



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

INSECTICIDAS ORGANOCLORADOS

EN PECES Tilapia sp. Y Cyprinus carpio

DEL VALLE DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

O C E A N O L O G O

PRESENTA

MARTIN FRANCISCO VILLA ANDRADE

ENSENADA, B. C.

SEPTIEMBRE 1988

RESUMEN

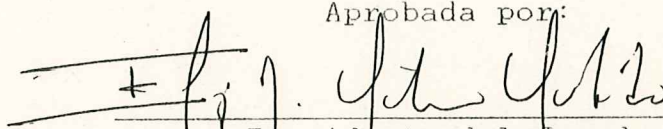
Se diagnosticaron insecticidas clorados en el músculo axial de los peces *Tilapia sp.* y en *Cyprinus carpio* colectados durante Agosto de 1985 y Febrero de 1986 en el distrito de riego del Valle de Mexicali, Baja California. De una amplia variedad de insecticidas examinados en ambas especies, únicamente se detectó DDT (principalmente p,p DDE) y trans-nonaclor. *Tilapia sp.* presento concentraciones de DDT significativamente menores que *C. carpio*. Se discute la distribución geográfica, indicando los sitios de mayor concentración de los tóxicos. Se realizaron comparaciones en estudios similares precedentes que utilizaron almeja *Corbicula fluminea* y se confirma la hipótesis de una mayor biodisponibilidad del DDT en la parte Sur del valle agrícola. No se observaron diferencias temporales de estos tóxicos en los peces. Los niveles de DDT en *C. carpio* (871 ng/g peso húmedo.) y en *Tilapia sp.* (254ng/g peso húmedo) fueron ligeramente menores comparados con los señalados por otros investigadores en peces de la misma especie colectados en el Valle Imperial, E.U.A adyacentes al Valle de Mexicali. Las concentraciones de DDT detectadas en los los peces se encuentran alrededor de un orden de magnitud por debajo de el limite tolerado (5 μ g/g tejido húmedo) para el consumo humano (USFDA, 1984).

"INSECTICIDAS ORGANOCOLORADOS EN PECES *Tilapia sp* Y
Cyprinus carpio DEL VALLE DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA"

TESIS
QUE PRESENTA:

MARTIN FRANCISCO VILLA ANDRADE

Aprobada por:



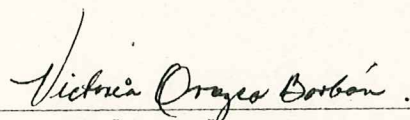
Presidente del Jurado
Dr. Efraín A. Gutierrez Galindo



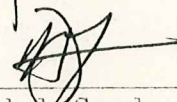
Sinodal propietario
Dr. Jorge de La Rosa Velez



Sinodal propietario
Oc. Julio A. Villaescusa Celaya



Sinodal suplente
Oc. Victoria Orozco Borbon



Sinodal Suplente
Oc. Hector Bustos Serrano

DEDICATORIA

A mis padres

Francisco Villa Real

María Esther Andrade de Villa

A mis hermanos

Mirna Esther

Edwiges

Isela

Leticia

Concepción

Javier

Araceli

A María Eugenia

A mis familiares y amigos

AGRADECIMIENTOS

Mis más sincero agradecimiento y respeto al Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California y directivos por haberme permitido presentar este trabajo que forma parte de un proyecto de investigación.

A la Secretaría de Educación Pública por el apoyo económico concedido para la realización de trabajos en el campo de la contaminación marina (C85-01-0157 y C86-01-925).

Al director de esta tesis Dr. Efraín A. Gutierrez Galindo y al Profesor Gilberto Flores Muños por su valiosa ayuda en la realización de esta tesis.

A mis compañeros de tesis Julio A. Villaescusa, Guillermo Olguín, Victor Rojas, así como a Anabel Rodriguez, Carlos Da Costa, Sr. Lázaro Guerrero, Claudia Cáñez y Carlos Soqui, por su colaboración en la relaboración de esta tesis.

A los sinodales Dr. Joge de La Rosa, Oc. Julio A. Villaescusa, Oc. Victoria Orozco, Oc. Hector Bustos, por sus sugerencias, revisión y dirección del exámen profesional.

A todas aquellas personas que de una u otra manera me brindaron su ayuda.

A todos gracias.

INDICE

	<i>Página</i>
I. INTRODUCCION	1
II. MATERIALES Y METODOS	6
II. 1 Descripción del área de estudio	6
II. 2 Procedimiento de muestreo y análisis químico	8
II. 3 Análisis estadístico	15
III. RESULTADOS	17
IV. DISCUSION	31
V. CONCLUSIONES	39
VI. BIBLIOGRAFIA	41

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
I.	Localidades de muestreo y especies colectadas durante Agosto de 1985 y Febrero de 1986 en el Valle de Mexicali, B.C.	9
II.	Hidrocarburos Clorados analizados y su límite de detección (ng/g de peso seco).	14
III.	Características biométricas y niveles de hidrocarburos clorados (ng/g de peso seco), detectados en <u>Tilapia sp.</u> del Valle de Mexicali durante Agosto de 1985.	18
IV.	Características biométricas y niveles de hidrocarburos clorados (ng/g de peso seco), detectados en <u>Tilapia sp.</u> del Valle de Mexicali durante Febrero de 1986.	19
V.	Características biométricas y niveles de hidrocarburos clorados (ng/g de peso seco), detectados en <u>C. carpio</u> del Valle de Mexicali durante Agosto de 1985.	20
VI.	Características biométricas y niveles de hidrocarburos clorados (ng/g de peso seco), detectados en <u>C. carpio</u> del Valle de Mexicali durante Febrero de 1986.	21
VII.	Variación geográfica de Σ DDT en peces del distrito de riego No. 14 del Valle de Mexicali. Las medias (n=2), de la columna vertical que tengan letras iguales no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).	23
VIII.	Razones del p,p'-DDE con respecto al DDT total expresados en porcentaje (%), en <u>Tilapia sp.</u> del Valle de Mexicali.	28
IX.	Razones del p,p'-DDE con respecto al DDT total expresados en porcentaje (%), en <u>C. carpio</u> del Valle de Mexicali.	29

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Area de estudio y estaciones de colecta de <u>Tilapia sp.</u> y <u>C. carpio</u> en el Valle de Mexicali, Baja California.	7
2.	Distribución geográfica de Σ DDT (ng/g de peso seco), en <u>Tilapia sp.</u> en el Valle de Mexicali, Baja California.	24
3.	Distribución geográfica de Σ DDT (ng/g de peso seco) en <u>C. carpio</u> en el Valle de Mexicali, Baja California.	25

I. INTRODUCCION

Es reconocido que el desarrollo de la agricultura en general requiere del uso de plaguicidas para sostener y aumentar la productividad de los cultivos. La práctica del monocultivo ha propiciado la multiplicación de los tipos y biomasa de plagas lo que ha demandado cada vez una mayor cantidad de plaguicidas. Según estimaciones, cada año cerca de dos millones de productos de pesticidas son vertidos al medio ambiente en un intento de controlar las plagas y/o vectores de enfermedades, esto equivale a una aplicación de 0.5 Kg. por persona a nivel mundial (Anónimo, 1975).

A partir de la década de los años 40, los pesticidas mayormente aplicados en varios países fueron los del tipo clorados. Con el tiempo, estos han sido sustituidos por productos de calidad fisicoquímica distinta, tales como los organofosforados, carbamatos y piretrinas. Esta sustitución se inició a nivel mundial en la década de los años 50 y en particular para el Valle de Mexicali a partir de 1954 (Miranda-Meneses, 1982).

En México, el Valle de Mexicali es una de las principales regiones en donde se utilizan métodos agrícolas modernos altamente tecnificados. La agricultura en este

Valle se desarrolló a partir del cultivo del algodón, aunque en la actualidad existe una mayor diversidad de cultivos (Nieblas-Ortiz, 1986). El algodón es el que mayor atención ha recibido desde el punto de vista de control de plagas, cerca del 70% del volumen total de insecticidas utilizados recientemente son destinados a este cultivo (Miranda-Meneses, Op. cit.). Según antecedentes, el uso de insecticidas en este Valle se inició a partir de 1912 con el establecimiento del cultivo algodonero, el tipo de productos utilizados fueron sales inorgánicas de plomo y arsenico. En 1948, surgió una nueva etapa en el control de plagas con la introducción al mercado de insecticidas organoclorados, destacandose el DDT en cuanto a volúmenes aplicados (Miranda-Meneses, Op. cit.). Actualmente, no se cuenta con información fidedigna sobre las cantidades totales aplicadas de estos compuestos organoclorados, aunque su utilización ha disminuido considerablemente en la última década (Román y Trava, 1986 ; Nieblas-Ortiz Op.cit.).

"El reconocimiento de la extensión del problema potencial de contaminación al medio ambiente producido por los pesticidas data a inicios de la década de los años 70. Este reconocimiento fué debido a que residuos de DDT fueron detectados en lugares alejados de donde fueron

aplicados, como en la biota del Artico". (Holden, 1981). El DDT y demás pesticidas organoclorados poseen características fisicoquímicas similares. En el ambiente son relativamente inertes (no reactivos y altamente persistentes), volátiles a temperaturas normales (transporte en la fase de vapor), insolubles en agua y altamente solubles en lípidos, lo que los hace fácilmente acumulables en los organismos (Addison, 1976; Bryan, 1979). En la actualidad el DDT es uno de los contaminantes ambientales más estudiado debido a los efectos adversos en la salud humana (Johnson, 1982), en la reproducción, principalmente en aves (Peakall, 1970; Schreiber, 1980), a su toxicidad en el comportamiento (Brown, 1978; Eisler, 1979), y a su alteración en la estructura del ecosistema (Woodwell, 1970; Heckman, 1982; Pimentel y Edwards, 1982). Debido a estas características su uso ha sido prohibido o ampliamente restringido en la mayoría de los países desarrollados o en vía de desarrollo (U. N. S., 1984).

Debido a la aplicación de los pesticidas organoclorados en años anteriores en el Valle de Mexicali y a las características fisicoquímicas que presentan, nos permite considerar que estos compuestos se encuentran ampliamente distribuidos en todos los componentes del

ecosistema de este valle agrícola. A nuestro conocimiento no existen antecedentes de estudios que muestren un panorama regional de la contaminación por estos plaguicidas en peces residentes en los canales y drenes de esta zona. Máxime que en este distrito de riego (No. 14), se desarrollan importantes pesquerías de tilapia (*Tilapia sp.*), carpa (*Cyprinus carpio*), bagre (*Ictalurus punctatus*), lobina (*Micropterus salmoides*), y lisa (*Mugil cephalus*), los cuales en su mayoría son canalizados al comercio local con fines de consumo humano.

Antecedentes de contaminación de plaguicidas en peces colectados en el sistema de riego del Valle Imperial de California, E. U. A. (aledaño al Valle de Mexicali), señalan niveles de DDT y otros pesticidas organoclorados en *Tilapia sp.* y *C. carpio*, superiores al criterio de alta concentración ($5 \mu\text{g/g}$ de tejido húmedo), propuesto a nivel estatal (Agee, 1984; Watkins, et al., 1985). Clark y Krynitsky, (1983), a partir de sus resultados de concentraciones de DDT detectados en peces y aves sugieren que este compuesto tiene su origen en una fuente local. Schmitt, et al., (1985), indican que parte de estos compuestos medidos en una muestra de lisa *M. cephalus* son acumulados cuando esta especie se introduce por el río Colorado a México.

El estudio que a continuación se presenta tiene como objetivos primordiales: a) Definir los tipos y niveles de insecticidas organoclorados en peces *Tilapia* sp. y *C. carpio* residentes en los canales y drenes del Valle de Mexicali. b) Determinar la distribución geográfica (identificándose sitios de mayor concentración) y temporal de estos pesticidas en el área. c) Establecer si los niveles de estos tóxicos en los peces examinados no representan un peligro para el consumo humano. d) Finalmente, comparar los resultados de esta investigación con los señalados por diversos investigadores en el vecino Valle Imperial de California, E. U. A. Este trabajo pretende además, proporcionar información de referencia que permita conocer la evolución de este tipo de contaminación por insecticidas en la biota existente en el Valle de Mexicali.

II. MATERIALES Y METODOS

II. 1 Descripción del Area de Estudio

En el extremo NE de la península de Baja California entre los paralelos $31^{\circ} 45'$ y $32^{\circ} 45'$ N y los meridianos $114^{\circ} 45'$ y $115^{\circ} 30'$ W, se encuentra localizado el Valle de Mexicali, B. C. (Fig. 1). Presenta una forma irregular, teniendo sus límites: Al Norte con la frontera de los Estados Unidos de Norteamérica, al Sur con el Golfo de California, al Este con el desierto de Sonora y al Oeste con la Laguna Salada. Hacia la parte Noroeste y Suroeste se encuentra limitado por dos grandes cadenas montañosas (Guardado-Puente, 1975). Esta zona está definida como el distrito de riego No. 14, cuya vegetación es desértica y semidesértica (SARH, 1971). La climatología del lugar varía considerablemente de invierno a verano con rangos de temperatura ambiental de 0° hasta 44°C , respectivamente (Sandoval, 1984). Presenta una evaporación media anual aproximada de 2,536 mm/año (SARH, Op. cit.). Los vientos dominantes son de firección Noroeste-Sureste en los meses comprendidos entre Diciembre y Abril, de dirección Sureste-Noroeste entre Junio y Octubre y calmas los meses de Mayo y Noviembre (Nieblas-Ortiz, Op. cit.). Este Valle está considerado como una de las zonas agrícolas más

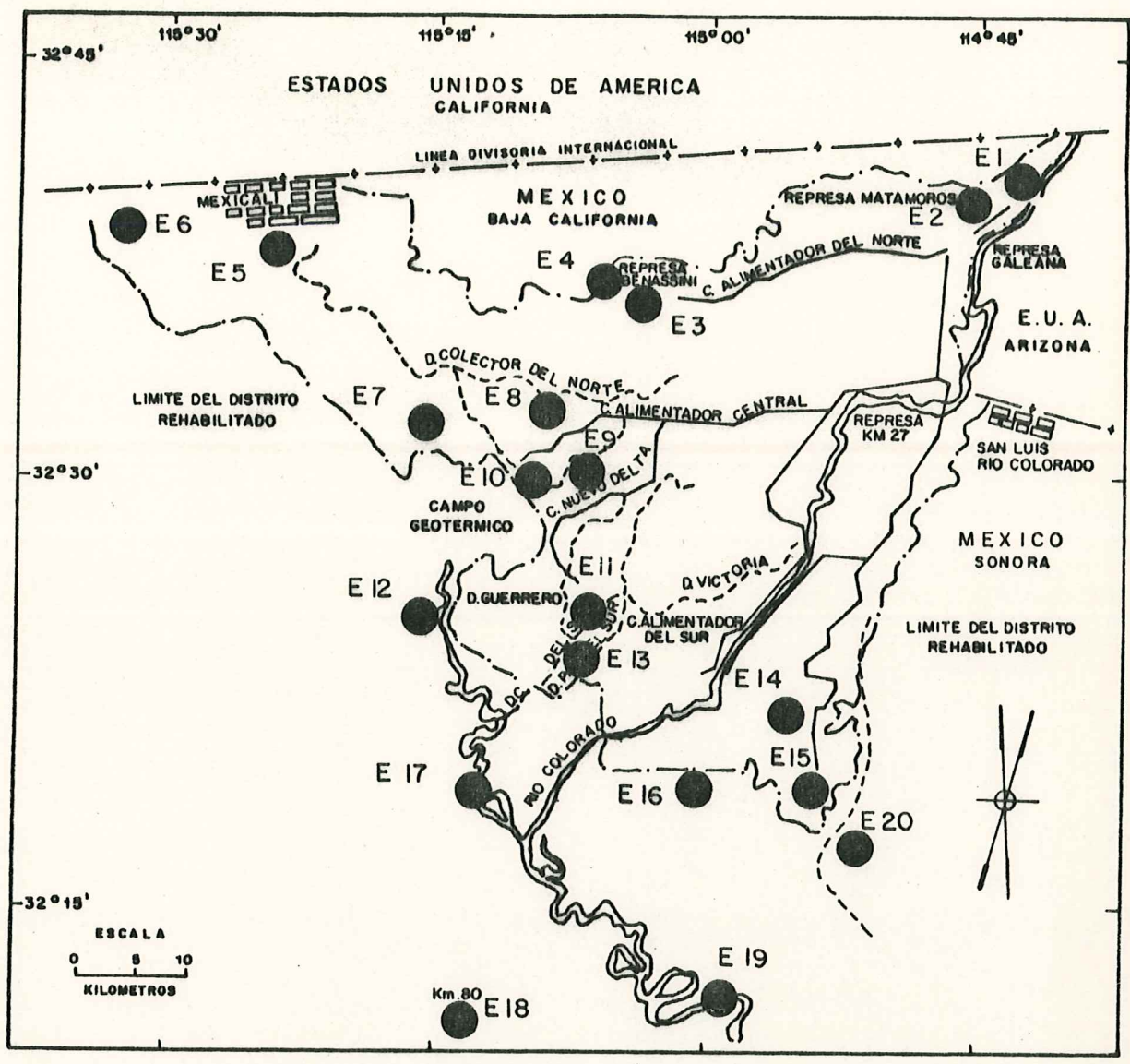


FIG. 1 - AREA DE ESTUDIO Y ESTACIONES DE COLECTA DE Tilapia sp. Y C. carpio EN EL VALLE DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA.

importantes del país y cuenta con una área total de 328,000 hectáreas, de las cuales 186,000 has. son de riego. Cuenta además con 2522 Km. de canales y 1492 Km. de drenes (SARH, 1981).

11.2 Procedimiento de Muestreo y Análisis Químico.

Se realizaron dos muestreos, el primero del 12 al 17 de Agosto de 1985 y el segundo del 5 al 10 de Febrero de 1986. En cada uno se muestrearon 20 localidades distribuidas en el sistema de riego del Valle de Mexicali (Fig. 1). En estas localidades se colectaron los peces *Tilapia sp.* y *C. carpio* (Tabla I). Las muestras fueron obtenidas con atarraya, colocando los organismos en bolsas de papel aluminio etiquetadas y conservándose congeladas en hielo seco (-20 °C), hasta su traslado al laboratorio. En el laboratorio las muestras fueron descongeladas y lavadas con agua desionizada. Se determinaron las características biométricas, talla (cm) y peso individual (g) del organismo. Para el análisis químico, se utilizó una muestra compuesta por ambos músculos axiales del pez, más agua desionizada libre de pesticidas organoclorados en una relación 1:1 P/V, la muestra se homogeneizó en homogeneizador de tejido.

Tabla I. Localidades de muestreo y especies colectadas durante Agosto de 1985 y Febrero de 1986 en el Valle de Mexicali, B.C.

Estación	Localidad	Especies colectadas
1	Represa "El Campillo"	<i>Tilapia</i> sp. y <i>C. carpio</i>
2	Canal Alamo, Col. Cuervitos	<i>Tilapia</i> sp. y <i>C. carpio</i>
3	Dren, Ej. Yucatán	<i>Tilapia</i> sp. y <i>C. carpio</i>
4	Dren La Mesa, Ej. Irapuato	<i>Tilapia</i> sp.
5	Dren Laguna México	<i>Tilapia</i> sp
6	Canal "A. Mexicali-Tijuana	<i>C. carpio</i>
7	Dren Col. Cerro Prieto	<i>C. carpio</i>
8	Dren Ej. Jalapa	<i>Tilapia</i> sp y <i>C. carpio</i>
9	Dren Ej. Nuevo León	<i>Tilapia</i> sp y <i>C. carpio</i>
10	Dren Col. Cerro Prieto	<i>Tilapia</i> sp y <i>C. carpio</i>
11	Canal Nuevo Delta, Ej. Son.	<i>C. carpio</i>
12	Canal Ej. Cucapah	<i>Tilapia</i> sp y <i>C. carpio</i>
13	Dren Col. Carranza	<i>Tilapia</i> sp y <i>C. carpio</i>
14	Dren Estación Coahuila	<i>Tilapia</i> sp y <i>C. carpio</i>
15	Canal Revolución Col. Zac.	<i>Tilapia</i> sp y <i>C. carpio</i>
16	Dren Col. Zacatecas	<i>Tilapia</i> sp
17	Dren Campa Mosqueda	<i>Tilapia</i> sp y <i>C. carpio</i>
18	Rio Colorado Km. 80	<i>Tilapia</i> sp y <i>C. carpio</i>
19	Rio Colorado Ej. Oviedo M.	<i>Tilapia</i> sp y <i>C. carpio</i>
20	Dren Col. Plan R. Nacional	<i>Tilapia</i> sp

Para calcular el porcentaje de humedad del músculo axial se tomó 1 g de tejido el cual se secó a 70° durante 72 horas. Las muestras homogeneizadas fueron conservadas a -20° en frascos de vidrio previamente descontaminados con mezcla crómica-acetona-hexano (grado pesticida) hasta su posterior análisis químico.

La extracción de hidrocarburos clorados se realizó de acuerdo a la técnica descrita por Young, et al., (1976). Cinco gramos de muestra fueron extraídos con 20 ml de acetonitrilo, se filtró y enjuagó dos veces con 20 ml de acetonitrilo. Los pesticidas se extrajeron en un embudo de separación y fueron separados por cromatografía líquido-líquido con 50 ml de hexano, repitiendo esta operación tres veces. El hexano se concentró en un rotaevaporador hasta 40 ml. Para la limpieza de la muestra se utilizó cromatografía de columna (22 mm D.I.) líquido-sólido usando florisil activado a 130 °C por 48 horas como adsorbente y 2. cm de sulfato de sodio anhidro como deshidratante. Los pesticidas fueron eluidos con 45 ml de eter dietílico en hexano al 6 % (V/V). La muestra resultante fué concentrada a 5 ml en un rotaevaporador.

La separación de los hidrocarburos clorados se llevó a cabo mediante cromatografía gas-líquido en un cro-

matógrafo de gases Varian 3700 con un detector de captura de electrones Ni^{63} y un sistema procesador de datos (Varian CDS-111), equipado con dos columnas capilares de sílice, la primera con una fase líquida no-polar (DB-5) y la segunda (DB-17), de polaridad intermedia que fué utilizada para confirmar las separaciones. Ambas columnas de 30 m de longitud y 0.25 mm de diámetro interno. Las muestras se separaron simultáneamente en ambas columnas, utilizando un solo inyector, bajo las siguientes condiciones de operación:

	<u>DB-5</u>	<u>DB-17</u>
Temperatura del inyector	200°C	200°C
Temperatura del detector	290°C	290°C
Programa de temperatura de la columna	Temp. inicial 150°C (por 1 min)	Rázon del programa Temp. final 240°C (por 10 min) y 2°C/min (por 20 min)

Se utilizó nitrógeno como gas transportador a una velocidad lineal de 27 cm /seg para la columna DB-5 y 23 cm /seg para la columna DB-17.

Debido a que algunas muestras contenían una mayor

concentración de pesticidas fue necesario hacer diluciones (1:10, 1:100). Estas fueron separadas en un cromatógrafo de gases Varian 3500 con un detector de captura de electrones Ni^{63} y un procesador de datos (Varian CDS-111), equipado con una columna capilar de sílice de fase líquida no-polar (DB-1) de 30 m de largo y 0.25 mm de diámetro interno. La inyección de la muestra se hizo mediante un muestreador automático (Varian 8035). La cromatografía de la muestra, se llevó a cabo bajo las siguientes condiciones de operación:

	Temp. inicial	Razón del programa	Temp. final
Temperatura del inyector	68°C	300°C/min	238°C
Temperatura de la columna	70°C	5°C/min	200°C
Temperatura del detector	300°C		

Como gas transportador se empleó helio a una velocidad lineal de 40 cm /seg.

La identificación y cuantificación de los hidrocarburos clorados se realizó mediante la comparación de los tiempos de retención y altura de los picos de estándares conocidos. Utilizando las mismas condiciones de operación

que las muestras problemas en las mismas columnas. En la tabla II se muestran los hidrocarburos clorados analizados y los límites de detección de los mismos.

La cuantificación de los lípidos se realizó de acuerdo al método de extracción y reparto en la mezcla cloroformo-metanol-agua, propuesto por Bligh y Dyer (1959). Para tal propósito, se utilizó 10 g de muestra (músculo axial-agua desionizada). El método consiste en una extracción con cloroformo-metanol-agua en proporción 1: 2: 0.8 y una dilución con los mismos solventes en proporción 2: 2: 1.8 respectivamente. El extracto es filtrado al vacío (papel Whatman # 1) y transferido a una probeta de 100 ml. En este paso se agregó 5 ml de una solución saturada de NaCl para una mayor separación de las fases acuosa-cloroformo. La fase acuosa fué sustraída por vacío. Una alícuota de 1 ml. de la fase cloroformo fué transferida a una cápsula de vidrio prepesada, esta se evaporó a sequedad en una estufa a 50°C por 6 Hrs. El contenido de lípidos fué calculado con la siguiente expresión:

$$\text{Lípidos totales} = (\text{PLA} * \text{VFC}) / \text{VA}$$

Donde:

PLA = Peso del lípido en la alícuota

VFC = Volumen de la fase cloroformo

VA = Volumen de la alícuota

Tabla II.- Hidrocarburos Clorados analizados y su límite de detección . (ng/g de peso seco).

Compuesto	Límite de detección	Compuesto	Límite de detección
Aldrin	3.77	Oxiclordano	5.19
Endrin	7.11	Trans-clordano	4.66
DDT, o,p'	10.00	Cis-Clordano	5.34
DDT, p,p'	8.53	Clordeno, Alfa	6.76
DDD, o,p'	6.52	Clordeno, Gama	12.25
DDD, p,p'	6.27	Trans-nonaclor	5.05
DDE, o,p'	8.97	Cis-nonaclor	5.15
DDE, p,p'	40.13	Metoxicloro	31.12
DDMU, p,p'	19.60	Heptacloro	4.90
DDMS, p,p'	29.40	Heptacloro-epóxido	3.43
HCB, Alfa	23.32	Cloropirifos	15.93
HCB, Beta	6.86	BPC 1248	58.80
HCB, Gama (Lindano)	3.19	BPC 1254	58.80
HCB, Delta	4.31	BPC 1260	58.80

II. 3 Pruebas Estadísticas.

Con los resultados de las medidas biométricas de los peces y las concentraciones de los hidrocarburos clorados (ng /g de peso seco), se calculó la media (\bar{X}), desviación estándar (DE) y el coeficiente de variación (CV), en cada localidad de colecta, con la finalidad de conocer la variación de estas características en cada uno de los muestreos.

Para decidir el tipo de estadística a emplear, a los datos obtenidos se les aplicaron las siguientes pruebas: Normalidad de residuos con una prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov y homogeneidad de varianzas de Bartlett (Sokal y Rholf, 1969). Para estabilizar las varianzas, los resultados de las concentraciones de pesticidas se transformaron a la forma $\log_{10}X_i$.

Se determinó el patrón geográfico y temporal de los hidrocarburos clorados en la región, realizándose análisis de varianzas de dos vías (Sokal y Rholf, *Op cit.*). Para clasificar las diferencias detectadas se realizó el análisis "a posteriori" Student-Newman-Keuls (SNK) (Zar, 1974).

Se obtuvo el grado de asociación entre las variables

biométricas y las concentraciones de pesticidas organoclorados efectuándose un análisis de Correlación de Pearson (Sokal y Rholf, Op cit.).

III. RESULTADOS

Las concentraciones de los hidrocarburos clorados medidos en *Tilapia sp* y *C. carpio* colectados en el Valle de Mexicali se describen en las tablas III, IV, V, y VI, respectivamente. Las concentraciones son expresadas en peso seco.

De los pesticidas organoclorados posibles de identificar en este estudio (Tabla II), únicamente el DDT y sus metabolitos o,p', p,p'-DDE, DDD, DDT y DDMU se encontraron regularmente en todas las localidades. Solamente en el canal Revolución (Estación 15), muestreada en Febrero de 1986 se identificó el compuesto Trans-naaclor.

En *Tilapia sp.*, durante Agosto de 1985 el intervalo de concentraciones de DDT mostró una razón máximo/mínimo de 2.75, con un nivel máximo de 278.5 ng/g, detectado en la Laguna México (Estación 5), y el mínimo de 101.1 ng/g se localizó en el ejido Oviedo Mota (Estación 19). Se obtuvo una concentración media de 150.6 ng/g (Tabla III). Los resultados de Febrero de 1986 presenta un valor máximo de Σ DDT de 1271.5 ng/g en la localidad Coahuila (Estación 14) y un mínimo de 112.4 ng/g en el Campo Mosqueda (Estación 17), con una razón máximo/mínimo

Tabla III. Características biométricas y niveles de hidrocarburos clorados (ng/g de peso seco) detectados en *Tilapia* sp del Valle de Mexicali durante Agosto de 1985.

Estación No.	Peso Total (g)	Talla (cm)	Humedad (%)	Lípidos (%)	p,p' DDT	o,p' DDT	p,p' DDE	o,p' DDE	p,p' DDD	o,p' DDD	p,p' DDHU	Σ DDT	trans-nona-clor
3	117.0	18.0	79.0	0.9	ND	ND	126.6	ND	ND	ND	ND	126.6	ND
4	24.0	15.0	75.0	0.9	ND	ND	112.1	ND	ND	ND	ND	112.1	ND
5	332.0	24.0	77.0	2.0	ND	ND	247.1	ND	27.5	ND	ND	278.5	ND
8	65.0	14.0	81.0	1.0	ND	ND	182.3	ND	24.2	ND	ND	206.5	ND
9	210.0	22.0	80.0	0.9	ND	ND	143.8	ND	ND	ND	ND	143.8	ND
10	136.0	18.0	73.0	2.0	ND	ND	143.4	ND	ND	ND	ND	143.4	ND
12	76.0	15.0	78.0	1.0	ND	ND	213.0	ND	ND	ND	ND	213.0	ND
13	196.0	21.0	82.0	0.9	ND	ND	150.6	ND	16.8	ND	ND	167.4	ND
15	351.0	24.0	78.0	0.4	ND	ND	166.4	ND	ND	ND	ND	166.4	ND
17	69.0	15.0	79.0	0.2	ND	ND	236.6	ND	13.7	ND	ND	248.3	ND
19	67.0	15.0	79.0	0.9	ND	ND	101.1	ND	ND	ND	ND	101.1	ND
\bar{X}	149.0	18.0	78.0	1.0								150.6	
DE	111.0	3.8	2.6	0.6									
CV	74%	21%	3%	55%									

Estaciones no analizadas : 1, 2, 6, 7, 11, 14, 16, 18, 20.

ND = No detectado

Tabla IV. Características biométricas y niveles de hidrocarburos clorados (ng/g de peso seco) detectados en *Tilapia* sp del Valle de Mexicali durante Febrero de 1986.

Estación No.	Peso Total (g)	Talla (cm)	Humedad (%)	Lípidos (%)	p,p' DDT	o,p' DDT	p,p' DDE	o,p' DDE	p,p' DDD	o,p' DDD	p,p' DDMU	ΣDDT	trans-nona-clor
1	384.0	25.0	79.0	1.5	7.8	ND	98.0	ND	20.3	ND	ND	126.1	ND
2	277.0	24.0	78.0	2.1	21.1	6.1	695.7	ND	29.9	ND	ND	761.6	ND
3	247.0	22.0	79.0	0.8	ND	ND	195.5	ND	18.4	ND	ND	213.9	ND
4	222.0	23.0	81.0	0.3	ND	ND	128.8	ND	ND	ND	ND	128.8	ND
5	289.0	25.0	80.0	0.7	ND	ND	286.8	ND	14.6	ND	ND	301.4	ND
8	128.0	18.0	78.0	0.4	ND	ND	229.3	ND	12.7	ND	ND	242.0	ND
9	254.0	23.0	80.0	0.1	ND	ND	205.9	ND	35.0	ND	ND	240.8	ND
13	254.0	23.0	79.0	1.3	38.3	ND	144.8	ND	39.1	ND	ND	222.2	ND
14	207.0	22.0	80.0	0.3	19.6	ND	1219.5	ND	32.4	ND	ND	1271.5	ND
15	248.0	22.0	80.0	0.4	ND	ND	121.7	ND	ND	ND	ND	121.7	ND
16	84.0	16.0	79.0	0.5	14.3	ND	142.5	ND	ND	ND	ND	156.8	ND
17	154.0	20.0	81.0	0.2	ND	ND	112.4	ND	ND	ND	ND	112.4	ND
18	480.0	28.0	79.0	0.5	ND	ND	144.0	ND	ND	ND	ND	144.0	ND
20	350.0	24.0	81.0	1.0	16.6	ND	175.3	ND	ND	ND	ND	191.9	ND
\bar{X}	256.0	23.0	80.0	0.7								302.5	
DE	103.0	3.0	1.0	0.6									
CV	40%	13%	1%	79%									

Estaciones no analizadas : 6, 7, 10, 11, 12, 19.

ND = No detectado

Tabla V . Características biométricas y niveles de hidrocarburos clorados (ng/g de peso seco) detectados en *C. carpio* del Valle de Mexicali durante Agosto de 1985.

Estación No.	Peso Total (g)	Talla (cm)	Humedad (%)	Lipidos (%)	p,p' DDT	o,p' DDT	p,p' DDE	o,p' DDE	p,p' DDD	o,p' DDD	p,p' DDMU	Σ DDT	trans-nona-clor
3	352.0	26.0	80.0	0.5	ND	ND	403.3	ND	5.4	ND	ND	408.7	ND
6	427.0	28.0	80.0	1.2	ND	ND	731.7	9.5	4.5	ND	10.7	756.3	ND
7	188.0	21.0	85.0	1.3	ND	ND	312.7	ND	5.1	ND	ND	317.8	ND
8	51.0	14.0	79.0	0.8	ND	ND	1138.6	ND	ND	ND	ND	1138.6	ND
10	390.0	26.0	79.0	1.0	ND	ND	345.6	5.8	12.9	ND	20.1	365.7	ND
11	414.0	29.0	78.0	2.6	ND	ND	135.5	ND	ND	ND	ND	135.5	ND
12	252.0	23.0	78.0	2.2	2.6	3.1	571.4	8.5	5.9	ND	11.4	602.8	ND
13	394.0	26.0	77.0	2.5	ND	ND	855.3	7.7	17.7	ND	21.0	901.7	ND
15	169.0	23.0	80.0	0.8	ND	ND	597.9	ND	8.5	ND	ND	606.4	ND
17	70.0	17.0	86.0	0.3	ND	ND	992.8	ND	14.6	ND	ND	1007.4	ND
18	63.0	16.0	79.0	1.3	5.6	ND	553.8	ND	6.0	ND	6.7	572.1	ND
19	91.0	17.0	79.0	1.2	ND	ND	3687.4	94.3	84.9	9.0	271.9	4147.5	ND
\bar{X}	238.0	22.0	80.0	1.3								913.4	
DE	151.0	5.1	2.7	0.8									
CV	63%	23%	3.4%	57%									

Estaciones no analizadas : 1, 2, 4, 5, 9, 14, 16, 20.

ND = No detectado

Tabla VI . Características biométricas y niveles de hidrocarburos clorados (ng/g de peso seco) detectados en *C. carpio* del Valle de Mexicali durante Febrero de 1986.

Estación No.	Peso Total (g)	Talla (cm)	Humedad (%)	Lipidos (%)	p,p' DDT	o,p' DDT	p,p' DDE	o,p' DDE	p,p' DDD	o,p' DDD	p,p' DDMU	ΣDDT	trans-nona-clor
1	229.0	23.0	79.0	1.6	ND	ND	187.0	ND	ND	ND	ND	187.0	ND
2	233.0	23.0	80.0	1.0	ND	ND	661.3	ND	ND	ND	10.7	672.0	ND
3	213.0	21.0	79.0	1.6	ND	ND	215.6	ND	ND	ND	ND	215.6	ND
7	118.0	20.0	83.0	0.9	5.4	ND	450.1	ND	ND	ND	ND	455.5	ND
8	168.0	20.0	79.0	0.9	3.0	ND	301.9	ND	5.6	ND	ND	310.6	ND
9	228.0	21.0	80.0	1.4	ND	ND	281.3	ND	10.3	ND	ND	291.6	ND
13	260.0	23.0	81.0	1.0	4.5	ND	768.3	9.6	21.9	ND	12.5	816.8	ND
14	106.0	18.0	80.0	0.5	ND	ND	516.6	15.1	21.7	ND	11.2	564.5	ND
15	333.0	25.0	80.0	1.0	ND	6.0	1723.4	21.1	57.5	8.5	99.5	1916.1	6.8
18	205.0	22.0	82.0	0.7	ND	ND	25.3	ND	ND	ND	ND	25.3	ND
19	109.0	17.0	78.0	1.1	ND	ND	726.6	ND	6.9	ND	ND	733.5	ND
\bar{x}	200.0	21.2	80.0	1.08								562.6	
DE	70.0	2.4	1.4	0.32									
CV	35%	11%	1.8%	29%									

Estaciones no analizadas : 4, 5, 6, 10, 11, 12, 16, 17, 20.

ND = No detectado

de 11.31. Obteniéndose un valor promedio de 302.5 ng/g, (Tabla IV).

En relación a *C. carpio* en Agosto de 1985 la concentración de DDT registró una razón máximo/mínimo de de 30.6, el valor máximo de 4147.5 ng/g se presentó en el ejido Oviedo Mota (Estación 19). Destacándose este valor como la concentración máxima encontradas en todas las localidades de colecta. El valor mínimo (135.5 ng/g), fué detectado en el canal Nuevo Delta (Estación 11). El valor medio registrado fué de 913.4 ng/g, (Tabla V). Durante Febrero de 1986, el DDT en *C. carpio* registró una razón máximo/mínimo de 75.7. El valor máximo de 1916.1 ng/g, se encontraron en la Colonia Carranza (Estación 15) y el mínimo de 25.3 ng/g, se localizó en el Km 80 (Estación 18). En esta estación se registró el valor mínimo de concentración de DDT para ambos muestreos. El valor medio calculado fué de 562.6 ng/g (Tabla VI).

Los resultados del análisis de varianza no indican una variación de las concentraciones de Σ DDT en *Tilapia sp.* y *C. carpio* debido al tiempo de colecta ($p > 0.05$). En *Tilapia sp.*, se detectó una variación en las concentraciones debido al lugar de muestreo ($p < 0.3$). Los resultados de la clasificación "a posteriori" (SNK) se muestran en la tabla VII y en las figuras 2 y 3.

Tabla VII. Variación geográfica de Σ DDT en peces del distrito de riego No. 14 del Valle de Mexicali. Las medias (n=2) de la columna vertical que tengan letras iguales no son significativamente diferentes (p>0.05).

Tilapia sp		C. carpio	
No. Est.	Σ DDT (ng/g P.S.)	No. Est.	Σ DDT (ng/g P.S.)
1	126.12 * a (1)	1	187.04 * a (1)
2	761.58 * e (1)	2	671.99 * ab(1)
3	170.23 abc	3	312.13 a
4	120.45 a	6	756.32 * ab(1)
5	289.94 d	7	386.62 * a
8	224.24 cd	8	724.57 ab
9	192.31 bc	9	291.64 a (1)
10	143.39 ab(1)	10	365.71 a (1)
12	213.03 * cd(1)	11	135.53 * a (1)
13	194.80 bc	12	602.81 * ab(1)
14	1271.52 e (1)	13	859.23 b
15	144.03 * ab	14	564.47 ab(1)
16	156.82 ab(1)	15	1261.23 * b
17	180.36 bc	17	1007.42 b (1)
18	143.98 * ab(1)	18	298.66 * a
19	101.06 a (1)	19	2440.50 * b
20	191.94 bc(1)		

* Colectados en canales de riego.

(1) n=1

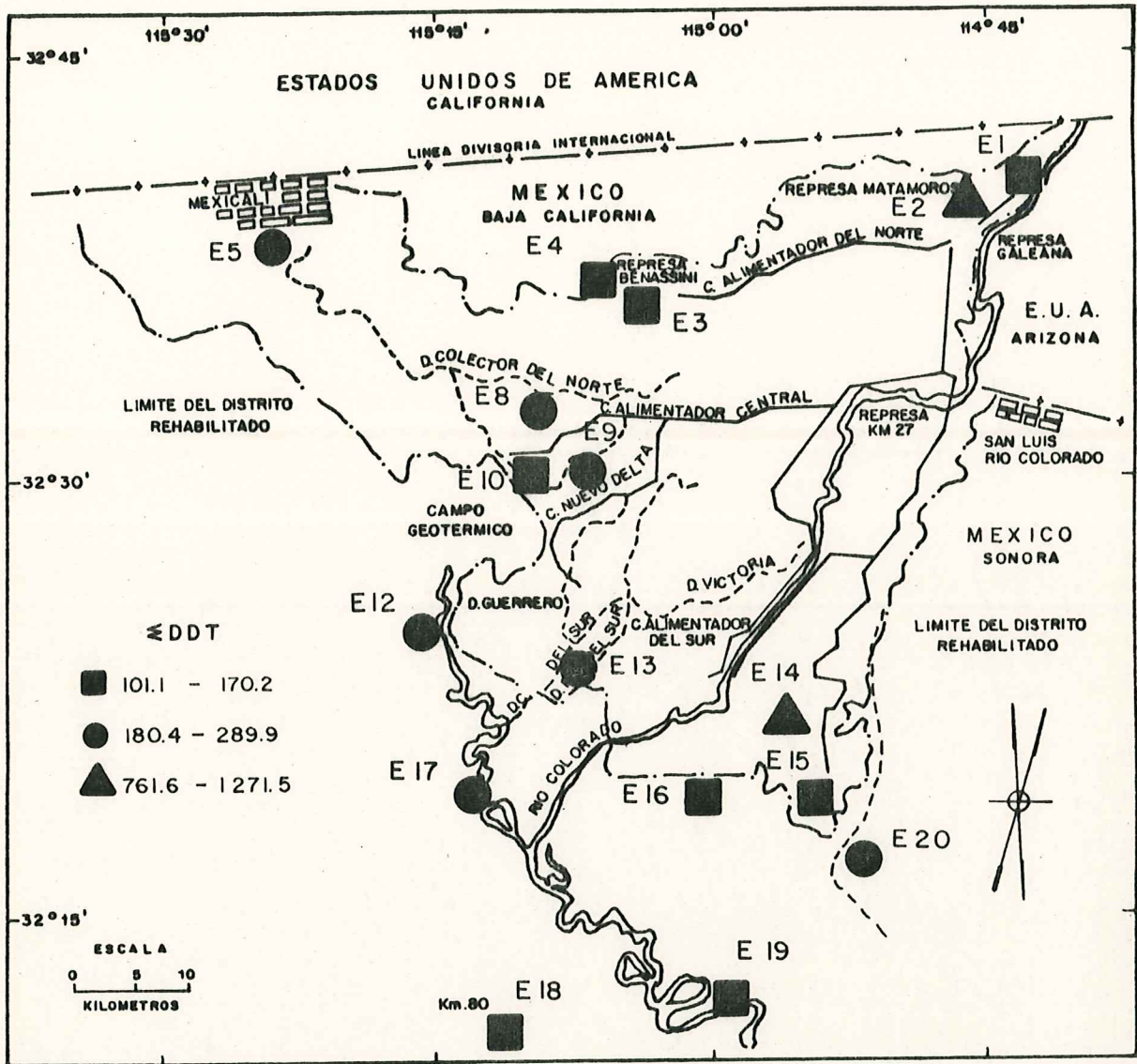


FIG. 2 - DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE Σ DDT (ng/g DE PESO SECO) EN Tilapia sp. EN EL VALLE DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA.

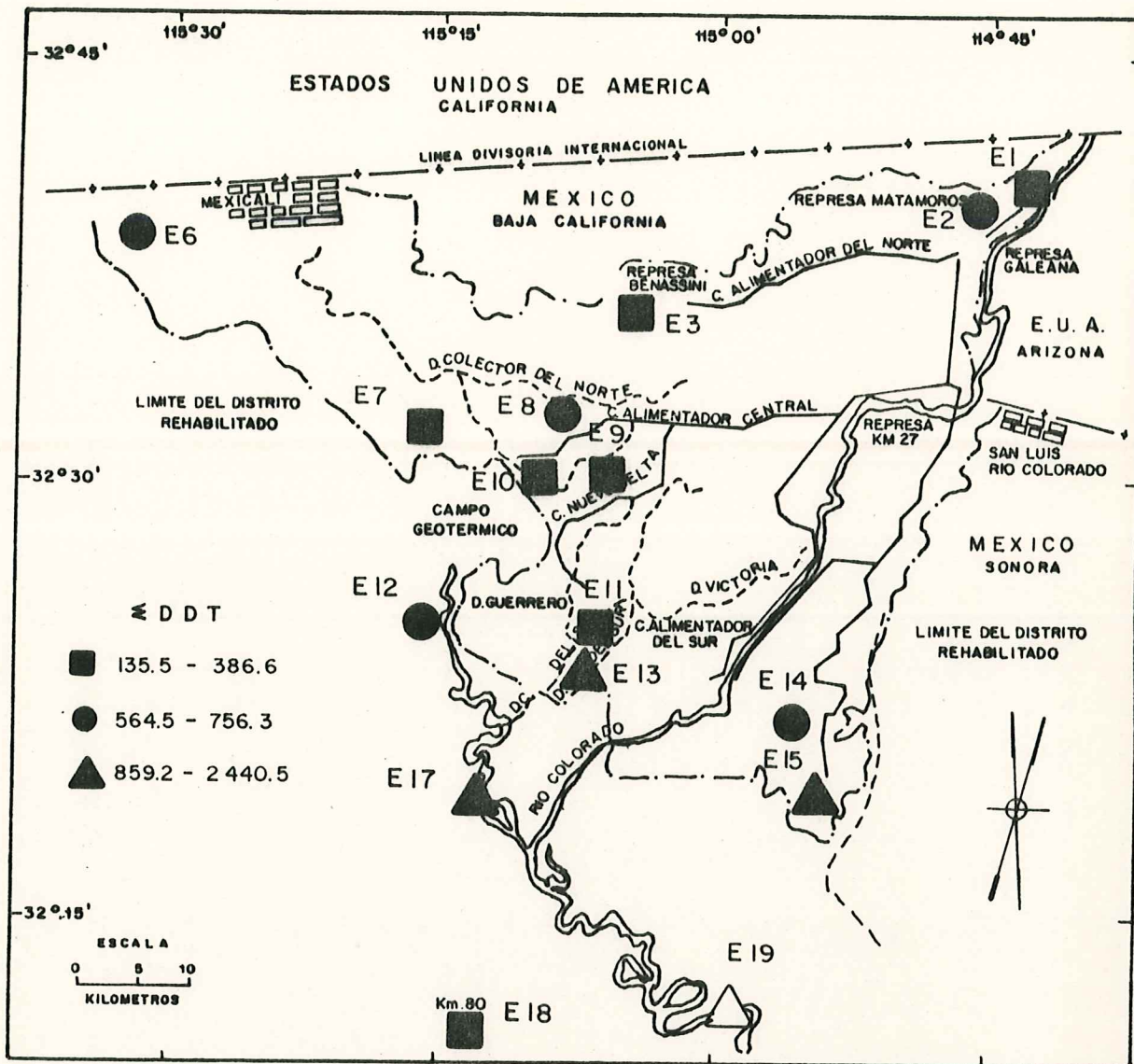


FIG. 3 - DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE Σ DDT (ng/g DE PESO SECO) EN C. carpio EN EL VALLE DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA.

Mostrandose de una manera general que las localidades menos contaminadas se distribuyen principalmente en la regiones Noreste y Sur (estaciones 1, 3, 4, 10, 15, 16, 18 y 19), con un intervalo de concentraciones de 101.1 a 170.2 ng/g. Las estaciones 5, 8, 9, 12, 13, 17 y 20, distribuidas en las regiones Norte, Central y Sur corresponden a un nivel intermedio de concentraciones de Σ DDT con un intervalo de 180.4 a 289.9 ng/g. Finalmente las localidades que presentan las mayores concentraciones son las estaciones 2 y 14 localizadas en la región Noreste y Central respectivamente y con un intervalo de concentración de 761.6 a 1271.5 ng/g , de Σ DDT (Fig. 2).

El análisis de clasificación SNK para *C. carpio* muestra de manera general un patrón de concentraciones menores en la región Norte y mayores en la parte Sur del Valle. Las localidades menos contaminadas se presentan en la región Norte (Estaciones 1 y 3), en la región Central (Estaciones 7, 9, 10, 11) y Sur (Estación 18), con un intervalo de concentraciones de Σ DDT de 135.5 a 386.6 ng/g). Las estaciones 2, 6, 8, 12 y 14 distribuidas en la región Norte y Central del Valle corresponden a concentraciones intermedias con un intervalo de Σ DDT de 564.4 a 756.3 ng/g , mientras que las localidades del Sur del Valle (Estaciones 13, 15, 17 y 19), mostraron las

mayores concentraciones con un intervalo de 859.2 a 2440.5 ng/g (Fig. 3).

En general el p,p' DDE fué el metabolito detectado en mayor concentración en ambas especies analizadas en este estudio.

En *Tilapia sp.* la razón p,p' DDT/ Σ DDT varió de 88 a 100% durante Agosto de 1985 y de 65 a 100% en Febrero de 1986. En *C. carpio* esta razón varió entre 89 a 100% y de 90 a 100% para el primer y segundo muestreo respectivamente (Tablas VIII y IX).

Las características biométricas de los organismos colectados en ambos muestreos y para todas las localidades del Valle de Mexicali están representadas en las tablas III, IV, V, VI. Tanto para *Tilapia sp.* como para *C. carpio*, el peso total de cada pez y el porcentaje de lípidos no fueron significativamente diferentes entre ambos muestreos ($p > 0.05$). Sin embargo, el coeficiente de variación (CV) muestra una variación regional importante en las características. El porcentaje de humedad fué el menos variable con un CV igual a 3.0 y 1.0 para *Tilapia sp.* y de 3.4 y 1.8 en *C. carpio* en el primer y segundo muestreo respectivamente.

Las características biométricas (talla, peso total) así como el porcentaje de humedad y porcentaje de lípidos

Tabla VIII. Razones del p,p'-DDE con respecto al DDT total expresados en porcentaje (%), en Iilapia sq del Valle de Mexicali.

Estación	Agosto de 1985	Febrero de 1986
	p,p'-DDE/ΣDDT	p,p'-DDE/ΣDDT
1	NA	78
2	NA	91
3	100	91
4	100	100
5	89	95
6	NA	NA
7	NA	NA
8	88	95
9	100	85
10	100	NA
11	NA	NA
12	100	NA
13	90	65
14	NA	95
15	100	100
16	NA	91
17	94	100
18	NA	100
19	100	NA
20	NA	91

ΣDDT = p,p', o,p'-DDT, + p,p', o,p'-DDE, + p,p', o,p'-DDD
+ p,p'-DDMU.

NA = No analizado.

Tabla IX. Razones del p,p'-DDE con respecto al DDT total expresados en porcentaje (%), en C. campo del Valle de Mexicali.

Estación	Agosto de 1985	Febrero de 1986
	p,p'-DDE/ Σ DDT	p,p'-DDE/ Σ DDT
1	NA	100
2	NA	98
3	99	100
4	NA	NA
5	NA	NA
6	97	NA
7	98	99
8	100	97
9	NA	96
10	95	NA
11	100	NA
12	95	NA
13	95	94
14	NA	92
15	99	90
16	NA	NA
17	99	NA
18	97	100
19	89	99
20	NA	NA

Σ DDT = p,p', o,p'-DDT + p,p',o,p'-DDE + p,p', o,p'-DDD + p,p'-DDMU.

NA = No analizado.

no mostraron correlación significativa ($p > 0.05$) con las concentraciones de Σ DDT tanto para *Tilapia* sp. y *C. carpio* en ambos muestreos.

IV. DISCUSION

De los pesticidas clorados examinados (tabla II), en *Tilapia sp.* y *C. carpio* principalmente se detectaron el DDT y sus metabolitos. Las razones de que no se hallan detectado otros compuestos organoclorados posiblemente se deba a que estos no se encontraban a niveles biodisponibles en la zona de estudio. Antecedentes señalan que la mayoría de los compuestos organoclorados examinados se aplicaron en esta región agrícola. Algunos se aplicaron en mayor cantidad que otros, tal es el caso del DDT (Miranda-Meneses, Op. cit.). Dado a que estos compuestos poseen una persistencia diferencial en el medio ambiente (Nash y Woolson, 1967; Willis y McDowell, 1982), hace posible que ciertos pesticidas clorados desaparecieran o bien alcanzaran concentraciones tan pequeñas que mediante el procedimiento analítico empleado no pudieron ser detectados.

Una explicación a la presencia de DDT y sus metabolitos en todo el Valle de Mexicali, está relacionado a la cantidad, frecuencia y extensión de aplicación de este tóxico. Otra posibilidad, quizá se deba a su alta persistencia en el medio ambiente que algunos investigadores la calculan en más de veinte años (Nash y Woolson, Op.

cit.), y finalmente a su alto coeficiente de partición lípido/agua que lo hace fácilmente bioacumulable en reservas de grasa de la biota (Addison, Op. cit.; Bryan, Op. cit.).

Tal como se señaló anteriormente, el trans-nonaclor únicamente se encontró en una muestra de *C. carpio* (6.8 ng/g, nivel ligeramente superior al límite de detección), colectada en la parte Sur del Valle (Tabla VI). Este compuesto, es un producto de la síntesis del clordano técnico (Menzie, 1974) y uno de los más persistentes en el medio ambiente (Schmitt. et al. Op. cit.). La presencia de este compuesto probablemente se deba a la aplicación pretérita del clordano en el Valle de Mexicali mencionada por Miranda-Meneses, Op. cit.

Villaescusa Celaya, (1987), utilizando a la almeja *Corbicula fluminea* como bioindicador encontró trans-nonaclor (4.0 a 16.5 ng/g peso seco) entre el 30 y 40% de las localidades muestreadas en su estudio realizado en el Valle de Mexicali. Sus concentraciones de trans-nonaclor (16.5 ng/g) detectadas en la región Sur del Valle de Mexicali, coinciden con la observada en este estudio en la colonia Zacatecas. Las diferencias en los resultados de ambas investigaciones puede estar relacionada con las diferencias biológicas de los organismos empleados en los

distintos estudios.

Las concentraciones de Σ DDT detectadas en *Tilapia sp.*, exceptuando dos localidades de concentraciones relativamente altas (Estaciones 2 y 14), muestra niveles usualmente bajos y una distribución geográfica no bien definida. En general las localidades que presentan concentraciones bajas (101.1 - 170.2 ng/g) se distribuyen tanto al Norte como al Sur del Valle. Las estaciones que presentan niveles intermedios de concentraciones (180.4 - 289.9 ng/g) se localizaron con mayor frecuencia en la región central (Fig. 2, tabla VII), que corresponde a la zona más intensamente muestreada debido a la abundancia de drenes agrícola. Otras localidades de concentración media se localizaron específicamente en drenes que reciben gran cantidad de agua del lavado de tierras. Tal es el caso de la estación 20 sobre el dren Welton que acarrea las aguas del Valle de Yuma, Arizona, E.U.A., y otra en la Laguna México (Estación 5) la cual recibe la mayoría del agua de drenaje agrícola de la región Norte y Central del Valle de Mexicali. Las localidades en donde se detectaron las mayores concentraciones de Σ DDT en *Tilapia sp.* (Canal Alamo, estación 2 y Dren Coahuila, estación 14), con 761.6 y 1,271.5 ng/g, respectivamente, coinciden con los lugares en donde Guardado-Puentes (1975) y Villaescusa-Celaya, Op. cit. detectaron concentraciones relativamente altas de

DDT en la almeja *C. fluminea*. Especialmente, la localidad Coahuila considerada en sus investigaciones como una de las más contaminadas por este tóxico en el Valle de Mexicali.

La carpa *C. carpio* muestra una distribución más definida con respecto a la tilapia. Con un intervalo de concentraciones bajas (135.5 a 386.6 ng/g), distribuido en las muestras colectadas en la región Central y Norte del Valle. Este intervalo de concentraciones bajas, coincide con los niveles de Σ DDT detectados en muestras de *Tilapia sp.*, colectadas en la misma región. Las concentraciones altas (859.2 a 2,440.5 ng/g), se presentaron en muestras colectadas en la región Sur del Valle. Las localidades con concentraciones medias (564.5 a 756.3 ng/g), se distribuyeron heterogeneamente por toda la región (Fig. 3).

Posiblemente, las concentraciones de contaminantes medidas en estos organismos dependa de tres factores principales: la biodisponibilidad del tóxico en el medio ambiente, la variabilidad inherente (condición fisiológica, sexualidad, edad) y la variabilidad debida al diseño experimental (Tamaño de muestra) tal como ha sido señalado por Phillips (1980), Boyden y Phillips (1981) y Phillips y Segar (1986). Los valores excepcionales de Σ DDT detectados

en *C. carpio* en las estaciones 13, 15, 17 y 19 y en las estaciones 2 y 14 en *Tilapia sp* pueden ser explicados en función del grado de contribución de la variabilidad inherente a la variabilidad total de las concentraciones de la Σ DDT en ambas especies. Con respecto a este factor, cabe señalar que no se realizó un experimento específico tendiente a esclarecer la variabilidad inherente, y que unicamente contamos con el coeficiente de correlación entre las variables biometricas y fisiologicas (peso, talla, contenido de lípidos) y las concentraciones de Σ DDT; que en general fueron bajas y no significativas ($P > 0.05$). Esto quizá pueda estar relacionado a una baja contribución de esta fuente de variación a la variación total o bien al diseño experimental.

El tamaño de la muestra es otro factor que posiblemente también contribuyó a la variabilidad observada en las concentraciones de Σ DDT, ya que tan solo se cuenta con dos replicas independientes por cada localidad de muestreo, lo que da lugar a coeficientes de variación (CV) altos.

En general, la distribución geográfica que muestra la Σ DDT en *C. carpio* con concentraciones bajas al Norte y niveles relativamente altos al Sur del Valle, coinciden con la propuesta en dos investigaciones precedentes en la misma

región utilizando a la almeja *C. fluminea* como bioindicador (Guardado-puentes, Op. cit.; Villaescusa Celaya Op. cit.). Esto parece indicar que es éste el patrón de distribución geográfico más probable que refleja la biodisponibilidad del tóxico en el Valle de Mexicali. Sin embargo, *Tilapia sp.* muestra una discrepancia importante en este sentido, pues no refleja el mismo patrón geográfico de Σ DDT que *C. carpio*, ya que presenta indistintamente niveles bajos en la parte Sur del Valle. Esta diferencia entre ambas especies puede obedecer a varios factores, entre los que destacan, los hábitos alimenticios, la regulación metabólica del contaminante e integración temporal y espacial del tóxico. Factores considerados entre los más importantes por Phillips y Segar, Op. cit. En relación a *Tilapia sp.*, este organismo presentó concentraciones de Σ DDT significativamente menores que *C. carpio*, independientemente del habitat de colecta.

Con respecto a la variación temporal del DDT, los niveles medidos en ambas especies de peces no presentaron diferencias significativas entre ambos muestreos ($p > 0.05$). Esto posiblemente se deba a que no existe un aporte reciente de este tóxico a la región y a que el DDT es un compuesto muy persistente en el medio ambiente que presenta un proceso de degradación muy lento (> 20 años)

(Alexander, 1981). Phillips, Op. cit. y Satsmadjis y Votsinou-Talioudouri (1983), señalan además que para distinguir patrones temporales de este compuesto en el ambiente se requiere de muestreos de una escala de tiempo mayor de un año.

La degradación del DDT en el medio ambiente sigue dos rutas principales : Una via es la producción de DDE, la cual se ha propuesto como una ruta metabólica terminal (Addison, Op. cit.). La transformación de DDT a DDE resulta en un compuesto mucho más resistente a la degradación que el compuesto original (Juerst y Alexander, 1975). La otra ruta sigue la declorinación del DDT, pasando por el DDD, hacia compuestos más polares tales como el DDMU y el DDMS los cuales son fácilmente eliminados (Menzie, Op. cit.). Nuestros resultados muestran que el p,p' DDE fué el metabolito del DDT más abundante en los peces colectados en el Valle de Mexicali. La razón DDE/ Σ DDT (considerando solo los isómeros p,p') varió en forma global entre el 80 al 100%. Estos resultados coinciden con la proporción de metabolitos reportado para *C. fluminea* por Villaescusa Celaya Op. cit. y apoyan hipótesis de que la mayoría del DDT presente en el Valle de Mexicali se debe a aplicaciones en épocas pasadas.

Los niveles de Σ DDT encontrados en músculo axial de

C. carpio (871 ng/g peso húmedo) y de *Tilapia sp.* (254 ng/g peso húmedo) en esta investigación fueron ligeramente menores comparados con los reportados en estudios realizados en el vecino Valle Imperial en California, EUA. Agee (1984), reporta concentraciones de Σ DDT 3035.0 y 1,111.0 ng/g de peso húmedo en Músculo axial de *C. carpio* colectadas en el Río Alamo y Río Nuevo respectivamente. Watkins, et al., Op. cit., midieron niveles de Σ DDT de 326.0 ng/g de peso húmedo en el músculo axial de *Tilapia sp.* colectada en el Río Nuevo. Clark y Kynistsky, Op.cit. plantean que éste DDT presente contiguo al Río Colorado proviene de fuentes locales.

Los niveles de insecticidas organoclorados medidos en el músculo axial de peces de drenes y canales del Valle de Mexicali, se encuentran alrededor de un orden de magnitud debajo de los límites tolerados para el consumo humano (USFDA, 1984), de 5 μ g/g de tejido húmedo para DDT y de 0.3 μ g/g de peso húmedo para clordano.

V. CONCLUSIONES

En el músculo axial de los peces *Tilapia sp.* y *C. carpio* únicamente se detectó DDT (principalmente p,p'DDE) y en una ocasión restos de trans-nonaclor en *C. carpio*. *Tilapia sp.* presentó concentraciones significativamente menores que los medidos en *C. carpio*. La presencia de DDT en ambas especies puede estar relacionado a la cantidad, frecuencia y extensión en que fué aplicado este tóxico en el Valle de Mexicali. La biodisponibilidad y persistencia del DDT en el ambiente pudieran también explicar su concentración en estos peces.

C. carpio muestra una distribución geográfica del contaminante más definida a la observada en la tilapia. Detectándose en la carpa concentraciones bajas al Norte y niveles relativamente altos en la parte Sur del Valle. Esta distribución es similar con investigaciones precedentes en la misma región utilizando la almeja *C. fluminea* como bioindicador.

Con respecto a la variación temporal del DDT, los niveles medidos en ambas especies no presentaron diferencias significativas entre los dos muestreos realizados. Lo que podría indicar que durante este estudio no existieron aportes de este tóxico en la región.

Las concentraciones de DDT en *C. carpio* y *Tilapia sp.* fueron ligeramente menores comparados con los señalados por otros investigadores en el músculo axial de peces de la misma especie colectados en el vecino Valle Imperial de California, E.U.A.

Los niveles de DDT medidos en el tejido comestible de los peces examinados, se encuentran alrededor de un orden de magnitud por debajo del límite tolerado ($5\mu\text{g/g}$ de tejido húmedo) para el consumo humano.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Addison, R. F. 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.
- Agee, B. A. 1984. Toxic substances monitoring program. California State Water Resources Control Board. Water Monitoring Report. No. 86 - 4WQ.
- Alexander, M. 1981. Biodegradation of chemical of environmental concern. Science 211 (9): 132 - 138.
- Anónimo. 1975. Agrochemicals and their impact on the environment. Ind. and Environ. UNEP. 8(3):1-2.
- Bligh, E. G. & W. J. Dyer. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. Can. J. Biochem. Physiol. 37(8): 911 -917.
- Boyden, C. R. & D. J. H. Phillips. 1981. Seasonal variation and inherent variability of trace elements in oysters and their implications for indicator studies. Mar. Ecol. Prog. Ser. 5:29-40.

- Brown, A. W. A. 1978. Ecology of Pesticides. Wiley. New York.
- Bryan, G. W. 1979. Bioaccumulation of marine pollutants. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. 286:483-505.
- Clark, D. R. Jr. & A. J. Krynitsky. 1983. DDT: Recent contamination in New Mexico and Arizona. Environ. 25(5):27-31.
- Eisler, R. 1979. Behavioural responses of marine poikilotherms to pollutants. Phil. Trans. R. Soc. Lon. B. 286:507-521.
- Guardado-Puentes, J. y O. Núñez-Esquer. 1975. Concentración de DDT y sus metabolitos en especies filtroalimentadoras y sedimento en el Valle de Mexicali y el Alto Golfo de California. Tesis Profesional ESCM UABC. Ensenada B.C. pp. 14-16.
- Heckman, C. W. 1982. Pesticides effects on aquatic habitats. Environ. SCI. Technol. 16(1): 48-57.
- Holden, A. V. 1981. Organochlorines- An overview. Mar. Pollut. Bull. 12(4): 110-115.

- Johnson, K. 1982. Equity in Hazard management. Environ. 24(9): 28-38.

- Juengst, F. W. & M. Alexander. 1975. Effects of environmental conditions on the degradation of DDT in model marine ecosystems. Mar. Biol. 33: 1-6.

- Menzie, C. M. 1974. Metabolism of pesticides. An update. U.S. Fish and Wildlife Service. Special Scientific Report. Wildlife No. 184. Washington, D.C. 484 pp.

- Miranda-Meneses, V. M. 1982. Impacto ecológico por el uso de insecticidas en el Valle de Mexicali, B.C. Tesis Profesional, Escuela Superior de Ciencias Agrícolas, UABC. Ejido Nuevo León, B.C. 98 pp.

- Nash, R. G. & E. A. Woolson. 1967. Persistence of Chlorinated hydrocarbons Insecticides in Soils. Science. 157: 924-927.

- Nieblas-Ortíz, E. C. 1986. Reubicación del receptor de desechos agroquímicos y disposición final de los mismos por el método de relleno sanitario en el municipio de Mexicali, B.C. Tesis Profesional. Escuela Superior de Ciencias UABC. Ensenada, B.C. 116 pp.

- Peakall, D. B. 1970. DDT-induced inhibition of avian shell gland carbonic anhydrase : a mechanism for thin eggshells. Science 168: 594-595.
- Phillips, D. J. H. 1980. Quantitative Aquatic Biological Indicators. Applied Science Pub. LTD. London. 488 pp.
- Phillips, D. J. H. & D. A. Segar. 1986. Use of bioindicators in monitoring conservative contaminants: programe design imperatives. Mar. Pollut. Bull. 17(1): 10-17.
- Pimentel, D. & C. A. Edwards. 1982. Pesticides and ecosystems. Bioscience. 32(7) : 595-600.
- Román, J. C. y J. L. Trava. 1986. Uso de agroquímicos en el Valle de Mexicali. Colegio de la Frontera Norte. Mexicali, B.C. Manuscrito. 13 pp.
- Sandoval, G. C. 1984. Cultivo experimental de *Tilapia zilli* en un sistema semicerrado intensivo en el campo Geotérmico de Cerro Prieto, B.C. Tesis Profesional. Escuela Superior de Ciencias Marinas. UABC. pp. 2-3.

- S.A.R.H. 1971. Boletín Hidrológico No. 28. Distrito de riego No. 014. Regiones Hidrológicas No. 1 a 7. Baja California I-22-32. México, D.F.

- S.A.R.H. 1981. Distrito de riego No. 014. Río Colorado. Representación General en el Estado de Baja California, México, D.F.

- Satsmadjis, J. & F. Votsinou-Taliadouri. 1983. *Mytilus galloprovincialis* and *Parapenaeus longirostris* as bioindicators of heavy metals and organochlorine pollution. Mar. Biol. 76: 115-124.

- Schmitt, C. J., J. L. Zajicek & M. A. Ribick. 1985. National Pesticides Monitoring Program: residues of organochlorine chemicals in freshwater fish, 1980-81. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 14: 225-260.

- Schreiber, R. W. 1980. The brown pelican: An endangered species. Bioscience 30(11): 742-747.

- Sokal, R. R. & F. J. Rohlf. 1969. Biometry. W.H. Freeman and Co. San Francisco. 831 pp.

- UNS. 1984.. Consolidated list of products whose consumption and/or sale have been banned, withdrawn, severely restricted or not approved by governments. United National Secretariat. General Assambly Resolution 37/137.

- U. S. Food and Drug Administration (USFDA). 1984. Action Levels for Chemical and Poisonous Substances. U.S. Department of Health, Education and Welfare. Public Health Service.

- Villaescusa Celaya, J. A. 1987. Hidrocarburos clorados en moluscos del Valle de Mexicali y Alto Golfo de California. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Marinas. U.A.B.C. Ensenada, B. C. 60 pp.

- Watkins, D., C. Reiner, D. Crane, R. Iman, W. Seto & S. Baumgartner. 1985. Toxic Substances Monitoring Program. 1984. Date Report. Department of Fish and Game. State of California. 75-82. pp.

- Willis, G. H. & L. L. McDowell. 1982. Pesticides in agricultural runoff and the effects on downstream water quality. Environ. Toxicol. Chem. 1: 267-279.

- Woodwell, G. M. 1970. Effects of pollution on the structure and physiology of ecosystems. Science. 168: 429-433.

- Young, D. R., T. C. Hessen & D. J. McDermott. 1976. An offshore biomonitoring system for chlorinated hydrocarbons. Mar. Pollut. Bull. 7(8): 156-159.
- Zar, J. H. 1974. Bioestatistical Analysis. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J. 629 pp.