



Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana y
Regional

Dirección de Investigación sobre Sustancias Químicas y Riesgos
Ecotoxicológicos

Diagnóstico de contaminantes orgánicos persistentes (COP) en el Valle del Yaqui

REPORTE FINAL

Numero de registro: INE/A1-006/2008

Dr. J. Vinicio Macias-Zamora

M. en C. Miguel Ángel Martínez Cordero

Investigador responsable por parte de la
Universidad Autónoma de Baja California

Responsable técnico por parte del
Instituto Nacional de Ecología

Instituto de Investigaciones Oceanológicas

Autores:

J. Vinicio Macías Zamora

Investigador

José Luis Sánchez Osorio

Estudiante de doctorado

Nancy Ramírez Álvarez

Técnico

Dra Jacqueline Hernández

Investigadora-CIAD Guaymas

Octubre 2008

ÍNDICE DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN	8
1.1 TIPOS DE SUELOS	9
1.2 CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES	10
2 OBJETIVO.....	12
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3 INVENTARIO DE LOS PLAGUICIDAS UTILIZADOS EN EL VALLE DEL YAQUI .	13
3.1 ANTECEDENTES	13
3.2 METODOLOGÍA.....	13
3.3 RESULTADOS	14
3.3.1 INVESTIGACIONES PREVIAS.....	14
3.3.2 PATRÓN DE USO DE PLAGUICIDAS	23
3.3.3 COMPARACIÓN CON ESTUDIOS PREVIOS DE PATRÓN DE USO DE PLAGUICIDAS	26
3.4 BIBLIOGRAFÍA	28
4 ELECCIÓN DE LAS MATRICES AMBIENTALES A MUESTREAR	29
5 ELECCIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO.....	30
6 PLAN DE MUESTREO PRELIMINAR	30
6.1 PROCEDIMIENTO DE MUESTREO.....	33
7 MÉTODOS DE MUESTREO, DE ANÁLISIS ASÍ COMO LOS PROTOCOLOS DE	

CONTROL DE CALIDAD	34
7.1 SUELOS Y SEDIMENTOS.....	34
7.1.1 MUESTREO	34
7.1.2 METODO ANALÍTICO	36
7.2 ANÁLISIS DE MUESTRAS DE ORGANISMOS.....	37
7.2.1 SEPARACIÓN Y LIMPIEZA DEL EXTRACTO.....	37
7.3 HIDROCARBUROS CLORADOS	38
7.4 CONTROL DE CALIDAD.....	38
8 MUESTREO DE INSPECCIÓN	39
8.1 REUNIÓN TÉCNICA DEL 30 DE JULIO	40
8.2 REUNIÓN PÚBLICA DEL 31 DE JULIO	42
8.3 CAMPAÑA DE MUESTREO DE INSPECCIÓN	44
8.4 MEMORIA FOTOGRÁFICA DEL MUESTREO.....	49
9 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	52
10 BIBLIOGRAFÍA	55
11 ANEXO 1. CADENAS DE CUSTODIA DEL MUESTREO.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. REGISTRO DE INVESTIGACIONES PREVIAS SOBRE PLAGUICIDAS EN EL VALLE DEL YAQUI	15
TABLA 2. LISTADO DE INSECTICIDAS Y DOSIS UTILIZADAS PARA LAS DIFERENTES PLAGAS QUE OCURREN EN EL VALLE AGRÍCOLA DEL YAQUI (INFORMACIÓN DERIVADA DE ENTREVISTAS)	24
TABLA 3. NÚMERO DE HECTÁREAS SEMBRADAS EN EL CICLO 2007-2008 DE LOS DIFERENTES CULTIVOS EN EL VALLE DEL YAQUI (SAGARPA, 2008)..	26
TABLA 4. NÚMERO DE HECTÁREAS SEMBRADAS EN EL CICLO PRIMAVERA-VERANO 2007 EN EL VALLE DEL YAQUI (SAGARPA, 2008).....	26
TABLA 5. SUPERFICIE SEMBRADA (HA) DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS EN EL VALLE DEL YAQUI DE 1995 A 1999 (VALENZUELA-GOMEZ, 2000)	27
TABLA 6. UTILIZACIÓN DE PLAGUICIDAS EN TRIGO EN EL PERIODO DE 1995-1999 (LTS) (VALENZUELA-GOMEZ, 2000)	28
TABLA 7. COORDENADAS PARA LA COLECTA DE MUESTRAS DE SUELO	32
TABLA 8. COORDENADAS PARA LA COLECTA DE MUESTRAS DE SEDIMENTO DE RIO	33
TABLA 9. COORDENADAS PARA LA COLECTA DE MUESTRAS DE SEDIMENTO MARINO	33
TABLA 10. MUESTRAS A ANALIZAR Y CONTROLES DE CALIDAD DE LA ZONA DE ESTUDIO	39
TABLA 11. SITIOS DE MUESTREO EN SUELOS DEL VALLE DEL YAQUI	46
TABLA 12. ESTACIONES DE COLECTA DE SEDIMENTO. VALLE DEL YAQUI	47

TABLA 13. SITIOS DE COLECTA DE BATRACIOS EN VALLE DEL YAQUI, SONORA 48

TABLA 14. SITIOS DE COLECTA DE PECES, VALLE DEL YAQUI, SONORA 48

Índice de figuras

FIGURA 1: VALLE DEL YAQUI	8
FIGURA 2. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS ESTACIONES DEL PLAN DE MUESTREO	31
FIGURA 3. SITIOS MUESTREADOS DURANTE AGOSTO DEL 2008 EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA.....	45
FIGURA 4. SITIO DE MUESTREO DE SUELOS.....	49
FIGURA 5. SITIO DE MUESTREO DE BATRACIOS	50
FIGURA 6. SITIO DE MUESTREO.....	51
FIGURA 7. EJIDO PRIMERO DE MAYO	52

1 INTRODUCCIÓN

El Valle del Yaqui se localiza en la costa noroeste de México en el Estado de Sonora (Figura 1). Se ubica en una región cuyo drenaje natural del Río Yaqui desemboca en las costas del Golfo de California. El Valle consiste de una región con vocación agrícola altamente tecnificada e intensiva colindante con una región desértica al norte, con zonas de estuarios al oeste, con una zona montañosa al este y con la zona de drenaje natural del río Yaqui colindando con el Valle del Río Mayo hacia el sur.

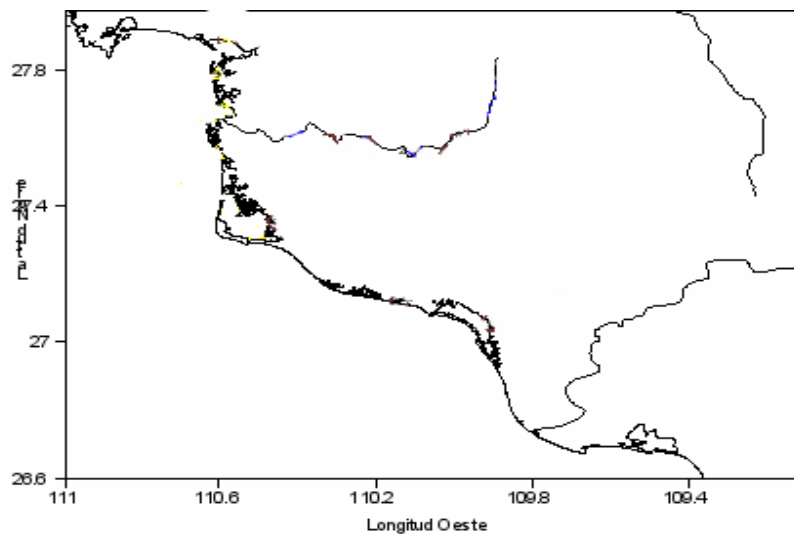


Figura 1: Valle del Yaqui

El Valle del Yaqui consiste de una zona de alrededor de 225,000 Ha de tierras de irrigación que incluye múltiples cultivos que van desde trigo, forrajes, algodón, maíz, entre muchos otros. Se considera a este valle como uno de los más ricos en el país (Naylor et al. 2001). La región del Valle del Yaqui es responsable de cerca de dos quintas partes de la producción anual de trigo de México (Lobell et al. 2005b). Por supuesto, el Valle depende para su funcionamiento de la

presencia del Río Yaqui que nace en la Sierra Madre Occidental y que tiene una longitud aproximada de entre los 550 a 700 Km. Su longitud ha sido modificada por la utilización de canales y la eliminación de partes importantes del Viejo curso natural del río. Este río se encuentra controlado por tres presas siendo la última la Álvaro Obregón desde donde se controla su avenida y su utilización para irrigación agrícola. El clima de la región es de carácter semiárido con precipitación muy variable con promedios de aproximadamente 270 mm/año (Turner II, et al., 2003), 300 mm/año (Matson, et al., 2005), aunque otros autores mencionan datos con promedios anuales cercanos a los 500 mm a partir de interpretaciones históricas de anillos de troncos de árboles (Nicholas, and Battisti 2007).

Adicionalmente, las zonas costeras marinas representan habitats muy importantes para el sostenimiento de los habitats para aves migratorias, para peces de importancia comercial así como mamíferos marinos y otros mariscos en general (Flores-Verdugo et al. 1992).

Desde la perspectiva económica, esta región se encuentra entre las mas productivas de pesquerías que incluyen principalmente al camarón como producto principal (FAO 1997).

1.1 TIPOS DE SUELOS

Los siguientes tipos de suelo han sido descritos en diferentes regions del Valle del Yaqui: Cambisol: se localiza en el norte y con fases físicas líticas, y suelos jóvenes, poco desarrollados con diferentes tipo de vegetación. Se encuentra condicionado por el clima y no por el tipo de suelo; pueden acumular algunos materiales como arcilla, carbonato de calcio, fierro, magnesio, entre otros, presentan de moderada a alta susceptibilidad a la erosión. Fluvisol: se localiza en las márgenes de la presa Álvaro Obregón y son depósito aluviales recientes, excepto los marinos, se encuentra en todo tipo de clima, cercanos a la zona de acarreo por agua. Litosol: se localiza al noreste del municipio; se encuentran en

todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación; se encuentran en toda la serranía sonorenses en mayor o menor proporción, en laderas, barrancas, lomeríos y algunos terrenos planos; la susceptibilidad a la erosión depende de la pendiente del terreno. Regosol: se localiza al este presentando fases físicas líticas; se encuentran en distintos climas y con diversos tipos de vegetación, su fertilidad es variable y su uso agrícola está principalmente condicionado a su profundidad, su susceptibilidad a la erosión es muy variable y depende de la pendiente del terreno. Vertisol: se localiza en el centro y presenta fases líticas, se encuentra en climas templados y cálidos en donde hay una marcada estación seca y otra lluviosa; su utilización agrícola es muy extensa, variada y productiva; son suelos muy fértiles básicamente en cultivos de algodón y granos; baja susceptibilidad a la erosión. Xerosol: se localiza al sur del municipio en zonas áridas y semiáridas y tienen una capa superficial de color claro y muy pobre en humus; su utilización agrícola está restringida a las zonas de riego con muy altos rendimientos debido a la alta fertilidad de estos suelos; su susceptibilidad a la erosión es baja (Enciclopedia de los Municipios de México, 2005).

1.2 CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES

Los contaminantes orgánicos persistentes (COP) son un grupo de compuestos organohalogenados, generalmente cloro sustituidos que poseen características de persistencia, esto es, que una vez liberados al ambiente, su descomposición ocurre en tiempos relativamente largos. Dada esta última característica, estos compuestos tienden a acumularse en diferentes compartimentos del ambiente, incluidos los organismos y por supuesto, al hombre. Adicionalmente, presentan otras características que los hacen peligrosos, una es su capacidad de bioacumularse y biomagnificarse en diferentes niveles tróficos. Como resultado, los predadores tope de las cadenas alimenticias frecuentemente presentan las concentraciones más altas de estas sustancias. Finalmente, y como resultado de ser casi exclusivamente generados de manera artificial por procesos

antropogénicos, son de difícil eliminación y presentan diferentes capacidades para producir daños a los ecosistemas y al humano.

Desde la firma del Convenio de Estocolmo por parte del Gobierno Mexicano, existe el compromiso de encontrar cuales son los niveles de estos compuestos en el ambiente y de proceder a reducir, sustituir y/o eliminar el uso de estos compuestos en México.

Durante los años 60s, 70s y aún en la década de los 1980s, en varias zonas agrícolas del país, se aplicaron grandes cantidades de COP con especial énfasis en plaguicidas organoclorados como son el DDT y sus derivados en muchas regiones de México. En la zona del Valle del Yaqui también se aplicaron grandes cantidades de estos compuestos que una vez aplicados, tardan mucho tiempo en degradarse y tanto el producto inicial como algunos de los productos de degradación son motivo de preocupación en cuanto a su probable efecto en la salud de los ecosistemas y del hombre. Es también muy claro, que la estrategia seguida en todo el mundo fue la del reemplazo de estos COP con plaguicidas menos persistentes como organofosforados entre otros, cuya degradación asegura su no acumulación en organismos.

Como parte del presente proyecto, se busca que las investigaciones realizadas sirvan de base a los objetivos del Programa Nacional de Monitoreo y Evaluación (PRONAME). Este programa representa un esfuerzo del gobierno Mexicano para cumplir con los acuerdos derivados del Convenio de Estocolmo en cuanto a realizar un balance nacional del estatus de estos contaminantes a lo largo del país. El PRONAME es a su vez, parte importante del Programa Sectorial de Medio ambiente como componente del Plan Nacional de Desarrollo.

2 OBJETIVO

Diagnosticar la distribución ambiental en el Valle del Yaqui de los isómeros alfa, beta y gama (lindano) del hexaclorociclohexano, los metabolitos del DDT, y los 12 COP incluidos en el convenio de Estocolmo, a excepción de las dioxinas y furanos.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un inventario de los plaguicidas utilizados en el Valle del Yaqui e identificar aquellos que posean características COP
- Definir las matrices ambientales a muestrear en la región
- Definir los sitios de muestreo que permitan obtener la información más relevante para caracterizar la contaminación en la zona.
- Desarrollar un plan de muestreo preliminar para suelos y sedimentos (por su baja solubilidad en agua, la matriz agua no es la adecuada) y para peces de consumo local.
- Seleccionar los métodos de muestreo, de análisis así como los protocolos de control de calidad
- Realizar un muestreo de inspección, con base en el mapa de agroclimas de Sonora, en suelo y peces, para analizar las siguientes sustancias: los 12 COP incluidos en el Convenio de Estocolmo, excepto las dioxinas y los furanos; los isómeros alfa, beta y gama (lindano) del hexaclorociclohexano, los metabolitos del DDT, entre otros, además de algunos metales, a fin de obtener una línea base de concentraciones en la región del Valle del Yaqui
- Determinar la distribución espacial de las concentraciones de COP seleccionados en el Valle del Yaqui

- Realizar mapas temáticos para la comunicación de resultados

3 INVENTARIO DE LOS PLAGUICIDAS UTILIZADOS EN EL VALLE DEL YAQUI

3.1 ANTECEDENTES

Sonora cuenta con doce Distritos de Desarrollo Rural (DDR), de los cuales los mas importantes son Caborca, Cajeme (Valle del Yaqui), Guaymas, Hermosillo y Navjoa. En el ciclo 2007-2008 Cajeme fue el DDR con mayor número de hectáreas cultivadas (222,916 ha) de las cuales el 80% (177,719 ha) se cultivaron con trigo y el 20% restante lo constituyeron el maíz, cártamo, garbanzo, hortalizas, forrajes y frijol en ese orden, el trigo se cultiva en los meses de otoño-invierno. En Cajeme el ciclo de primavera-verano, la producción baja considerablemente, se cultiva alfalfa principalmente (7,020 ha), seguido de algodón (1,824 ha) y forrajes (468 ha) (SAGARPA, 2008).

Por lo tanto, el principal cultivo en el Valle del Yaqui es el trigo y se siembra en la temporada de otoño-invierno, el resto del año, la mayoría de las tierras se mantienen inactivas o con poca producción.

El objetivo de esta sección del proyecto es conocer las investigaciones previas relacionadas con plaguicidas y describir el uso actual de plaguicidas en el valle del Yaqui.

3.2 METODOLOGÍA

Se realizó una búsqueda bibliográfica en medios electrónicos sobre estudios de

plaguicidas en el valle del Yaqui, se hicieron visitas a las bibliotecas del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON), y de la Universidad de Sonora (UNISON) y se hicieron entrevistas con investigadores de ambas instituciones.

Para conocer el patrón de plaguicidas, en Junio del 2008 se hicieron entrevistas con los técnicos agrícolas de las Asociaciones de Organismos Agricultores del Valle del Yaqui.

3.3 RESULTADOS

3.3.1 INVESTIGACIONES PREVIAS

En el Tabla 1 se describen los títulos de los trabajos realizados sobre plaguicidas, un resumen y su cita bibliográfica. Se localizaron 10 tesis profesionales relacionadas con plaguicidas, 2 tesis de maestría, 4 artículos en revistas indizadas y 1 libro de divulgación. Los resultados de los estudios reportan la presencia de compuestos organoclorados, organofosforados y carbamatos en agua, organismos y productos agrícolas así como efectos en el ser humano y en organismos acuáticos.

Tabla 1. Registro de investigaciones previas sobre plaguicidas en el Valle del Yaqui

Título	Resumen	Datos bibliográficos
<p>Determinación de plaguicidas organoclorados en suero sanguíneo en residentes de tres comunidades del Valle del Mayo.</p>	<p>Tesis en proceso</p>	<p>Walter Armando Herrera Figueroa, Adalberto Avila Ojeda. 2008. Tesis Profesional Químico biólogo, especialidad en análisis clínicos. Profesora: Dra. Ma. Elena Zayas. UNISON. Navojoa, Sonora.</p>
<p>Determinación de plaguicidas organoclorados en suero sanguíneo en niños residentes en el Tobarito, Valle del Yaqui, Sonora.</p>	<p>En las 20 muestras del Tobarito no se detectaron lindano ni pp'-DDT, solo p,p'-DDE en el 40% de las muestras, en un rango de concentraciones desde 5.54 hasta 14.825 ppb. En las muestras obtenidas en Ciudad Obregón en el 42.65% de las mismas se detectó únicamente el pp'-DDE, en un rango de concentraciones de 1.98 a 14.88 ppb. Como se pudo observar en estos niños, el metabolito del p,p'-DDT (pp'-DDE) todavía se encuentra en el organismo de los menores de ambos poblados confirmando así el grado tan alto de persistencia de estos plaguicidas aunado a otros factores ambientales importantes tales como la exposición a las tierras de cultivo, la alimentación (grasas) y antecedentes alimentarios tales como la leche materna, que por su alto contenido graso, es muy probable que hayan sido transmitidos de madre a hijo con la lactancia.</p>	<p>Anabell Villarreal Barrón. 2007. Tesis Maestría en Recursos Naturales. Dra. Maria Mercedes Meza. ITSON. Cd. Obregón, Sonora.</p>

Título	Resumen	Datos bibliográficos
<p>Determinación de plaguicidas organoclorados (POC) en niños residentes del ejido Guadalupe Victoria, Valle del Yaqui, Sonora</p>	<p>En las 21 muestras analizadas sólo se detectó el p,p-DDE en el 66.66% de éstas, con un rango de concentraciones que fueron de menores a 0.1 ppb hasta 443.9 ppb ($\mu\text{g/L}$) y un promedio de 100 ppb. Los resultados obtenidos confirman la gran persistencia del p,p-DDE y el que su presencia en el suero de estos niños sea probablemente debida a su exposición a través del suelo, leche materna y/o algunos alimentos con alto contenido de grasa.</p>	<p>Paulina Tapia Quirós. 2006. Tesis Profesional Químico. Profesora: María Mercedes Meza. ITSON. Ciudad Obregón, Sonora. (ANEXA)</p>
<p>Principales plaguicidas utilizados en el Valle del Yaqui, Sonora, y su impacto en la salud, por su uso y manejo en el periodo 1995-1999</p>	<p>Los agroquímicos utilizados de mayor aplicación fueron los herbicidas (34%), carbamatos (27.53%), organofosforados (27.53%), fungicidas, organoclorados y piretroides. El total de ingrediente activo fue de 3,146,616 kg. En 1988 fue el año que mas se utilizó i.a. con un total de 806,123 kg. Se detectaron aplasia medular, leucemia aguda, y linfoma no Hodkin.</p>	<p>Leticia Valenzuela Gomez. 2000. Tesis Profesional. Químico. Profesora Ma. Mercedes Meza. ITSON. Ciudad Obregón, Sonora (ANEXA)</p>
<p>Estudio preliminar para la determinación de plaguicidas organoclorados en suero sanguíneo de niños residentes del Valle del</p>	<p>Se detectó DDT y DDE en muestras de suero sanguíneo de niños residentes del Valle del Yaqui , la zona con niveles mas altos fue Quetchehueca, Sonora (promedio de 0.8 ppb). La zona control (Tesopaco, Sonora) tuvo niveles mas altos que el valle del Yaqui (promedio de 12 ppb) posiblemente por el uso de DDT para el mosquito del paludismo.</p>	<p>Alma Delia Soto Alvarado. 1998. Tesis Profesional. Químico. Profesora: María Mercedes Meza. ITSON. Ciudad Obregón,</p>

Título	Resumen	Datos bibliográficos
Yaqui, Sonora, México		Sonora. (ANEXA)
Estudio preliminar de plaguicidas y metales pesados en agua potable y de uso general en el Valle del Yaqui, Sonora, México	Los valores obtenidos para fierro y manganeso en las muestras de agua procedentes de las comunidades de Bacúm y Quetchehueca rebasaron lo establecido en las NOM. Los plaguicidas organoclorados detectados fueron el lindano, que estuvo presente en las 3 comunidades agrícolas, el pp-DDD que se encontró en Quetchehueca y el pp-DDT y dieldrin detectados en Pueblo Yaqui . Los POC detectados en el agua del dren de Quetchehueca y Pueblo Yaqui fueron malatión y paratión metílico.	Idalia Enedina García Calleja. 1998. Tesis Profesional. Químico. Profesora: Maria Mercedes Meza. ITSON. Ciudad Obregón, Sonora.
Determinación del pasaje trasplacentario de plaguicidas de mujeres embarazadas a sus neonatos residentes en el pueblo Yaqui, Sonora, Mexico	Las mujeres bajo estudio estuvieron expuestas a las 3 vías de contaminación: inhalación, contacto e ingestión. Los plaguicidas alfa-HCH, gamma-HCH (lindano), HCB, dieldrin, endrin y DDE se detectaron en las muestras de sangre materna, líquido amniótico y cordón umbilical.	María del Carmen Ramírez Pardo. 1997. Tesis Profesional. Químico. Profesora Ma. Mercedes Meza. ITSON. Ciudad Obregón, Sonora (ANEXA)
Contaminación por plaguicidas en el acuífero del Valle del Yaqui, Sonora, México	El paratión metílico fue el mas utilizado en los cultivos de primavera verano, mientras que el Difenzoquat (Mataven-15) lo fue en los cultivos de invierno, observandose la aplicación de 38.5 l de lindano en cultivos de primavera-verano. Los plaguicidas que se detectaron en el agua subterránea del Valle del Yaqui fueron: en agua potable HCH, dieldrin, endrin, DDE, DDT. En agua para uso agrícola: HCH, Dieldrin, Endrin, DDE, DDT y Heptacloroepoxido. En agua de pozos de	Rodrigo Gonzalez Enriquez. 1991. Tesis Maestría. Administración de Recursos Hidráulicos. ITSON. Ciudad Obregón,

Título	Resumen	Datos bibliográficos
	observación: HCH, DDE, DDD, Endrin, y Dieldrin.	Sonora (ANEXA)
Estudio de las principales fuentes de contaminación por plaguicidas en neonatos-lactantes residentes en Pueblo Yaqui, Sonora, México.	<p>Los plaguicidas detectados en la sangre de los neonatos fueron: deildrín, lindano, p,p-DDE, ∞-HCH, endrín, o,p-DDE, p,p-DDT, δ-HCH y BHC; con las siguientes concentraciones promedio: 0.1597, 0.0844, 0.0309, 0.03, 0.03, 0.02189, 0.00793, 0.00454, 0.00386, 0.00294 ppm respectivamente. En la leche materna se identificaron los siguientes plaguicidas: pp-DDE, heptacoloro, ∞-HCH, lindano, BHC, endrín, δ-HCH, β-HCH, aldrín, p,p-DDT, heptacoloro epóxi, o,p-DDD, dieldrín, y o,p-DDT; cuyas concentraciones medias fueron: 6.31, 1.269, 0.8599, 0.671, 0.627, 0.5238, 0.4432, 0.3791, 0.2363, 0.2089, 0.08, 0.0687, 0.0487 y 0.002 ppm. Estas concentraciones sobrepasaron los límites establecidos por la FAO/OMS. A los 3 meses de vida se identificaron los siguientes plaguicidas, detectándose en este periodo un mayor número en la sangre de estos lactantes: ∞-HCH, lindano, δ-HCH, BHC, aldrín, endrín, dieldrín, pp-DDE, o,p-DDE y p,p-DDT y presentaron las siguientes concentraciones promedio: 0.0025, 0.03, 0.037, 0.00424, 0.0031, 0.0974, 0.08312, 0.01489, 0.0075 y 0.0044 ppm. A los seis meses tales sustancias permanecieron presentes, solo que algunas se transformaron en productos de degradación por lo que se identificaron 7 POCl, estos fueron: ∞-HCH, lindano, δ-HCH, heptacoloro, BHC, endrín, pp-DDE, con las siguientes concentraciones promedio: 0.0045, 0.0414, 0.0482, 0.00263, 0.01099, 0.0094 y 0.0123 ppm. Además de que se encontró que las concentraciones</p>	<p>Mónica Liliana García Bañuelos. 1991.</p> <p>Tesis Profesional Químico. Profesora: Mercedes Meza Montenegro. ITSON. Ciudad Obregón, Sonora. (ANEXA)</p>

Título	Resumen	Datos bibliográficos
	correspondientes al lindano y al dieldrín sobrepasaron a las detectadas en estudios de determinación de plaguicidas en personas con exposición normal.	
<i>Estudio preliminar sobre la presencia de plaguicidas organoclorados en leche materna de residentes de Pueblo Yaqui, Sonora, México.</i>	Los resultados mostraron que el 85.71% de las muestras analizadas presentaron de 1 a 3 plaguicidas. Los compuestos detectados fueron: aldrín, α -HCH, (lindano), δ -HCH, DDT-técnico y p,p-DDE con una Concentración promedio de 0.06, 0.08, 0.11, 0.17, 0.27 y 1.90 ppm, respectivamente. Además los niveles de lindano, DDT-técnico y pp-DDE se encontraron en concentraciones superiores a los límites establecidos para leche por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS).	Blanca Lorenia Reyes Blanco. 1990. Tesis Profesional. Químico. Profesora: Ma. Mercedes Meza.
Determinación de plaguicidas organoclorados por cromatografía gas-liquido en moluscos bivalvos en el sistema estuarino La Atanasia Santo Domingo, Valle del Yaqui.	Los plaguicidas identificados fueron: delta HCH, isomero del lindano, DDE, heptacloro epóxido y endrín, en un rango de concentración de 0.0068 ppm a 0.064 ppm con una incidencia de 1-3 plaguicidas por muestran.	Lidia Janet Sainz Covarrubias. 1989. Tesis Profesional. Químico. Profesora Ma. Mercedes Meza. ITSON. Ciudad Obregón, Sonora (ANEXA)
Evaluación de exposición a plaguicidas en líquidos corporales de		Ana Arely Villegas Castro y Lidia Sarai Guitrón Ochoa. 2004. Tesis

Título	Resumen	Datos bibliográficos
residentes masculinos del sur de Sonora.		Profesional. Químico Biólogo, Especialidad Análisis Clínicos. Depto de Cs. Químico Biológicas de la Universidad de Sonora.
Insecticide Residues in stored grains in Sonora, Mexico: quantification and toxicity testing	Se encontraron trazas de malatión (11.1 ppb), clorpirifos (5.8 ppb), deltametrina (97.7 ppb), cipermetrina (70.9 ppb), DDE (11.9 ppb), DDD (2.2 ppb) y DDT (4.0 ppb) en granos de trigo. Los niveles encontrados estuvieron por debajo del máximo permitido, con excepción de cipermetrina.	Aldana, M.L., Valdez-Hurtado, S., Vargas-Valdez, N.D., Salazar-Lopez, N.J., Silveira-Gramont, M.I., Loarca-Piña, F.G., Rodríguez-Olibarria, G., Wong-Corral, F.J., Borboa-Flores, J., Burgos-Hernández, A., 2008. Insecticide Residues in stored grains in Sonora, Mexico: quantification and Toxicity testing. Bulletin of Environmental

Título	Resumen	Datos bibliográficos
		Contamination and Toxicology. 80 93-96.
Presence of insecticides in shrimp farms adjacent to the sea of Cortes: detection, quantification and toxicity testing	Los resultados indican que los niveles de insecticidas encontrados en el ambiente de la granja pueden contribuir a la reducción en producción.	Burgos-Hernández, A.,Zapien, M.G.L.,Madrid, M.L.A.,Sifuentes, C.O.G.,Gil, C.I.M.,Burgos, E.C.R.,Olivas, R.R., 2006. Presence of insecticides in shrimp farms adjacent to the sea of cortes: detection, quantification, and toxicity testing. Eur Food Res Technol. 222 380-384.
Apuntes sobre los plaguicidas: un análisis de sus características, usos, impactos y situación en el Valle del Yaqui	En el presente trabajo se hace un análisis profundo de los plaguicidas, abordando el tema desde sus antecedentes históricos, sus características y propiedades, su legislación, sus impactos en el ambiente y salud, así como su situación en el Valle del Yaqui.	Villa-Ibarra, M.,Suárez, A.E.F.,Zabech, M.H.B.,Zurita, O.R.B.,Enriquez, R.G.,Andrade, H.H., 2006. APUNTES SOBRE LOS PLAGUICIDAS:

Título	Resumen	Datos bibliográficos
		<p>Un análisis de sus características, usos, impactos y situación en el Valle del Yaqui. ITESCA. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, Cd. Obregón Sonora.</p>
<p>Detection and quantification of insecticides in shrimp grown in a coastal farm in Sonora, Mexico</p>	<p>Se detectaron lindano, DDD, DDE, metoxicloro, endrin, DDT, heptacloro, endosulfan, malation, parathion y clorpirifos. Malation y paratión) se encontraron en mayores concentraciones en camarón (hasta 35 y 12 ppb respectivamente, independientemente de la fuente y el mes de colecta</p>	<p>Burgos-Hernández, A.,Sifuentes, C.O.G.,Madrid, M.L.A.,Meza-Montenegro, M.M., 2005. Detection and quantification of insecticides in shrimp grown in a coastal farm in Sonora, Mexico. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 74 335-341.</p>
<p>Presence of carbamate</p>	<p>En agua de pozo se encontró contaminación con metiocarb de 5.4 ppb y en agua superficial se</p>	<p>García-de-Llasera,</p>

Título	Resumen	Datos bibliográficos
pesticides in environmental waters from the Northwest of Mexico: Determination by Liquid Chromatography	detectaron 18ppb de 3-hdroxicarbofurano	M.P.,Bernal-González, M., 2001. Presence of carbamate pesticides in environmental waters from the Northwest of Mexico: detemination by liquid chromatography. Wat. Res., 35 8,1933-1940.

3.3.2 PATRÓN DE USO DE PLAGUICIDAS

En la Tabla 2 se presentan los nombres comunes de los plaguicidas mas utilizados y las plagas a las que combaten. Esta información se obtuvo por medio de entrevistas con ingenieros de las Uniones de Crédito del Valle del Yaqui en Julio del 2008.

Debido a la intensidad de las plagas en esta temporada (2007-2008) se hicieron al menos dos aplicaciones del plaguicida Dimetoato en trigo. Considerando que se sembraron 177,719 ha de trigo (Tabla 3 y Tabla 4) se calcula que se aplicaron aproximadamente 355,438 lts de este plaguicida en el valle del Yaqui en la temporada pasada.

Tabla 2. Listado de insecticidas y dosis utilizadas para las diferentes plagas que ocurren en el Valle agrícola del Yaqui (información derivada de entrevistas)

Tipo de cultivo	Plaga	Insecticidas (Ingrediente activo)	Dosis
TRIGO	Pulgón de cogollo y cultivos aislados con pulgón de la espiga	Organofosforados	
		Dimetoato	1 Lt/ha
		Paratión metílico polvo del 2-5%	10 Kg/ha
		Metamidofos	1 L/ha
		Piretroides	
		Lambda-cyhalotrina	1 Lt/3ha
CÁRTAMO	Gusano trozador	Organofosforados	
		Clorpirifos	1 Lt/ha
		Metamidofos	1 Lt/ha
	Gusano del fruto	Piretroides	
		Lambda-cyhalotrina	1 Lt/3ha
	Pulgón	Organofosforados	
		Metamidofos	1 Lt/ha
		Carbamato	
		Metomilo	1 Lt/ha
GARBANZO	Minador de la hoja	Organofosforados	
		Metamidofos	1 Lt/ha
		Clorpirifos	1 Lt/ha
		Piretroides	
		Lambda-cyhalotrina	1 Lt/3ha
	Gusano del fruto	Benzoylurea	
		Novaluron	200 ml/ha
	Gusano soldado	Organofosforados	
		Clorpirifos	1 Lt/ha

Tipo de cultivo	Plaga	Insecticidas (Ingrediente activo)	Dosis
MAÍZ	Gusano trozador	Organofosforados	
		Metamidofos	1 Lt/ha
		Clorpirifos	1 Lt/ha
		Benzoylurea	
		Novaluron	200 ml/ha
	Gusano cogollero	Piretroides	
		Permetrina	8-10 kg/ha
		Organofosforado	
		Clorpirifos	1 Lt/ha
	Gusano elotero	Carbamatos	
		Triodicarb	400 g
		Piretroides	
		Deltametrina	½ Lt/ha
	Pulgón	Organofosforado	
	Metamidofos	1 Lt/ha	
Tratamiento de semilla	Carbamatos		
	Triodicarb	2 ½ Lt/100 kg	
CÍTRICOS	Chupadores	Organofosforado	
		Dioxation	
		Dimetoato	
ALGODÓN	Gusano	Organoclorado	
		Endosulfan	2-4 Lt/ha

Tabla 3. Número de hectáreas sembradas en el ciclo 2007-2008 de los diferentes cultivos en el Valle del Yaqui (SAGARPA, 2008)

Cultivo	Total (Ha)
Trigo	177,719
Maíz	13,734
Cártamo	13,272
Garbanzo	9,103
Hortalizas	8,957
Frijol	34
Forrajes	97
TOTAL	222,916

Tabla 4. Número de hectáreas sembradas en el ciclo Primavera-Verano 2007 en el Valle del Yaqui (SAGARPA, 2008)

Cultivo	Total (Ha)
Alfalfa	7,020
Forrajes	468
Algodón	1,824
Total	9,312

3.3.3 COMPARACIÓN CON ESTUDIOS PREVIOS DE PATRÓN DE USO DE PLAGUICIDAS

El Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) cuenta con un área dedicada al estudio de plaguicidas y sus efectos en salud humana. En el 2000 se terminó

una tesis de licenciatura titulada “Principales Plaguicidas Utilizados en el Valle del Yaqui, Sonora y su Impacto en la Salud por su uso y Manejo en el Periodo 1995-1999” por Leticia Valenzuela Gómez y asesorada por la Dra. Maria Mercedes Meza Montenegro.

A continuación se presenta un resumen de sus resultados y una comparación con los datos actuales en la Tabla 5.

Tabla 5. Superficie sembrada (ha) de los principales cultivos en el Valle del Yaqui de 1995 a 1999 (Valenzuela-Gomez, 2000)

Cultivo	1995	1996	1997	1998	1999	Promedio
Trigo	140,045	90,124	122,150	119,536	117,133	117,717
Maíz	63,682	122,045	76,833	38,214	38,214	67,798
Algodón	33,032	39,650	24,326	25,511	25,511	29,606
Cártamo	9,690	21,171	26,229	39,271	39,271	27,126
Hortalizas	6,664	7,981	10,196	15,055	15,055	10,990
Sorgo	3,742	25,249	10,295	117	117	7,904
Soya	24,864	81				12,473
Garbanzo	1,080	3,818	2,707	1,004	1,004	1,923
Frijol	118	67		2,555	2,555	1,324
Cebada	360	800	671	12	12	371
Ajonjolí	4		221			113
Nogal	137					137
Promedio	283,418	310,986	273,628	240,872	238,872	269,555

Comparando con los valores actuales, el trigo sigue siendo el principal cultivo, incluso, aumentó de 117,000 en los 90s a 178,000 ha actuales. La alfalfa se incrementó de cero a 7,000 ha, y el garbanzo de 2,000 a 9,000 hectáreas. Los cultivos que disminuyeron fueron el maíz, que bajó de 68,000 ha en los 90's a alrededor de 14,000 en el presente ciclo, el algodón también bajó de casi 30,000 hectáreas a solo 1,800 ha y el cultivo de la soya se dejó de sembrar a partir de 1997 en respuesta a los problemas de la mosquita blanca.

El uso de plaguicidas en trigo ha tenido poca variación (Tabla 6). En 1997 cambió de ometoato a dimetoato y la dosis se incrementa por lo que se utilizan más litros a partir de 1997 hasta la fecha.

Tabla 6. Utilización de plaguicidas en trigo en el periodo de 1995-1999 (Lts) (Valenzuela-Gomez, 2000)

Plaguicida	Nombre químico	Grupo toxicológico	1995	1996	1997	1998	1999
Folimat 1200	Ometoato	OP	70,02 2	45,06 2			
Dimetoato	Dimetoato	OP			122,15 0	119,536	117,133

3.4 BIBLIOGRAFÍA

SAGARPA. 2008. *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>.

Leticia Valenzuela Gomez. 2000. Principales plaguicidas utilizados en el Valle del Yaqui, Sonora, y su impacto en la salud, por su uso y manejo en el periodo 1995-1999. Tesis Profesional. Químico. Profesora Ma. Mercedes Meza. ITSON. Ciudad Obregón, Sonora.

4 ELECCIÓN DE LAS MATRICES AMBIENTALES A MUESTREAR

En la zona del Valle del Yaqui se aplicaron grandes cantidades de COP que tardan mucho tiempo en degradarse. Adicionalmente, algunos de los productos de la degradación de los COP son motivo de preocupación. La persistencia de estos compuestos combinada con su propensión a integrarse en la cadena alimenticia, convierte a estos contaminantes en una amenaza a la salud de los ecosistemas y del hombre.

Aunque actualmente en el Valle del Yaqui, la estrategia en el uso de plaguicidas ha seguido la tendencia mundial al reemplazar el uso de COP con plaguicidas menos persistentes como los organofosforados entre otros, se estima que fueron tan grandes las cantidades aplicadas de COP en décadas pasadas que aún representan una amenaza.

El Koc describe la afinidad de sorción que una sustancia tiene por el carbón orgánico y consecuentemente la tendencia de los compuestos para ser absorbidos por el suelo o el sedimento (con referencia a el contenido de carbón orgánico del suelo o del sedimento). Este coeficiente regularmente se refiere como un coeficiente de adsorción. Un alto valor de Koc indica que los enlaces orgánicos de la sustancia están fuertemente unidos a la materia orgánica del suelo, por tanto muy poco material de una sustancia con alto Koc se podría movilizar al agua subterránea o de superficie. Por ejemplo, para el p-p DDT se han reportado valores de Koc de 140 mil hasta 1, 800, 000, en el caso del clordano se cuentan con valores de Koc de hasta 370 mil (Ritter *et al.*, 1995). Por lo anterior se considera que el suelo y el sedimento son las matrices más idoneas para muestrear COP.

Adicionalmente es de interés conocer la posible incorporación de los COP en la cadena alimenticia por lo que se decidió incluir como matrices biológicas peces de consumo local y batracios de la región.

5 ELECCIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO

Para la determinación de los sitios de muestreo, se tomo en consideración el impacto directo a la población que habita el Valle del Yaqui y la cobertura de una distribución geográfica amplia. Por ello, se seleccionaron diferentes estratos denominados como sigue:

1. Suelos, que incluye a escuelas, parques, y campos deportivos.
2. Sedimentos que incluyen sedimentos de río y sedimentos marinos y
3. Tejidos de peces y de batracios.

Se debe aclarar que los sitios de muestreo fueron seleccionados en función de obtener sitios con una fuerte conexión a los humanos y en particular con fuerte presencia de niños. Se considera que los niños por sus actividades y condiciones metabólicas son una población vulnerable a la acción de los contaminantes estudiados.

Por esta razón, se buscaron sitios cercanos a escuelas primarias, a campos de juego para niños y a parques deportivos. Adicionalmente, se tomó la decisión de no muestrear en sitios agrícolas o de uso agrícola directo debido a que estos terrenos son fuertemente removidos año con año por los trabajos derivados de la labor agrícola y por lo tanto, exponen estos compuestos a los procesos de transferencia a la atmósfera en función de su semi-volatilidad característica

6 PLAN DE MUESTREO PRELIMINAR

Para el cumplimiento de los objetivos planteados, se estableció una red de

muestreo para la obtención de muestras de suelo, sedimentos de río, sedimentos marinos así como de organismos.

En la Figura 1, se observa la distribución espacial de las estaciones consideradas en el plan de muestreo para el presente estudio. Los círculos señalan los sitios donde se tomarán las muestras de suelo (Tabla 7), los rombos señalan los sitios donde se tomarán los sedimentos de río (Tabla 8) y los numero sombreados en color amarillo los sitios donde se tomarán los sedimentos marinos (Tabla 9). ¡Error! Marcador no definido.

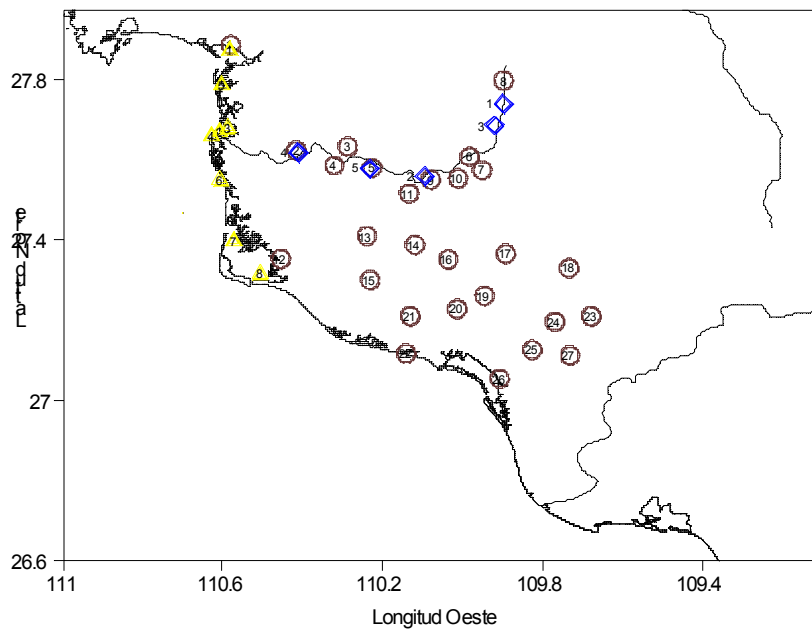


Figura 2. Distribución espacial de las estaciones del plan de muestreo

Para el muestreo de organismos, al ser la primera aproximación, siempre que sea posible se obtendrán especímenes frescos de los sitios cercanos a la colecta del sedimento de río y de la zona costera. La adquisición puede ser mediante compra

Tabla 7. Coordenadas para la colecta de muestras de suelo

Localidad		Longitud	Latitud
Estacion	Comunidades		
1	Guasima	-110.5802	27.8868
2	Potam	-110.4172	27.6252
3	Vicam	-110.2889	27.6348
4	Oronio	-110.3225	27.5866
5	Torin	-110.2277	27.5809
6	Loma de Huamo chic	-109.9852	27.6088
7	Cocorit	-109.9539	27.5744
8	Buena Vista	-109.9005	27.7991
9	Bacum	-110.0824	27.5507
10	Santa Teresa	-110.0140	27.5534
11	La Cancha	-110.1362	27.5163
12	Liliba	-110.4554	27.3537
13	Colonia militar	-110.2411	27.4105
14	Yaqui	-110.1215	27.3888
15	Bachomobampo	-110.2333	27.3013
16	El Tobarito	-110.0385	27.3522
17	Primero de Mayo	-109.8954	27.3662
18	Fundicion	-109.7376	27.3304
19	Quechhueca	-109.9482	27.2623
20	Ejido Morelos 2	-110.0163	27.2291
21	Villa Guadalupe	-110.1333	27.2118
22	San José	-110.1436	27.1186
23	Tesopaco	-109.6825	27.2111
24	Colonia Jecopaco	-109.7726	27.1975
25	Villa Juárez	-109.8292	27.1276

26	El paredoncito	-109.9107	27.0559
27	Agua Blanca	-109.7351	27.1137

Tabla 8. Coordenadas para la colecta de muestras de sedimento de río

Estación	Localidad	Longitud	Latitud
1	Río Yaqui 1	-109.9010	27.7413
2	Río Yaqui 2	-110.0974	27.5597
3	Río Yaqui 3	-109.9229	27.6887
4	Río Yaqui 4	-110.4127	27.6211
5	Río Yaqui 5	-110.2343	27.5789

Tabla 9. Coordenadas para la colecta de muestras de sedimento marino

Estación	Localidad	Longitud	Latitud
1	Bahía Guasimas	-110.5842	27.8750
2	Estero Santo Domingo 1	-110.6078	27.6718
3	Estero Santo Domingo 2	-110.5879	27.6807
4	Estero Santo Domingo 3	-110.6289	27.6619
5	Estero Río Muerto	-110.6029	27.7874
6	Estero La Baira	-110.6054	27.5491
7	Estero Los Lobos 1	-110.5742	27.3992
8	Estero Los Lobos 2	-110.5074	27.3147

6.1 PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

Debido a la alta variabilidad de las muestras de suelo, se diseñó un arreglo de cuerdas de 3 m de ancho X 4 m de largo y dividido en cuadrados de 1m por cuadrado. Ese arreglo se coloca en el sitio de muestreo y se procedía a numerar cada cuadro de manera indistinta desde el número 1 hasta el 12. Se retiraban tres números al azar de estos 12 y los números seleccionados indicaban el cuadrante que sería muestreado. Se procedía a escarbar en cada uno de esos

tres cuadrantes seleccionados hasta profundidades de alrededor de 15 a 20 cm de profundidad. Se utilizó este criterio ya que se conoce que la movilidad vertical de los organoclorados es relativamente baja por su carácter hidrofóbico (Vega et al., 2007). Las tres sub muestras llenaban hasta el borde tres recipientes idénticos y se transferían a un recipiente adicional en donde las tres sub muestras se mezclan exhaustivamente y una vez mezcladas, se utilizaron para coleccionar las muestras compuestas que representan al sitio muestreado. Un procedimiento similar se siguió para las muestras de metales trazas.

7 MÉTODOS DE MUESTREO, DE ANÁLISIS ASÍ COMO LOS PROTOCOLOS DE CONTROL DE CALIDAD

7.1 SUELOS Y SEDIMENTOS

7.1.1 MUESTREO

Dependiendo de cómo se coleccionen las muestras, puede afectar la representatividad del muestreo y de la muestra misma. De igual manera, entre mas grande sea el número de muestras y el volumen o tamaño de muestra se incrementa, mas representativa se vuelve la muestra, sin embargo esto es frecuentemente controlado por las necesidades y restricciones del presupuesto. En este caso particular, y debido a que frecuentemente, los contaminantes insolubles en agua son encontrados en profundidades no muy grandes del suelo (EPA 540/R-95/141), se propone coleccionar en los primeros 6 cm de profundidad. Adicionalmente, se reconoce que para suelos contaminados con especies orgánicas, las cucharas de dragado a utilizar estarán hechas generalmente, de acero inoxidable, y para suelos contaminados con especies inorgánicas,

deberían estar hechas de polietileno de alta densidad. Los dispositivos de muestreo serán descontaminados entre muestras sucesivas para evitar la contaminación cruzada.

Previo a la toma de muestras, todo el material a emplearse para la colecta, así como para el almacenamiento temporal de las muestras será previamente tratado para evitar contaminación de las muestras durante la campaña de muestreo. La limpieza del material de vidrio consistirá en el lavado del material con una solución de jabón micro al 2 %, seguida de varios lavados con agua corriente y finalmente un enjuague con agua destilada. Posteriormente, el material se seca al aire dentro de una campana de extracción y, finalmente, será cubierto de aluminio para su calcinación a 400 °C durante tres horas a fin de eliminar todo material o compuesto orgánico que pueda interferir con el análisis de pesticidas.

Las muestras de suelo fueron colectadas utilizando recipientes de acero inoxidable en los que se colectaron las muestras iniciales con las que se generó la muestra compuesta para los COP. Para metales traza se utilizaron recipientes de plástico y muestras compuestas colectadas de manera similar. Las muestras de suelos fueron sacadas del congelador, se dejan alcanzar temperatura ambiente y luego se trituran con mortero y mano de mortero de ágata. Cada muestra es posteriormente tamizada (tamiz de 1 mm) y secadas a temperatura baja (40 oC) hasta peso constante. Una vez homogenizadas y secas, se guardan recipientes de vidrio ámbar hasta su utilización en el laboratorio.

La toma de muestras de los sedimentos marinos y de río consistirá en la colecta de los sedimentos superficiales, para lo cual, se utilizara una draga Van Veen de 3 kg de capacidad, de la cual, se colectaran aproximadamente 100 g de sedimento con una cuchara de metal para muestras a usarse en determinación de DDTs y PCBs. El material a usarse es el comprendido en la capa superficial (los primeros 3 a 4 cm) en frascos de vidrio ámbar provistos con sellos de teflón. Las muestras colectadas serán mantenidas en refrigeración (con hielo) durante su transporte al laboratorio, en donde serán congeladas a -10 °C hasta su

análisis.

7.1.2 METODO ANALITICO

El siguiente método fue empleado tanto para suelos como para sedimentos en el laboratorio

Las muestras fueron analizadas por la técnica propuesta por Zeng y Vista (1997), que se resume de la siguiente manera:., previo al análisis las muestras son preparadas mediante el secado de las mismas a temperatura ambiente, o en estufa a una temperatura de aproximadamente 45°C, homogenizadas y almacenadas en frascos de vidrio. Para la extracción de los compuestos, aproximadamente 30 g de muestra (suelo/sedimento) son colocados en dedales de porcelana, fortificados con el surrogado, y puestos a extracción soxhlet con 200 ml de diclorometano durante 12 hrs; colocando bolas de fibra de cobre dentro de los matrazes colectores a fin de eliminar las interferencias por azufre. Posteriormente, las muestras son concentradas hasta un volumen aproximado de 1 ml, utilizando columnas snyder en baño maría de ~50°C. El extracto obtenido, es 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 UAP.

La separación y purificación del extracto se realizó por cromatografía líquida en una columna cromatográfica de 11 × 300 mm. La columna se empacó en secuencia con un tapón de fibra de vidrio, 0.5 cm de altura de arena calcinada, 12 cm de gel de sílice desactivado al 3% con agua (grado HPLC) en suspensión con hexano, 6 cm de alúmina desactivada al 3% con agua (grado HPLC) en suspensión con hexano y 0.5 cm de arena calcinada. El extracto fue transferido (0.5 mL) a la columna y se eluyó en secuencia con 15 mL de hexano, para extraer la fracción alifática, y posteriormente con 40 mL de hexano:diclorometano (70:30 v/v) para extraer los hidrocarburos aromáticos y los organo clorados. Ambas fracciones fueron concentradas a 0.5 mL.

Las muestras de organismos propuestas para PRONAME, incluyen peces y batracios (sapos). Como es el caso y como primera aproximación, siempre que sea posible se obtendrán especímenes frescos de los sitios cercanos a la colecta del sedimento de río y de la zona costera. La adquisición puede ser mediante compra. Dado que no hay aún un acuerdo en cuanto al tipo de pez a utilizar, se propone utilizar aquellos que son de consumo humano tales como bagres, carpas o lisas típicamente presentes en el río Yaqui.

7.2 ANÁLISIS DE MUESTRAS DE ORGANISMOS

Para el análisis de las muestras de organismos, se toman aproximadamente 10 g de tejido (hígado o musculo) y se homogenizan con 10 g de sulfato de sodio anhidro. La mezcla obtenida es colocada en dedales de celulosa y es sometida a una extracción soxhlet por 12 horas con una mezcla diclorometano:hexano (v/v) 3:1. Posteriormente, el extracto obtenido es concentrado a un volumen aproximado de 2 ml, utilizando columnas snyder en baño maria a 50 °C (Stoichev et al., 2005). El extracto concentrado es transferido a un tubo de concentración mediante varios enjuagues con hexano y es concentrado a aproximadamente a 1ml utilizando un flujo de nitrógeno UAP.

7.2.1 SEPARACIÓN Y LIMPIEZA DEL EXTRACTO

La separación y limpieza del extracto se realiza mediante cromatografía líquida. Para los bifenil policlorados y plaguicidas mas estables, la limpieza se hace con silica gel impregnada con acido sulfúrico, mientras que para los plaguicidas no estables al acido, la limpieza es hecha con capas superpuestas de alúmina, silica y florisil impregnadas con una solución metanólica de hidróxido de potasio (KOH) que son sucesivamente utilizadas (Manirakiza et al., 2001)

Las fracciones se colectan en un matraz de 100 ml. El volumen obtenido es concentrado por rotaevaporación a un volumen aproximado de 2 ml. El extracto es transferido a un tubo de concentración graduado mediante varios enjuagues con hexano. Posteriormente, se concentra a un volumen final de 0.5 ml con nitrógeno grado UAP. Las fracciones obtenidas son inyectadas en el cromatógrafo de gases con detector de captura de electrones (CG/ECD).

7.3 HIDROCARBUROS CLORADOS

Los plaguicidas y BPCs se analizan en un cromatógrafo de gases HP 6890 Plus, equipado con un detector de captura de electrones (GC/ECD). Las muestras se inyectan con un automuestreador en modo splitless (tiempo de retardo del solvente: 0.75 min) en una columna capilar de sílica fundida DB-XXLB de 60 m de longitud, 320 μm de diámetro y 0.25 μm de espesor. La temperatura de la columna se programa de 60°C a 300°C (25 min), con tres rampas de temperatura, la primera a 150°C (15°C min⁻¹), la segunda a 250°C (2°C min⁻¹) y la tercera de 300°C (5°C min⁻¹), con un tiempo total de corrida de 92 min. Como gas acarreador se usa Helio a una presión constante de 25 Psi. La temperatura del inyector se mantiene a 275°C y la del detector a 325°C.

7.4 CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad se incluye en un grupo de 10 muestras, que conforman una corrida, la cual va acompañada por un blanco de procedimiento y un estándar de referencia. A cada una de las muestras se les adiciona estándar interno y estándar de recuperación, de manera que la eficiencia del procedimiento se puede seguir a través del cálculo del porcentaje de recuperación (Tabla 10). El análisis de los blancos, permite identificar si en alguno de los procedimientos estamos agregando COP, en alguna de las etapas del análisis de las muestras.

Si los diferentes controles no son alcanzados, como lo son la presencia de un blanco contaminado, o bien una recuperación menor al 65% en promedio, entonces el set de muestras se vuelve a analizar desde el principio.

Tabla 10. Muestras a analizar y controles de calidad de la zona de estudio

Matriz	Numero de muestras	Replicas	Blancos	Estándar de referencia
Suelo	27	3	4	3
Sedimento (marino y de rio)	13	2	3	2
Organismos	10	1	2	1

8 MUESTREO DE INSPECCIÓN

Previo al muestreo de inspección se realizaron dos reuniones de coordinación para ultimar detalles del proyecto

8.1 REUNIÓN TÉCNICA DEL 30 DE JULIO

Esta reunión se realizó en las instalaciones de la Delegación de SEMARNAT en Hermosillo, Sonora. Con la siguiente agenda

Hora	Tema	Responsable
11:00	Inicio de la reunión	
11:05	Ronda de presentaciones de los asistentes	
11:10	Presentación del proyecto Diagnóstico de COP en el Valle del Yaqui Objetivos Metas	INE
11:30	Experiencias del “Diagnóstico del estado de salud de los ecosistemas del sur de Sonora”	CIAD Guaymas
12:00	Propuesta de trabajo para determinar los patrones de uso de plaguicidas en el Valle del Yaqui Resultados parciales Recomendaciones	CIAD Guaymas
12:30	Discusión	Todos
12:45	Receso	
13:00	Capacidad analítica, muestreos ambientales y control de calidad Presentación del Plan de trabajo	UABC
13:45	Discusión sobre posibles sitios de muestreo y	Todos

	facilidades en la toma de muestra	
14:30	Lectura de acuerdos	Todos

Las Instituciones que asistieron a la reunión fueron:

Instituto Nacional de Ecología

Delegación de SEMARNAT en Sonora

Delegación de SAGARPA en Sonora

Delegación de la Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios en Sonora

Instituto Tecnológico de Sonora

Instituto Tecnológico Superior de Cajeme

Universidad Autónoma del Estado de Baja California, Instituto de Investigaciones Oceanológicas

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Guaymas

8.2 REUNIÓN PÚBLICA DEL 31 DE JULIO

Esta reunión se realizó en las instalaciones del Centro Ecológico del Estado de Sonora. Con la siguiente agenda

Hora	Tema	Responsable
10:00	Inicio de la reunión	
10:10	Palabras de bienvenida de la Delegación de SEMARNAT en Sonora	SEMARNAT Sonora
	Importancia de la Gestión de los Compuestos Orgánicos Persistentes Programa de Monitoreo y Evaluación Ambiental Convenio de Estocolmo Diagnóstico de COP en el Valle del Yaqui	INE
	Uso de plaguicidas en el Valle del Yaqui Importancia del conocimiento del uso de plaguicidas Necesidades de información	CIAD Guaymas
	Monitoreo ambiental de los Compuestos Orgánicos Persistentes en el Valle del Yaqui Importancia del conocimiento de las concentraciones ambientales Sitios de muestreo	UABC

Las Instituciones que asistieron a la reunión fueron:

Instituto Nacional de Ecología

Delegación de SEMARNAT en Sonora

Delegación de SAGARPA en Sonora

Delegación de la Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios en Sonora

Instituto Tecnológico de Sonora

Instituto Tecnológico Superior de Cajeme

Universidad Autónoma del Estado de Baja California, Instituto de Investigaciones Oceanológicas

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Guaymas

Universidad de Sonora

Asociación Mexicana de la Industria Fitosanitaria, A.C.

Red Fronteriza de Salud y Ambiente, A.C.

Cobanaras Federación Estatal de Sociedades de Solidaridad Social S., de S.S.

Comisión para la Atención de los Pueblos Indígenas de Sonora

Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Sonora

Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora

Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Yaqui

Cabe destacar las sugerencias del Instituto Tecnológico de Sonora y del Instituto Tecnológico Superior de Cajeme al presente diagnóstico sobre la conveniencia de cambiar algunos sitios de muestreo. Durante las reuniones también se identificó capacidades analíticas en materia de COP por parte de las Instituciones académicas del estado que serán de gran importancia en futuros

estudios

8.3 CAMPAÑA DE MUESTREO DE INSPECCIÓN

El muestreo de inspección fue realizado en base al mapa de agroclimas de la región en la fecha del 8 al 17 de agosto de 2008. Para la llevar a cabo dicho muestreo se contó con la colaboración del Centro de Estudios en Alimetos A.C. Unidad Guaymas (CIAD) quien apoyo la logistica al contratar un guía de la región para agilizar los trabajos de ubicación de los sitios de muestreo y evitar demoras. Adicionalmente, Personal del CIAD apoyo en la toma de algunas muestras de sedimentos marinos.

Con base en las recomendaciones realizadas durante las reuniones de julio en Hermosillo y en las condiciones de campo, los sitios definitivos del muestreo se muestran en la Figura 2. Los círculos pequeños señalan los sitios donde se tomaron las muestras de suelo (Tabla 11), los círculos verdes indican los sitios de colecta de sedimentos(Tabla 12), los cuadrados, los sitios donde se tomaran batracios (Tabla 13) y los rombos señalan los sitios donde se tomaron los peces (Tabla 14).

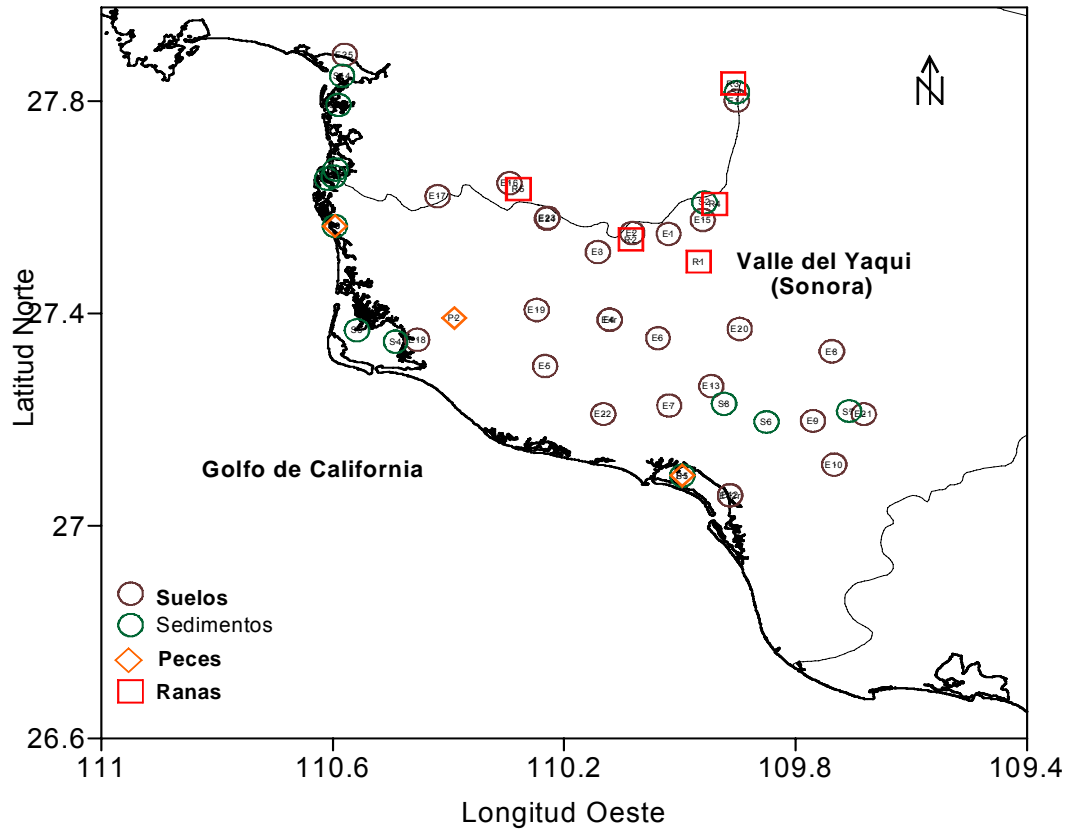


Figura 3. Sitios muestreados durante agosto del 2008 en el Valle del Yaqui, Sonora

Tabla 11. Sitios de muestreo en suelos del Valle del Yaqui

Estaciones de Suelo	Fecha	Localidad	Longitud	Latitud
E1	10-Ago-08	Santa Teresa - Tinajera	-110.01928	27.54958
E2	10-Ago-08	Bacum	-110.08263	27.55128
E3	10-Ago-08	San José de Bacum (La Cancha)	-110.14195	27.51533
E4	10-Ago-08	Ejido 1o de mayo	-110.12149	27.38828
E4r	10-Ago-08	Ejido 1o de mayo	-110.12155	27.38823
E5	10-Ago-08	Bachomobampo	-110.233	27.30121
E6	10-Ago-08	Yaqui	-110.0378	27.35356
E7	10-Ago-08	Ejido Morelos	-110.01823	27.22694
E8	11-Ago-08	Fundición	-109.73722	27.32889
E9	11-Ago-08	Col Jecopaco	-109.76977	27.19773
E10	11-Ago-08	Agua Blanca	-109.73321	27.11523
E11	11-Ago-08	Villa Juárez	-109.83151	27.12734
E12	11-Ago-08	El Paredoncito	-109.91311	27.05744
E12r	11-Ago-08	El Paredoncito	-109.91293	27.05737
E13	11-Ago-08	Quechhueca	-109.9453	27.26354
E14	12-Ago-08	Buena Vista	-109.90127	27.80055
E15	12-Ago-08	Cocorit	-109.95988	27.57577
E16	12-Ago-08	Vicam	-110.29436	27.64471

E17	12-Ago-08	Potam	-110.41848	27.6202
E18	12-Ago-08	Liliba	-110.45354	27.3506
E19	12-Ago-08	Col Militar	-110.24734	27.40665
E20	13-Ago-08	El Tobarito	-109.89629	27.37101
E21	13-Ago-08	Agustín Melgar (Tesopaco)	-109.68205	27.21047
E22	13-Ago-08	Villa Guadalupe	-110.1324	27.21069
E23	13-Ago-08	Torim	-110.22883	27.57973
E24	13-Ago-08	Torim (cauce del arroyo)	-110.22968	27.57806
E25	13-Ago-08	Guasima	-110.57968	27.88685

Tabla 12. Estaciones de colecta de sedimento. Valle del Yaqui

Estaciones de Sedimento	Fecha	Localidad	Longitud	Latitud
S1	12-Ago-08	Buena Vista	-109.90097	27.8166
S2	12-Ago-08	Cocorit	-109.95698	27.60852
S3	12-Ago-08	Bahía de Lobos I	-110.55857	27.36842
S4	12-Ago-08	Bahía de Lobos II	-110.49126	27.34702
S5	13-Ago-08	Estero el Tobarí	-109.99527	27.09442
S6	13-Ago-08	Arroyo Cocoraque	-109.8501	27.19575
S7	13-Ago-08	Canal Alto	-109.70742	27.21624
S8	13-Ago-08	Canal Bajo	-109.92331	27.23044

S9	15-Ago-08	Baira	-110.5965	27.56422
S10	15-Ago-08	Algodones I	-110.61017	27.65289
S11	15-Ago-08	Algodones II	-110.59886	27.65742
S12	15-Ago-08	Algodones III	-110.59553	27.67044
S13	15-Ago-08	Río Muerto	-110.59036	27.79258
S14	15-Ago-08	Guasima	-110.58422	27.84728

Tabla 13. Sitios de colecta de batracios en Valle del Yaqui, Sonora

Estaciones (batracios)	Fecha	Localidad	Longitud	Latitud
R1	13-Ago-08	Lago Nainari	-109.96685	27.49736
R2	13-Ago-08	Bacum	-110.08486	27.53916
R3	14-Ago-08	Buena Vista	-109.90732	27.83315
R4	14-Ago-08	Caseta Guaymas-Cd. Obregón	-109.93929	27.60578
R5	14-Ago-08	Vicam	-110.27882	27.63343

Tabla 14. Sitios de colecta de peces, Valle del Yaqui, Sonora

Estaciones (Peces)	Fecha	Localidad	Longitud	Latitud
P1	13-Ago-08	Estero el Tobarí	-109.99527	27.09442

P2	14-Ago-08	Lobos Dren	-110.38955	27.39167
P3	15-Ago-08	Baira	-110.5965	27.56422
P4	14-Ago-08	Buena Vista	-109.90732	27.83315
P5	15-Ago-08	Guasima	-110.58422	27.84728

8.4 MEMORIA FOTOGRÁFICA DEL MUESTREO



Figura 4. Sitio de muestreo de suelos



Figura 5. Sitio de muestreo de batracios



Figura 6. Sitio de muestreo



Figura 7. Ejido Primero de Mayo

9 RESULTADOS

Los resultados numéricos muestran lo siguiente; Por principio de cuentas, la siguiente Figura muestra la frecuencia con la que los diferentes plaguicidas OCs aparecieron en las muestras de suelos de la región.

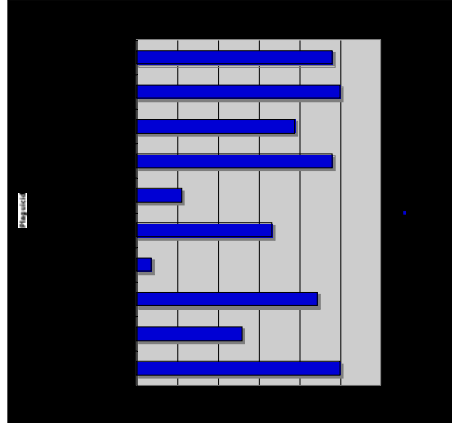


Figura 8. Frecuencia de aparición de los plaguicidas Organoclorados en la zona de muestreo.

La Figura 8 arriba, indica que al menos 4 compuestos se encuentran prácticamente en todas las muestras y eso habla de lo extenso de la contaminación que se generó con las aplicaciones de estos compuestos principalmente utilizados para la agricultura.

En relación a las concentraciones en suelos de los DDTs, se encontró que no son relativamente muy altas ya que el máximo encontrado fue de solo 209 ng/g de suelo en peso seco. La Figura 9 de cajas y bigotes muestra las distribuciones de las concentraciones de los distintos plaguicidas en la región del Valle del Yaqui para el año de 2008.

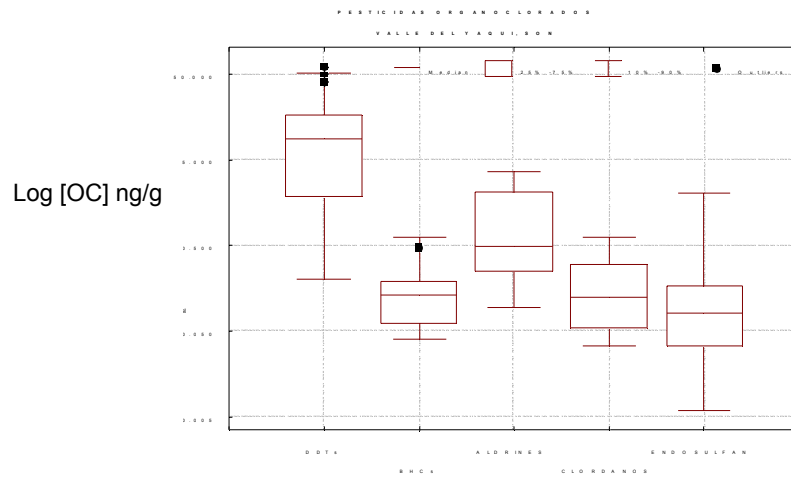


Figura 9. Distribución de las concentraciones de plaguicidas Organoclorados en la zona de muestreo.

Las distribuciones espaciales de los diferentes compuestos o plaguicidas OCs se parecen mucho entre si, por ello, solo se muestran las siguientes dos figuras que ilustran los principales hallazgos para cada familia que se ejemplifican.

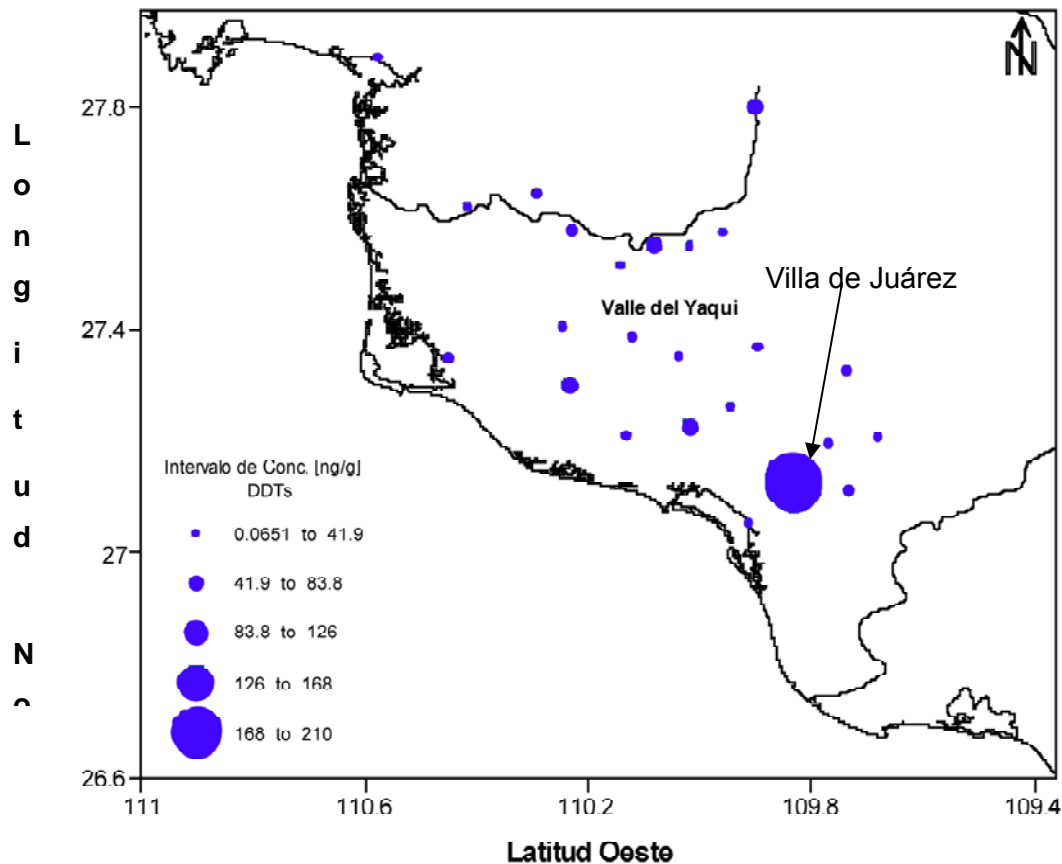


Figura 10. Mapa de la distribución de las concentraciones de plaguicidas DDTs en suelos de la zona de muestreo.

Una situación o distribución muy similar fue encontrada para los otros plaguicidas organoclorados. En la Figura 11 abajo, se muestra la distribución espacial encontrada para aldrín y dieldrín. Como se puede ver, el máximo en concentración también se localizó en el mismo sitio que para los DDTs y que es en Villa de Juárez. De hecho, la mayoría de los contaminantes mostraron el máximo de concentración en Villa de Juárez. Adicionalmente, es importante mencionar que se considera difícil encontrar las concentraciones más altas de la zona de estudio en un muestreo exploratorio como lo fue el que se desarrolló en este primer trabajo.

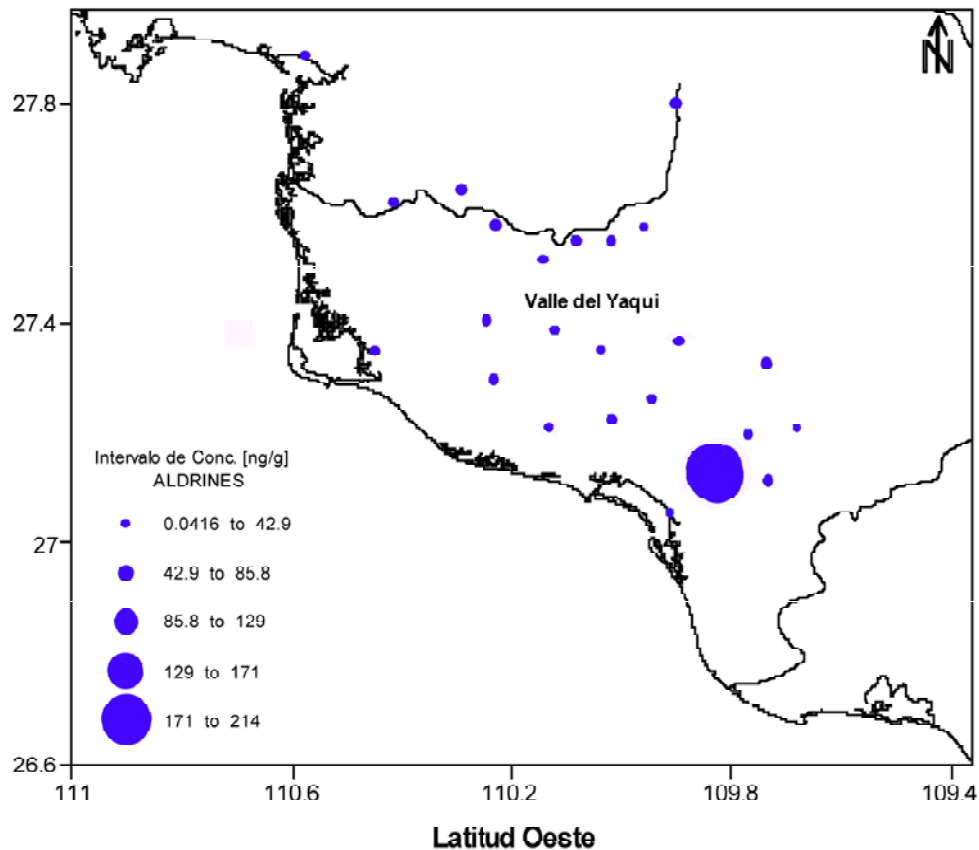


Figura 11. Mapa de la distribución de las concentraciones de plaguicidas aldrín y dieldrín en suelos de la zona de muestreo. Máximo de concentración es 214 ng/g

Bifenilos policlorados en el suelo.

Los bifenilos policlorados (PCBs) fueron también investigados y sus concentraciones fueron generalmente mas bajas que las de los plaguicidas organoclorados. Con una excepción, la mayoría de las concentraciones variaron entre alrededor de 1 ng/g y hasta 30 ng/g de la sumatoria de 41 congeneres de PCBs que fueron buscados. Un análisis sobre la composición típica de los PCBs que se midieron, muestra que los congeneres de mayor concentración son aquellos que tienen pesos moleculares mas grandes (Figura 12). En todas las estaciones, sin excepción, los congeneres más pesados (del PCB 75 al PCB 209), mostraron concentraciones mayores que los ligeros (PCB 17 al PCB 74).

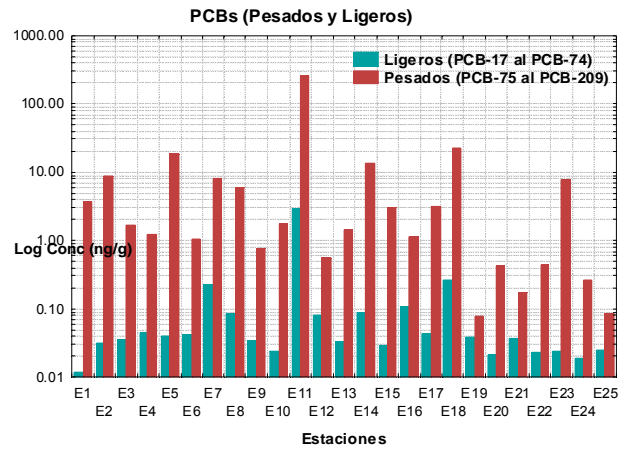


Figura 12. Comparación de las concentraciones de los congéneres pesados sobre los ligero en suelos de la zona de muestreo.

Con relación a las distribuciones espaciales de PCBs en la zona de estudio, la máxima concentración corresponde de nuevo a una muestra colectada en Villa de Juárez como ocurrió en el caso de los Organoclorados.

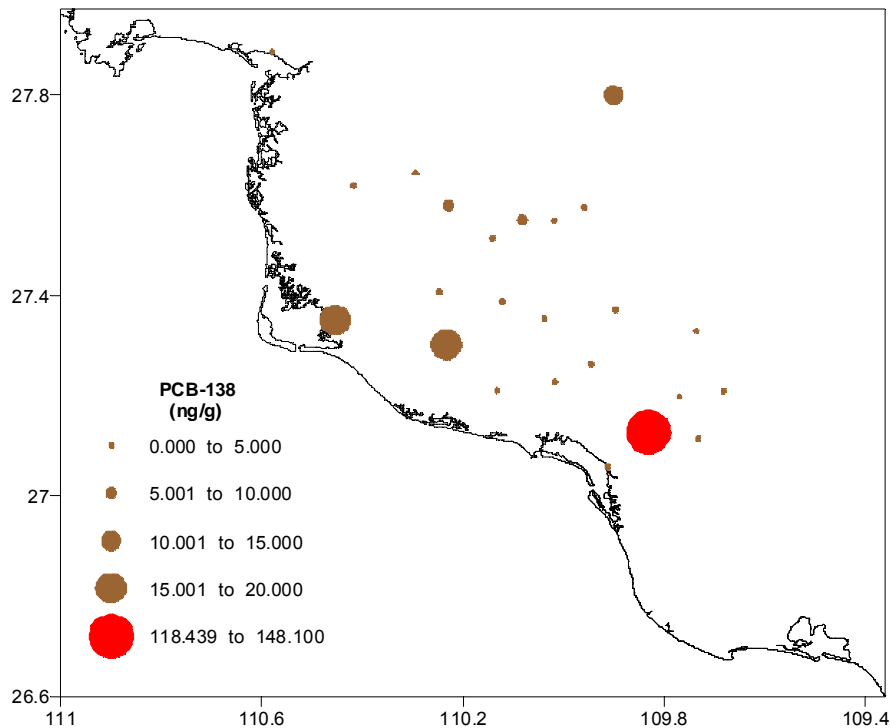


Figura 13. Distribución de la concentración del congénere más abundante.

Razones de los compuestos:

Razón DDT/DDE:

Una de las preguntas más frecuentes que se desean contestar basados solo en los datos derivados de las mediciones en el campo es de si los plaguicidas tales como el DDT por su efectos adversos ya no son utilizados o si por el contrario, existe utilización clandestina de estas sustancias. Para efectuar dicha interpretación, algunos autores han sugerido la utilización de las razones entre los diferentes componentes de los DDTs. Se sabe que, de manera natural, el DDT se transforma a DDE y a DDD, por lo que con el paso del tiempo, la cantidad relativa de DDT en relación a sus metabolitos irá cambiando. Por ejemplo, Bidleman et al (2005) reportaron que los valores de la razón DDT/DDE

se utiliza como un estimador “grueso” de la edad del residuo encontrado, en donde los valores altos sugieren aplicaciones relativamente recientes. Frecuentemente la pregunta es, cuando un valor de esta razón es alto o bajo. Ellos reportan valores para México y centro América de esa razón que van desde 0.8 hasta 6.0 con una media de 1.8, lo que cuando se compara a valores medidos en suelos de Canadá y los Estados Unidos, parece sugerir usos mas recientes hacia el sur del continente. En nuestro caso, decidimos emplear los rangos que sugieren Tavares y Costa (1999), quienes indican que los valores de esta razón cuando se encuentran >0.91 implican su uso dentro de los últimos 5 años de estos plaguicidas. Nosotros encontramos solo un valor relativamente alto de 0.81 localizado en Liliba. Por lo que de manera general podemos decir que no ha habido utilización reciente en la zona de DDTs. Un comportamiento diferente ocurre en el sedimento marino.

La siguiente figura muestra el comportamiento de las razones de los DDTs;

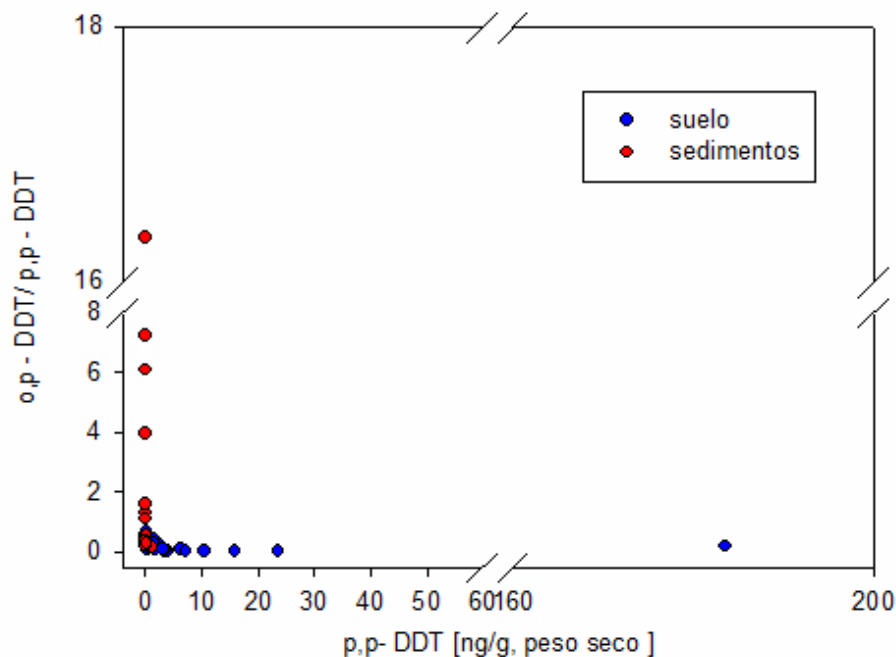


Figura 14. La razón de o,p-DDT/p,p-DDT sugiere un comportamiento de degradación diferente en el suelo que en el agua.

Adicionalmente a este comportamiento diferente en sedimentos marinos que en el suelo (suponiendo que la fuente del plaguicida es la misma), cuando se grafica el comportamiento de los DDTs en función de la concentración de materia orgánica tanto del suelo como del sedimento marino observamos lo siguiente:

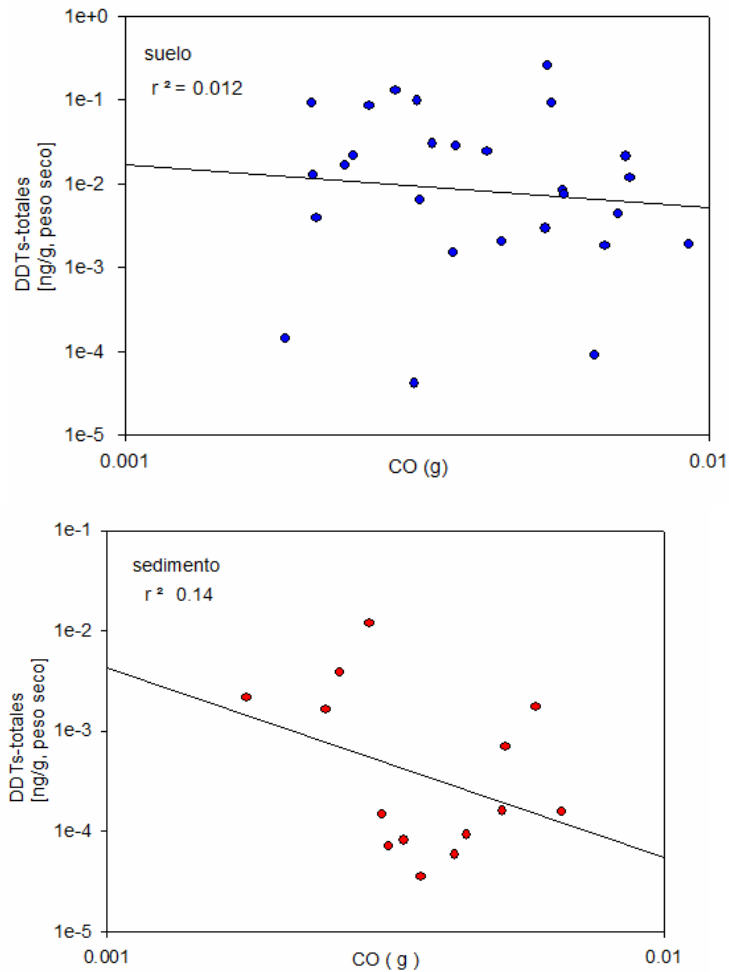


Figura 15. Comportamiento de la concentración total de DDT vs la concentración de carbón orgánico en el suelo (en azul) y en el sedimento marino (rojo).

De las dos figuras anteriores se desprende que existe muy baja correlación de la concentración del DDT contra la materia orgánica en cada una de las dos fases medidas. Las razones de que esto sea así son aunque

especulativas, muy probablemente debidas al menos a las dos siguientes razones para el caso del suelo; primero, que la concentración dependerá de la fuente y en este caso, la fuente es muy variable ya que depende de donde se hicieron mayores aplicaciones históricamente. En segundo lugar, es claro que las muestras presentaron muy poca materia orgánica y por lo tanto, como la variación de el eje de las x es pequeña, entonces estamos observando mucho ruido.

Un comportamiento similar se observa en el caso de los datos de sedimentos marinos, adicionalmente, y debido a que el número de muestras es menor, esto no ayuda a la regresión. Aunque no se hizo la medición de las distribuciones de tamaño de grano, la mayoría de los sitios presentaban tamaños de granos grandes tipo arena y por tanto no son conducentes a depositación de materiales, incluida la materia orgánica.

Razón Aldrín/Dieldrín.

- De manera similar, se reconoce que en el ambiente, el Aldrín es convertido por epoxidación a Dieldrín. Este último compuesto es también mas estable y por lo tanto ampliamente persistente en el ambiente. Se sabe además que, al igual que los otros OCs, por su carácter hidrofóbico, se adhieren fuertemente al suelo y sobre todo a la materia orgánica. La razón debe ser por lo tanto <1 para usos del pasado y >1 sugiere uso reciente. En este caso particular, las Estaciones 22 y 25 de suelos presentaron valores mayores a 1(1.2 y 1.1) para los sitios localizados en Villa Guadalupe y Guasima respectivamente.

CONCENTRACION DE PLAGUICIDAS EN TEJIDOS DE ORGANISMOS.

Entre las muestras que se colectaron, también se incluyeron muestras de organismos, principalmente muestras de peces de agua dulce y muestras de batracios (sapos). En ambos tipos de organismos se analizaron muestras de tejidos (músculo) y muestras de hígados. Los resultados se muestran de manera resumida en la siguiente tabla:

Tabla 15. Concentraciones de OCs en tejidos de organismos

Organismo	PCB total	DDTs total	Sitio	Tejido
* Lisa	0.34	87.3	Tobari	musculo
* Lisa	0.02	0.1	Baira	musculo
* carpa	0.02	2.1	Buena Vista	musculo
* bagre	0.01	0.4	Buena vista	musculo
* Lisa	2.48	56.2	Lobos dren	musculo
* Lisa	0.43	129.8	Tobari	hígado
* Lisa	0.57	1.0	Baira	hígado
* carpa	2.67	7.8	Buena vista	hígado
* bagre	5.60	2.2	Buena vista	hígado
&sapo	0.01	1.8	Bacum	musculo
&sapo	0.14	115.5	Laguna de Nainari	musculo
&sapo	0.00	1.1	Gas Obregon	musculo
&sapo	0.17	0.4	Bicam	musculo
&sapo	0.26	48.4	Bacum	hígado
&sapo	0.78	4.8	Laguna de Nainari	hígado
&sapo	0.31	26.5	Gas Obregon	hígado
&sapo	0.00	3.6	Bicam	hígado

* Identificados por el nombre común del sitio de captura

&Estos organismos fueron identificados tentativamente como

Buffo mazatlensis.

10 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Claramente, este primer muestreo arroja una serie de interrogantes que deben ser resueltas en el futuro. Por una parte el muestreo debe ampliarse para buscar sitios donde el contenido de materia orgánica sea mas alto y que por

tanto pudieran contener concentraciones mas altas de COPs. Por otra parte, los batracios no parecen ser buenos indicadores para el ecosistema ya que las concentraciones encontradas son relativamente bajas. Una segunda explicación puede ser que el número de organismos no fue lo suficientemente alto como para ser un buen indicador del área de trabajo. Una explicación similar puede ser utilizada en el caso de los peces, sin embargo, los peces son de consumo humano directo por lo que se sugiere que deben continuar muestreandose para que se tenga una mejor idea de el riesgo a la salud vía el consumo de estas especies.

Previos estudios en sitios cercanos al área de estudio han sugerido que las concentraciones de DDTs y sus metabolitos así como de algunos PCBs, son en general relativamente bajas. Entre los resultados mas recientes podemos citar los de Páez-Osuna, et al., (2002) quien reporta valores de PCBs en Yavaros Sonora, un poco al sur de la zona de estudio, quien encontró concentraciones de alrededor de 400 ng/g. Long, et al (1995) reportaron valores guía de rango de efecto bajo (ERL) para PCBs de 23 ng/g y de rango de Efecto medio (ERM) de 180 ng/g. Estos rangos implican que, una vez excedidos, las posibilidades de efecto biológico son altas. Es claro que en Yavaros, y atendiendo a los valores reportados, las posibilidades de efectos biológicos son importantes. Adicionalmente, por ejemplo, en Yavaros reporta valores de 390 ng/g en ostiones. Aunque debemos especificar que esos valores son reportados como arocloros y no como congéneres específicos. Por otra parte, reporta valores de hexa cloro benceno (HCB) de 911 ng/g. Estos valores indican la presencia en el medio de sustancias organocloradas que deben estar presentes como consecuencia de actividades antropogénicas en las zonas principalmente agrícolas del área de estudio. Como muchos otros organoclorados, el HCB es altamente hidrofóbico y con alta tendencia a asociarse a partículas y migrar de la columna de agua al sedimento estuarino, dulceacuícola o marino.

Algunos estudios de largo plazo (Eurochlor, 2002) han mostrado que por ejemplo el nivel conocido como de no efecto o concentración de no efecto (NOEC) para peces, ha sido estimado en 3.7 µg/l con un carga crítica en el pez

(CBB) de 7.5 µg/g peso seco. Este valor es relevante ya que a partir de ese valor, de acuerdo a esos estudios, concentraciones mas altas en peces puede esperarse que empiecen a mostrar efecto biológicos. Si este valor es comparado, con el valor reportado para ostiones en la Bahía de Yavaros, este ultimo valor es varias veces mas alto y puede sugerir que las concentraciones consideradas como “seguras” han sido excedidas.

Para la misma bahía y reportado por estudios generados ya hace varios años, se ha reportado para el sedimento que para los DDTs, considerados estos como la sumatoria de p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD + o,p'-DDT + o,p'-DDE (Villegas-Osuna, et al., 1983) valores que oscilan entre .01 ng/g hasta mas de 19.5 ng/g. Los niveles de referencia o guías para la toma de decisiones (SQGs) sugieren, en el caso de las guías canadienses, que el nivel de efecto biológico probables (PEL) en sedimentos marinos es de un mínimo de 4.77 ng/g peso seco para el DDT, de 7.81 para DDD y de 374 ng/g para DDE (Canadian Council of Ministres of the Environment, 1999). Desgraciadamente, los valores encontrados no fueron reportados de manera separada por lo que es difícil saber si se encuentran por debajo o no de los niveles que representan una señal de alerta para la toma de decisiones.

Las implicaciones de las interpretaciones que se hacen de los datos, fuertemente sugieren que existen evidencias suficientes para mantener un monitoreo continuo extensas áreas de la región agrícola que incluye la zona de estudio debido a que como ha sido reportado previamente, por ejemplo en el caso de HCB, uno de los mas importantes liberadores de este compuesto al medio ambiente lo es la agricultura, con hasta un 23% del total cuando se compara con otras actividades. Esta liberación se origina en impurezas de otros plaguicidas (Osparcom, 2002). En el caso de los DDTs, la interpretación debe ser similar ya que los niveles encontrados en sedimentos marinos sugieren un arrastre de zonas agrícolas y con posibilidades de efectos biológicos a organismos del medio. Debido a los procesos de biomagnificación y bioacumulación, es de esperarse que adicionalmente a la exposición directa vía la exposición aérea o por ruta atmosférica, deba considerarse la alimenticia

como una ruta potencial de importancia por consumo de peces y posiblemente por moluscos bivalvos en la zona pesquera.

Finalmente, la frecuente presencia de estos compuestos en el cuerpo humano de habitantes de la zona de estudio, hacen urgente la necesidad de monitoreo mas completo del ecosistema y de las poblaciones humanas del Valle del Yaqui.

En resumen, de entre las conclusiones que se pueden obtener de este primer trabajo se destacan las siguientes:

Primero; aun después de mas de 30 años de utilización de los DDTs y otros OCs en la región del Valle del Yaqui, siguen estando presentes en la zona.

Segundo; sin embargo, las concentraciones determinadas son generalmente bajas.

Tercero; las concentraciones de organoclorados, en particular los DDTs son relativamente mas altas que los bifenilos policlorados.

Cuarto; las concentraciones de los DDTs se encuentran presentes también en suelos y sedimentos pero además aparecen en los peces de agua dulce.

Quinto, no hay mucha evidencia de uso reciente de los organoclorados en la región.

Sexto, las concentraciones en sedimentos marinos son al menos un orden de magnitud mas bajas que en el suelo.

Séptimo, las concentraciones tan bajas en suelos y sedimentos pueden estar asociadas a que ambas matrices mostraron bajas concentraciones de materia orgánica por lo que no pueden contener asociados muchos COPs.

Octavo, en el caso de los tejidos, generalmente se encontraron mas altas concentraciones en los tejidos de hígado que en el músculo tanto de los peces como de los batracios.

Noveno, los tejidos de peces mostraron concentraciones principalmente de DDE con solo trazas de otros OCs y de PCBs.

11 BIBLIOGRAFÍA

FAO (1997). Fisheries management for small water bodies in seven countries in Africa, Asia and latin America. FAO Fisheries Circular No. 933 FIRI/C933.

Canadian Council of Ministres of the Environment (1999). Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: DDT,DDE,DDD. Prepared by Environment Canada, Guidelines Division, Technical Secretariat of the CCME Task Group on Water Quality Guidelines, Ottawa.

Flores-Verdugo Francisco, F. González-Farias, D.S. Zamorano, and P. Ramírez-García 1992. *Mangrove ecosystems of the Pacific coast of Mexico: distribution, structure, litterfall, and detritus dynamics*. In *Coastal Plant Communities of Latin America*, edited by **U. Seeliger**. Pp. 269-288. Academic press, IncTurner II.

[P. A. Matson](#), [J. J. McCarthy](#), [R. W. Corell](#), [L. Christensen](#), [N. Eckley](#), [G. K. Hovelsrud-Broda](#), [J. X. Kasperson](#), [R. E. Kasperson](#), [A. Luers](#), [M. L. Martello](#), [S. Mathiesen](#), [R. Naylor](#), [C. Polsky](#), [A. Pulsipher](#), [A. Schiller](#), [H. Selin](#), and [N. Tyler](#). 2003. *Illustrating the coupled human–environment system for vulnerability analysis: Three case studies*. **Proceedings of The National Academy of Science**. Vol 100(14), 8080-8085.

Manirakiza P, Covaci A, Nizigiymana L, Ntakimazi G, and Schepens P. 2001. *Persistent chlorinated pesticides and polychlorinated biphenyls in selected fish species from Lake Tanganyika, Burundi, Africa*. **Environmental Pollution** 117(3): 447-455.

OSPARCOM Region- North Sea. (2002). Eurochlor risk assessment for the Marine Environment.

Naylor, R., W. Falcon, A. Puente-Gonzalez. 2001. Policy reforms and Mexican agriculture: views from the Yaqui Valley. Economics working paper. International Wheat and Maize Improvement Center (CIMMYT) , Mexico , D.F.

Matson, et al., 2005. In Population, land use and Research directions.

Páez-Osuna F. Ruiz-Fernandez, A.C., Botello, A.V., Ponce-Vélez, G., J.I. Osuna-López, M.G. Frías-Espericueta, G. López-López, H.M. Zazueta-Padilla. (2002). *Concentrations of selected trace metals (Cu, Pb, Zn), organochlorines (PCBs, HCB) and total PAHs in mangrove oysters from the Pacific Coast of Mexico: an overview.* **Marine Pollution Bulletin.** 44: 1296-1313.

Ritter, L., Solomon, K.R. and Forget, J. (1995). PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS. An Assessment Report on: DDT-Aldrin-Dieldrin-Endrin-Chlordane Heptachlor-Hexachlorobenzene, Mirex-Toxaphene, Polychlorinated Biphenyls, Dioxins and Furans. http://www.chem.unep.ch/ddt/documents/Ritter_en.pdf, 1995, http://www.chem.unep.ch/ddt/documents/Ritter_en.pdf.

Stoichev T, Rizov N, Kolarska A, Ribarova F and Atanassova M. 2005. *Comparation of extraction procedures for determination of organochlorine pesticides in fish.* **Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy** 40(3): 251-254.

Vega, F. A., Covelo, E. F., Andrade, M. L. (2007). *Accidental organochlorine pesticide contamination of soil in Porriño, Spain*. **Journal of Environmental Quality**. 36(1): 272-279.

Villegas-Osuna, R. E., Gracia-Alvarez, B. D., y Barceló-Lara, M. P. (1985). Estudio de la contaminación por residuos de plaguicidas en las Bahías de Yavaros y Lobos, Sonora. Tesis de Licenciatura. Universidad de Sonora.

Zeng, E., and Vista, C. L. 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.