

## PESTICIDAS ORGANOCORADOS Y BIFENILOS POLICORADOS EN *TRACHURUS MURPHYI* EN LA ZONA CENTRO-SUR DE CHILE

### Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls of *Trachurus murphyi* from southern central Chile

MARTA FUENTEALBA CRUZ\*

#### RESUMEN

Mediante cromatografía de gases se cuantificaron las concentraciones de pesticidas organoclorados (POCs) y bifenilos policlorados (PCBs) en hígado de *Trachurus murphyi*, provenientes de las capturas comerciales en la VIII Región. Las mayores concentraciones de contaminantes organoclorados correspondieron a POCs, siendo los más importantes hexaclorociclohexano ( $\rho$ -HCH 93,218 ng g<sup>-1</sup>) y endosulfano I (29,691 ng g<sup>-1</sup> base lipídica). Los PCBs estuvieron mayormente representados por la clase pentaclorobifenilo, con los congéneres 22'35'6 (N° IUPAC 95; 13,276 ng g<sup>-1</sup>), 233'4'6 (PCB-110; 12,585 ng g<sup>-1</sup>) y 22'455' (PCB-101; 6,468 ng g<sup>-1</sup>). No se detectaron diferencias significativas entre la concentración de estos contaminantes y sexo y longitud, encontrando una tendencia positiva en el último caso.

#### INTRODUCCION

En las últimas dos décadas, los compuestos organoclorados han sido vastamente utilizados en la agricultura e industria; muchos de éstos son ampliamente citados como contaminantes, debido a su persistencia, ubicuidad ambiental y facilidad de incorporación en las cadenas alimentarias, a través del proceso de bioacumulación (Nriagu & Simmonds,

#### ABSTRACT

Concentrations of organochlorine pesticides (POCs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) were determined in liver of *Trachurus murphyi* from the commercial fishing in the VIII region (central Chile). The highest concentration of organochlorinated contaminants corresponded to POCs with hexachlorocyclohexane ( $\rho$ -HCH 93,218 ng g<sup>-1</sup>) and endosulfan I (29,691 ng g<sup>-1</sup> fat basis) as the main contaminants. The predominant congeners of PCBs were pentachlorobiphenyl 22'35'6 (IUPAC number 95; 13,276 ng g<sup>-1</sup>), 233'4'6 (PCB-110; 12,585 ng g<sup>-1</sup>) and 22'455' (PCB-101; 6,468 ng g<sup>-1</sup>). No relationships were recorded between concentrations of POCs and PCBs with sex and length.

KEY WORDS: Organochlorinated pollutants. Organochlorine pesticides. Polychlorinated biphenyls. *Trachurus murphyi*.

1984; Laws, 1993; Tanabe, 1994). Entre estos compuestos se encuentran los pesticidas organoclorados (POCs) y bifenilos policlorados (PCBs), que son químicos manufacturados por el hombre, altamente lipofílicos, estables y con bajas tasas de eliminación desde los organismos (Biddinger & Gloss, 1984).

Suponiendo que la bioacumulación es primariamente el resultado de la partición agua-lípidos, los niveles de contaminantes en la biota acuática pueden reflejar las concentraciones en su ambiente. Entre los organismos que han sido utilizados como bioindicadores de la contaminación acuática se

\*Centro EULA-Chile, Universidad de Concepción, Casilla 156-C, Concepción.

encuentran los peces debido a que: (i) concentran contaminantes en sus tejidos directamente desde el agua y también a través de la alimentación, facilitando la cuantificación de la transferencia de estos contaminantes a través de las cadenas tróficas (Tanabe, 1994; Blus, 1995); (ii) exhiben un bajo metabolismo para compuestos organoclorados y consecuentemente pueden reflejar los niveles de contaminación en el ambiente acuático (Muir *et al.*, 1990); (iii) ocupan distintos hábitat en un mismo ecosistema y tienen diferentes hábitos alimentarios, así ofrecen el potencial para estudiar la influencia del ambiente y factores biológicos sobre la bioacumulación de contaminantes (Porte & Albaiges, 1993).

Sin embargo, la bioacumulación no sólo está determinada por las concentraciones de sustancias químicas en el ambiente acuático, sino también por factores fisiológicos y ecológicos como: edad, sexo, cantidad de lípidos, posición trófica y hábitat (Walker, 1990; Loganathan & Kannan, 1991). De tal forma, el conocimiento de la biología de la especie es relevante para una adecuada interpretación de los resultados de su carga de contaminantes.

La especie seleccionada en este estudio corresponde a *Trachurus murphyi* (jurel), que presenta una amplia distribución en el Océano Pacífico Sur (Suda *et al.*, 1995); alcanza tamaños superiores a los 60 cm longitud horquilla; es una especie consumidora de segundo orden, depredando principalmente sobre Euphausiidae y Myctophiidae, conformando sólo un grupo trófico (Cornejo, 1992). Además, es el principal recurso íctico pelágico de Chile (SERNAPESCA, 1996).

El objetivo del presente trabajo fue determinar y cuantificar la carga de contaminantes organoclorados (POCs y PCBs) en *T. murphyi* capturados por la flota industrial de la VIII Región, y establecer si la acumulación de estas sustancias es dependiente del sexo y/o del tamaño.

## MATERIALES Y METODOS

### Obtención del material biológico

Los ejemplares de *T. murphyi* fueron obtenidos de las capturas comerciales, realizadas por la flota industrial de la VIII Región (Fig. 1).

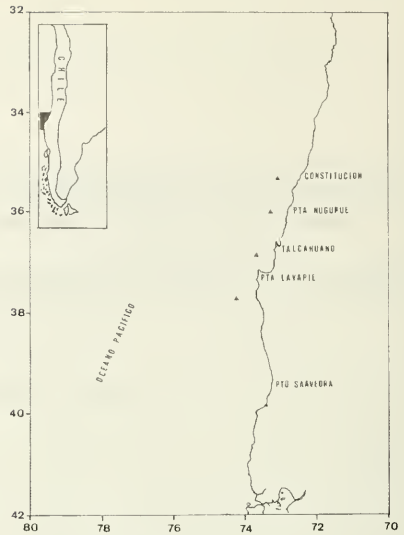


FIGURA 1. Área de muestreo.

### Muestreo

Se realizaron 4 muestreos, desde mayo a junio de 1996. Los ejemplares fueron agrupados cada 5 cm de longitud horquilla (LH), considerando el rango de tamaños presente en las capturas, obteniéndose los siguientes grupos: (1)  $\leq 25$  cm LH, (2) 26-30 cm LH; (3) 31-35 cm LH; (4) 36-40 cm LH y (5)  $\geq 41$  cm LH.

Los ejemplares fueron transportados en bandejas con hielo al laboratorio de Química del Centro EULA-Chile, donde fueron medidos (precisión 0,5 cm), sexados y se extrajo el hígado, los que fueron congelados a  $-20^{\circ}\text{C}$  para su posterior análisis.

Se trabajó en base a muestras compuestas por rango de tamaño, separando machos de hembras, cada una formada por 8 ejemplares (Dybern, 1983). El número de muestras analizadas fueron 29, involucrando un total de 232 ejemplares.

### Extracción de compuestos orgánicos

Los compuestos orgánicos fueron extraídos a través de un sistema soxhlet (Larsson *et al.*, 1996).

1 g de tejido liofilizado se extrajo con 90 ml de n-hexano bidestilado (para análisis de residuo) por 6 hrs. El extracto se concentró a un volumen aproximado de 5 ml en evaporador rotatorio. Para la limpieza de la muestra se utilizó 10 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado (p.a.) por 8 hrs. con el fin de quemar grasas, pigmentos y otras moléculas orgánicas de origen biológico. Luego se eluyó en columna de florisil (para análisis de residuos) más 1 g de sulfato de sodio anhidro (extraído con acetona y calcinado a 600°C) con 70 ml de n-hexano bidestilado (para análisis de residuos); concentrando a volumen final de 0,5 ml. Posteriormente se traspasó a vial y se guardó a -20°C hasta su análisis en cromatógrafo de gases.

### Determinación de materia orgánica extraíble (MOE)

La MOE se determinó por diferencia de pesada, entre el tejido liofilizado sin extraer y el tejido liofilizado después de ser sometido a la extracción de compuestos orgánicos, en el sistema soxhlet, y secado en estufa por 12 hrs a 60°C.

### Determinación de POCs y PCBs

Se utilizó un cromatógrafo de gas Perkin Elmer Auto-System con detector de captura de electrones (ECD) y una columna de sílica fundida, fase BP-5 (25 m x 0,25mm). El programa de temperatura fue

de 100°C por 10 minutos, con incrementos de 5°C por minuto hasta llegar a 280°C, manteniendo esta temperatura por 20 minutos. Se utilizó helio como gas de arrastre. Se inyectó 2 µl de muestra y, se usó un estándar en mezclas de POCs ( $\alpha$ -HCH;  $\beta$ -HCH;  $\rho$ -HCH;  $\delta$ -HCH; heptacloro, aldrin; heptacloro epóxido; endosulfano I; pp'DDE + dieldrin; endrin, endosulfano II; pp'DDD; endrin aldehído; endosulfano sulfato; pp'DDT; endrin cetona y metoxycolor) y Aroclor 1260, lo cual permitió identificar y cuantificar los POCs y PCBs presentes en el hígado de *T. murphyi*, usando el método indicado por Focardi *et al.* (1995).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Las concentraciones son informadas en base seca (Tablas 1 y 2) y base lipídica (Tablas 3 y 4). El contenido de lípidos es importante en la cuantificación de la bioacumulación, de tal forma, varios autores han sugerido normalizar las concentraciones de contaminantes de acuerdo al peso lipídico, para reducir variaciones intraespecíficas e interespecíficas (Fossi *et al.*, 1995; Focardi *et al.*, 1996; Pastor *et al.*, 1996). Esta estandarización puede potencialmente capacitar a un mejor entendimiento y comparación de bioacumulación dentro y entre especies de peces.

El análisis de los cromatogramas revela un amplio rango de compuestos organoclorados presentes en hígado de *T. murphyi*, incluyendo 14 POCs: hexaclorociclohexano (HCH):  $\alpha$ -HCH;  $\beta$ -HCH;  $\rho$ -HCH y  $\delta$ -HCH; heptacloro; heptacloro epóxido;

TABLA 1. Concentración de pesticidas organoclorados base seca (ng g<sup>-1</sup>) en *T. murphyi*. Invierno 1996. (n= 29).

Pesticida	Promedio	Desviación estándar	Concentración mínima	Concentración máxima	Frecuencia de detección (%)
$\alpha$ -HCH	0,214	0,161	0,053	0,779	66
$\beta$ -HCH	0,598	0,313	0,249	0,994	14
$\rho$ -HCH	8,553	3,834	2,527	19,302	100
$\delta$ -HCH	0,200	0,045	0,128	0,286	55
Heptacloro	0,412	0,322	0,091	0,970	21
Heptacloro epóxido	0,289	0,090	0,185	0,394	14
Endosulfano I	1,150	1,559	0,099	7,307	100
pp'DDE+Dieldrin	1,752	1,000	0,249	4,862	100
Endrin	0,324	0,175	0,152	0,501	10
Endosulfano II	1,019	0,472	0,315	1,942	76
pp'DDT	0,282	0,282	0,282	0,282	3
Endrin aldehído	0,909	0,800	0,040	3,888	66
pp'DDT	0,624	0,366	0,228	1,968	83
Endrin cetona	0,164	0,147	0,034	0,374	14
Pesticida total	13,874	6,573	3,035	31,365	100

TABLA 2. Concentración de bifenilos policlorados base seca (ng g<sup>-1</sup>) en *T. murphyi*. Invierno 1996. (n= 29).

Bifenilos policlorados		Promedio	Desviación estándar	Concentración mínima	Concentración máxima	Frecuencia de detección (%)
Congener	IUPAC N°					
Pentaclorobifenilo						
22'35'6	95	1,416	0,937	0,493	5,106	93
22'45'5'	101	0,968	0,307	0,470	1,503	69
233'4'6	110	0,993	0,511	0,356	2,809	90
Hexaclorobifenilo						
22'33'56'	135	0,042	—	0,042	0,042	3
22'44'55'	153	0,755	0,485	0,111	2,028	62
22'344'5'	138	0,450	0,107	0,250	0,535	21
22'33'44'	128	0,944	—	0,944	0,944	3
Heptaclorobifenilo						
22'3455'6	185	2,408	1,625	0,097	3,900	14
TOTAL		3,803	2,399	0,000	8,925	100

Número IUPAC (Ballschmiter &amp; Zell, 1980)

TABLA 3. Concentración de pesticidas organoclorados base lipídica (ng g<sup>-1</sup>) en *T. murphyi*. Invierno 1996. (n= 29).

Pesticidas	Promedio	Desviación estándar	Concentración mínima	Concentración máxima	Frecuencia de detección (%)
α-HCH	0,679	0,757	0,140	3,490	66
β-HCH	1,197	0,592	0,554	1,959	14
ρ-HCH	27,898	20,266	6,634	93,218	100
δ-HCH	0,607	0,445	0,307	2,020	55
Heptacloro	1,122	0,674	0,202	1,900	21
Heptacloro epóxido	0,650	0,155	0,403	0,807	14
Endosulfano I	4,084	6,768	0,260	29,691	100
pp'DDE+Dieldrin	5,315	3,220	0,561	12,443	100
Endrin	0,822	0,098	0,709	0,886	10
Endosulfano II	3,052	2,135	0,734	8,958	76
pp'DDD	0,635	17,819	0,635	0,635	3
Endrin aldehído	3,106	2,809	0,120	10,109	66
pp'DDT	2,051	1,459	0,396	5,379	83
Endrin cetona	0,324	0,286	0,076	0,737	14
Pesticida total	44,785	32,453	7,968	138,924	100

TABLA 4. Concentración de bifenilos policlorados base lipídica (ng g<sup>-1</sup>) en *T. murphyi*. Invierno 1996. (n= 29).

Bifenilos policlorados		Promedio	Desviación estándar	Concentración mínima	Concentración máxima	Frecuencia de detección (%)
Congener	IUPAC N°					
Pentaclorobifenilo						
22'35'6	95	4,666	3,697	0,917	13,276	93
22'45'5'	101	3,018	1,541	0,964	6,468	69
233'4'6	110	3,605	3,084	0,676	12,585	90
Hexaclorobifenilo						
22'33'56'	135	0,084	—	0,084	0,084	3
22'44'55'	153	2,303	1,804	0,227	7,473	62
22'344'5'	138	1,314	0,481	0,867	2,174	21
22'33'44'	128	2,454	—	2,454	2,454	3
Heptaclorobifenilo						
22'3455'6	185	4,903	3,133	0,227	6,776	14
TOTAL		12,133	9,607	0,000	35,591	100

Número IUPAC (Ballschmiter &amp; Zell, 1980).

endosulfano I; pp'DDE + dieldrin; endrin, endosulfano II; pp'DDD; endrin aldehído; pp'DDT; endrin cetona; y 8 PCBs: congener 95, 101, 110, 128, 135, 138, 153 y 185. Los resultados indican que los POCs alcanzan concentraciones superiores que los PCBs (Tablas 1, 2, 3 y 4). El perfil cromatográfico de una muestra representativa se muestra en las figuras 2 y 3.

Es importante señalar que  $\rho$ -HCH, endosulfano I y pp'DDE + dieldrin están presentes en todas las muestras; siendo  $\rho$ -HCH el que alcanza las mayores concentraciones (93,218 ng g<sup>-1</sup>), seguido por endosulfano I (29,691 ng g<sup>-1</sup>) (Tabla 3).

Respecto a la presencia de PCBs en hígado de *T. murphyi*, el grupo pentaclorobifenilo representa el 63% (base lipídica) de las concentraciones máximas. Los congéneres 95, 101, 110 y 153 son los más recurrentes en las muestras (Tablas 2 y 4); siendo el congener 95 el que alcanza la mayor concentración (13,276 ng g<sup>-1</sup>), seguido por el congener 110 (12,585 ng g<sup>-1</sup>) (Tabla 4).

No se encontraron diferencias significativas entre los muestreos ( $p > 0,001$ ); además no se observaron

diferencias significativas en la concentración de POCs y PCBs entre sexo ( $p > 0,001$ ), excepto en los siguientes compuestos: endosulfano II, endrin aldehído y PCB-101, donde las hembras presentaban mayores concentraciones de estos compuestos que los machos.

En relación al tamaño, no se encontraron diferencias significativas en los 5 grupos ( $p > 0,001$ ), la tendencia general de todos los compuestos organoclorados es aumentar con el tamaño, excepto en  $\rho$ -HCH y endosulfano II que muestran una tendencia a disminuir (Tabla 5).

Otros estudios realizados en Chile han informado altas concentraciones de  $\rho$ -HCH (9,0 ng g<sup>-1</sup> base húmeda) y de aldrin (226,0 ng g<sup>-1</sup> base húmeda) en músculo de *T. murphyi* en la V Región (Ober *et al.*, 1987). Las concentraciones promedio de  $\rho$ -HCH (8,553 ng g<sup>-1</sup> base seca) encontradas en el presente trabajo son inferiores, considerando el tejido, y que está expresado en peso seco; es importante recordar que los POCs son lipofílicos, por lo que se esperaba que el hígado presente las mayores concentraciones en relación al músculo. Por otra

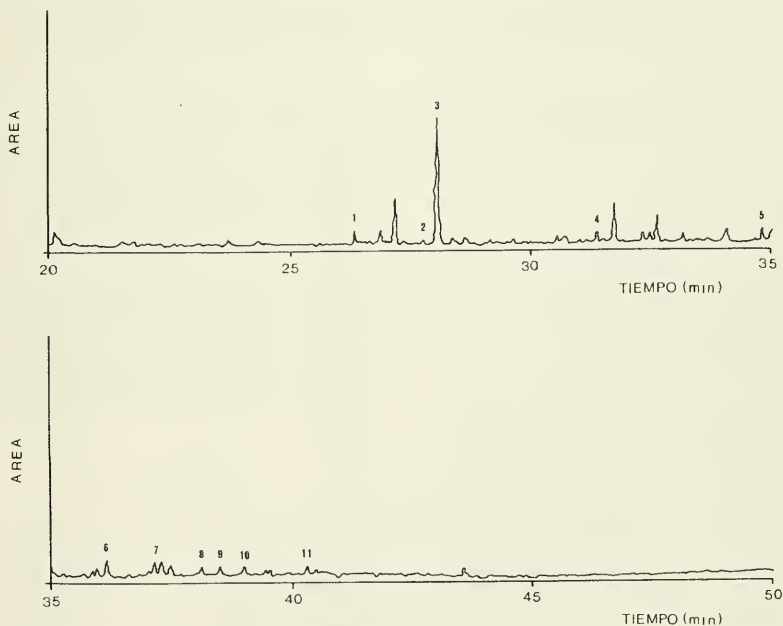


FIGURA 2. Cromatograma de POCs en una muestra de hígado de *T. Murphyi*, obtenido en cromatógrafo de gases con detector de captura de electrones. Donde: 1=  $\alpha$ -HCH; 2=  $\beta$ -HCH; 3=  $\rho$ -HCH; 4= Heptacloro; 5= Heptacloro epóxido; 6= Endosulfano I; 7= pp'DDE+Dieldrin; 8= Endrin; 9= Endosulfano II; 10= pp'DDD; 11= pp'DDT.

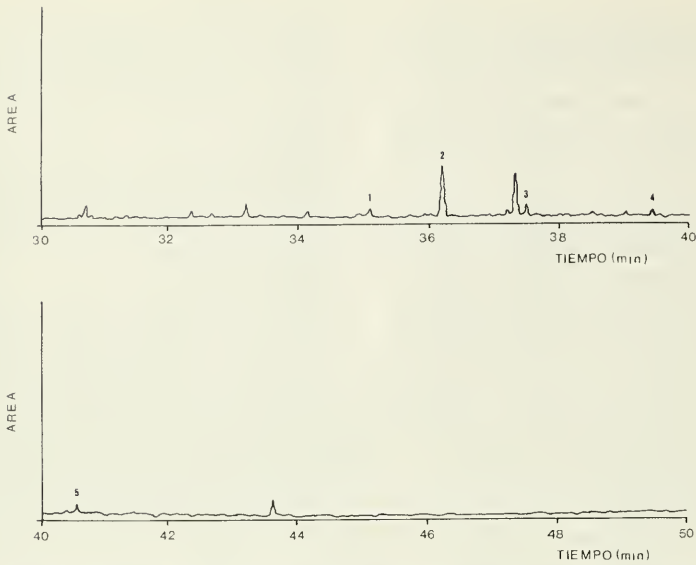


FIGURA 3. Cromatograma de PCBs en una muestra de hígado de *T. Murphyi*, obtenido en cromatógrafo de gases con detector de captura de electrones. Donde: 1= PCB-95; 2= PCB-101; 3= PCB-110; 4= PCB-153; 5= PCB-138.

TABLA 5. Relación entre la concentración contaminantes organoclorados y el tamaño en *T. murphyi*.

Contaminante	Base seca		Base lipídica	
	Tendencia	Probabilidad	Tendencia	Probabilidad
POCs				
α-HCH	+	> 0,001	+	> 0,001
β-HCH	+	> 0,001	+	> 0,001
φHCH	-	> 0,001	-	> 0,001
δHCH	+	> 0,001	+	> 0,001
Heptacloro	+	> 0,001	+	> 0,001
Heptacloro epóxido	+	> 0,001	+	> 0,001
Endosulfano I	+	> 0,001	+	> 0,001
pp'DDE+Dieldrin	+	> 0,001	+	> 0,001
Endrin	+	> 0,001	+	> 0,001
Endosulfano II	-	> 0,001	-	> 0,001
pp'DDD	+	> 0,001	+	> 0,001
Endrin aldehído	+	> 0,001	+	> 0,001
pp'DDT	+	> 0,001	+	> 0,001
Endrin Cetona	+	> 0,001	+	> 0,001
POCs total	+	> 0,001	+	> 0,001
PCBs	+	> 0,001	+	> 0,001
PCB-95	+	> 0,001	+	> 0,001
PCB-101	+	> 0,001	+	> 0,001
PCB-110	+	> 0,001	+	> 0,001
PCB-135	+	> 0,001	+	> 0,001
PCB-153	+	> 0,001	+	> 0,001
PCB-138	+	> 0,001	+	> 0,001
PCB-128	+	> 0,001	+	> 0,001
PCB-185	+	> 0,001	+	> 0,001
PCBs total	+	> 0,001	+	> 0,001

parte, a diferencia de los resultados obtenidos por Ober *et al.* (Op.cit), no se detectó la presencia de aldrin en el hígado de *T. murphyi*.

Focardi *et al.* (1996), detectaron concentraciones de POCs que oscilaban entre 3,0-1.548,0 ng g<sup>-1</sup> (base lipídica) en hígado de peces dulce acuícolas, provenientes del río Biobío; rango que es comparable con los valores encontrados en el presente estudio, considerando que en el río existirían mayores concentraciones de POCs que en el mar; debido a que éste recibe directamente los residuos provenientes de la actividad agrícola, forestal e industrial. Además, estos autores encontraron en la desembocadura del río Biobío, valores de PCBs en hígado de *Eleginops maclovinus* que fluctuaban entre 424,0-515,0 ng g<sup>-1</sup> (base lipídica) y en hígado de *Mugil cephalus* valores que oscilaban entre 1.842,0-2.021,0 ng g<sup>-1</sup> (base lipídica).

Las concentraciones de PCBs encontradas en el presente estudio son bajas (0,084-13,276 ng g<sup>-1</sup> base lipídica) al compararlas con estudios de otras partes del mundo, v.g Pastor *et al.*, 1996, en el mar Mediterráneo detectaron en *Mullus barbatus* valores de PCBs de 207,0-644,0 ng g<sup>-1</sup> (base lipídica); 109,0-611,0 ng g<sup>-1</sup> (base lipídica) en *Mugil cephalus* y 720,0-800,0 ng g<sup>-1</sup> (base lipídica) en *Dicentrarchus labrax*; además establecieron una correlación negativa entre la concentración de contaminantes organoclorados y el tamaño en *M. barbatus* y *D. labrax*, lo cual fue atribuido a los desoves, que producen una disminución en la carga corpórea de contaminantes. Por otra parte, Larsson *et al.*, 1996, informaron valores de PCBs que oscilaban entre 110,0-1.210,0 ng g<sup>-1</sup> peso húmedo) en músculo de *Salmo salar* en el mar Báltico. No es posible establecer comparaciones con otros datos en peces en Chile, ya que no existen informes sobre PCBs en peces marinos.

Finalmente, es necesario mencionar la importancia de contar con una base de datos sobre contaminantes organoclorados en peces comestibles, debido a la alta toxicidad y persistencia de estos compuestos.

## CONCLUSIONES

Los POCs alcanzan concentraciones superiores que los PCBs en hígado de *T. murphyi*, siendo  $\rho$ -HCH y endosulfano I los más importantes. Los PCBs estuvieron mayormente representados por la clase pentaclorobifenilo, con los congéneres 22'35'6 (N<sup>o</sup>JUPAC95), 22'455' (PCB-101) y 233'4'6 (PCB-110). No se detectaron diferencias significativas

entre la concentración de POCs y PCBs con el sexo y la longitud.

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo es parte de la tesis doctoral de la autora, quien agradece el financiamiento otorgado por la Dirección de Investigación de la Universidad de Concepción, (P.I. 95.310.019-6), y al Centro EULA-Chile, Universidad de Concepción, por su apoyo institucional a esta tesis doctoral. Agradecimiento que se extiende al Prof. V. Jaramillo (Facultad de Farmacia, Universidad de Concepción) por las sesiones de liofilización, a la Dra. P. Pacheco (Centro EULA-Chile, Universidad de Concepción) y al Biólogo Marino M. Zúñiga (Instituto de Investigaciones Pesqueras) por la revisión y sugerencias al manuscrito.

## BIBLIOGRAFIA

- Ballschmiter, K. & Zell, M. 1980. Analysis of polychlorinated biphenyls (PCBs) by glass capillary gas chromatography. *Fresenius Z. Anal. Chem.* 302, 20-31.
- Biddinger, G. & S. Gloss. 1984. The importance of trophic transfer in the bioaccumulation of chemical contaminants in aquatic ecosystems. *Residue Reviews.* 91: 104-145.
- Blus, L. 1995. Organochlorine pesticides. In: *Ecotoxicology*. CRC Press, Inc. (Ed. by Hoffman, D.; B. Rattner; G. Burton & J. Cairns). p. 275-300.
- Cornejo, M. 1992. Causas posibles de agregaciones de jurel (*Trachurus murphyi* Nichols): Disponibilidad de alimento. Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias, mención Oceanografía. Universidad de Concepción. 97 p.
- Dybern, B. 1983. Muestreo y preparación de submuestras de organismos acuáticos para el análisis de presencia de metales y organoclorados. En: *Manual de métodos de investigación del medio ambiente acuático*. Parte 9. Análisis de presencia de metales y organoclorados en los peces. FAO, Doc. Tec. Pesca, (212):35 p.
- Focardi, S.; S. Corsolini & R. Bargagli. 1995. Isomer-specific analysis and toxic evaluation of polychlorinated biphenyls in Antarctic fish, seabirds and Weddell seal from Terra Nova Bay (Ross Sea). *Antarctic Sci.* 7:31-35.
- Focardi, S.; C. Fossi; C. Leonzio; S. Corsolini & O. Parra. 1996. Persistent organochlorine residues in fish and water birds from the Biobío river, Chile. *Environmental Monitoring and Assessment* 43:73-92.
- Fossi, C.; S. Focardi; C. Leonzio; J. Gavilán; R. Barra & O. Parra. 1995. Use of biomarkers to evaluate effects of xenobiotic compounds in the Biobío basin (Central Chile). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 55:36-42.
- Larsson, P.; C. Backe; G. Bremle; A. Eklöv & L. Okla. 1996. Persistent pollutants in a salmon population (*Salmo salar*) of the southern Baltic Sea. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53:62-69.
- Laws, E. 1993. *Aquatic pollution. An introductory text*. 2nd ed. An Interscience Publication. John Wiley & Sons, Inc. 611 p.

- Loganathan, B. & K. Kannan. 1991. Time perspectives of organochlorine contamination in the global environment. *Mar. Pollut. Bull.* 22 (12):582-584.
- Muir, D.; R. Norstrom & M. Simon. 1990. Organochlorine in Arctic marine food chains: accumulation of specific polychlorinated biphenyls and chlordane-related compounds. *Environ. Sci. Technol.* 22:1071-1079.
- Nriagu, J. & M. Simmonds, 1984. Food contamination from environmental sources. A Wiley Interscience Publication. John Wiley & Sons, Inc. N.Y. 145-195.
- Ober, A.; M. Valdivia & I. Santa María. 1987. Organochlorine Pesticide Residues in Chilean Fish and Shellfish Species. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 38:528-533.
- Pastor, D.; J. Boix; V. Fernández & J. Albaigés. 1996. Bioaccumulation of organochlorinated contaminants in three estuarine fish species (*Mullus barbatus*, *Mugil cephalus* and *Dicentrarchus labrax*). *Marine Pollution Bulletin.* 32 (3): 257-262.
- Porte, C. & J. Albaigés. 1993. Bioaccumulation patterns of hydrocarbons and polychlorobiphenyls in bivalves, crustaceans and fish. *Arch. Environ. Contam. Toxic.* 26:273-281.
- SERNAPESCA. 1996. Anuario Estadístico de pesca, 1995. Servicio Nacional de Pesca. Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción. Chile. 236 p.
- Suda, Y.; T. Machii & H. Orrego. 1995. Some fishery and biological aspects of jack mackerels, genus *Trachurus* (Carangidae). *Sci. Mar.* 59(3-4):571-580.
- Tanabe, S. 1994. Fate of persistent organochlorines in the marine environment. *In: Contaminants in the Environment. A multidisciplinary assessment of risks to man and other organisms.* CRC Press, Inc. (Ed. by Renzoni, A.; N. Matter; L. Lari & M. Fossi ). p. 19-28.
- Walker, C. 1990. Kinetic models to predict bioaccumulation of pollutants. *Funct. Ecol.* 4:295-301.