solubilidad en los lípidos, su biotransformación y eliminación. Además, es un compuesto muy volátil, se expone fácilmente a procesos de evaporación-condensación. (UNEP, 2005)

1.2.4 Heptacloro y epóxido de heptacloro

El heptacloro es una sustancia química manufacturada que no ocurre naturalmente en el ambiente. El heptacloro se usó extensamente en el pasado como plaguicida en viviendas, edificios y en cosechas de alimentos. Estos usos terminaron en el año 1988.

Actualmente sólo puede usarse para el control de hormigas o en transformadores bajo tierra.

El epóxido de heptacloro también es un polvo blanco. Las bacterias y los animales degradan el heptacloro a epóxido de heptacloro. Estudios indican que es más probable encontrar epóxido de heptacloro que heptacloro en el medio ambiente. (ASTRD, 2005)

El heptacloro no se disuelve en agua fácilmente mientras que el epóxido de heptacloro se disuelve más fácilmente. Estos tóxicos, se adhieren fuertemente a partículas del suelo y se evaporan lentamente al aire (ANEXO IV). El epóxido de heptacloro puede permanecer en el suelo y en el agua. Las plantas pueden incorporar heptacloro del suelo. El heptacloro y epóxido de heptacloro pueden acumularse en los tejidos de peces y el ganado (ASTRD, 2005).

Se han observado daño del hígado, excitabilidad, aumenta el riesgo de leucemia y disminución de la fertilidad. Los efectos son más severos cuando los niveles de exposición son altos. (Nasir, 1998). Se han reportado contaminantes orgánicos (dieldrín, DDT, DDE, HCH y epóxido de heptacloro) en el suero y la leche materna (Tardiff 1992). La transferencia de contaminantes de heptacloro al feto por medio del cordón umbilical provoca nacimientos prematuros, mutaciones, pesos bajos, déficit de capacidad.

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) y la EPA han clasificado al heptacloro como posiblemente carcinogénico en seres humanos. La EPA, también considera al epóxido de heptacloro como posiblemente carcinogénico en seres humanos. (ASTRD, 2005)

1.2.5 Hexaclorobenceno (HCB)

El hexaclorobenceno se usó extensamente como pesticida hasta 1965 para proteger semillas de cebollas y sorgo, trigo y otros granos contra hongos. También se usó en la manufactura de fuegos artificiales, municiones y goma sintética. En la actualidad, el hexaclorobenceno no tiene uso comercial en los Estados Unidos. (ANEXO V). El hexaclorobenceno puede permanecer en el ambiente por mucho tiempo. Se degrada muy lentamente. Se adhiere firmemente al suelo. La mitad del hexaclorobenceno en el suelo desaparecerá en 3-6 años. No se disuelve fácilmente en el agua. Una vez en el agua, se adhiere a sedimentos y se deposita en el fondo. Bajo condiciones normales, poco

hexaclorobenceno se evapora al aire. Una vez en el aire, puede ser transportado largas distancias. (ATSDR, 2005).

Los estudios en animales han demostrado que comer hexaclorobenceno por largo tiempo puede dañar el hígado, la tiroides, el sistema nervioso, los huesos, los riñones, la sangre y los sistemas inmunitario y endocrino. (ATSDR, 2005).

1.2.6 Aldrin, Dieldrin, Endrin y Mirex.

La información química, persistencia en el ambiente, sus propiedades relacionadas con sus transporte ambiental, su bioacumulación, toxicidad y producción y uso internacional del aldrin, dieldrin, endrin y mirex, se indican en el anexo VI, VII, VIII y IX.

1.2.7 Endosulfán y Endosulfán sulfato.

El Endosulfán y Endosulfán sulfato está relacionado importantemente con el cultivo del algodón y el jitomate. (EPA, 2003) Compuestos muy persistentes en el ambiente y pueden alterar los impulsos nerviosos y el sistema endócrino. El endosulfán altera las concentraciones de sodio y potasio y disminuye los niveles de calcio y magnesio en el plasma sanguíneo (Naqvi y Vaishnavi, 1993).

1.2.8 Bifenilos policlorados (BPCs).

En cuanto a los bifenilos policlorados (BPC) comenzaron a ser producidos en EUA en 1930 y son compuestos químicos utilizados en el sector industrial y comercial a través de la industria eléctrica (Fig. 2). Presentan una combinación de propiedades entre las que se cuentan: elevada resistencia y estabilidad mecánica y química; alta conductividad eléctrica; resistencia a la oxidación, al calor y al fuego (altas temperaturas de inflamación); y en algunos casos, afinidad por disolventes grasos (Schwedt, 2001).

También se biomagnifican y bioacumulan en organismos. La toxicidad de los BPC es relativamente alta en mamíferos y peces (ANEXO X), aunque el principal problema que plantean, al igual que el DDT, son sus efectos subletales, principalmente sobre la reproducción, además de ser conocidos agentes cancerígenos (Ghirelli, et al., 1984). Su uso ha sido fuertemente restringido en varios países (UNS, 1984).

Existen tres tipos de exposición humana a los BPC:

1. La exposición aguda a altas dosis de este compuesto, relacionada a accidentes con capacitores u otra clase de equipo eléctrico o industrial diverso que maneje BPC, o por la ingestión de alimentos altamente contaminados, como sucedió en Japón y Taiwán en 1968 y 1979, respectivamente.
2. La exposición crónica de mediano nivel, asociada a exposiciones laborales o al consumo de alimentos contaminados.
3. La exposición crónica de bajo nivel, relacionada con la exposición a los niveles existentes en el ambiente.

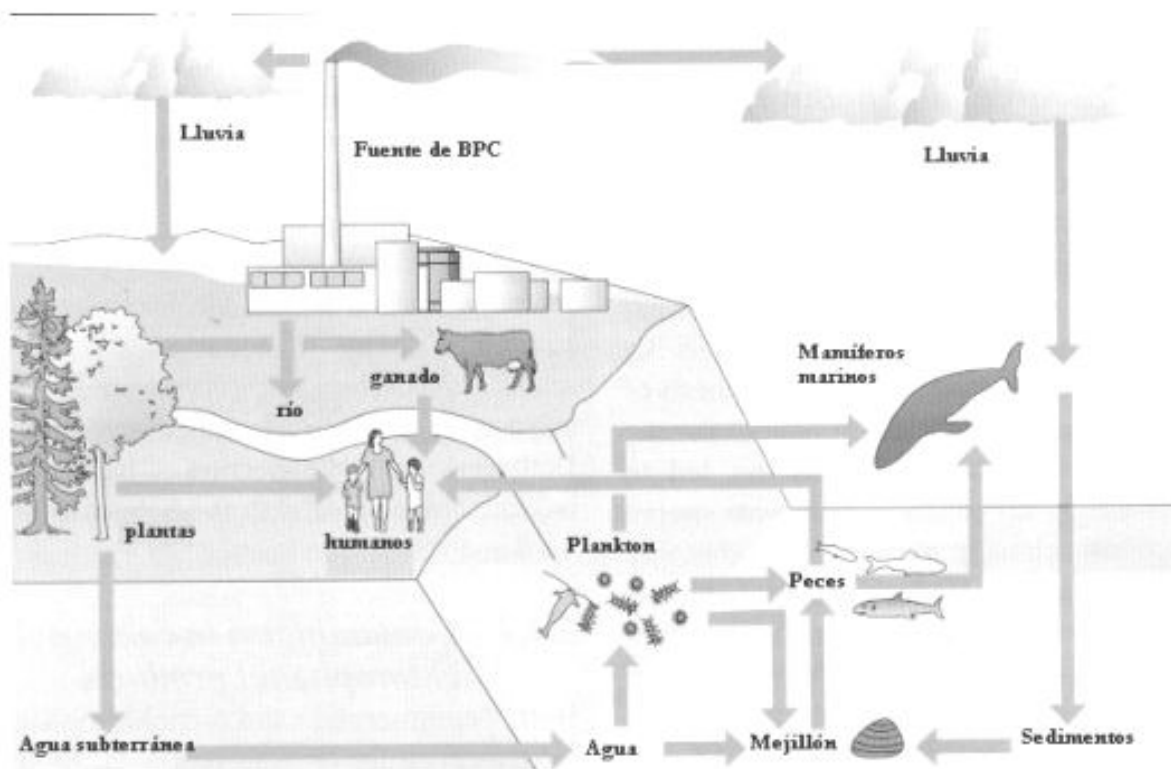


Figura 2. Rutas de distribución de BPC en el ambiente (Fuente: Schwedt, 2001)

1.2.9 Efectos de los organoclorados en los organismos

Espina y Vanegas (1996) citan que algunos compuestos orgánicos son tóxicos por ser letales o subletales. En los moluscos y crustáceos, el endosulfán provoca una disminución de los amino ácidos libres en la hemolinfa (líquido sanguíneo de los invertebrados), así como la inhibición de la $Na^+K^+ATPasa$ branquial. Tales perturbaciones alteran los procesos de osmorregulación y el consumo de oxígeno de los organismos, lo que a su vez repercute en su actividad normal. Se ha comprobado (Tardiff, 1992) que afecta en la reproducción y el crecimiento de crustáceos y moluscos (bivalvos). En los peces los efectos se presentan alterando el preferendum final de la temperatura de reproducción y la población no pueda alcanzar el área donde normalmente ocurre el desove. Ocasionalmente también dañan diferentes órganos de los peces como el hígado, riñón, cerebro, branquias, músculo, intestino y gónadas. Urdaneta et al. (1995) han confirmado la existencia de anomalías en el esqueleto, necrosis en hígado y tumores en peces.

En las aves, el principal efecto de los compuestos orgánicos (Tardiff, 1992) es en la reproducción, estableciéndose que el 4,4-DDE ocasiona adelgazamiento de los cascarones de huevos en varias especies y una disminución de la tasa reproductiva.

En lo referente a mamíferos marinos (ballenas, delfines, focas, entre otros), una gran proporción de la masa de su cuerpo es grasa, que le sirve como aislante térmico y almacenaje de energía. Los compuestos orgánicos son transferidos a las crías, durante el período de lactancia (Espeland et al. 1997).

1.3 Importancia socioeconómica de la zona examinada y su justificación de estudio.

La costa noroccidental de Baja California, representa un importante medio ambiente biológico, económico, geopolítico y recreacional para su población. Este medio ambiente marino ha sido un área utilizada permanentemente para la transportación marítima, la recreación, la pesca comercial, la acuicultura, así como hábitat de diversas especies y como depósito final de contaminantes de origen antropogénico (Nishikawa et al. 1988). Su

densa población y su crecimiento demográfico asociada a su acelerada urbanización e industrialización, en particular, la zona fronteriza, representan un riesgo potencial de contaminación antropogénica por contaminantes orgánicos en el ecosistema costero de esta región. En el área costera en ambos lados de la frontera California, Estados Unidos-Baja California, México se han identificado diversas fuentes de contaminación, las cuales incluyen descargas de aguas residuales domésticas tratadas e industriales, escurrimientos de aguas de tormenta de zonas altamente urbanizadas, zonas rurales pero una alta actividad agrícola, entre otras (Nishikawa et al. 1988, Schiff 2000, Steinberg y Stein 2004). Estudios regionales de contaminación por hidrocarburos clorados en la costa Norte de Baja California han señalado concentraciones de DDT y BPC en mejillones *Mytilus californianus* (Gutiérrez et al. 1983ab).

Antecedentes de estudios indican que los niveles de residuos de DDT en las aguas marinas son usualmente menores a 1ng/l aunque valores mayores han sido reportados en las áreas costeras (UNEP, 1982). El DDT ha sido el pesticida más utilizado a nivel global (UNEP, 1982). En Baja California el uso del DDT en los campos agrícolas fue restringido desde 1970. Sin embargo, debido a su uso intensivo, su persistencia y estabilidad, residuos de este plaguicida han sido detectados en diferentes muestras biológicas y sedimentos del medio ambiente marino de Baja California (Gutiérrez Galindo, 1984).

Es reconocido que la actividad antropogénica aporta organoclorados al medio marino mediante el uso de control de plagas, de mantenimiento de jardines, de mantenimiento de piscinas, en operaciones de limpieza de embarcaciones, en la actividad doméstica por medio de cebos y trampas, como repelentes de insectos, venenos, aerosoles, desinfección de mascotas, desinfectantes, entre otros. (Yongnu y Sang Hee 2008).

Los pesticidas incluyen alguicidas, que controlan la actividad algal; agentes anti-incrustantes, que afectan a organismos que se pegan al casco de las embarcaciones; fungicidas, herbicidas e insecticidas, que afectan a su vez el medio terrestre. (Yongnu y Sang Hee 2008).

En cuanto a los BPC, su principal fuente es a través de la industria eléctrica especialmente como parte de transformadores, (Ghirelli, et al., 1984) capacitores, fluidos

hidráulicos, lubricantes, en equipos de transferencia de calor (equipos de minería), lubricantes, adhesivos, empaquetaduras, pinturas, recubrimientos, selladores aislantes, papel carbón, guarniciones de freno y asfalto; también en aplicaciones no eléctricas como tuberías de gas, edificios, naves y en investigación. Su producción se incrementó después de la segunda guerra mundial, alcanzando un máximo en el ámbito mundial en 1970. En el período comprendido entre 1970 y 1977 fueron prohibidos por la EPA-EU (Environmental Protection Agency), reflejándose en un decremento considerable de sus concentraciones ambientales (Hom et al., 1974; Hermanson et al., 1991; Valette-Silver et al., 1993; Latimer y Quinn, 1996; Venkatesan et al., 1999).

La investigación que se presenta sobre la contaminación por pesticidas orgánicos persistentes y de bifenilos policlorados en el medio ambiente marino de Baja California, tiene el propósito de ayudar a proteger los ecosistemas costeros en general, y la salud humana, en particular. La evaluación del “status oceánico” para predecir tendencias de la contaminación es indispensable para la integridad del sistema marino y de la salud humana. (Kim et al. 2002). También, el análisis de COPs en alimentos marinos puede ayudar a estimar los riesgos a la salud de los consumidores y el de obtener información importante sobre la bioacumulación de los xenobióticos por los organismos. Desde el punto de vista de la salud humana, la presencia de COPs en alimento marino es de gran preocupación debido a los riesgos potenciales que pueden causar efectos adversos para la salud, como cáncer, efectos reproductivos y efectos agudos o crónicos al sistema nervioso (Hayes et., 1971).

En adición, dado que los COPs son lipofílicos y capaces de ser biomagnificados, puede presentar una seria amenaza niveles tróficos superiores de comunidades acuáticas y a los humanos (Asplund et al., 1994). El impacto de este estudio radica en examinar contaminantes orgánicos persistentes derivados de la agricultura principalmente, la industrialización y los asentamientos humanos (descargas de aguas residuales domésticas tratadas introducidas al mar) que potencialmente pueden afectar la salud del ecosistema marino de la costa noroccidental de Baja California. La investigación valorará en escala regional las concentraciones de contaminantes orgánicos que pueden repercutir en el

aprovechamiento de las pesquerías de la región (desarrollo de la acuicultura), de la biota marina y terrestre, la calidad de los cultivos agrícolas y de las zonas de recreación a lo largo del corredor turístico de la costa noroccidental de Baja California. El proyecto en el ámbito científico interpretará el posible efecto de condiciones antropogénicas y biológicas sobre el grado de contaminación por compuestos orgánicos persistentes en las aguas examinadas en las diferentes localidades propuestas. Proporcionará información y una comparación sobre el status de contaminación por contaminantes orgánicos en la región transfronteriza California, Estados Unidos-Baja California, México. Así como también, los resultados serán de utilidad al sector productivo (privado y cooperativista) y sector gobierno para la implementación de proyectos productivos y programas de prevención, rehabilitación y conservación de la calidad de aguas costeras de la región.

1.4 Hipótesis.

Las localidades de Ensenada, San Quintín y Eréndira debido a que son zonas con alta actividad agrícola presentaran concentraciones más altas de pesticidas organoclorados en comparación con Rosarito, Bajamar, Punta Baja, Los Ojitos y Playa Esmeralda que se les consideradas como zonas con poca actividad agrícola. Para el caso de BPC, dada las características que presentan, se determinarán altas concentraciones de estos compuestos en localidades con mayor tasa de crecimiento demográfico y de desarrollo industrial, lo que permitirá obtener un gradiente de norte a sur del área de estudio.

1.5 Objetivo general y particulares.

Realizar una distribución geográfica y de acumulación de residuos de pesticidas organoclorados y de bifenilos policlorados en *Mytilus californianus* de la costa Noroccidental de Baja California.

Objetivos particulares:

- Estimar si las concentraciones de COPs en el mejillón están dentro de los límites de tolerancia de salud pública establecidos por las autoridades sanitarias

internacionales y no representa un riesgo para su comercialización y su consumo humano.

- Determinar posible influencia antropogénica de estos compuestos en la zona costera.
- Generar información de referencia (baseline) en condiciones locales de utilidad para conocer la evolución de estos contaminantes en la costa del Pacífico Noroccidental de Baja California.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Descripción del área de estudio.

El área de estudio comprende la zona costera noroccidental de Baja California, localizada desde la frontera México-Estados Unidos hasta la Bahía de Sebastián Vizcaíno (Fig. 3). Esta área se encuentra dentro de la parte sur de la región conocida como la Cuenca del Sur de California (CSC). La hidrodinámica del área es compleja, con un patrón de corrientes dominado por el Sistema de la Corriente de California que transporta aguas de norte a sur (Lynn et al. 1982). El lecho marino está formado principalmente por fondos de arena y sedimento lodoso, y sobre la plataforma continental predominan los sedimentos arenosos (Dailey et al. 1993). El medio ambiente oceánico varía considerablemente (Smith 1995), durante los eventos de El niño (normalidad tibia) y La Niña (anormalidad fría). Esta región de la CSC es un ecosistema rico en organismos con cerca de 5000 especies de invertebrados, 480 especies de peces y 195 especies de aves (Dailey et al. 1993). El clima de la región es de tipo mediterráneo con veranos secos y cálidos e inviernos húmedos y fríos (Carlucci et al. 1986) y la precipitación pluvial es escasa.

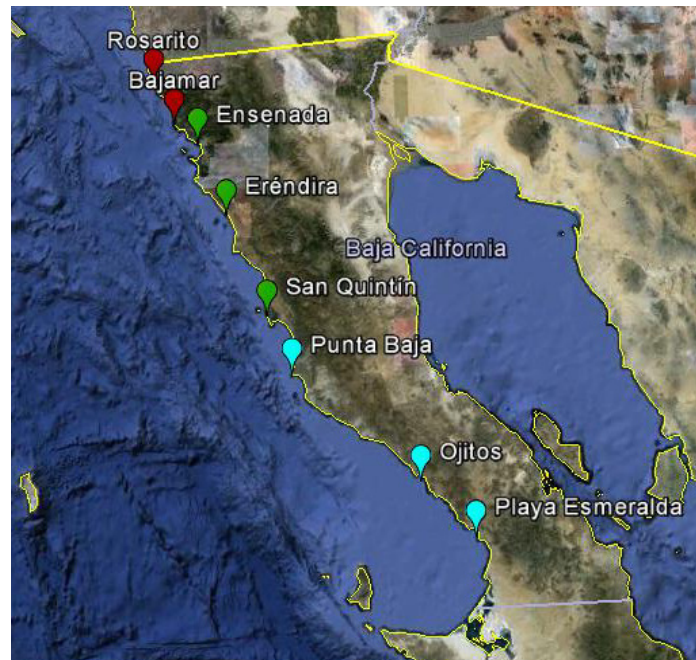


Figura 3. Área de estudio en la costa noroccidental de Baja California. (Imagen modificada de Google Earth 2011).

2.2 Metodología.

2.2.1 Procedimiento de selección y recolección de organismos.

El estudio comprende recolectas de mejillones *Mytilus californianus* durante Noviembre 23 a Diciembre 10 de 2007, en ocho localidades distribuidas a lo largo costa Occidental de Baja California: De norte a sur, Rosarito, Bajamar, Bahía Todos Santos (UABC-Ensenada), Eréndira, Bahía de San Quintín (Chorera), Punta Baja, Playa Esmeralda y Ojitos dentro de Bahía Sebastián Vizcaíno (Figura 3). Estos sitios de recolecta fueron seleccionados en base a localidades geográficas representativas de la costa Noroccidental de Baja California y a la disponibilidad de organismos, el criterio de la selección se realizó considerando Rosarito y Bajamar, como zona industrial; Ensenada, San Quintín y Eréndira como zona agrícola y Punta Baja, Los Ojitos y Playa Esmeralda como zonas prístina o con actividad antropogénica muy baja, de tal manera que se puedan realizar comparaciones entre las localidades. En cada una de las localidades se recolectaron 50 organismos.

Con la finalidad de minimizar la variación en la concentración de pesticidas organoclorados y bifenilos policlorados, la recolecta se realizó a una misma altura de marea, de un mismo manto de organismos con una talla de 50-70 mm (Coleman, 1980). De esta manera los organismos presentaran un índice de condición similar; que es la relación que se da entre el peso del tejido y el tamaño de la concha, así como con la uniformidad de edad (relación ancho: alto de la concha- Lobel *et al.*, 1991); y de ser de una sola población (Ritz *et al.*, 1982, Phillips, 1976).

2.2.2 Proceso de extracción de compuestos orgánicos en tejido.

Limpieza del material.

El material utilizado en el proceso de análisis de laboratorio se lavó con detergente Micro®, enjuagado en secuencia con agua corriente y agua destilada. Una vez que el material es secado se descontaminado en mufla a una temperatura de 400°C durante 4 horas. El material de vidrio volumétrico y el resto de material que se utiliza, que no puede ser introducido a la mufla se descontaminó mediante varias lavadas con metanol y diclorometano grado pesticida.

Los solventes usados fueron: diclorometano, hexano, metanos e iso-octano grado pesticida y agua grado HPLC (B&J Baxter). Las resinas que se utilizaron fueron alúmina básica Brockmann I, grado estándar, de malla ~ 150, 58 Å; sílica neutra, grado 62 de malla de 60 -200, 150 Å y florisil neutra grado cromatográfico de malla 100-200. Las resinas fueron activadas durante 12 horas a 250°C (alumina) y a 180°C (silica y florisil). Una vez activadas, las resinas son colocadas dentro de un desecador durante 12 h. Posteriormente, fueron desactivadas al 3% con agua grado HPLC y homogenizadas con agitación manual durante 15 min. Una vez homogenizadas son colocadas dentro de un desecador durante 12 h. Finalmente son puestas en suspensión con hexano para su utilización.

Después de la recolecta los organismos se depositaron en papel aluminio, enseguida fueron colocados en hieleras para ser transportados al laboratorio, en donde fueron congeladas a -20 ° C hasta su análisis en laboratorio. Para la preparación de la muestra, los organismos fueron descongelados y lavados con agua destilada. Se tomaron

30 organismos de los 50 colectados para hacer la disección, medición de acuerdo a la técnica descrita por Gutiérrez Galindo y Muñoz Barbosa (2001). A cada organismo se le midió la talla con un pie de rey (mm): ancho, alto y largo (Fig. 4), con el fin de realizar posteriormente una prueba de correlación entre las tallas promedios las concentraciones totales de pesticidas y BPC, entre las localidades empatadas.

Posteriormente el tejido obtenido de las muestras disectadas fueron homogeneizadas en un homogeneizador Virtis 45, equipado con navajas de titanio y colocadas en frascos de cristal ámbar.

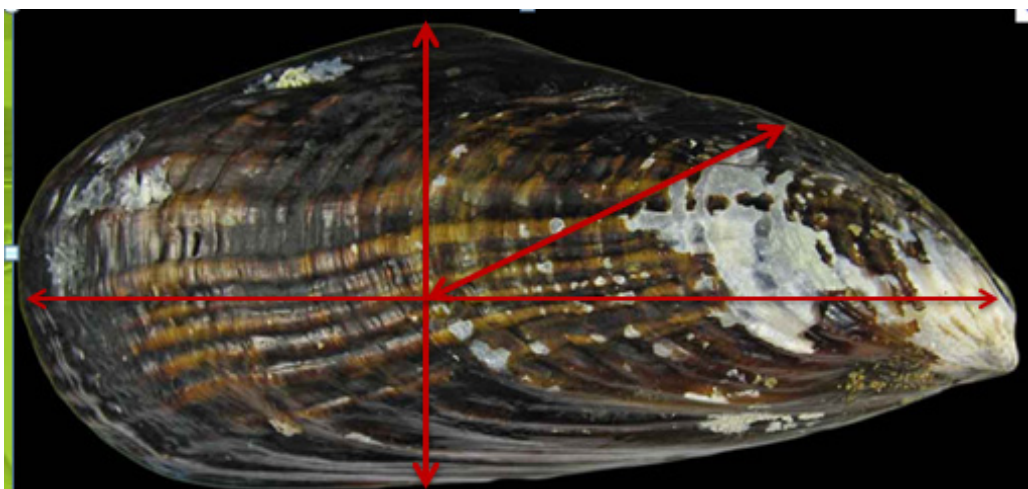


Figura 4. Mediciones de talla (ancho, alto, largo mm) del mejillón *Mytilus californianus*.

2.2.3 Proceso de extracción de compuestos orgánicos en tejido.

Las muestras fueron analizadas mediante una modificación de la técnica Zeng y Vista (1997). Para la extracción de los compuestos, se tomaron aproximadamente 7 g peso húmedo de la muestra de mejillón, el cuál fue colocado cuidadosamente en dedales de porcelana y homogeneizados con sulfato de sodio anhidro en una relación 1:2. Antes del inicio de la extracción, se adiciono 100µl del estándar surrogado (TCMX y PCB 209) a una concentración de 500 ng mL⁻¹. Se realizó una extracción Soxhlet con 200 ml de diclorometano durante 12 hrs aproximadamente (1 ciclo /5 min); dentro del matraz colector fueron colocadas pequeñas bolas de fibra de cobre activado con HCl al 50%, a fin de eliminar las interferencias por azufre elemental. Posteriormente, las muestras fueron

concentradas en baño maría a ~50°C hasta un volumen aproximado de 1 ml, utilizando columnas Snyder. El extracto obtenido fue transferido a tubos de concentración mediante varios lavados del matraz receptor con hexano y vuelto a concentrar a un volumen de 1 ml mediante un flujo de nitrógeno grado AP (Alta Pureza).

La separación y purificación del extracto se realizó por cromatografía líquida en una columna cromatográfica de vidrio de 11 x 300 mm. La columna fue empacada en secuencia con un tapón de fibra de vidrio, 0.5 cm de arena calcinada, posteriormente se agregaron lentamente 12 cm de sílica, 6 cm alúmina, 4.5 cm de florisil y finalmente 0.5 cm de sulfato de sodio anhidro. El empaque de la columna fue realizada en húmedo con hexano. Se agregaron 10 ml de hexano a la columna y se drenó para verificar el flujo. El extracto fue transferido (1.0 ml) a la columna con una pipeta Pasteur y eluido en secuencia con 15 ml de hexano (fracción 1), y con 40 ml de hexano: diclorometano (70:30 v/v) (fracción 2, que contiene los compuestos de interés). Cada fracción fue colectada en matraces bola de fondo plano de 125 ml y fueron concentradas en rotoevaporador casi a sequedad (1ml) y traspasadas a tubos de concentración con hexano. Se concentraron un volumen de 0.1 ml con nitrógeno AP y finalmente fueron llevadas a 0.5ml de volumen final con iso-octano. A cada una de las fracciones obtenidas se les agregó 10 µl el estándar interno (BCP 30 y 205, Ultra Scientific) a una concentración de 5000 ng mL⁻¹, antes de ser inyectados al cromatógrafo de gases.

2.2.4 Identificación y cuantificación de los compuestos orgánicos

Las fracciones se analizaron en un cromatógrafo de gases Hewlett Packard 6890 Plus con detector de captura de electrones (CG/DCE), equipado con un inyector split/splitless, en modo splitless y una columna capilar DBXLB de 60 m de longitud, 320 µm de diámetro y 0.25 µm de espesor de la fase estacionaria (Agilent #123-1262). La temperatura del horno consistió de: inicio de 80°C mantenida durante un minuto, para después ser llevado a 250 °C a una razón de 2°C/min, seguido de un incremento a 300 °C a una razón de 5°C/min mantenida durante 25 min. El tiempo total de la corrida fue de 90.67 min. Se utilizó el Helio (UAP) como gas acarreador a una presión de 24 psi. La temperatura del inyector fue mantenida a 280 °C y la del detector a 330 °C.

La identificación de los compuestos de las muestras se hizo comparando los tiempos de retención de la mezcla de estándares de pesticidas clorados (obtenidos de

Ultra Scientific, numero de catalogo PPM-828, PPM-808B) y de bifenil policlorados (obtenidos de AccuStandard, catalogo numero C-QME-01). La cuantificación se realizó por el método del estándar interno.

La concentración se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$C=A*(A_a/A_{int})^B*(M_{int})^* V/Sw)$$

Donde:

C= Concentración

A= Constante (intercepto)

B= Constante (pendiente)

A_a= Área del analito de interés

A_{int}=Área del estándar interno BPC 30 o BPC 205)

M_{int}=Concentración del estándar interno agregado a la muestra

Sw=Peso de la muestra húmeda

El porcentaje de recuperación se calculó de la siguiente manera:

$$PR= (RAM/RAS)*100$$

Donde:

PR=Porcentaje de recuperación

RAM=**A_{surr}/A_{is}** de las muestras

RAS=**A_{surr}/A_{is}** de la mezcla de estándares

A_{surr}=Área del surrogado (TCMX o BPC₂₀₉)

A_{is}=Área del estándar interno (BPC₃₀ o BPC₂₀₅)

El control de calidad se llevó a cabo a través de blancos de procedimiento y fortificados, con el fin de monitorear la limpieza del procedimiento de extracción. Además se utilizó el material de referencia de mejillón 1974b (National Institute of Standards & Technology) y la adición de estándares surrogados e internos, para poder determinar la eficiencia del procedimiento de extracción mediante el cálculo del porcentaje de recuperación. Las muestras analizadas presentaron un porcentaje de recuperación de 47 al 140, con un promedio de 85 %.

2.2.5 Límite de detección de los compuestos orgánicos.

Para el cálculo del límite de detección (LD) se realizaron 8 mediciones de cada uno de los estándares y se obtuvo una media y una desviación estándar (DS) para cada analito de la mezcla.

El límite de detección fue calculado de la siguiente manera.

$$LD = DS_{\text{analito}} * 3 * V / Sw$$

Donde:

V = volumen final del extracto

Sw= peso utilizado en la muestra húmeda.

Tabla II. Límites de detección de los compuestos orgánicos en *Mytilus californianus*.

Compuestos	LD (ng/g)	Compuestos	LD (ng/g)
2,4- DDE	0.028	Endrín Aldehído	0.080
4,4-DDE	0.014	Endosulfán I	0.035
2,4-DDD	0.017	Endosulfán II	0.029

4,4-DDD	0.013	Endosulfán sulfato	0.113
2,4-DDT	0.038	α -Clordano	0.024
4,4-DDD	0.013	γ -Clordano	0.032
HCB	0.0025	α -HCH	0.02
Heptacloro	0.050	β -HCH	0.012
Heptacloro epóxico	0.034	γ -HCH	0.016
Aldrín	0.032	δ -HCH	0.082
Dieldrín	0.031	Metoxiclor	0.15
Endrín	0.046	Mirex	0.012

2.2.6 Porcentaje de humedad y porcentaje de lípidos en tejido.

Humedad. Se determinó por el método de secado. En él se calcula el porcentaje en agua por la pérdida en peso debida a su eliminación por calentamiento bajo condiciones normalizadas (Kirk et al., 1996). A continuación se describe el procedimiento realizado: el material de vidrio utilizado se colocó en la estufa a 100°C durante 4 horas, una vez finalizado el tiempo es colocado y mantenido dentro de un desecador hasta que llegue a temperatura ambiente. Se hace un registro de pesos, y el procedimiento fue repetido hasta que obtuvo un peso constante, posteriormente se le colocó 2 g de muestra de mejillón previamente homogeneizado y se colocó en la estufa a 60°C hasta que perdiera la humedad y por diferencia de peso se obtuvo el porcentaje de humedad.

Lípidos. Para el cálculo del porcentaje de lípidos se realizó por el método Soxhlet, el cual consta de una extracción semi continua con un disolvente (James, 1999). Se tomaron 7 g de material biológico de mejillón que fueron colocados en dedales de porcelana con un tapón de fibra de vidrio. Para la extracción Soxhlet se utilizaron 200 ml de hexano durante 4 hrs; los matraces colectores de cada muestra fueron concentrados mediante rotoevaporador a sequedad, para después ser introducidos en la estufa a 100°C durante 4 horas. Posteriormente fueron colocados en un desecador hasta que alcanzaron la temperatura ambiente. Finalmente los matraces fueron pesados. Este último paso fue

repetido hasta obtener un peso constante. Los lípidos se miden por la pérdida de peso de la muestra o por cantidad de muestra removida.

3. RESULTADOS

Los resultados de porcentaje de humedad y lípidos en *M. californianus* para cada localidad se presentan en la Tabla III. El mejillón presentó un porcentaje promedio de humedad de 84.41, con un intervalo de 79.86 a 87.3 y un porcentaje promedio de lípidos de 6.10, con un intervalo de 1.52 a 15.01.

Las concentraciones de pesticidas organoclorados orgánicos y BPCs (peso húmedo) en las muestras de mejillones *Mytilus californianus* recolectados en las ocho localidades del Pacífico Noroccidental se presentan en la Tabla IV y V respectivamente. Generalmente, los COPs analizados en este estudio fueron detectados en el organismo examinado y los Σ COPs en los mejillones variaron dependiendo de cada localidad (3.05-31.28 ng g⁻¹). Para la distribución espacial de estos compuestos en el área estudiada, en general, no se observó un patrón definido de Σ COPs, a excepción del heptaclor y heptaclor epóxico que presenta valores más altos (2.12 a 4.48 ng g⁻¹) en las localidades de Rosarito, Bajamar y Ensenada (Tabla IV). Destaca la localidad de Punta Baja con las mayores concentraciones de COPs (31.28 ng g⁻¹). Las concentraciones de Σ DDT en los bivalvos presentaron un intervalo de 0.07 ng g⁻¹ en Ojitos a 2.38 ng g⁻¹ en Rosarito (Fig. 5) y con una composición de los metabolitos en el área de estudio de DDD>DDE>DDT (Fig. 6). El HCB, presentó un intervalo de concentración de nd (no detectado) a 0.09 ng g⁻¹ y el metoxiclor un intervalo de 0.02 ng g⁻¹ a 4.59 ng g⁻¹ (Tabla IV). El Σ heptacloro + heptacloro epóxico en *Mytilus californianus*, mostró un intervalo de 0.21 ng g⁻¹ en Eréndira a 5.48 ng g⁻¹ en Bajamar (Fig. 7) y con una composición de heptacloro>heptacloro epóxico (Fig. 8). Para el caso de aldrin, no se encontró en los organismos, a excepción de Playa Esmeralda con 0.04 ng g⁻¹ y el dieldrin presentó en los mejillones un intervalo de nd-0.20 ng g⁻¹. El Σ endrin presentó un intervalo de nd en Playa Esmeralda a 2.28 ng g⁻¹ en Punta Baja (Fig. 9). La composición de estos compuestos presentó una secuencia en *Mytilus californianus* de endrin aldehído>endrin>dieldrin>aldrin (Fig 10). El Σ Endosulfán, presentó un intervalo de nd en Ojitos a 22.23 ng g⁻¹ en los mejillones de la localidad de Punta Baja (Fig.11). La composición de este compuesto mostró una secuencia de Endosulfán sulfato>Endosulfán

II>Endosulfán I. El Endosulfán presentó las mayores concentraciones de COPs analizados en los organismos de las diversas localidades del área de estudio (Fig.12). En referencia a Σ clordanos, los resultados indican un intervalo de este compuesto de 0.04 ng g⁻¹ en Playa Esmeralda a 0.29 ng g⁻¹ en Rosarito (Fig.13). Su composición en *Mytilus californianus* presentó una secuencia de α -clordano > γ -clordano, respectivamente (Fig. 14). El Σ HCH, mostró un intervalo de concentraciones en los bivalvos de 0.22 ng g⁻¹ en la localidad de Ojitos a 4.01 ng g⁻¹ en Punta Baja (Fig. 15). La composición de en los organismos fue de α -HCH > β -HCH > γ -HCH > δ HCH (Fig. 16). Con respecto a la distribución espacial de BPCs en *Mytilus californianus* en las diversas localidades examinadas, no mostró un patrón definido y las concentraciones variaron en los organismos dependiendo de cada localidad. Los resultados indicaron una predominancia de los BPCs pesados > BPCs ligeros, con una mayor concentración (15.48 ng g⁻¹) de estos compuestos en la localidad de Ensenada (Fig. 17).

Tabla III. Porcentaje de humedad y de lípidos de *Mytilus californianus* en este estudio.

LOCALIDADES	% Humedad	% Lípidos
Rosarito	85.30	3,99
Bajamar	84,03	1,59
Ensenada	86,24	9,52
Eréndira	79,86	1,52
San Quintín	82,40	15,01
Punta Baja	82,09	3,49
Ojitos	87,33	4,00
Playa Esmeralda	86,00	9,66
Promedio	84.41	6,10

Tabla IV. Concentraciones de pesticidas organoclorados (ng g^{-1} peso húmedo) en *Mytilus californianus* a lo largo de la costa del Pacífico Noroccidental de Baja California.

COMPUESTO / LOCALIDAD	Rosarito	Bajamar	Ensenada	Eréndira	San Quintín	Punta Baja	Ojitos	Playa Esmeralda
2,4- DDE	nd	nd	0,02	0,11	nd	nd	Nd	0,05
4,4-DDE	0,98	0,38	0,20	0,08	0,15	0,22	0,06	0,07
2,4-DDD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	0,23
4,4-DDD	0,86	nd	nd	0,41	0,19	1,46	Nd	0,25
2,4-DDT	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Nd	nd
4,4-DDT	0,54	0,39	0,16	0,13	nd	nd	Nd	nd
HCB	0,01	nd	0,09	nd	0,01	0,05	Nd	0,04
Heptaclor	2,51	4,34	2,09	0,19	3,77	0,23	0,24	1,24
Heptaclor epóxico	0,08	0,14	0,03	0,02	nd	nd	0,20	nd
Metoxiclor	nd	nd	nd	0,66	nd	0,63	Nd	0,08
Aldrin	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Nd	0,04
Dieldrin	0,09	0,20	0,02	nd	nd	nd	0,01	nd
Endrin	0,45	nd	nd	0,04	nd	nd	0,34	nd
Endrin Aldehído	0,20	0,04	0,15	0,03	0,04	2,28	Nd	nd
Endosulfán I	0,09	0,05	0,08	nd	nd	nd	Nd	0,03
Endosulfán II	0,79	0,71	0,29	nd	nd	nd	Nd	nd
Endosulfán sulfato	10,00	7,34	6,67	1,83	0,84	22,23	Nd	0,01
α -Clordano	0,21	nd	0,04	0,05	0,01	0,11	0,07	0,04
γ -Clordano	0,08	0,05	0,06	0,04	0,04	0,06	0,05	Nd
α -HCH	0,34	0,39	0,45	0,22	0,45	0,69	0,16	0,68
β -HCH	0,46	0,83	0,34	0,11	0,30	3,12	0,06	0,29
γ -HCH	0,13	0,37	nd	0,05	0,07	0,20	Nd	Nd
δ -HCH	0,39	0,86	nd	nd	nd	nd	Nd	Nd
Mirex	nd	nd	nd	nd	0,59	nd	Nd	Nd
COP's total	18,21	16,09	10,69	3,97	6,46	31,28	1,20	3,05
* nd = no detectado								

Tabla V. Concentraciones de BPCs (ng g⁻¹ peso húmedo) en *Mytilus californianus* a lo largo de la costa del Pacífico Noroccidental de Baja California.

COMPUESTO / LOCALIDAD	Rosarito	Bajamar	Ensenada	Eréndira	San Quintín	Punta Baja	Ojitos	Playa Esmeralda
BPC 18	0,07	0,80	nd	nd	nd	1,12	nd	0,20
BPC 17	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
BPC 31	0,59	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
BPC 28	nd	7,05	nd	0,05	0,05	nd	0,08	nd
BPC 33	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
BPC 52	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	nd	nd
BPC 49	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	0,06	0,04
BPC 44	nd	nd	nd	0,09	0,09	nd	nd	nd
BPC 70	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
BPC 101	nd	0,06	0,04	nd	nd	nd	2,01	0,04
BPC 99	nd	0,04	0,07	0,04	0,04	nd	0,11	nd
BPC 87	nd	0,33	nd	nd	nd	nd	0,15	nd
BPC 110	nd	nd	0,50	0,20	0,20	nd	nd	0,14
BPC 151	nd	nd	0,25	0,07	0,07	0,16	nd	0,04
BPC 149	nd	nd	0,01	0,02	0,02	0,09	nd	0,06
BPC 153	nd	0,46	0,12	nd	nd	nd	nd	0,07
BPC 138	nd	nd	0,03	nd	0,01	nd	6,87	0,02
BPC 158	nd	nd	nd	0,04	0,04	nd	nd	nd
BPC 187	nd	0,72	nd	nd	nd	nd	1,96	nd
BPC 183	nd	nd	0,61	nd	nd	1,10	nd	0,05
BPC 128	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
BPC 177	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
BPC 171	nd	nd	nd	0,20	0,20	0,05	nd	nd
BPC 180	nd	nd	0,22	0,65	0,65	0,05	0,08	nd
BPC 191	2,24	nd	nd	1,24	1,25	nd	0,24	0,21
BPC 199	nd	nd	nd	0,30	0,30	nd	nd	nd
BPC 169	nd	nd	nd	nd	nd	1,33	nd	nd
BPC 208	nd	nd	3,35	nd	nd	nd	0,06	nd
BPC 195	nd	nd	4,81	3,57	3,58	5,43	0,92	4,40
BPC 194	nd	nd	4,54	3,32	3,32	4,57	nd	4,09
BPC 206	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,14	nd
Σ BPC Indicador	2,91	9,64	14,57	9,79	9,82	13,95	12,68	9,36
BPC Toxicológicamente Relevantes								
BPC 74	nd	nd	nd	0,10	0,01	nd	0,28	nd
BPC 118	nd	nd	0,11	0,03	0,03	0,16	0,1	0,13
BPC 105	nd	0,11	0,21	0,18	0,18	nd	nd	0,12
BPC 156	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1,13	0,06
BPC 170	0,14	nd	0,59	nd	nd	0,29	nd	0,4
Σ BPC Tox. Rel	0,14	0,11	0,91	0,31	0,22	0,45	1,51	0,71
Σ BPC 36	3,05	9,54	15,48	10,10	10,04	14,40	14,19	10,07
* nd = no detectado								

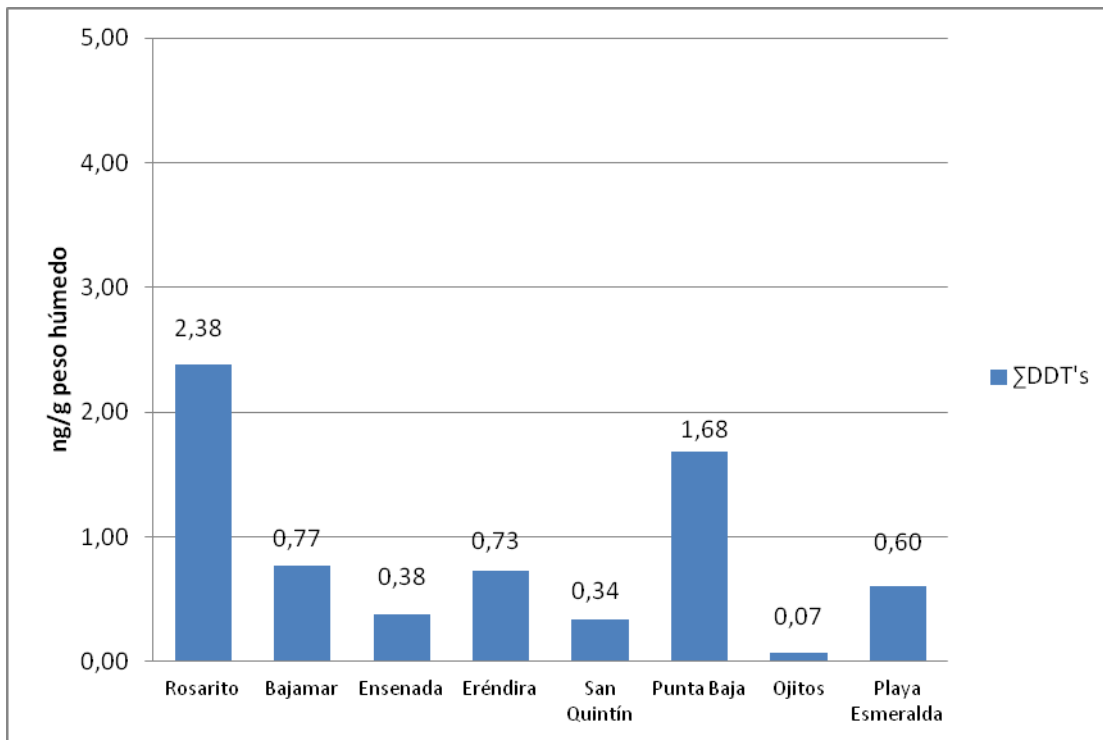


Figura 5. Distribución espacial de ΣDDT's en *Mytilus californianus* en el área de estudio.

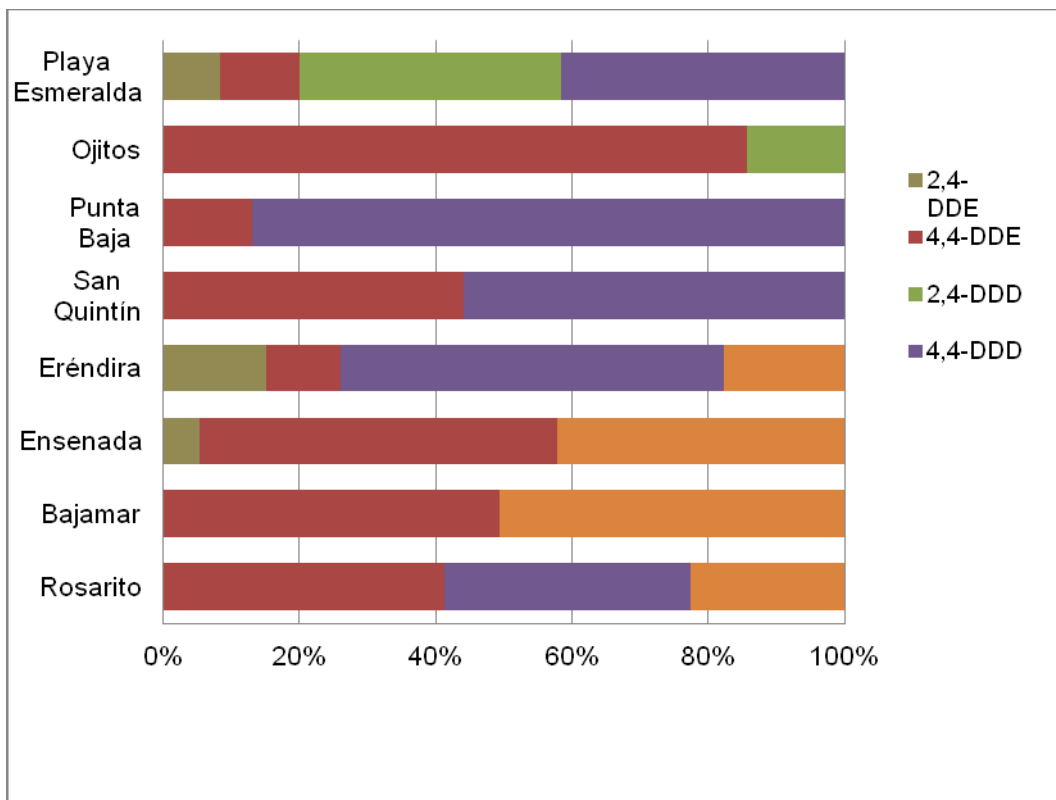


Figura 6. Composición de DDT y sus metabolitos en *Mytilus californianus* en el área de estudio.

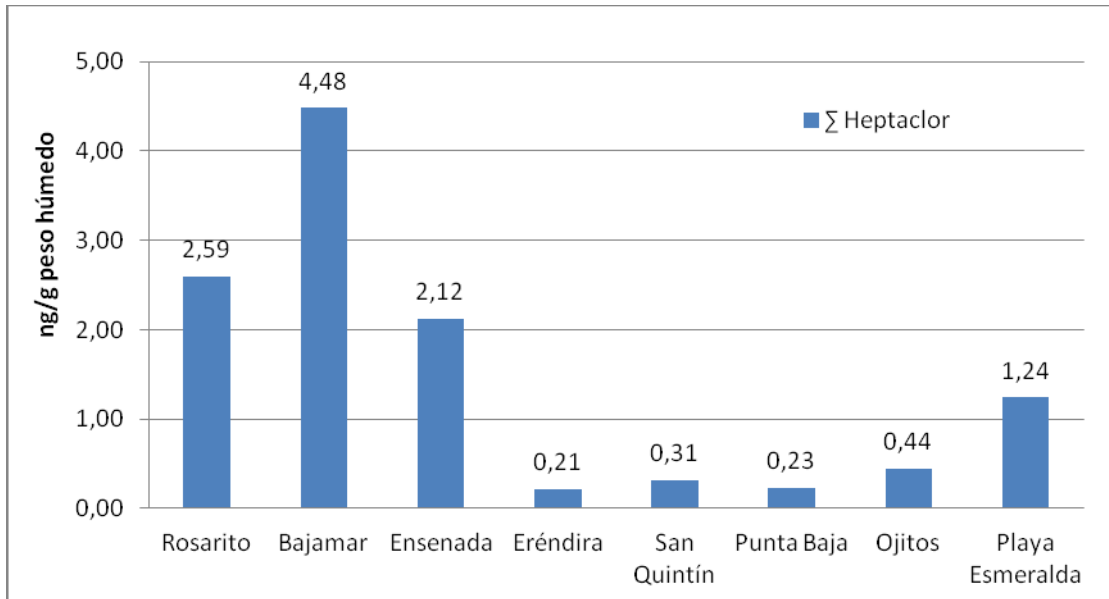


Figura 7. Distribución espacial de Σ heptacloro y heptacloro epóxico en *Mytilus californianus* en el área de estudio.

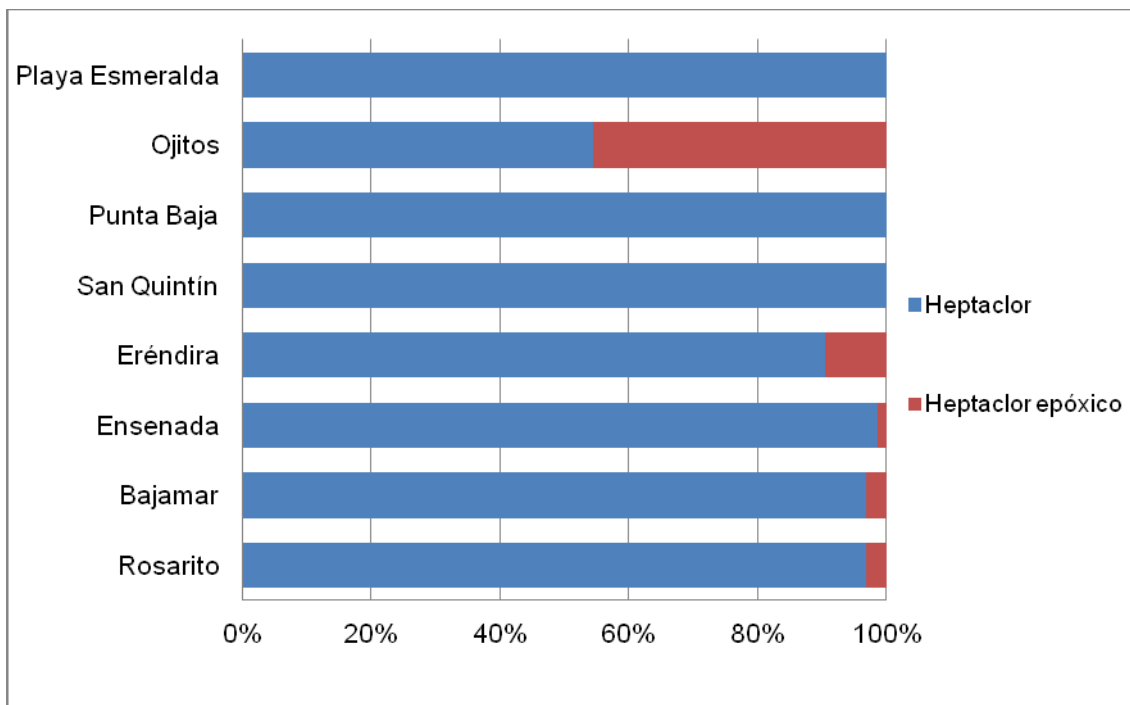


Figura 8. Composición de heptacloro y heptacloro epóxico en *Mytilus californianus* en el área de estudio.

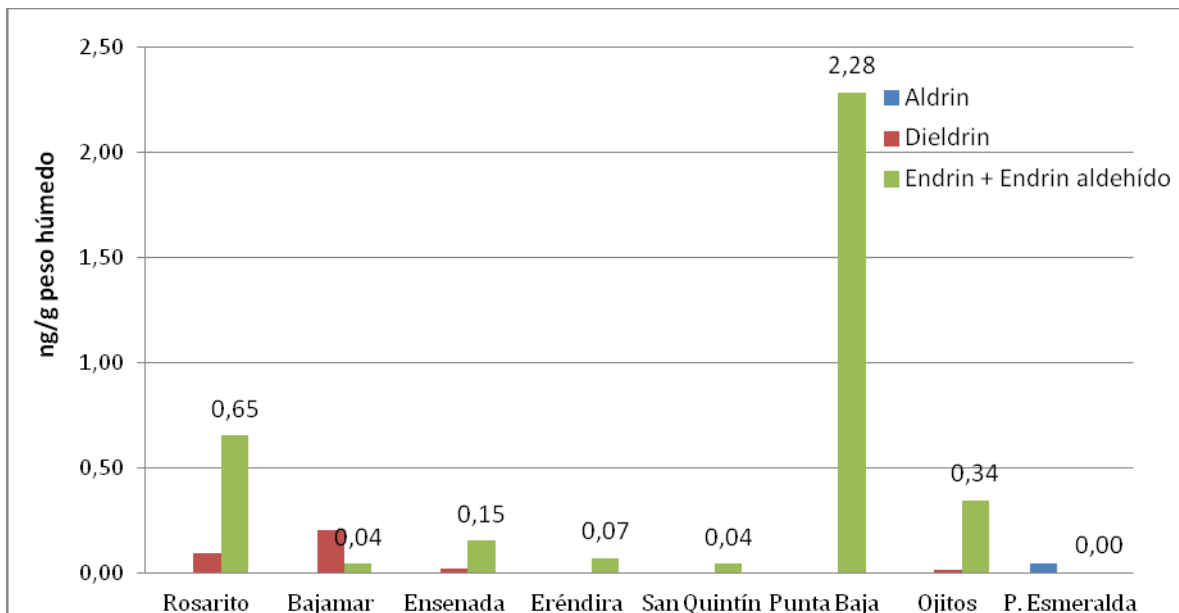


Figura 9. Distribución espacial de aldrin, dieldrin y endrin+endrin aldehído en *Mytilus californianus* del área de estudio.

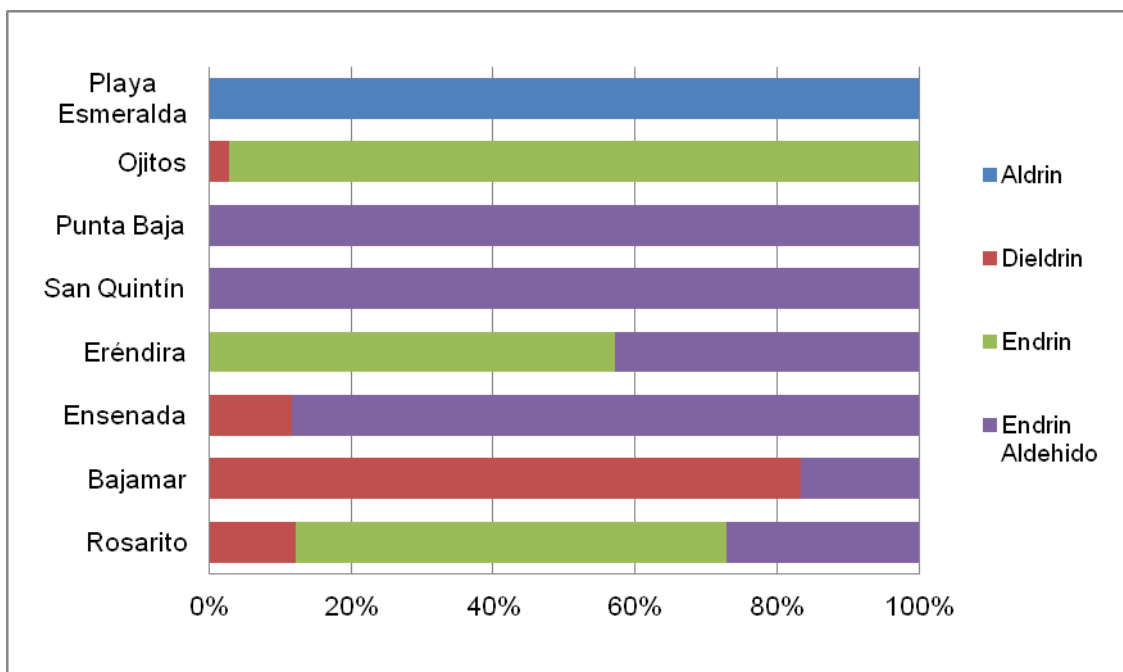


Figura 10. Composición de aldrin, dieldrin, endrin y endrin aldehído en *Mytilus californianus* en el área de estudio.

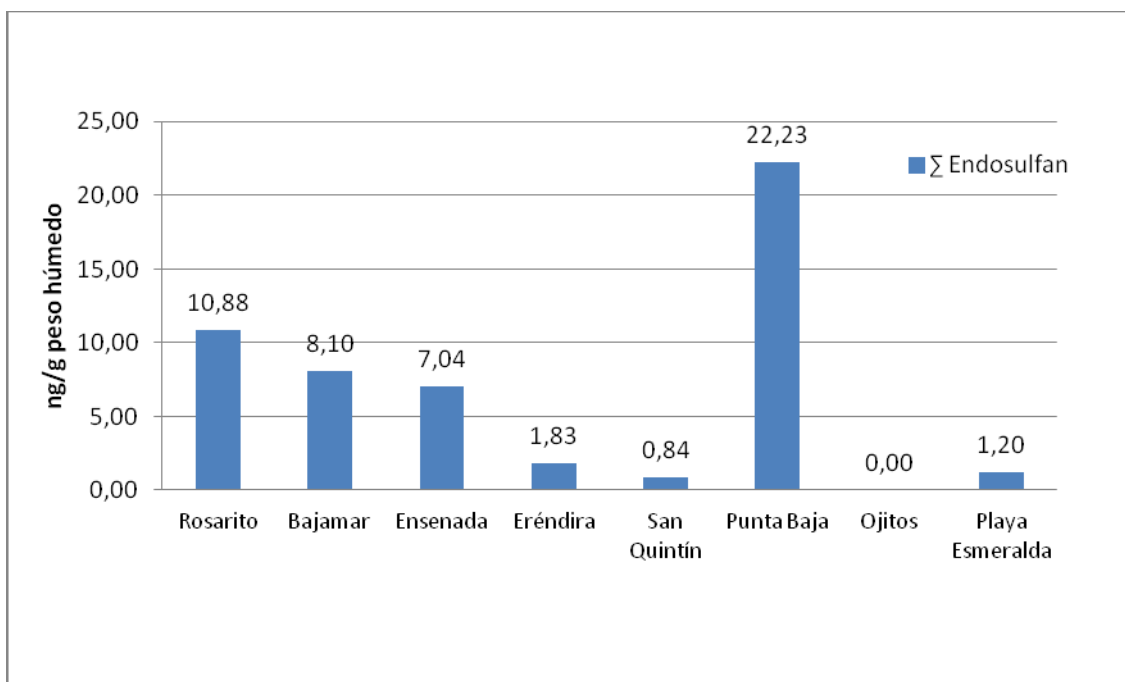


Figura 11. Distribución espacial de Σ Endosulfán en *Mytilus californianus* en el área de estudio.

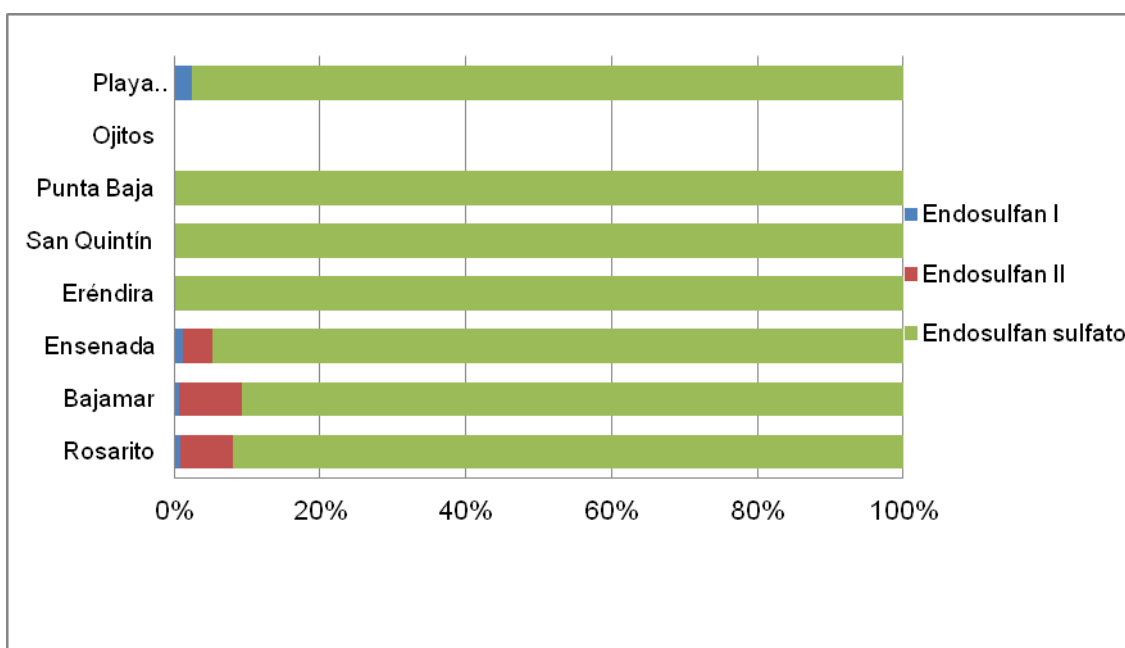


Figura 12. Composición de Endosulfán I, Endosulfán II y Endosulfán sulfato en *Mytilus californianus* en el área de estudio.

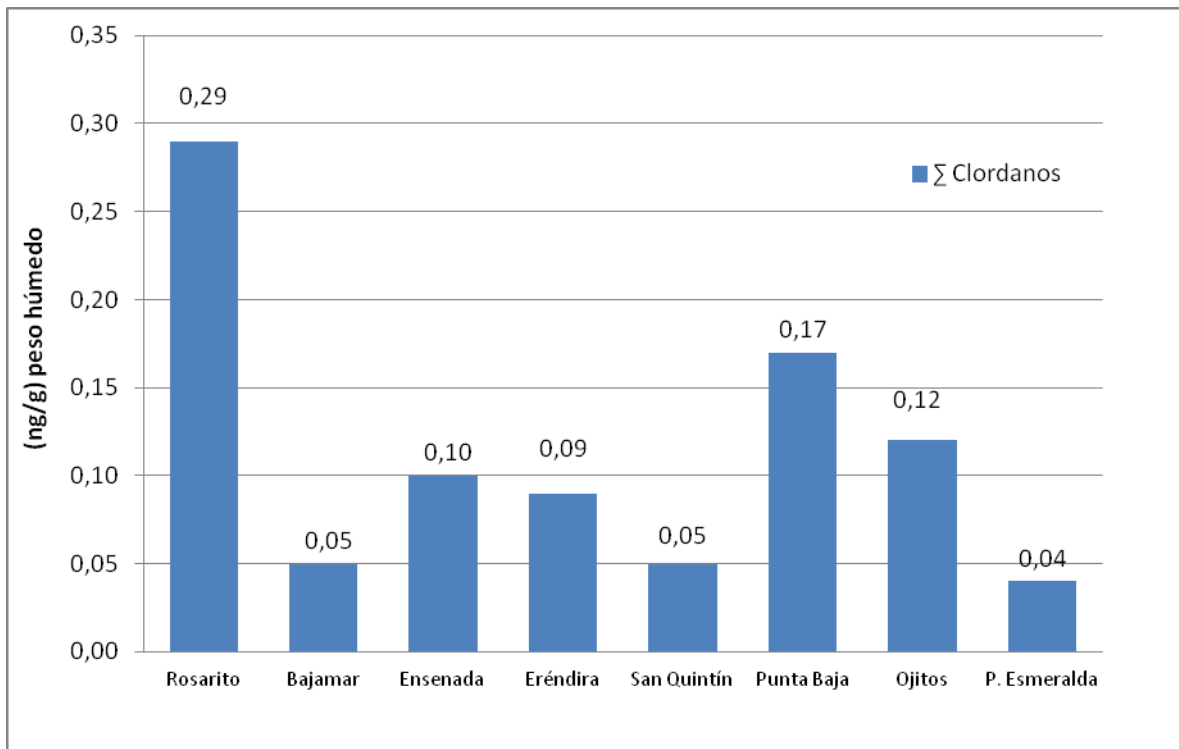


Figura 13. Distribución espacial de Σ clordanos en *Mytilus californianus* en el área de estudio.

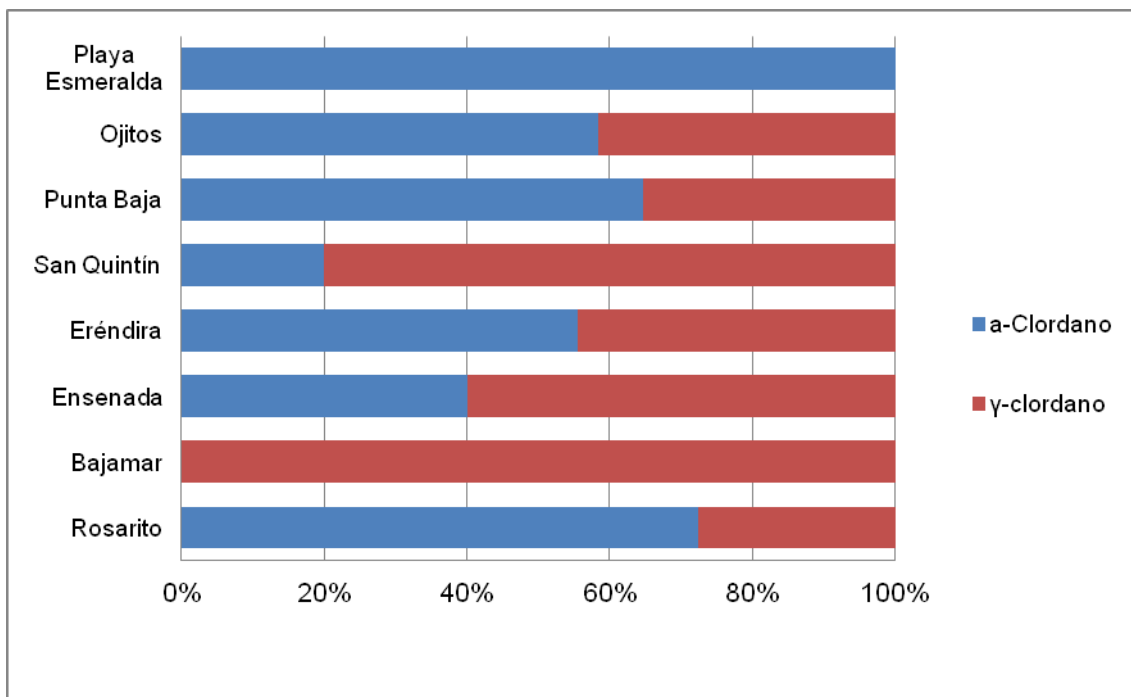


Figura 14. Composición de α -clordano y δ -clordano en *Mytilus californianus* en el área de estudio.

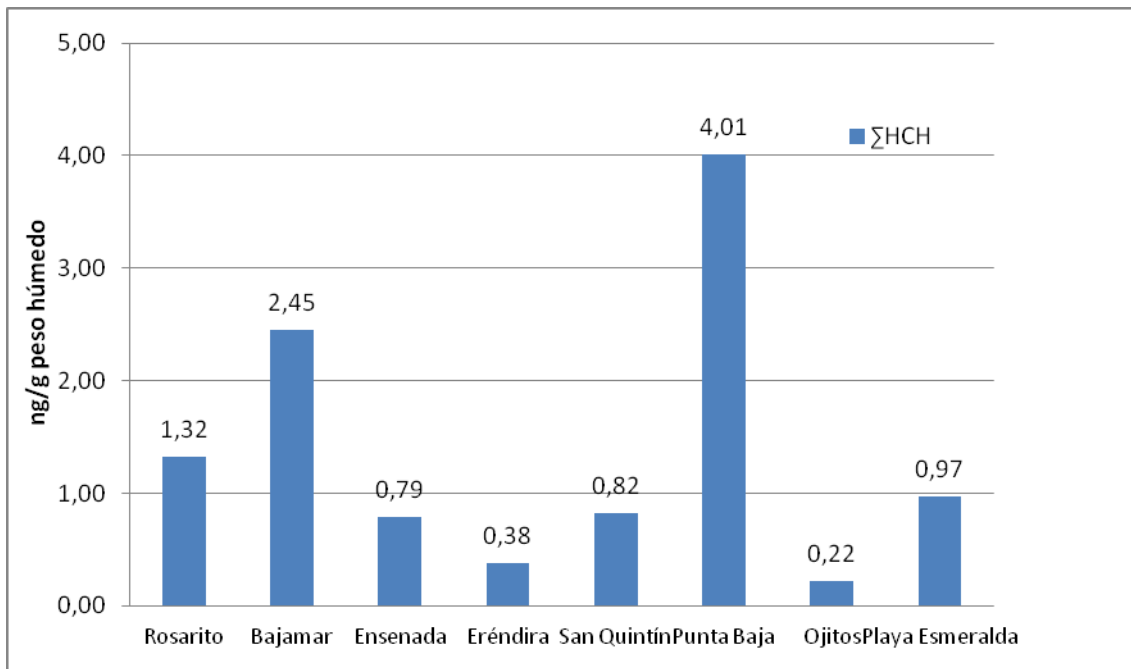


Figura 15. Distribución espacial de ΣHCH en *Mytilus californianus* en el área de estudio.

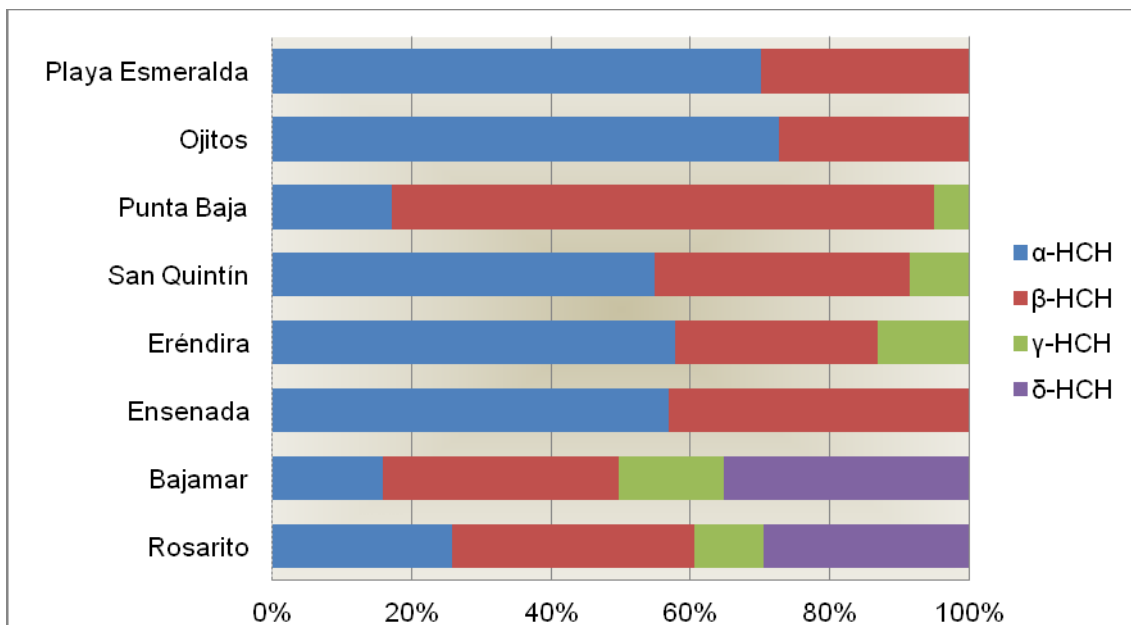


Figura 16. Composición de α-HCH, α-HCH, γ-HCH y δ-HCH en *Mytilus californianus* en el área de estudio.

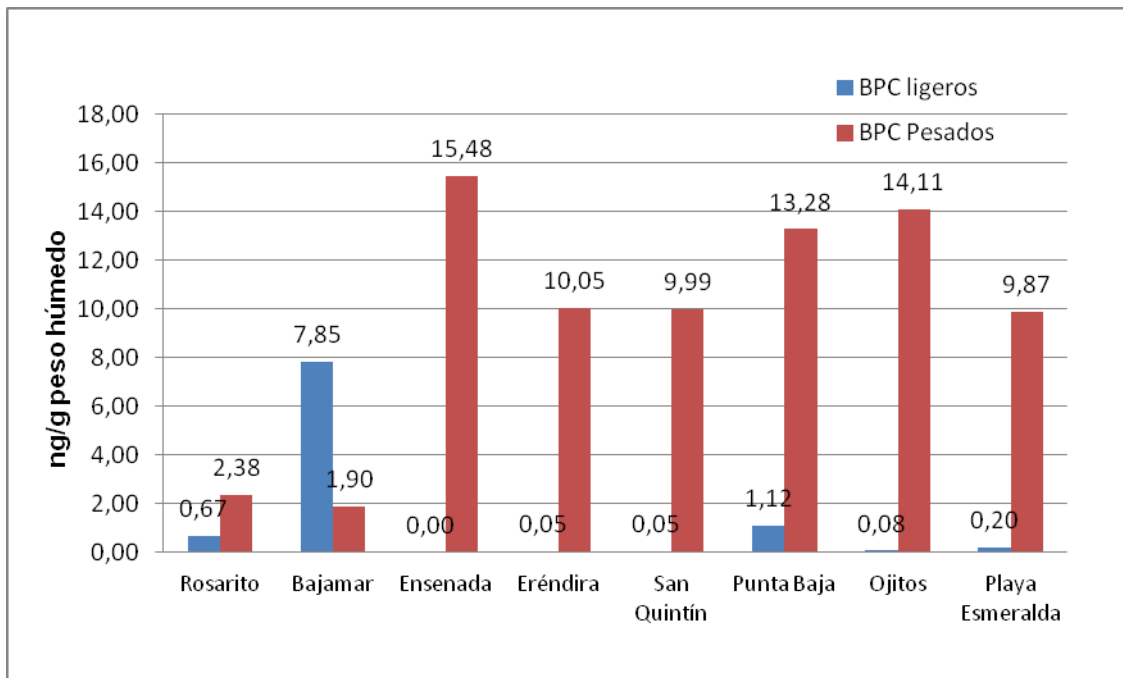


Figura 17. Distribución espacial de bifenilos policlorados en *Mytilus californianus* en el área de estudio.

Tabla VI. Concentraciones de compuestos de DDT y HCH (ng g^{-1} peso húmedo) con la razón DDE/ DDT, α -HCH/ γ -HCH en *Mytilus californianus*

Metabolitos / Localidad	Rosarito	Bajamar	Ensenada	Eréndira	San Quintín	Punta Baja	Ojitos	Playa Esmeralda
4,4-DDE	0,98	0,38	0,2	0,08	0,15	0,22	0,06	0,07
2,4-DDT	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Nd
4,4-DDT	0,54	0,39	0,16	0,13	nd	nd	nd	Nd
Razón DDT	1,81	0,97	1,25	0,62	---	---	---	---
α -HCH	0,33	0,39	0,45	0,22	0,45	0,69	0,16	0,68
γ - HCH	0,13	0,37	nd	0,05	nd	0,2	nd	Nd
Razón HCH	2,54	1,05	---	4,4	---	3,45	---	---
*nd = no detectado								

4. DISCUSIÓN

Los mejillones *Mytilus californianus* recolectados de talla de 50-70 mm en la costa Noroccidental de Baja California fueron organismos adultos, de acuerdo a lo establecido por Ramírez (2005) con relación a la talla. Es ampliamente conocido que la concentración de compuestos organoclorados está influenciada por la variación en los lípidos (Phillips, 1980), variación a su vez asociada principalmente con la condición sexual. En este estudio la relación entre lípidos y DDT, no fue significativamente diferente ($p > 0.0005$). Phillips (1980) establece que una alta desviación estándar de la media en las concentraciones de hidrocarburos clorados enmascara cualquier correlación organoclorado-lípido. Así cuando las diferencias de concentraciones entre las localidades sea importante, éstas dependen más de la biodisponibilidad que de la variación asociada a los lípidos.

La información disponible sobre el uso de plaguicidas en Baja California es parcial e incompleta, lo que no permite relacionar los resultados de este estudio con las aplicaciones de los pesticidas en las localidades examinadas. Sin embargo, en México, actualmente se usan alrededor de 900 principios activos de plaguicidas formulados aproximadamente en 60,000 preparaciones comerciales. El país fabrica 36 ingredientes activos entre los que se encuentran el DDT, HCH, toxafeno y endrín (Rueda, 1993). Comercialmente el DDT se vende como "Agritán" y "Gerasol", el endosulfán como "Thiodán" y "Endofán" y el HCH se encuentra como "Lincide".

De acuerdo a los resultados obtenidos en *Mytilus californianus*, los COPs examinados se encuentran presentes en las aguas de la costa noroccidental de Baja California. En general, la distribución espacial de los COPs analizados en este estudio no se apegaron a un patrón definido observando variaciones de COPs de localidad a localidad. Lo anterior, puede ser debido a que la bioacumulación de estos compuestos depende de factores interrelacionados entre la condición del medio ambiente, el comportamiento físico-químico del tóxico y la especie considerada. Estos factores modifican las cinéticas y las tasas de acumulación y de eliminación del compuesto en el organismo. En ciertos ambientes los organismos pueden bioconcentrar COPs solubles en grasa de 10 a 1000 veces los niveles detectados en los ambientes (Tardiff, 1992). La bioconcentración de los plaguicidas se lleva a cabo por inhalación, absorción dérmica, ingestión y acción sistémica a través de las

superficies celulares de los microorganismos; la ingestión de alimento o agua, siendo los juveniles los organismos de mayor riesgo.

Para la costa noroccidental de Baja California los COPs examinados en *Mytilus californianus* presentan un patrón: endosulfán > heptaclor > HCH > DDT > endrin aldehído > endrin > metoxiclor > clordano > mirex > diedrin > HCB > aldrin (Tabla IV). Y para BPCs toxicológicamente relevantes una secuencia de BPC 170 > BPC 156 > BPC 105 > BPC 118 > BPC 74. (Tabla V).

En cuanto a las localidades del área estudiada el patrón de concentraciones de COPs en *Mytilus californianus* fue Punta Baja > Rosarito > Bajamar > Ensenada > San Quintín > Eréndira > Playa Esmeralda > Ojitos (Tabla IV). Y para BPCs, Ensenada > Punta Baja > Ojitos > Eréndira > Playa Esmeralda > San Quintín > Bajamar > Rosarito. (Tabla V).

DDTs

El DDT es introducido al medio marino a partir de fuentes antropogénicas y naturales. Las fuentes primarias de DDT y sus metabolitos en el medio ambiente en la actualidad son: La volatilización desde los suelos o de las aguas superficiales (deslaves, lluvias, infiltración), la cual se considera la principal fuente de aporte de DDT a la atmósfera (Lee et al., 1998). Así como también, los procesos de diagénesis que ocurren sobre las concentraciones de DDT (Hitch y Day, 1996 en Chang et al., 1999), pues los suelos y sedimentos pueden ser fácilmente removidos por el viento, actividades de dragado o por la actividad de los peces, lo que provoca que los pesticidas se liberen al ambiente en estuarios, por causas de ríos y arroyos contaminados, por consiguiente a la atmósfera por medio del intercambio gaseoso (Zhang et al., 1999). El DDT técnico generalmente contiene 75% 4,4-DDT, 15% 2,4-DDT, 5% 4,4-DDE y <5% otros (Kim et al. 2002). El DDT puede ser degradado a DDE bajo condiciones aeróbicas y a DDD bajo condiciones anaeróbicas. Un alto porcentaje of 4,4-DDT ha sido estimado como una indicación de entrada reciente de este compuesto al medio ambiente (Willet et al. 1998).

Los resultados de este estudio muestran que las concentraciones de los compuestos de DDT (ng g^{-1} peso húmedo) en *Mytilus californianus* recolectado en la costa noroccidental de Baja California presentaron un intervalo de 0.01-1.46 ng g^{-1} . La

concentración (suma 2,4 y 4,4) para el DDT fue 1.22 ng g^{-1} . para el DDD, 3.41 ng g^{-1} y para el DDE 2.32 ng g^{-1} (Tabla IV). La composición promedio de los metabolitos del DDT en los mejillones fue DDT: DDD: DDE= 17%:49%:34% (Fig. 6). La razón (DDD +DDE)/DDT en los bivalvos fue de 4.7, lo que indica que la composición de los productos de degradación fue mas alta que el del compuesto madre. Lo anterior, manifiesta que el uso técnico del DDT en el pasado esta en proceso de degradación en el medio ambiente de la costa noroccidental de Baja California y que el DDT medido en los mejillones no es de reciente aplicación en esta región. Este resultado de mayor composición de DDD y DDE en *Mytilus californianus*, es similar al encontrado por Gutiérrez Galindo et al. (1983a) para la misma región estudiada con *Mytilus californianus* y para el Golfo de California estudiado con *Modiolus capax* (Gutiérrez Galindo et. al., 1992). Sin embargo, concentraciones de ΣDDT ($0.07\text{-}2.38 \text{ ng g}^{-1}$) medidas en este estudio, desde Rosarito a San Quintín son significativamente diferentes ($p>0.05$) a las concentraciones de ΣDDT ($3.5\text{-}36.7 \text{ ng g}^{-1}$ peso húmedo) medidas en 1982 por Gutiérrez Galindo et al., (1983) en un estudio similar de biovigilancia con *Mytilus californianus* para la misma área geográfica. Lo anterior, indica que 24 años más tarde, los valores de DDT en los mejillones de la región estudiada son significativamente inferiores. Esto puede ser explicado debido a que en México a partir de 1980 se restringió el uso de DDT como un producto químico en la agricultura, así como a la persistencia de este compuesto en el medio ambiente de 15 años.

La razón DDE/DDT ha sido utilizada para indicar si ha habido entradas recientes o pasadas de DDT al ecosistema. Aguilar (1984) propuso que una razón mayor a 0.6 implica que el ecosistema esta relativamente estable y que no presenta entradas recientes de este compuesto. Las razones encontradas en *Mytilus californianus* para el área estudiada indica una razón para Rosarito de 1.82, Bajamar 0.96, Ensenada 1.34, Eréndira, 1.46 y Playa Esmeralda 0.28. Para San Quintín, Punta Baja, Ojitos y Playa Esmeralda no se detecto compuestos de DDT (Tabla VI).

Los residuos medidos de DDD y DDE en este estudio pueden ser un reflejo del uso intensivo del DDT en el pasado y a procesos de degradación y de transformación del DDT que son influenciados por la luz solar, la temperatura, humedad, (U.N.E.P., 1982). Según Juengst y Alexander (1975), los mayores productos formados a partir del DDT en los ecosistemas naturales parecen ser el DDD y el DDE. Otros estudios muestran que el DDT puede ligarse a algas del fitoplancton (Cox, 1970) y a células de bacterias (Kearney et al.,

1969). Pfaender y Alexander (1972), observaron la conversión del DDT a DDD por comunidades microbianas de drenajes. De igual manera, Patil et al. (1972) encontraron que las bacterias marinas producen DDD del DDT. Langlois et al. (1970), menciona que la conversión del DDT a DDE resulta en un compuesto de resistencia mayor a la descomposición. En relación a distribución geográfica de las concentraciones de DDT en *Mytilus californianus* del área estudiada, Zhang et al. (1999), indican que los residuos de DDT en el suelos puede ser movilizado por la transformación de la tierra y transportado al medio ambiente marino por escurrimientos de agua, lo que puede explicar variaciones del compuesto en las localidades examinadas.

Los resultados, indican que los niveles de Σ DDT en *Mytilus californianus* fueron inferiores al límite de tolerancia para consumo humano (5 mg k^{-1}) establecido por la FDA-EUA (2001).

Heptacloro

Antecedentes señalan que las bacterias y los animales degradan el heptacloro a heptacloro epóxico y que debido a esto es más probable encontrar heptacloro epóxico que heptacloro en el ambiente (ATSDR, 2005). Sin embargo, esta afirmación no se cumplió en este estudio, probablemente porque es de reciente aplicación en el área, en particular en las localidades de Rosarito, Bajamar y Ensenada (Fig.7). Las concentraciones de heptacloro medido en *Mytilus californianus* en fueron inferiores al límite de tolerancia para consumo humano (0.3 mg k^{-1}) establecido por la FDA-EUA (2001).

Endosulfán

El Endosulfán en el suelo es moderadamente persistente (vida media de 50 días), sobre todo a pH ácido. El endosulfán I se le considera menos persistente que el endosulfán II con períodos de degradación a pH neutro que duran 35 y 150 días, respectivamente. Ambos isómeros, son relativamente resistentes a la fotólisis, no así, su producto de degradación, el endosulfán sulfato, el cual se degradada biológicamente en semanas y se convierte en el metabolito mas importante, más estable y más persistente en el ambiente (ASTRD, 2005). Estos antecedentes, pueden explicar en parte que en el área estudiada el Endosulfán sulfato resultó ser el COP con el valor más alto de concentración en los bivalvos examinados, con un valor de $22,24 \text{ ng g}^{-1}$, en la localidad de Punta Baja

(Fig. 11). Por otro lado, el Endosulfán y Endosulfán sulfato están relacionados de manera importante con el cultivo del algodón y el jitomate (EPA, 2003)., la localidad de Punta Baja, esta cercana a los campos agrícolas de San Quintín, donde el cultivo de tomate, representa una actividad importante para el mercado nacional e internacional.

Aunque las concentraciones de Endosulfán sulfato fueron las mayores registradas en *Mytilus californianus* (Tabla IV), su bioacumulación y biomagnificación no es importante debido a que moluscos, algas, peces y mamíferos que han sido expuestos a concentraciones subletales de este plaguicida, se acumula hasta alcanzar una fase estacionaria y no persiste en sus tejidos, una vez que desaparece la fuente de exposición (ASTDR, 2005).

Las concentraciones de Endosulfán medidas en *Mytilus californianus* fueron inferiores al límite de tolerancia para consumo humano (0.3 mg k^{-1}) establecido por la FDA-EUA (2001).

Clordano

En relación al clordano, es reconocido que este compuesto es utilizado en la agricultura y en jardines (Wong, 2005). En los mejillones *Mytilus californianus* recolectados en la costa del Pacífico Noroccidental de Baja California, presentaron un intervalo de concentraciones de α -clordano de $0.01\text{-}0.21 \text{ ng g}^{-1}$ y de γ -clordano de $\text{nd}\text{-}0.08 \text{ ng g}^{-1}$ (Tabla IV). La localidad de Rosarito presento la mayor concentración de Σ clordano (0.29 ng g^{-1}) (Fig. 13). Las concentraciones de clordano medidas en *Mytilus californianus* fueron inferiores al límite de tolerancia para consumo humano (0.3 mg k^{-1}) establecido por la FDA-EUA (2001).

HCHs

Información sobre el uso de HCH en Baja California es limitada, sin embargo, el HCH se ha utilizado como pesticida y también es utilizado por la industria en cantidades pequeñas (Phillips, 1985). El HCHs comercial, contiene isómeros α -, β -, γ - δ de 55-80%, 5-14%, 8-15% y 2-16% respectivamente (Willet et al., 1998) y la predominancia del isómero α en muestras del medio ambiente reflejan el uso continuo de mezclas técnicas de HCH (Doong et al., 2002).

Los resultados indicaron que los isómeros de HCH en *Mytilus californianus* varió en las ocho localidades examinadas en la costa Noroccidental de Baja California (Fig. 15) y presento el HCH una composición de α , β , γ , δ de 31%, 50%, 8% y 12%. (Tabla IV). El β -HCH fue el isómero dominante en los mejillones seguido del α -HCH en el área. La detección de la mezcla de isómeros de HCH indica que los mejillones examinados en este estudio, fueron predominantemente contaminados por el HCH técnico, más que del lindano el cual contiene más de 90% de γ -HCH (Li, 1999). Los compuestos de HCH tienen una presión de vapor alta comparado con otros pesticidas organoclorados, y por esta razón, se volatilizan fácilmente de la fuente de contaminación y son redistribuidos a través de la atmósfera (Jiang et al. 2000). Debido a esta característica, los compuestos de HCH son los COPs más frecuentemente detectados en las regiones prístinas, como la región polar y el mar abierto (Yongnu et al. 2008). La composición de los compuestos de HCH en *Mytilus californianus* de la costa noroccidental de Baja California, presentó el isómero β -HCH con las mayores concentraciones (0.06-3.12 ng g⁻¹) en los mejillones examinados en el área de estudio (Fig. 16). Entre los isómeros del HCH, el β -HCH, tiene una lenta degradación biológica y química y presenta baja solubilidad y presión de vapor, y por lo tanto, permanece en el medio ambiente por un largo período y es acumulado en alta concentración por los organismos (Willett et al. 1998, Simonich y Hites, 1995). En adición, el α -HCH es transformado a β -HCH (Wu et al., 1997) y consecuentemente el β -HCH ha sido detectado como un isómero predominante no solamente en sedimentos y mejillones, sino también en tejido humano (Smeds y Saukko, 2001, Rajendran et al. 2005; Zhang et al. 2002). La relativa alta composición de β -HCH en *Mytilus californianus* del medio ambiente costero del Pacífico noroccidental de Baja California puede ser debido a la degradación y/o metabolismo del HCH técnico usado en el pasado. Además, la migración y la transformación puede contribuir a que el β -HCH haya sido el mayor contaminante entre los isómeros observados en *Mytilus californianus*. Probablemente también, la presencia de HCH en *Mytilus californianus* en el área estudiada, se deba a descargas de áreas agrícolas, que junto con el transporte atmosférico pueda explicar las variaciones espaciales en las localidades examinadas.

La razón α -HCH/ γ -HCH ha sido utilizada para detectar si hay una entrada reciente de γ -HCH en el medio ambiente. Razones bajas, particularmente menor a 1, indica una reciente entrada al ecosistema de este compuesto (Ballschmiter y Wittlinger, 1991). En

nuestros resultados en *Mytilus californianus* en las localidades que fueron detectados estos isómeros de HCH, indican razones mayores a 1 en las localidades de Rosarito 2.54, Bajamar 1.05, Eréndira 4.4 y Punta Baja 3.45, respectivamente. Lo que indica que no ha habido una reciente entrada de γ -HCH en estas localidades costeras.

Los resultados, indican que los niveles de α -HCH y β -HCH en *Mytilus californianus* fueron inferiores al límite de tolerancia para consumo humano ($0.10 \mu\text{g g}^{-1}$) establecido por CODEX Alimentarius (1993).

BPCs

En las localidades examinadas en este estudio no se cuenta con información sobre la cantidad de uso de BPCs. Sin embargo, la literatura señala que la industria eléctrica es una fuente primaria del BPC (Schwedt, 2001) y que la actividad industrial es fuente de aporte de BPCs al medio acuático (Ghirelli, et al., 1984). Altas concentraciones de estos compuestos en la zona costera han sido asociadas a fuentes directas, principalmente a las descargas de aguas industriales y/o domésticas (Martin, 1985).

En este estudio, se observa una distribución espacial mayormente de BPC pesados ($9.87 - 15.48 \text{ ng g}^{-1}$) desde Ensenada hasta el sur de la península en la localidad de Playa Esmeralda (Tabla V, Fig. 17). Un total de 36 congéneres de BPC (5 ligeros, 17, 18, 28, 31, 33 y 31 pesados) fueron analizados y 5 BPC congéneres considerados como toxicológicamente relevantes (74, 105, 118, 156, 170). De los BPC analizados en *Mytilus californianus*, los mayores valores se obtuvieron para el BPCs 195 (22.71 ng g^{-1}), 194 (19.84 ng g^{-1}), 28 (7.23 ng g^{-1}), 138 (6.93 ng g^{-1}), 191 (5.18 ng g^{-1}) (Tabla V). En relación a la distribución espacial de BPC ligeros y pesados, valores más altos de BPCs pesados fueron observados en los mejillones analizados de la localidad de Ensenada hasta Playa Esmeralda (Fig. 17). El patrón de concentraciones de congéneres de PCB en *Mytilus californianus* fue dominado por el octo, hepta, hexa, triclorobifenil con 49%, 15%, 13%, 11% del total de los congéneres de BPC, seguido por el penta, nona y tetraclorobifenil con una contribución de 7%, 4% y 1%, respectivamente. Congéneres con bajos átomos de cloro no fueron detectados o estuvieron debajo al límite de detección (33, 52). La acumulación de BPCs entre los diferentes compartimentos de un sistema acuático con frecuencia es debido a mecanismos físicos y químicos para estimar el destino del químico (Mackay, 1991). También, el comportamiento alimenticio, la posición del organismo en la cadena

alimenticia, así como, el hábitat constituyen factores importantes que influyen el perfil de los BPCs (Thompson et al. 1999). Estudios señalan, que la fisiología del organismo con respecto a la eliminación de xenobióticos y las propiedades fisicoquímicas del compuesto, puede jugar un rol importante en el patrón de los BPC en los organismos (Storelli et al. 2004).

Las concentraciones de BPCs medidas en *Mytilus californianus* fueron inferiores al límite de tolerancia para consumo humano (2 mg k^{-1}) establecido por la FDA-EUA (2001).

Los resultados de la concentración de pesticidas organoclorados y BPCs en *Mytilus californianus* de la costa noroccidental de Baja California puede estar influenciada por aportaciones atmosféricas, por fuentes fijas y difusas de polución, incluyendo las descargas domésticas e industriales, actividades marítimas y el uso de insecticidas en las zonas agrícolas establecidas en la región.

5. CONCLUSIONES

La hipótesis de trabajo originalmente planteada no fue aceptada por los resultados obtenidos, debido a que coexisten múltiples factores que se encuentran interactuando en la biodisponibilidad de los pesticidas y los bifenilos policlorados en el área investigada.

Los resultados de la concentración de pesticidas y BPCs en *Mytilus californianus* de la costa noroccidental de Baja California puede estar influenciada por aportaciones atmosféricas, por fuentes fijas y difusas de polución, incluyendo las descargas domésticas e industriales, actividades marítimas y el uso de insecticidas en las zonas agrícolas establecidas en la región.

Los niveles de COPS y BPCs medidos en *Mytilus californianus* fueron inferiores al límite de tolerancia para consumo humano establecido por organizaciones internacionales.

6. LITERATURA CITADA

Aguilar, A. 1984. Relationships of DDE/DDT in marine mammals to the chronology of DDT input into ecosystem. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science 41, 840-844.

- Adisson, RF. 1976 Organochlorine Compounds in Aquatic Organisms: Their Distribution, Transport and Physiological Significance, In: A.P.M. Lockwood (Ed.) Effects of Pollutants on Aquatic Organisms. Cambridge Univ. Press: 127-143.
- Albert, LA. 2005. Panorama de los plaguicidas en México. 7° Congreso de Actualización en Toxicología Clínica. Xalapa, Veracruz. 17 pp.
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). 1996. Reseña Toxicológica de la Endrina (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR) 2005. Reseña Toxicológica del Heptacloro y Epóxido de Heptacloro. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública
- Asplund L, Sevansson BG, Nilsson A, Eriksson U, Janson B, Jensen S, Wildeqvist U, Skerving S. 1994. PCB, p,p-DDT and p,p-DDE in human plasma related to fish consumption. Archives of Environmental Health 49:477-486.
- Ballschmiter K, Wittlinger R. 1991. Interhemispheric Exchange of HCHs, HCBs PCBs and DDT in the lower troposphere. Environmental Science and Technology 25: 1103-1111.
- Boyden, CR. 1977. Effect of size upon metal content of shellfish. Journal Marine Biology Ass U.K. 5: 675-714.e
- Bryan, GW. 1979. Bioaccumulation of Marine Pollutants. Phil Trans. R. Soc. Lond. B. 286: 483-505.
- Carlucci AF, Eppley RW, Beers JR. 1986. Introduction to the Southern California Bight. In: Eppley RW (ed.). Lecture notes on coastal and estuarine studies: Plankton Dynamics of the Southern California Bight. Springer-Verlag, New York, 1-12 pp.
- Cáceres-Martínez, J. 1997. Mussel fishery and culture in Baja California, Mexico: History, present status, and future. NOAA, Technical Report NMFS, 128, 41-55.

- Cajal Medrano R., Gutiérrez Galindo EA. 1981. Concentration et distribution du DDT dans les huîtres *Crassostrea gigas* et *Ostrea edulis* sur la cote de Basse Californie, Rev. Int. Océanogr. Méd. Tome LXII pp 39-45.
- Calva LG., Torres MR., 1998, Plaguicidas organoclorados, Laboratorio de ecosistemas costeros, Departamento de hidrobiología. D.C.B .S. UAM. 11 pp.
- Chang, FY. Kao SJ y Liu KK. 1991 Analysis of Organic and Carbonate carbon in sediments. Acta Oceanography. Taiwanica 27: 140-150.
- Coleman, N. 1980. The effect of emersion on cadmium accumulation by *Mytilus edulis*. Marine Pollution Bulletin, 11, 359-362.
- Chávez de Nishikawa, AG. y S. Álvarez Borrego, 1974. Hidrología de la bahía de San Quintín, Baja California, en invierno y primavera. Ciencias Marinas 1 (2): 31-62.
- Chen, Chiou, CT., Freed, V. H. Schmedding, D. W. y Kohnert, R.L. 1977. Partition Coefficient and Bioacumulation of selected Organic Chemicals. Environ. Sci. Technol. 11 (5): 475-478.
- Chen, W., Zhang L., Xu, L. Wang, X., Hong, L. y Hong, H. 2002. Residue levels of HCH's, DDTs and PCBs in shellfish from coastal areas of east Xiamen Island and Minjiang Estuary, China, Marine Pollution Bulletin. 45: 385-390.
- Cox, JL. 1970. DDT residues in marine phytoplankton increase from 1955to 1960. Science, N.Y. (170): 71-73.
- CODEX Alimentarius. 1993., Status of CODEX Maximun residue limits for pesticides in food animal. Joint FAO/WHO Food standard programme. CODEX committee on pesticide residues in foods, 25th session. Havana, Cuba.
- De Long, RL., Gilmartin WG., y Simpson, JG. 1973. Premature births in California sea lions: Associations, with high organochlorine pollutants residue levels. Science, (181): 1168-1169.
- Doong RA, Peng CK, Sun YC, Liao PL. 2002. Composition and distribution of organochlorine pesticide residues in surface sediments from the Wu-Shi river estuary, Taiwan. Marine Pollution Bulletin 45:246-253.
- Dorantes Parral LA. 2001. Incorporación de cadmio en diferentes estructuras del mejillón *Mytilus californianus* en un medio estable vs. un medio variable. Tesis para obtener el título de Maestro en Ciencias, Ensenada, BC. México. 29 pp.

- Duke, TW., y Wilson, AJ., Jr. 1971. Chlorinated hydrocarbons in livers of Fishing New International, 1969. Pesticides limit applied in USA. (8): 85.
- Dunstan, IC., A de Forest and R.W. Pettis. 1980. *Mytilus edulis* as an indicator of trace metal pollution in naval dockyard waters with preliminary results from Williamston Naval Dockyard, Victoria, Australia. Rep. Mater. Res. Lab. (Aust.), 20 p.
- Environmental Protection Agency. 1984. Appendix B for Part 136 Definition and Procedure for Determination of the Method Detection Limit Revision 1.11. Federal Register, 49 (209), 43429-43431).
- EPA, 2003. United States Environmental Protection Agency, Human Health Criteria & Wild life Criteria.
<http://water.epa.gov/scitech/swguidance/standards/criteria/health/>
- Espeland, OL. Kleivane, S. Haugen, J.U. Skaare. 1997. Organochlorines in Mother and Pup Pa irts in Two Artic Sea ls Species: Harp Seal (*Phocagroenla índica*) and Hoodes Sea l (*Cystophoracrista ta*).Mar. Environ. Res. 44 (3): 315-330.
- Espina SC., Vanegas. 1996. Eco toxicología y contaminación. In. Botello A.V., J.L. Rojas alaviz, J. Benítez y D. Zárate Lomelí (Eds), 1996. Golfo de México contaminación e Impacto ambiental: Diagnostico y Tendencias. Universidad Autónoma de Campeche, EPOM EX Serie Científica 5. 93-94 pp.
- Farrington, J. W. 1983. Bivalves as sentinels of coastal chemical pollution: The mussel (and oyster) watch. Oceanus, 26 (2): 18-26.
- Foley, P.,Dorsey JG 1984. Clarification of the limit of Detection in Chromatography. Chromatographia 18 (9): 503-511.
- Fonseca, G. 2000. Agricultura Mexicana., Capítulo 4, Sector Agroindustrial y Contexto de la Empresa.
- Food and Drug Administration. 2001. *Fish and Fisheries Products Hazards & Controls Guidance*, Third Edition. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Office of Seafood, 5100 Paint Branch Parkway, College Park, Maryland 20740-3835. 326 pp.
- Ghirelli, RP., Palmer FH, Spieldman, TL, Jung M., Severeid, L., Bowes, G W. y Cohen D. B. 1984. Polychlorinated Biphenyls (PCBs). CSWRCB. Toxic Substances Control Program. Special Projects Report No. 83-1sp. 173 pp.
- Goldberg ED. 1975. The mussel watch-a first step in the global marine monitoring. Marine Pollution 6: 111.

- Gutiérrez Galindo, EA. 1980. Distribution et variation des taux du DDT dans la moule *Mytilus californianus* sur la cote Nord-Occidentale de Basse Californie. Rev. Int. Océanogr. Méd. Tome LVIII pp. 59-67.
- Gutiérrez Galindo, EA., Sañudo Wilhelmy S A y Flores Báez BP. 1983a. Variación espacial y temporal de pesticidas organoclorados en el mejillón *Mytilus californianus* (Conrad) de Baja California. Ciencias Marinas 9 (1): 7-18.
- Gutiérrez Galindo EA., Flores Báez BP., Sañudo Wilhelmy S A. 1983b. Variación espacial y temporal de bifenilos policlorados (aroclor,1254) en el mejillón *Mytilus californianus* (Conrad) de Baja California. Ciencias Marinas 9 (1): 19-25..
- Gutiérrez Galindo, EA., G. Flores Muñoz y López Mendoza, J. A. 1984. DDT en el ostión *Crassostrea gigas* (Thunberg) cultivado en la Bahía de San Quintín, Baja California. Ciencias Marinas 10 (3): 17-30 (14).
- Gutiérrez Galindo, EA., G. Flores Muñoz, y Villaescusa Celaya, J. 1988. Hidrocarburos Clorados en moluscos del Valle de Mexicali y Alto Golfo de California. Ciencias Marinas. 14 (3); 91-113.
- Gutiérrez Galindo EA, Flores Muñoz G. Ortega García ML, Villaescusa Celaya JA. 1992. Pesticidas en las aguas costeras del Golfo de California: Programa de Vigilancia con mejillón, 1987-1988. Ciencias Marinas 18 (2): 77-99.
- Gutiérrez Galindo EA, Ríos Mendoza LM., Flores Muñoz G, Villaescusa Celaya JA. 1998. Chlorinated hydrocarbons in marine sediments of Baja California (México)-California(USA) border zone. Marine Pollution Bulletin 36 (1): 27-37.
- Gutiérrez Galindo EA, Muñoz Barbosa A. 2001. A short term temporal variability of Ag, Cd and Cu in *Mytilus californianus* and the effectiveness of this organism as bioindicator. Ciencias Marinas 27(2): 269-288.
- Gutiérrez Galindo EA, Muñoz Barbosa. 2003. Geographic variability of the concentration of Hg, Co, Fe and Ni in mussels *Mytilus californianus* (Conrad, 1837) from the coast of Baja California. Ciencias Marinas 29(1): 21-34.
- Hayes WJ, Dale WE, Pirkle CI. 1971. Evidence of the safety of long-term, high, oral dose of DDT for man. Archives of Environmental Health 71, 19-35.
- Hodge, HC., Sterner, JH. 1956 Combined tabulation of toxicity classes. In: Spector, W.S., ed. *Handbook of toxicology*, Philadelphia, W.B. Saunders Company, Vol. 1.

- Hermanson, MH., Christensen, ER., Buser, DJ., y Chen, L. 1991. Polychlorinated biphenyls in dated sediments cores from Green Bay and Lake Michigan. *Journal Great Lakes Research* 17 (1): 94-108.
- Hom, W., Risebrough RW., Soutar, A. y Young DR. 1974. Deposition of DDE and Polychlorinated Byphenyls in dated sediments of the Santa Barbara Basic Science 184 (4142): 1197-1199.
- Jiang, KT, Marterns D, Schramm KW, Kettrup A, Xu SF, Wang LS. 2000. Polychlorinated organic compounds in waters, suspendes solids and sediments of the Yangtse River. *Chemosphere* 41 (6): 901-905.
- Juengst, FW. Jr., M. Alexander, 1975. Effect of environmental conditions on the degradation of DDT in model marine ecosystems. *Marine Biology* (33): 1-6.
- Kim SK, Oh JR, Shim WJ, Lee DH, Yim UH, Hong SH, Shin YB, Lee DS. 2002. Geographical distribution and accumulation features of organochlorine residues in bivalves from coastal areas of South Korea. *Marine Pollution Bulletin* 45:268-279.
- Kearney, PC., Woolson, E. A. Plimmer JR Isensee AR. 1969. Decontamination of pesticides in soil. *Residue Rev.* (29): 137-149.
- Langois, B.E Collins J.A. 1970. Some factors affecting degradation of organochlorine pesticides by bacteria. *J. Dairy Sci.* (53): 1671-1675.
- Latimer, JS., Quinn JG. 1996. Historical Trenes and Current Inputs of Hyrophobic Organic Compounds in an Urban Estuary: The sedimentary Record. *Enviromental Science and Technology* 30:623-633.
- Latouche YD, Mix MC. (1982). The effect of depuration, size and sex on trace metals levels in bay mussels. *Marine Pollution Bulletin* 13(1): 27-29.
- Lee, RG., Hung, M., Mackay H., y Jones KC., 1998. Measurement and Modeling of the Diurnal Cycling of Atmospheric PCBs and PAHs. *Enviromental Science and Technology* 32: 2172-2179.
- Liu, YF. 1999. Global technical HCH usage and its contamination consequences in the environment: from 1948 to 1997. *The Science of Total Environment* 232, 121-158.
- Lobel, PB., Belkhode SP, Jackson SE. Longerich H.P, 1991. Improved protocol for collecting mussel watch specimens tanking into account sex, size, condition,

- shell shape, and chronological age. *Archive of Environmental Contamination and Toxicology*, 21, 409-414.
- Lobel, PB, Wright DA. 1982. Gonadal and nongonadal zinc concentrations in mussels. *Marine Pollution Bulletin* 13: 329-323.
- Lynn RJ, Bliss A, Eber LE. 1982. Vertical and horizontal distribution of seasonal mean temperature, salinity, sigma-t, stability, dynamic height, oxygen and oxygen saturation in the California Current 1950-1978. *Calcofi. Atlas* 30: 513-535.
- Mackay D. 1991. *Multimedia Environmental Models: The Fugacity Approach*. Lewis Publisher, Inc. Chelsea, MI, USA.
- Martin M. 1985 State mussel watch: Toxic surveillance in California. *Marine Pollution Bulletin* 16:140-146.
- Marigómez I, Ireland MP 1990. A laboratory study of cadmium exposure in *Littorina litorea* in relation to environment cadmium and exposure time. *Science of the Total Environment* 90: 75-87.
- Maskaoui K, Zhou JL., TL. 2005. Organochlorine micropollutants in the Jiulong River Estuary and Western Xiamen Sea, China. *Marine Pollution Bulletin* 51 (2005) 950-959 pp.
- McDermott, DL., Heesen TC, Young DR., 1974. DDT in bottom sediments around five southern California outfall systems. Rept. Tm 217. Long Beach, Calif. So Calif. Coastal water Res. Proj.
- Naqvi, S., C h. Vaishna vi. 1993. Bioaccumulative potential and toxicity of Endosulfán an insecticide to non target animals. Mini review. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 105C:347-361.
- Nishikawa Kinomura KA, Gutierrez Galindo EA, Sañudo Wilhelmy SA, Flores Muñoz G, Martin M, Stephenson MD. 1988. Marine pollution in the central southern California Bight adjacent to the American-mexican border zone. *Revue International d'Océanographie Médicale*. Tomes 91-92: 125-150.
- OMS, 1984 (Organización Mundial de la Salud). *Criterios de Salud Ambiental*. 34.
- OMS, 1992 (Organización Mundial de la Salud). *Consecuencias sanitarias del empleo de plaguicidas en la agricultura*, Ginebra, Suiza, 128 p.
- Oullette TR. 1981. Seasonal variations of trace metals in the mussel *Mytilus californianus*. *Environment Conservation* 81(1): 53-58.

- Patil, KCF. Mátsumura C. Boush, G. M. 1972. Metabolic transformation of DDT, dieldrin, aldrin, and endrin by marine microorganism. *Envir. Sci. Techol.* (6): 629-632.
- Pfaender, PK Alexander M., 1972. Extensive microbial degradation of DDT in vitro and DDT metabolism by natural communities. *J. Agric. Fd. Chem.* (20): 842-846.
- Phillips DJH 1976. The common mussel *Mytilus edulis* as an indicator of pollution by zinc, cadmium lead and copper. I. Effect of Environmental variables on uptake of metals. *Marine Biology* 38: 59-69.
- Phillips DJH 1977. The use of biological indicator organisms to monitor trace metal pollution in marine and estuarine environments. A review. *Environmental Pollution* (13): 281-317.
- Phillips, DJH. 1980. *Quantitative Aquatic Biological Indicators*. Applied Science Pub. Ltd. London., 488 pp.
- Phillips, DJH.1985. Organochlorines and trace metals in green-lipped mussels, *Perna viridis*, from Hong Kong waters: a test of indicator ability. *Marine Ecology Progress Series* 21, 251-258.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. PNUMA. 1992. Evaluación regional sobre sustancias tóxicas persistentes.p 137.
- Qui X, Zhu, T., Li, J., Pan, H., Li, Q., Miao G. y Gong, J. 2004. Organochlorine pesticides in the air around the Taihu Lake, China. *Eviromental Science and Technology* 38. 1368-1374.
- Rainbow PS, Phillips DJH, Depledge MH. 1990. The s9ignificance of trace metal concentrations in marine invertebrates: A need for laboratory investigation of accumulation strategies. *Marine Pollution Bulletin* 21(7): 321-324.
- Rajendran RB, Imagawa T, Tao H, Ramesh R. 2005. Distribution of PCBs, HCHs, andt DDT and their ecotoxicological implications in Bay of Bengal, India. *Environmental International* 31:503-512.
- Ramírez Gutiérrez SC. 2005 Asentamiento y dispersión de *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus californianus* en condiciones naturales y de laboratorio”, Tesis de Doctorado CICESE, BC. México.
- Risebrough, RW, Davis JD.,Anderson, DW.1970. Effects of various chlorinated hydrocarbons pp 40-53 in JW, Gillett ed., *The Biological impact of Pesticides in the Environment*. Environmental Health Science Series 1, Oregon State University, Corvallis, USA.

- Risebrough RW., De Lappe BW., Letterman EF., Lane JL., Firestone-Gillis M., Springer AM., y Walker II W. 1980. California mussel watch 1977-78. Vol. III Organic Pollutants in mussel *Mytilus californianus* and *M. edulis* along the California Coast. Water Quality Monitoring Report No. 79-22 pp 75-80. Bodega Marine Laboratory P.O. Box. 247 Bodega Bay, California 94923 USA.
- Ritz, DA., Swain R. y Elliott NG. 1982. Use of the mussel *Mytilus edulis planulatus* (Lamarck) in monitoring heavy metal levels in seawater. Aust. J. Mar. Freshwater Res., 33, 491-506.
- Rueda, Q. 1993. Determinación de plaguicidas organoclorados en sedimentos y organismos (moluscos y peces) de lagunas costeras en el Sureste de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. 78 pp.
- Sarver, S. K. y Foltz D. W., 1993. Genetic population structure of a species complex of blue mussels (*Mytilus* spp.). Marine Biology, 117, 105-112.
- Satmadjis, J. y Votsinou-Taliadouri, F. 1983. *Mytilus galloprovincialis* and *Parapenaeus longirostris* as Bioindicators of Heavy Metal and Organochlorine Pollution. Mar. Biol. 76: 115-124.
- Schiff KC 2000. Sediment chemistry on the mainland shelf of the Southern California Bight. Marine Pollution Bulletin 40: 268-276.
- Schwedt, G. 2001. The essential guide to environmental chemistry. John Wiley & Sons Pub. Nueva York, EE.UU.
- SFOA, 2011. (Secretaría de Fomento Agropecuario)., Gobierno del Estado., Panorama Agroalimentario y Pesquero. <http://www.sefoa.gob.mx/> Reunión de la Smith PE 1995. A warm decade in the Southern California Bight. Calcofi Atlas 36: 120-126.
- Seed, R. y Suchanek T. H., 1992. Population and community ecology of *Mytilus*. Chapter 4. En Gosling E. 1992. Developments in aquaculture and fisheries science, vol. 25. "The mussel *Mytilus*": ecology, physiology, genetics and culture. Editorial Elsevier, 87-169.
- SEMARNAP-INE. 1999a. Lo que usted debe saber sobre los plaguicidas. Serie Plaguicidas No. 1. México.

- SEMARNAP-INE. 1999b. ¿Por qué, para qué y cómo se evalúan los riesgos para la salud y el ambiente de los plaguicidas?. Serie Plaguicidas No. 2
- SEMARNAP-INE. 1999c. Lo que usted debe saber sobre la gestión de los plaguicidas en México. Serie Plaguicidas No. 4. México.
- Sericano JL, Wade TL, Brooks JM, Atlas EL, Fay RR, Wilkinson DL. 1993. National Status and trends mussel watch program: chlordane-related compounds in Gulf of Mexico oysters, 1986-1990. *Environmental Pollution* 82: 23-32.
- Simonich SL, Hites A. 1995. Global distribution of persistent organochlorine compounds. *Science* 269:1851-1854.
- Smeds A, Saukko P. 2001. Identification and quantification of polychlorinated biphenyls and some disrupting pesticides in human adipose tissue from Finland. *Chemosphere* 44:1146-1471.
- Steinberg A, Stein ED 2004. Effluent discharges on the Southern California Bight from large municipal waste water treatment facilities in 2001 and 2002. In: Weisberg SB, Elmore D (ed). SCWRRP Report 2003-2004. Westminster, California, USA pp 2-15.
- Storelli MM, Storelli A, Barone G, Marcotrigiano GO. 2004. Polychlorinated biphenyl and pesticides residues in *Lophius budegassa* from Mediterranean Sea Italy. *Marine Pollution Bulletin* 48:743-748.
- Tardiff, RG., 1992., Methods to assess adverse effects of pesticides on non-target organism, SCOPE 49 IPCS Joint Symposia 16 SGOMSEC 7. John Wiley & Sons, Inc. England.
- Thompson S, Budzinski H, Garrigues P, Narbonne JF. 1999. Comparison of PCB and DDT distribution between water-column and sediment-dwelling bivalves in Arcachon Bay, France. *Marine Pollution Bulletin* 38:655-662.
- UNEP 2005., Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes. Comité de Examen de los Contaminantes Orgánicos Persistentes, POPs/POPRC.1/8.

- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, UNEP, 1982. GESAMP, the health of the oceans, Regional Seas Report and studies No. 16, pp. 42-44.
- UNS 1984. Consolidated List of Products Whose Consumption and/or Sale Have Been Banned, Withdrawn, Severely Restricted or not Approved by Governments. United Nations Secretariat. General Assembly Resolution 37/137.
- Urdaneta HB., Medina Z., Acosta. 1995., Organochlorine compounds in fish from a farming stations in the Municipality of Páez, State of Zulia, Venezuela. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 54: 703-710.
- US Environmental Protection Agency (USEPA). 2002. Office of Research and development. Persistent Organic Pollutants, EE.UU.
- Vallette-Silver, N. Bricker SB., Salomons, W. 1993. Historical Trends in Contamination of Estuarine and Coastal Sediments: An Introduction to the Dedicated Issue. Estuaries 16 (3B): 575-576.
- Velarde Rodríguez A., 1973. Niveles de hidrocarburos clorados en corvina *Cynoscion nobilis* y las especies que componen su dieta alimenticia en la costa Nor-Occidental de Baja California, Tesis Profesional E.S.C.M. UABC., Ensenada, BC. México.
- Venkatesan, Ml., De León, R.P. Van Geen, A. y Luoma, SN., 1999. Chlorinated hydrocarbon pesticides and polychlorinated biphenyls in sediment cores from San Francisco Bay. Marine Chemistry (64): 85-97
- Vial, J., A, Jardy 1999. Experimental Comparasion of the Different Approaches To Estimate LOD and LOQ of and HPLC Method. Anal. Chem 71 (14): 2672-2677.
- Wade, TL,. Sericano, JL. Qian Y, Wolff G.. Denoux G. 2002. Method detection limits: application to organic environmental chemistry data. In: Principles of environmental sampling and analysis — two decades later. Abstract of the Symposium of the American Chemical Society. Boston, MA. Vol 42 (2).
- WFPHA, 2000. World Federation of Public Health Associations. Journal of Public Health Policy; 2008, Vol. 29 Issue 3, p 367.

- Willet KL, Ulrich EM, Hites A. 1998. Differential toxicity and environmental fates of HCH isomers. *Environmental Science and Technology* 32:2197-2207.
- Wu WZ, Schramm KW, Henkelmann B, Xu Y, Yediler A, Kettrup A. 1997. PCDD/Es, PCBs, HCHs and HCB in sediments and soils of Ya-Er Lake area in particle size. *Chemosphere* 34:191-202.
- Yarto, M. 2003. INEA (Instituto Nacional de Ecología) Los efectos de la contaminación del caso de las sustancias tóxicas persistentes. Investigación sobre sustancias Químicas y Riesgos Ecotoxicológicos.
<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/467/yarto.html>
- Young DR., Heesen TC. 1974, Inputs and distribution of Chlorinated hydrocarbons in three southern California harbors, Rept. T M 2 14 Long, Beach, Cal. So Calif Coastal Water Res. Proj.
- Young DR., Heesen TC., McDermott DJ., 1976a., An off shore biomonitoring System for chlorinated hydrocarbons. *Mar Pollut. Bull.* 7 (8): 156-159.
- Young DR., DJ. McDermott., TC, Heesen 1976b. Aerial fallout of DDT in Southern California. *Bull Environ. Contam. Toxicol.* 16 (5): 604-611.
- Youngnu J, San HH, Donghao L, Won JS, Shim SL. 2008. Distribution of persistent organic pollutants in bivalves from the northeast coast of China. *Marine Pollution Bulletin* 57 , 775-781.
- Zeng, E, and Vista, CL. 1997. Organic pollutants in the Coastal environment off San Diego, California. 1. Source identification and assessment by compositional indices of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Environmental Toxicology and Chemistry* 16 (2): 179-188.
- Zhang, G., Min, YS., Mai, BX., Sheng, GY., Fu JM., Wang, ZS., 1999. Time trend of BHCs and DDTs in a sedimentary core in Macao estuary, southern China. *Marine Pollution Bulletin* 39 (1-12): 326-330.
- Zhang ZI, Parker A, House A, Mai B, Li X, Kang Y, Wang Z. 2002. Sedimentary records of DDT and HCH in the Pearl River Delta, South China. *Environmental Science Technology* 36:3671-3677.

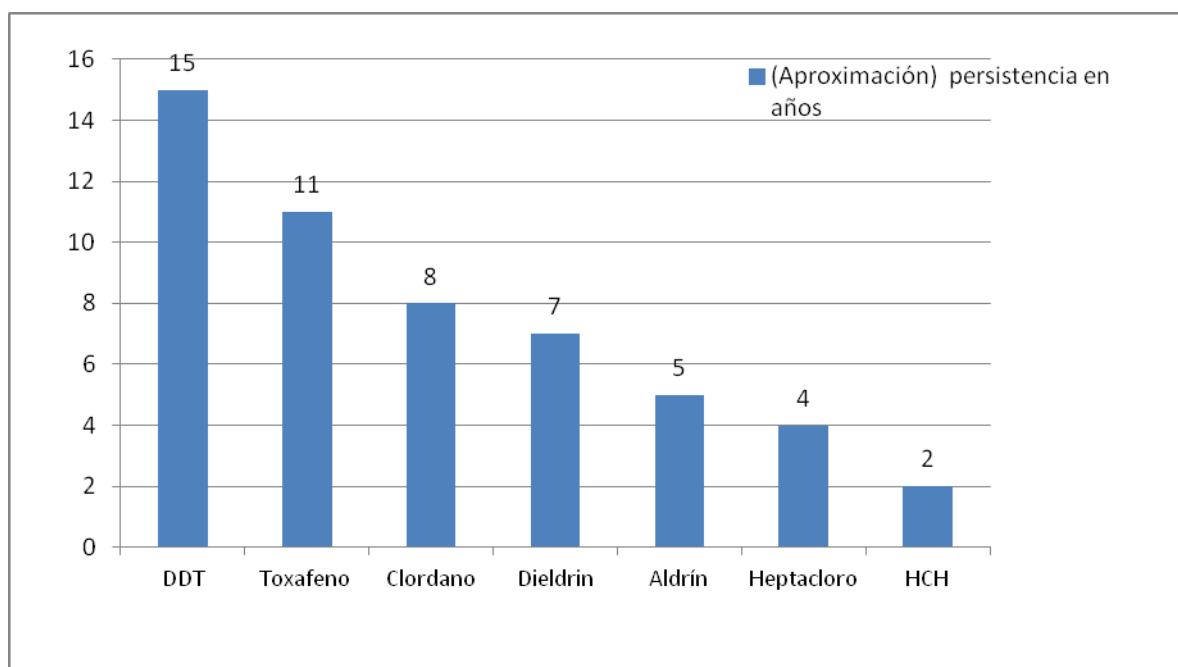
ANEXOS

ANEXO I. Listado de usos del DDT en algunos países.


- Botswana: En 1998 cambió la política de Botswana hacia el DDT. El cambio fue como consecuencia de la no disponibilidad de una buena calidad del DDT. Las quejas de la comunidad acerca de las manchas de DDT en sus paredes también contribuyeron al cambio. Sin embargo, el Ministerio de Salud no ha prohibido el uso del DDT. En caso de que el país tenga una invasión de *Anopheles funestus*, (que en la actualidad solamente ha presentado sensibilidad al DDT, en Botswana se volverá a usar el DDT para combatir la epidemia de la malaria y salvar las vidas de la población en riesgo.
- Etiopía: El DDT se produce en Etiopía y se utiliza para el control de vectores de la malaria como spray residual de interior, conforme lo marca la OMS y las directrices.
- India: Hindustan, el Insecticida Limitado (HIL) es el fabricante exclusivo de DDT en el país para prevenir la malaria.
- Madagascar: El DDT está prohibido para el uso de la agricultura en Madagascar. Desde 2004, se ha dejado de utilizar en la salud pública. Se ha previsto para ser reutilizado en octubre de 2009, durante la ejecución del Plan Estratégico Nacional, así como para la gestión de la resistencia.
- Islas Marshall: Control de vectores de enfermedades de conformidad como la malaria y otras enfermedades similares.
- Mauricio: El DDT se utiliza para rociar con insecticida residual el puerto y el aeropuerto. Aproximadamente 1500Kgs de DDT se utilizan anualmente.
- Marruecos: El DDT es usado en Marruecos exclusivamente por el Ministerio de la salud para el control de malaria en áreas limitadas cuando la situación epidemiológica lo requiere.
- Mozambique: Está utilizando el DDT, sólo para combatir los vectores de la malaria y otras enfermedades. El DDT es administrado por el ministerio de salud de Mozambique de conformidad con el artículo de la OMS y sólo se tiene autorización para utilizarlo para la prevención de la malaria.
- Myanmar: Uso para el vector de la malaria (mosquito *Anopheles*).
- Senegal: El paludismo es endémico en Senegal. En la actualidad, se usa el DDT para eliminar los mosquitos anopheles, hasta que se elimine la plaga.

- Sudáfrica: Notificad su uso por la Secretaría de Salud. Se ha realizado el Registro del uso de DDT para control de vectores de enfermedades conforme lo marca la Organización Mundial de la Salud, siguiendo las recomendaciones y directrices, y conforme a los requisitos del Convenio de Estocolmo.
- Swazilandia: Uso Restringido a control de vectores del paludismo.
- Uganda: Se utiliza para la malaria.
- República de Yemen: Yemen ha prohibido el uso del DDT para la agricultura desde 1990, pero sigue utilizando el DDT para el control de vectores de enfermedades (malaria). Yemen ahora hace esfuerzos para sustituir DDT por otras sustancias químicas más seguras.

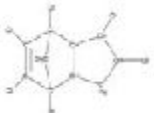
ANEXO II-a. Aproximación de persistencia de COPs en el ambiente



ANEXO II-b. Ficha técnica DDT

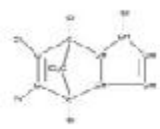
DDT	
Información química	CAS: 50-29-3 Fórmula molecular: C ₁₄ H ₉ Cl ₅ Peso molecular: 354.49
Persistencia	Vida media: 4.2-12.5 días (aire) 0.34-1.14 años (agua) 1.1-3.4 años (suelo)
Propiedades relacionadas con su transporte ambiental	Constante de la ley de Henry: 1.29 x 10 ⁻⁵ atm ³ / mol a 23°C Presión de vapor: 1.6 x 10 ⁻⁷ mm Hg a 20°C Solubilidad en agua: 1.2-5.5 mg/L a 25°C
Bioacumulación	Kow (coeficiente de partición octanol-agua): 106.19 BAF/BCF: 1800000
Toxicidad aguda	DL50 Oral: 87 mg/kg DL50 Cutanea: 1931 mg/kg (conejos)
Toxicidad crónica	Dosis de referencia: 5 x 10 ⁻⁴ mg/kg /día (UF=100)
Historial de usos en los Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> • Insecticida de amplio espectro en varios cultivos • La mayor parte de sus usos cancelados en 1972 • Todos sus usos cancelados desde 1989
Producción y uso internacional	<ul style="list-style-type: none"> • Producción: China e India • Insecticida utilizado al menos en 25 países para el control de insectos vectores de enfermedades humanas, particularmente la malaria. Utilizado en la producción de Difocol
Estatus en México	<ul style="list-style-type: none"> • Uso solo permitido para campañas sanitarias por las dependencias del gobierno federal

ANEXO III. Ficha técnica del Clordano


Clordano	
Información química	CAS: 57-74-9 Fórmula molecular: C ₁₀ H ₆ Cl ₈ Peso molecular: 409.78
Persistencia	Vida media: 1.3-4.2 días (aire) 1.1-3.4 años (agua) 1.1-3.4 años (suelo)
Propiedades relacionadas con su transporte ambiental	Constante de la ley de Henry: 4.8 x 10 ⁻⁵ atm ³ / mol a 25°C Presión de vapor: 1 x 10 ⁻⁶ mm Hg a 20°C Solubilidad en agua: 56 mg/L a 25°C
Bioacumulación	Kow (coeficiente de partición octanol-agua): 106 BAF/BCF: 250000
Toxicidad aguda	DL50 Oral: 283 mg/kg DL50 Cutanea: 580 mg/kg (conejos)
Toxicidad crónica	Dosis de referencia: 5 x 10 ⁻⁴ mg/Kg /día (UF=300)

Historial de usos en los Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> • Insecticida en agricultura y jardines caseros • Termiticida • Todos sus usos cancelados desde 1988
Producción y uso internacional	<ul style="list-style-type: none"> • China y Singapur • El clordano se utilizado en Asia y Africa como termiticida
Estatus en México	<ul style="list-style-type: none"> • Restringida su adquisición solo con la presentación de una recomendación escrita de un técnico oficial o privado que haya sido autorizado por el gobierno federal y su manejo y uso se efectuarán de acuerdo a la norma oficial mexicana que establece los requisitos y especificaciones fitosanitarias para el manejo de plaguicidas agrícolas restringidos

ANEXO IV. Ficha técnica Heptacloro

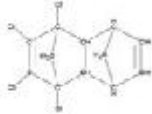
Heptacloro	
Información química	CAS: 76-44-8 Fórmula molecular: C ₁₀ H ₅ Cl ₇ Peso molecular: 373.32
Persistencia	Vida media: 1.3-4.2 días (aire) 0.03-0.11 años (agua) 0.11-0.34 años (suelo)
Propiedades relacionadas con su transporte ambiental	Constante de la ley de Henry: 2.3 x 10 ⁻³ atm ³ / mol Presión de vapor: 3 x 10 ⁻⁴ mm Hg a 20°C Solubilidad en agua: 180 mg/L a 25°C
Bioacumulación	Kow (coeficiente de partición octanol-agua): 105.27 BAF/BCF: 8500
Toxicidad aguda	DL50 Oral: 147-220 mg/kg DL50 Cutanea: 2000 mg/kg (rata); 119-320 mg/kg (conejos)
Toxicidad crónica	Dosis de referencia: 5 x 10 ⁻⁴ mg/kg /día (UF=300)
Historial de usos en los Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> • Insecticida para el control de hormigas en cajas de calbes subterráneas • Termiticida • La mayoría de sus usos fueron cancelados en 1978, y todos desde 2000
Producción y uso internacional	<ul style="list-style-type: none"> • No existen productores conocidos actualmente aunque se han solicitado excepciones para utilizarse como plaguicida y solvente de plaguicidas • Insecticida para el control de termitas y otros insectos del suelo en varios países • Se utiliza como solvente para plaguicidas en dos países
Estatus en México	<ul style="list-style-type: none"> • No cuenta con registro en México, por lo que no está autorizado su uso

ANEXO V. Ficha técnica HCB

Hexaclorobenceno	
Información química	CAS: 118-74-1 Fórmula molecular: C ₆ Cl ₆ Peso molecular: 284.78

Persistencia	Vida media: 417-1250 días (aire) >3.4 años (agua) >3.4 años (suelo)
Propiedades relacionadas con su transporte ambiental	Constante de la ley de Henry: 7.1×10^{-3} atm ³ / mol a 20°C Presión de vapor: 1.089×10^{-5} mm Hg a 20°C Solubilidad en agua: 40 mg/L a 20°C
Bioacumulación	Kow (coeficiente de partición octanol-agua): 105.5 BAF/BCF: 110000
Toxicidad aguda	DL50 Oral: 3500 mg/kg
Toxicidad crónica	Dosis de referencia: 8×10^{-4} mg/kg /día (UF=100)
Historial de usos en los Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> • Funguicida para semillas y trigo • Actualmente importado como intermediario; importaciones anticipadas para su cese en el futuro para cumplimiento con excepciones
Producción y uso internacional	<ul style="list-style-type: none"> • No existen productores conocidos actualmente para su uso como funguicida • No hay usos reportados como funguicida • Muchos países han solicitado excepciones como intermediario
Estatus en México	<ul style="list-style-type: none"> • No cuenta con registro en México, por lo que no está autorizado su uso.

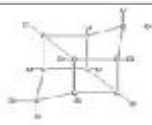
ANEXO VI, VII y VIII. Ficha técnica del Aldrina, Dieldrina, Endrina.

Aldrina	
Información química	CAS: 309-00-2 Fórmula molecular: C ₁₂ H ₈ Cl ₆ Peso molecular: 364.92
Persistencia	Vida media: < 0.4 días (aire) 1.1-3.4 años (agua) 1.1-3.4 años (suelo)
Propiedades relacionadas con su transporte ambiental	Constante de la ley de Henry: 4.96×10^{-4} atm ³ / mol a 25°C Presión de vapor: 2.31×10^{-5} mm Hg a 20°C Solubilidad en agua: 17-180 mg/L a 25°C
Bioacumulación	Kow (coeficiente de partición octanol-agua): 10 6.5BAF/BCF: 6100
Toxicidad aguda	DL50 Oral: 38-678 mg/Kg DL50 Cutanea: 98 mg/Kg
Toxicidad crónica	Dosis de referencia: 3×10^{-5} mg/kg /día (UF=1000)
Historial de usos en los Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> • Insecticida en algodón, cítricos y maíz • Termiticida • Todos sus usos cancelados desde 1987
Producción y uso internacional	<ul style="list-style-type: none"> • No existen productores conocidos actualmente • Se reporta su uso en un país como ectoparasitida
Estatus en México	<ul style="list-style-type: none"> • Prohibida su importación, fabricación, formulación, comercialización y uso conforme al Diario Oficial de la Federación del 3 de enero de 1991

Dieldrina	
Información química	CAS: 60-57-1 Fórmula molecular: C ₁₂ H ₈ Cl ₆ O Peso molecular: 380.92
Persistencia	Vida media: 1.3-4.2 días (aire) 1.1-3.4 años (agua) 1.1-3.4 años (suelo)
Propiedades relacionadas con su transporte ambiental	Constante de la ley de Henry: 5.8 x 10 ⁻⁵ atm ³ / mol a 25°C Presión de vapor: 1.78 x 10 ⁻⁷ mm Hg a 20°C Solubilidad en agua: 140 mg/L a 20°C
Bioacumulación	Kow (coeficiente de partición octanol-agua): 105.2 BAF/BCF: 920000
Toxicidad aguda	DL50 Oral: 37-87 mg/kg DL50 Cutanea: 60-90 mg/kg
Toxicidad crónica	Dosis de referencia: 5 x 10 ⁻⁵ mg/kg /día (UF=100)
Historial de usos en los Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> • Insecticida en algodón, cítricos y maíz • Termiticida • Todos sus usos cancelados desde 1987
Producción y uso internacional	<ul style="list-style-type: none"> • No existen productores conocidos actualmente • Insecticida utilizado hasta 1980 para el control de plaga de la langosta. No existen usos actuales excepto en un país (por 2 años para eliminar sus inventarios)
Estatus en México	<ul style="list-style-type: none"> • Prohibida su importación, fabricación, formulación, comercialización y uso conforme al Diario Oficial de la Federación del 3 de enero de 1991
Endrina	
Información química	CAS: 72-20-8 Fórmula molecular: C ₁₂ H ₈ Cl ₆ O Peso molecular: 380.92
Persistencia	Vida media: 2.2 días (aire) 1.0-4.1 años (agua) 4-14 años (suelo)
Propiedades relacionadas con su transporte ambiental	Constante de la ley de Henry: 6.36 x 10 ⁻⁶ atm ³ / mol a 25°C Presión de vapor: 7 x 10 ⁻⁷ mm Hg a 25°C Solubilidad en agua: 220-260 mg/L a 25°C
Bioacumulación	Kow (coeficiente de partición octanol-agua): 105.2 BAF/BCF: 7000
Toxicidad aguda	DL50 Oral: 7-15 mg/kg DL50 Cutanea: 15 mg/kg (hembras)
Toxicidad crónica	Dosis de referencia: 3 x 10 ⁻⁴ mg/Kg /día (UF=100)
Historial de usos en los Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> • Insecticida en algodón • Rodenticida en huertos • Todos sus usos cancelados desde 1991
Producción y uso internacional	<ul style="list-style-type: none"> • No existen productores conocidos actualmente • Se hay usos reportados actualmente
Estatus en México	<ul style="list-style-type: none"> • Prohibida su importación, fabricación, formulación, comercialización y uso conforme al Diario Oficial de la Federación del 3 de enero de 1991

Fuente: USEPA, 2002.

ANEXO IX. Ficha técnica del Mirex

Mirex	
Información química	CAS: 2385-85-5 Fórmula molecular: C ₁₀ Cl ₁₂ Peso molecular: 545.5
Persistencia	Vida media: 4.2-12.5 días (aire) 0.34-1.14 años (agua) >3.4 años (suelo)
Propiedades relacionadas con su transporte ambiental	Constante de la ley de Henry: 8.3 x 10 ⁻³ atm ³ / mol a 20°C Presión de vapor: 3 x 10 ⁻⁷ mm Hg a 25°C Solubilidad en agua: 5.45 x 10 ⁻⁵ mg/L a 25°C
Bioacumulación	Kow (coeficiente de partición octanol-agua): 106.9 BAF/BCF: 2400000
Toxicidad aguda	DL50 Oral: 306 mg/kg DL50 Cutanea: 800 mg/kg (conejos)
Toxicidad crónica	Dosis de referencia: 2 x 10 ⁻⁴ mg/kg /día (UF=300)
Historial de usos en los Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> • Insecticida para control de hormigas • Aditivo para retardantes de flama industriales • Todos sus usos como plaguicida cancelados desde 1977
Producción y uso internacional	<ul style="list-style-type: none"> • No existen productores conocidos actualmente. China ha solicitado su excepción para uso como termiticida. • Se solicitó excepción por dos países para su uso como termiticida
Estatus en México	<ul style="list-style-type: none"> • Prohibida su importación, fabricación, formulación, comercialización y uso conforme al Diario Oficial de la Federación del 3 de enero de 1991

ANEXO X: Guía de referencia de niveles permisibles de plaguicidas en pescados y mariscos. FDA USA

Class of Substance	Substance	Level	Food Commodity
Deleterious Substance	Aldrin/Dieldrin ^c	0.3 ppm	All Fish
	Chlordane	0.3 ppm	All Fish
	Chlordecone ^d	0.3 ppm	All Fish
		0.4 ppm	Crabmeat
	DDT, DDE, TDE ^e	5.0 ppm	All Fish
	Diquat	2.0 ppm	All Fish
		20.0 ppm	Shellfish
	Glyphosate ^g	0.25 ppm	Fin Fish
		3.0 ppm	Shellfish
	Carbaryl	0.25 ppm	Oysters
Endothall and its Monomethyl ester	0.1 ppm	All Fish	
Methyl Mercury	1.0 ppm	All Fish	

	Heptachlor / Heptachlor Epoxide ^f	0.3 ppm	All Fish
	Mirex	0.1 ppm	All Fish
	Polychlorinated Biphenyls (PCBs) ^g	2.0 ppm	All Fish
	2,4-D ^g	1.0 ppm	All Fish

ANEXO:XI	Número de Organismos																														
	Localidad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Rosarito																															
Ancho (mm)	21	24	22,1	26	28,1	28,7	23	27,7	26,1	20,1	28,1	21,1	25	21	27,2	22	26	23	18,4	29	22,2	23,7	27	19	29	24,7	25,2	21	21,7	23,8	
Largo (mm)	55	57,8	57,2	57	70,2	67	54	68,8	54,1	58	71	58	61,2	62,2	66	60,1	26	58	54	71	64,4	65,1	68,1	55	67	61	71,1	55,2	65,4	66,2	
Alto (mm)	23,2	28,1	25,6	29	30,2	30	28,2	28	26,6	25	30,1	28,7	26,5	31	28,3	29,7	26	23,1	25	32	30,1	28,9	33,1	25,1	25,6	26,5	29	24,2	27,1	31,2	
Baja Mar																															
Ancho (mm)	26,3	26,7	28,6	23,1	26,2	29,7	24,2	22	27,2	22,9	23,2	22,6	21,7	29,6	21,2	56,2	25,8	22	23,2	26,1	23,4	26,9	26,7	27,3	22	29,2	23,2	22,8	27,1	26	
Largo (mm)	58,1	61,2	64,2	54,2	72,2	62,7	63	57,2	59,1	58,6	60,4	57,8	59,8	65,6	60,7	56,1	67,6	53,2	65	63,2	55,1	62	57,3	58	53,8	68	52,7	55,3	59,2	52,1	
Alto (mm)	22	27,2	29,2	23,2	29,1	28	23	24,6	26,5	24,3	24,8	24,3	22,7	27,2	26,2	25	27,2	23,8	25,2	23,1	22	25,3	23,8	27,2	24,9	28,1	25,7	21,8	25	24,4	
Ensenada																															
Ancho (mm)	28	29	33	25,8	24,1	24,2	29,8	24	26,5	25,1	31	31,4	23,4	26,2	23	23,1	27,8	27	24,7	25,2	24,8	28,1	27,1	25,4	25,2	25	24	24,8	24,8	26,1	
Largo (mm)	69,2	73,8	71	61,5	60	64	76,8	60,6	60,7	67,2	74,1	76,8	70,3	65	61,2	53,4	71	64,2	64	61,2	62	66	65,2	65	61,7	67,1	63	65,1	56,5	64	
Alto (mm)	28,1	28	32,5	28,9	25,6	28,7	30	27	28	26,1	31	31,2	28,7	28	27,1	26	27,6	29,1	27,2	26	27	29	28,8	26,8	27,1	28,5	25,8	27,2	27,8	28,1	
Eréndira																															
Ancho (mm)	25	23,1	23	24,2	23,1	27,4	28	27	27,2	26,4	24,2	26,1	27,2	24,5	27,8	26,8	27,1	21,5	30,2	27	25	25	27,2	22,5	26	23	25,1	25,7	27,2	24,5	
Largo (mm)	53,8	61	55	56,8	62,5	60,6	59,8	64	65,1	59,2	52,1	54,1	63	54,1	58	53,1	50	51,5	66,5	62,2	58,2	56,2	56,8	53,1	64	59	52,5	61	59,8	51	
Alto (mm)	23,1	29,4	27,1	27	28,6	27,6	30	28,1	28,5	29,4	25,4	28	31,5	23,7	29,2	29	24,5	25,8	31,2	29,2	27	27,5	30	25,7	29,2	27,1	25,6	29	31,2	24	
San Quintín																															
Ancho (mm)	24,2	23,4	24,1	22,3	23,2	26,2	21,4	20	23,8	22,2	21,8	21	18	18,7	22	19,4	20,1	20,7	23,1	27	25,2	22	23,8	20,1	23	22	21	22,1	24	23,1	
Largo (mm)	59,3	58,4	59,1	57,1	56,6	61,4	55,8	57	62,7	53,6	54,1	60,9	56,6	54,2	56,1	56,8	55,9	54,5	57	65,1	54,2	55,5	60,2	56	53	58,1	55,7	57	60	57,2	
Alto (mm)	26,7	27,2	30,3	23,6	23,8	27,3	24	22,9	30,7	25,7	25,2	30,1	25	24	25	25	28,7	25,2	23,2	27,1	19,2	25	25,2	23,1	27,1	25	222,8	26	26,1	27	
Punta Baja																															
Ancho (mm)	29	26,3	24,7	25,8	25,6	28,3	25	26,3	26,2	26	25,1	28,6	28,5	24,6	22,2	24,2	25	26	27,1	28,8	23,5	25	26,1	23	25,1	23	21,8	22	24,1	23,1	
Largo (mm)	65,2	60	64,1	59	65,1	62,4	58	61,1	60,2	57	61,5	59	59,3	29,7	56,7	60,5	55,1	60,5	63,1	62,9	53,4	56,9	58,5	58,3	57	55,7	51,8	53,9	60	56,5	
Alto (mm)	30,9	25,5	33	28,7	32,1	28,7	26,2	28	29,9	29,4	28,7	30	29,1	29	26	31,1	28,2	31,2	30,9	30,5	27	27	30,5	27,7	28	28,2	27,2	26,2	29,7	25	
Ojitos																															
Ancho (mm)	25,5	27	29	27,8	27	26,5	31,6	31	22	28,2	28,6	23,4	21,7	23,8	28,1	26,4	31,6	28	28,2	25,8	20	23	31	21,3	24,2	23,1	25	25	23,2	22	
Largo (mm)	65,5	64,2	58,7	60	67	63,5	72,8	72,9	57	71,2	66	53,7	50,1	64,3	59,2	60	76,7	64,1	65,2	60,7	54	52,5	72,1	58,1	59,2	58	53	57,2	61,3	51,3	
Alto (mm)	31,2	30,5	30,2	32	29	32	31,2	29,3	27,8	32,2	34,1	22,1	23,1	29,8	30	28	32,2	30,9	30,7	29,1	25,8	25	31,1	27,9	29,8	25,2	27	29,8	30,1	24,1	

P. Esmeralda																														
Ancho (mm)	24,5	25	22,1	20,3	24,1	23	23,8	24,5	24	21,2	23,1	22,5	28,2	20	26	24,1	22,5	19,2	23	21,5	18,5	21,2	23	22	23,2	22,1	23,7	23	20	23
Largo (mm)	61,2	67	58	47,6	62,2	57,2	58,7	61	52,1	54,2	66	61	63,1	53	66,1	54	60	54	59	54,1	54	57,5	53,2	57,1	51	60	57	50	50,1	40
Alto (mm)	29,5	28,5	24,1	22,1	27,8	26,8	26,1	28,2	25,2	22,7	28,1	30	26	26	28,1	27,5	28	23,2	24,1	26	23,1	23,2	26	21,7	27	23,1	22	23,1	20	27