

INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS  
*NATURA, ÚS O ABÚS? (2018-2019)*

**La nostra salut està ancorada en la de la mar**  
JOAN O. GRIMALT, MARCO CAPODIFERRO, EVA JUNQUÉ, MERCÈ GARÍ

© 2019, Institut d'Estudis Catalans  
Carrer del Carme, 47. 08001 Barcelona

© Dels autors dels articles

Article rebut el juny de 2020

Text revisat lingüísticament per Roser Carol i Àlvar Valls

ISBN: 978-84-9965-457-7

DOI: 10.2436/15.0110.22.17

# La nostra salut està ancorada en la de la mar\*

Joan O. Grimalt,<sup>1</sup> Marco Capodiferro,<sup>1</sup> Eva Junqué,<sup>1,2</sup> Mercè Garí<sup>1,3</sup>

1. Institut de Diagnosi Ambiental i Estudis de l'Aigua (IDAEA-CSIC), Barcelona.
2. ResChem Analytical Limited, Derby, United Kingdom.
3. Institute of Computational Biology, German Research Center for Environmental Health, Munich, Germany.

Article rebut el juny de 2020

## Sumari

1. INTRODUCCIÓ
2. ALIMENTS
3. POBLACIÓ D'ESTUDI
4. COMPOSTOS ORGANOCLORATS EN ALIMENTS
5. MERCURI EN ALIMENTS
6. INGESTA HUMANA DE COMPOSTOS ORGANOCLORATS I MERCURI
7. CONCENTRACIONS DE CONTAMINANTS EN NENS I NENES I INGESTES DIÀRIES
8. CONCENTRACIONS DE MERCURI EN ELS PEIXOS DE LA MEDITERRÀNIA
9. CONCLUSIONS
10. REFERÈNCIES

---

\* Aquest treball ha estat finançat pels projectes europeus NEUROSOME (H2020-MSCA-ITN-2017 SEP-210411486) i EDCMET (H2020-HEALTH/0490-825762).

## 1. INTRODUCCIÓ

En el nostre règim de vida habitual llencem al medi ambient les nostres deixalles i la natura ens retorna els components d'aquest medi ambient nets i polits. Aquest és el cas de l'aigua que utilitzem i llencem al mar o als rius més o menys tractada o depurada i que la pluja ens retorna neta o quasi neta segons quin sigui el grau de contaminació atmosfèrica. Però, què passa quan saturem el sistema? Quan els ecosistemes ja no poden netejar les nostres deixalles? En aquest capítol n'estudiarem un cas.

Els peixos de la mar, que són una font valuosa d'àcids poliinsaturats que no es troben a la carn (els famosos  $\omega$ -3 que nutricionalment són una font de proteïnes lliure de molts dels inconvenients dietètics de la carn), també són una font principal d'entrada de contaminants a la dieta humana. Aquest aspecte pot ésser especialment rellevant als Països Catalans, on la població els consumeix d'una manera important. Els Països Catalans comprenen una àrea geogràfica molt diversa, però majoritàriament són a l'entorn de l'ambient marí, concretament de la mar Mediterrània. És important conèixer quins són els avantatges i els inconvenients del consum de peix i altres productes marins que en fa la població.

La mar Mediterrània es caracteritza per una pèrdua d'aigua per evaporació superior a les contribucions atmosfèriques per precipitació i aportacions fluvials. Aquest règim genera una circulació antiestuarina en què l'intercanvi d'aigua per l'estret de Gibraltar comporta una entrada d'aigua atlàntica per la superfície i una sortida d'aigua mediterrània més densa pel fons. Aquest sistema dona lloc a una manca de nutrients a les capes superiors de l'aigua de mar (les zones il·luminades), que no s'aprofiten a causa del creixement d'algues i dels ecosistemes que suporten. En aquest sentit, les aigües de la Mediterrània tendeixen a ésser transparents, tot reflectint la manca de productivitat primària.

El mecanisme antiestuari també comporta que la Mediterrània exporti a l'Atlàntic part dels contaminants que hi són abocats. Aquest és un aspecte afortunat del mecanisme hidrològic del nostre mar, que, tal com indica el seu nom, rep una forta influència de les aportacions terrestres. Malgrat aquest procés de neteja natural, ens cal identificar i quantificar en quina mesura els peixos i altres organismes marins que formen part important de la dieta dels habitants de les zones mediterrànies són transmissors significatius de contaminants.

En aquest sentit, s'han estudiat els elements principals de la dieta de Menorca, que és una àrea del nostre país de clara influència marina (figura 1). En aquesta illa, on anteriorment s'havien mesurat les concentracions de compostos organoclorats i mercuri en una cohort de nens i nenes de quatre anys, l'estudi actual ha permès veure la influència dels productes marins en la incorporació d'aquests contaminants en aquests infants i, especialment, la importància del peix i del marisc en la ingesta de mercuri. Aquesta observació ha portat a estudiar amb més detall les concentracions d'aquest metall en peixos destinats al consum humà, en venda als mercats, a diversos territoris de forta influència marina: Menorca, Mallorca, Eivissa, Alacant i l'Alguer (figura 1).

L'illa de Menorca es troba a la Mediterrània occidental central (39°47' – 40°05'N, 3°47' – 4°19'E) i té una extensió de 702 km<sup>2</sup>. Aquesta illa representa un entorn mediterrani relativament remot en el qual es genera localment una gran proporció dels aliments que consumeixen els seus habitants. A més, la majoria del consum de peix depèn de les captures dels pescadors locals. L'illa no té cap indústria que impliqui l'ús de mercuri o la producció de compostos organoclorats. Fins a l'aparició del turisme, l'activitat econòmica principal era l'agricultura. Aquesta illa constitueix un cas representatiu d'una població que viu en un entorn mediterrani que es pot prendre com a ecosistema model de les comunitats que habiten en aquests ambients.

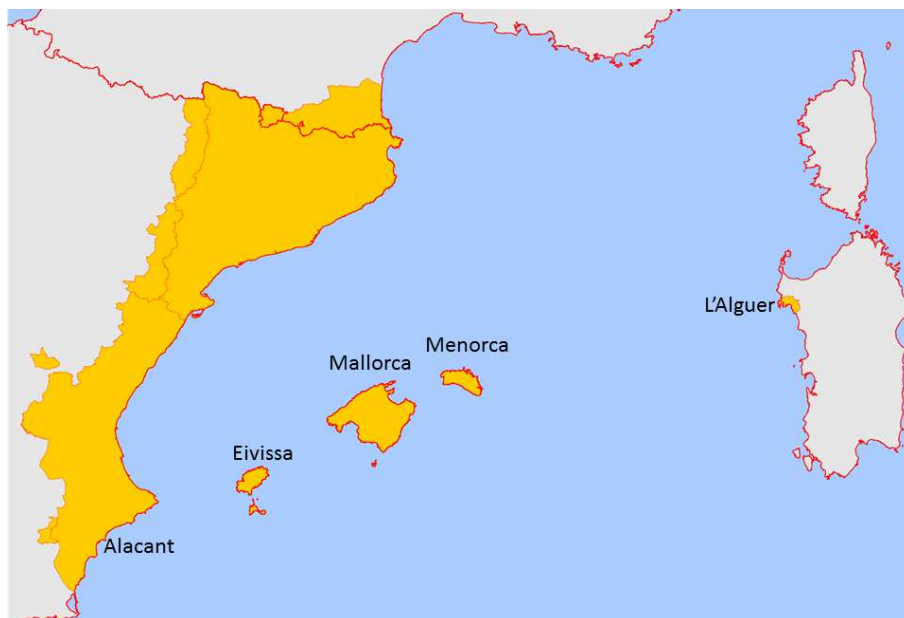


FIGURA 1. Mapa que mostra les zones dels Països Catalans estudiades.

## 2. ALIMENTS

Les mostres d'aliments es van adquirir als mercats locals i als grans magatzems de les dues principals ciutats de Menorca: Maó i Ciutadella (desembre de 2014, n = 46). La selecció es va basar en qüestionaris de freqüència d'aliments a les famílies de nens i nenes de quatre anys i entrevistes amb experts locals. Les mostres d'aliments examinades també van incloure carn (vedella, pollastre i xai), fruites i verdures, formatge i ous, tots de procedència local. Només es van analitzar les parts comestibles de cada aliment. Posteriorment, es van adquirir mostres de peixos i marisc als mercats i llotges de Palma i Eivissa i als mercats d'Alacant i l'Alguer. Les anàlisis es feren d'acord amb procediments descrits anteriorment (Berdie i Grimalt, 1998; Kalantzi *et al.*, 2001; Vives i Grimalt, 2002).

L'estimació de la ingesta diària de contaminants mitjançant el consum d'aliments seleccionats es va calcular multiplicant-ne la concentració mitjana en l'aliment (ng/g de producte fresc) per la taxa de consum mitjana diària d'aquest article (grams/dia). A continuació, es va obtenir una ingesta dietètica total sumant aquests productes per a cada contaminant.

Les taxes de consum diari dels nens i nenes de quatre anys residents a Menorca es van obtenir combinant la informació dels qüestionaris (consum/setmana) i les porcions de cada aliment per a nens i nenes d'aquesta edat, tal com defineix l'Agència Espanyola de Seguretat Alimentària i Nutrició (AESAN) (verdures = 130 g, carn = 53 g, marisc = 73 g, peix = 73 g, ous = 50 g, formatge = 27 g, i fruita = 87 g). Els qüestionaris es van basar en una mostra representativa de 302 infants (pes corporal mitjà = 18,5 kg).

## 3. POBLACIÓ D'ESTUDI

Entre 2001 i 2002, nens i nenes de quatre anys de la cohort de Menorca del projecte INMA (Infància i Medi Ambient) van proporcionar mostres de sèrum (n = 285) i cabell (n = 302) per a la determinació de compostos organoclorats i mercuri, respectivament. Aquestes dades s'han descrit a Carrizo *et al.* (2006) i Garí *et al.* (2013). La ingesta dietètica dels infants es va avaluar mitjançant qüestionaris (Vioque i González, 1991; Willet *et al.*, 1985). Només es van seleccionar per a l'estudi les ingestes dietètiques que corresponen als aliments analitzats: peix, marisc, carn (vedella i pollastre), fruita,

verdura, formatge (semidesnatat) i ous. La resta d'aliments (per exemple, cereals o greixos) no es van incloure a les anàlisis. Quan les concentracions de compostos organoclorats i mercuri estaven sota el límit de detecció, se substituïren per la meitat del valor d'aquests límits. Les concentracions de mostres humanes no tenien una distribució normal (Carrizo *et al.*, 2006; Garí *et al.*, 2013) i s'aplicà una transformació logarítmica. Es van utilitzar anàlisis de regressió lineal multivariant per valorar l'associació de la ingesta dietètica dels infants i altres covariables (sexe, lloc de naixement, lactància materna, nombre de germans, edat materna, ocupació materna i paterna i nivell educatiu) amb la concentració de cada contaminant en els nens i nenes de quatre anys. Es van estandarditzar les concentracions de compostos i les variables d'aliments inclosos en els models. Les famílies dels nens i nenes van atorgar permís per participar en l'estudi, que fou aprovat pel comitè d'ètica de l'Institut Municipal d'Investigació Mèdica de Barcelona.

#### 4. COMPOSTOS ORGANOCOLORATS EN ALIMENTS

Les concentracions de compostos organoclorats eren considerablement més elevades en peixos i mariscs que en els altres grups alimentaris (taula 1). Això és coherent amb allò observat en altres països europeus; per exemple, a Suècia (Törnkvist *et al.*, 2011). La fruita i la verdura van mostrar les concentracions més baixes d'aquests contaminants.

Els congèneres de policlorobifenils (PCB) que es van trobar en concentracions més altes en totes les mostres van ser els que tenien pesos moleculars més alts, és a dir, els PCB118, PCB138, PCB153 i PCB180, que tenen més caràcter hidrofòbic (coeficients octanol-aigua,  $\log K_{ow} > 6,9$ ). El predomini d'aquests compostos és coherent amb el seu potencial elevat d'hidrofòbia i bioacumulació. El 4,4'-DDE fou el compost del grup del DDT amb concentracions més altes. Les relacions DDT/DDE eren baixes a totes les mostres d'aliments, entre 0,013 i 1,2, tot indicant una exposició de DDT antiga.

En termes generals, les concentracions observades d'hexaclorobenzè (HCB), hexaclorociclohexans (HCH) totals i DDT total en carn, fruita, verdura, ous, formatge i productes lactis de l'illa van ser baixes en comparació amb les trobades en estudis anteriors d'altres regions europees, p. e. Croàcia (Kljakovic-Gaspic *et al.*, 2015), Àustria (Mihats *et al.*, 2015), Suècia (Törnkvist *et al.*, 2011), Catalunya (Martí-Cid *et*

al., 2010; Falcó *et al.*, 2004; Llobet *et al.*, 2003a) i Rússia (Polder *et al.*, 2010; taula 1). Les concentracions de PCB en els aliments de l'illa eren semblants a les descrites a altres llocs (taula 1).

TAULA 1. Concentracions mitjanes de compostos organoclorats (ng/g pes humit) i mercuri ( $\mu\text{g/g}$  pes humit) en elements de la dieta de Menorca i altres llocs d'Europa

	Peix i marisc	Carn	Fruïta	Verdura	Formatge i làctics	Ous	Lloc	Referència
HCB	0,053	0,028	0,014	0,014	0,014	0,014		<i>Aquest estudi</i>
	0,33	–	–	–	–	–	Illes Canàries	Rodríguez-Hernández <i>et al.</i> , 2016
	0,021	–	–	–	–	–	Croàcia	Kljakovic-Gaspic <i>et al.</i> , 2015
	0,45	0,090	–	–	0,070	0,040	Suècia	Törnkvist <i>et al.</i> , 2011
	0,22	–	0,005	0,14	–	–	Catalunya	Martí-Cid <i>et al.</i> , 2010
	0,56	0,82	–	0,020	0,603	0,38	Rússia	Polder <i>et al.</i> , 2010
$\Sigma\text{HCH}$	0,28	0,17	0,00093	0,0056	1,7	0,18	Catalunya	Falcó <i>et al.</i> , 2004
	0,038	0,033	0,035	0,033	0,033	0,033		<i>Aquest estudi</i>
	0,13	–	–	–	–	–	Illes Canàries	Rodríguez-Hernández <i>et al.</i> , 2016
	0,32	–	–	–	–	–	Croàcia	Kljakovic-Gaspic <i>et al.</i> , 2015
	0,23	0,040	–	–	0,025	0,015	Suècia	Törnkvist <i>et al.</i> , 2011
	0,20	–	0,004	0,16	–	–	Catalunya	Martí-Cid <i>et al.</i> , 2010
$\Sigma\text{DDT}$	0,28	1,1	–	0,070	1,3	0,90	Rússia	Polder <i>et al.</i> , 2010
	1,1	0,15	0,098	0,12	0,088	0,10		<i>Aquest estudi</i>
	0,77	–	–	–	–	–	Illes Canàries	Rodríguez-Hernández <i>et al.</i> , 2016
	2,8	–	–	–	–	–	Croàcia	Kljakovic-Gaspic <i>et al.</i> , 2015
	3,3	0,24	–	–	0,16	0,10	Suècia	Törnkvist <i>et al.</i> , 2011
	7,5	–	0,069	2,8	–	–	Catalunya	Martí-Cid <i>et al.</i> , 2010
$\Sigma\text{PCB}$	6,4	11	–	0,11	0,81	9,7	Rússia	Polder <i>et al.</i> , 2010
	1,7	0,43	0,30	0,54	0,63	0,40		<i>Aquest estudi</i>
	1,3	–	–	–	–	–	Illes Canàries	Rodríguez-Hernández <i>et al.</i> , 2016
	4,3	–	–	–	–	–	Àustria	Mihats <i>et al.</i> , 2015
	11	–	–	–	–	–	Croàcia	Kljakovic-Gaspic <i>et al.</i> , 2015
	5,1	0,33	–	–	0,10	0,15	Suècia	Törnkvist <i>et al.</i> , 2011
Hg	11	–	0,036	0,21	–	–	Catalunya	Martí-Cid <i>et al.</i> , 2010
	7,4	2,9	–	0,10	2,1	5,2	Rússia	Polder <i>et al.</i> , 2010
	12	0,37	0,0045	0,021	0,67	0,47	Catalunya	Llobet <i>et al.</i> , 2003a
	1	0,04	–	–	0,16	–		<i>Aquest estudi</i>
	7,1					Golf de Lleó	Cresson <i>et al.</i> , 2014	
	1,5					Mar Adriàtica	Storelli <i>et al.</i> , 2002	

Pel que fa a peixos i mariscs, les concentracions de HCB, HCH totals, DDT i PCB en els exemplars capturats a prop de l'illa van ser baixes en comparació amb els exemplars de peix consumits en altres països europeus (taula 1). Amb algunes excepcions, com l'HCB a Suècia (Törnkvist *et al.*, 2011) i els DDT i PCB de les illes Canàries (Rodríguez-Hernández *et al.*, 2016), les concentracions mitjanes de peix i marisc de Menorca van ser les més baixes observades (taula 1). Les diferències van ser especialment significatives per als grups del DDT i PCB, ja que la mitjana de concentracions trobades en el grup de peixos/mariscs de Menorca van ser



aproximadament sis i set vegades inferiors a les mitjanes de concentracions registrades a Catalunya (Marti-Cid *et al.*, 2010; Llobet *et al.*, 2003a) o a Rússia (Polder *et al.*, 2010) (taula 1).

Les concentracions més altes de compostos organoclorats es van observar en el lluç de Maó ( $\Sigma$ Compostos organoclorats = 11 ng/g ww; taula 1). Es tracta d'una espècie carnívora que s'alimenta de peixos petits i de certs cefalòpodes, ocupant així un nivell elevat en la cadena alimentària. Com hem dit anteriorment, la majoria de compostos organoclorats són hidròfobs i tenen coeficients logKow elevats que augmenten la concentració en exemplars amb alt contingut de greixos i en els situats en una posició elevada a la xarxa d'aliments.

Els PCB van ser els compostos organoclorats trobats en concentracions més altes en mostres de carn (0,43 ng/g ww; taula 1), seguits dels DDT (0,15 ng/g ww), HCB (0,028 ng/g ww) i HCH (< 0,033 ng/g ww). Les concentracions d'aquests compostos en formatge i ous de Menorca van ser inferiors a les que es van trobar a Rússia (Polder *et al.*, 2010) i similars a les que hi ha a Catalunya (Llobet *et al.*, 2003a; taula 1). Finalment, les fruites i hortalisses analitzades en aquest estudi van mostrar unes concentracions baixes de compostos organoclorats, de manera semblant a allò observat a Catalunya (Martí-Cid *et al.*, 2010; Falcó *et al.*, 2004) i a Rússia (Polder *et al.*, 2010; taula 1). Aquestes concentracions baixes són coherents amb la posició d'aquests aliments en la cadena alimentària i amb el seu contingut en greixos, que també és baix.

## 5. MERCURI EN ALIMENTS

El mercuri es va trobar a totes les mostres de peix, marisc i formatge i en el 40 % de les mostres de carn. En canvi, no n'hi havia cap rastre a la fruita, la verdura i els ous (taula 1). Les concentracions de mercuri més altes s'observaren al marisc, entre 0,068 i 3,8 mg/kg. El 66 % de les espècies analitzades tenien concentracions de mercuri per sobre del nivell màxim establert pels límits màxims de residus de la Unió Europea (LMR) per al consum humà: 0,5-1,0 mg/kg en funció de l'espècie (taula 2; OJEU, 2006).

Les concentracions de mercuri trobades a Menorca eren coincidents amb resultats anteriors obtinguts a partir dels mateixos organismes del mar Adriàtic (Storelli i Barone, 2013; Storelli *et al.*, 2003), l'illa Farwa (costa de Líbia; Banana *et al.*, 2016), el golf de

Lleó (Torres *et al.*, 2015; Cresson *et al.*, 2014), el mar Egeu (Yabanli i Alparslan, 2015) i llocs de fons de la conca mediterrània (Koenig *et al.*, 2013; Naccari *et al.*, 2015).

Hi havia una variació considerable en les concentracions de mercuri de les distintes espècies. Factors biòtics i abiòtics poden afectar-ne l'acumulació en organismes marins. Tanmateix, la dieta i la posició a la xarxa tròfica són determinants (Storelli *et al.*, 2002). En un estudi recent sobre els peixos del golf de Lleó, les mateixes espècies van registrar valors mitjans màxims, amb una mitjana aritmètica de 7,1 mg/kg dw i una concentració màxima de 27 mg/kg dw (Cresson *et al.*, 2014). En un altre estudi dut a terme a la conca mediterrània es van observar concentracions més baixes (mitjana aritmètica 1,5 mg/kg, marge 0,79-2,6 mg/kg; Storelli *et al.*, 2002).

TAULA 2. *Espècies de peixos adquirides i analitzades provinents dels mercats de Mallorca, Menorca, Eivissa, Alacant i l'Alguer*

Nom	Nom científic	Hg <sup>a</sup>	Nom	Nom científic	Hg <sup>a</sup>
Aladroc	<i>Engraulis encrasicolus</i>	0,5	Llampuga	<i>Coryphaena hippurus</i>	0,5
Alatxa	<i>Sardinella aurita</i>	0,5	Llúcera	<i>Micromesistius poutassou</i>	0,5
Anfós	<i>Epinephelus marginatus</i>	0,5	Lluç	<i>Merluccius merluccius</i>	0,5
Aranya blanca	<i>Trachinus draco</i>	0,5	Lluerna rossa	<i>Chelidonichthys lucerna</i>	0,5
Besuc blanc	<i>Pagellus acarne</i>	1	Marraix	<i>Lamna nasus</i>	1
Bruixa de quatre taques	<i>Lepidorhombus boscii</i>	1	Moll	<i>Mullus barbatus</i>	1
Bruixa sense taques	<i>Lepidorhombus whiffiagonis</i>	1	Moll de roca	<i>Mullus surmuletus</i>	1
Calamar	<i>Loligo vulgaris</i>	0,5	Mòllera de fang	<i>Phycis blennoides</i>	0,5
Càntera	<i>Spondyliosoma cantharus</i>	0,5	Morena	<i>Muraena helena</i>	0,5
Cap-roig	<i>Scorpaena scrofa</i>	0,5	Musclo	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	0,5
Capellà	<i>Trisopterus minutus</i>	1	Orada	<i>Sparus aurata</i>	0,5
Círvia	<i>Seriola dumerili</i>	0,5	Pagell	<i>Pagellus erythrinus</i>	1
Clavellada	<i>Raja clavata</i>	0,5	Pagre	<i>Pagrus pagrus</i>	0,5
Codornera	<i>Cepola macrophthalma</i>	0,5	Palaia	<i>Solea solea</i>	0,5
Congre	<i>Conger conger</i>	0,5	Raor	<i>Xyrichtys novacula</i>	0,5
Corball de roca	<i>Sciaena umbra</i>	0,5	Rap	<i>Lophius piscatorius</i>	1
Déntol	<i>Dentex dentex</i>	0,5	Sard	<i>Diplodus sargus sargus</i>	0,5
Escamarlà	<i>Nephrops norvegicus</i>	0,5	Sardina	<i>Sardina pilchardus</i>	0,5
Escòrpora fosca	<i>Scorpaena porcus</i>	0,5	<i>Sardinella albella</i>	<i>Sardinella albella</i>	0,5
Espet	<i>Sphyrna sphyraena</i>	0,5	Serrà	<i>Serranus cabrilla</i>	0,5
Gall de Sant Pere	<i>Zeus faber</i>	0,5	Sípia	<i>Sepia officinalis</i>	0,5
Gamba	<i>Aristeus antennatus</i>	0,5	Sorell	<i>Trachurus trachurus</i>	0,5
Gamba d'esquer	<i>Crangon crangon</i>	0,5	Tord verd	<i>Labrus bimaculatus</i>	0,5
Gat	<i>Scyliorhinus canicula</i>	0,5	Vaca	<i>Serranus scriba</i>	0,5
Gerret	<i>Spicara smaris</i>	0,5	Xanguet	<i>Aphia minuta</i>	0,5
Goràs	<i>Pagellus bogaraveo</i>	1			

<sup>a</sup> Concentració màxima de Hg en múscul acceptable per al consum humà (mg/kg; OJEU, 2006).

El formatge semicurat era el segon grup alimentari amb concentracions de mercuri mitjanes més altes (0,16 mg/kg), seguit de la carn (0,040 mg/kg; taula 1). El formatge, amb un contingut en greixos baix (15 %), va ser l'aliment amb una menor concentració de mercuri (0,097 mg/kg). Aquestes concentracions van ser superiors a les trobades en

altres estudis a les illes Canàries (Rubio *et al.*, 2008) i a Catalunya (Llobet *et al.*, 2003b).

## 6. INGESTA HUMANA DE COMPOSTOS ORGANOCOLORATS I MERCURI

La contribució de cada grup d'aliments a la ingesta dietètica total de compostos organoclorats i mercuri a la cohort de nens i nenes de quatre anys a Menorca es mostra a la figura 2. L'origen dels compostos organoclorats més importants va ser el consum de peix (37 %) i de fruita (29 %). No obstant això, és important notar les diferències significatives entre els índexs de consum d'aquests aliments: 107 g/d en fruita i 20 g/d en peix (taula 3), que representen 47 ng/d i 64 ng/d, respectivament. La contribució elevada dels peixos a la ingesta total de compostos organoclorats també s'ha observat en estudis anteriors d'altres poblacions europees (Mihats *et al.*, 2015; Törnkvist *et al.*, 2011; Llobet *et al.*, 2003a). A més, s'ha trobat que els vegetals i els mariscs són contribuïdors principals de la ingesta diària estimada (IDE) de compostos organoclorats (13 % i 7 %, respectivament).

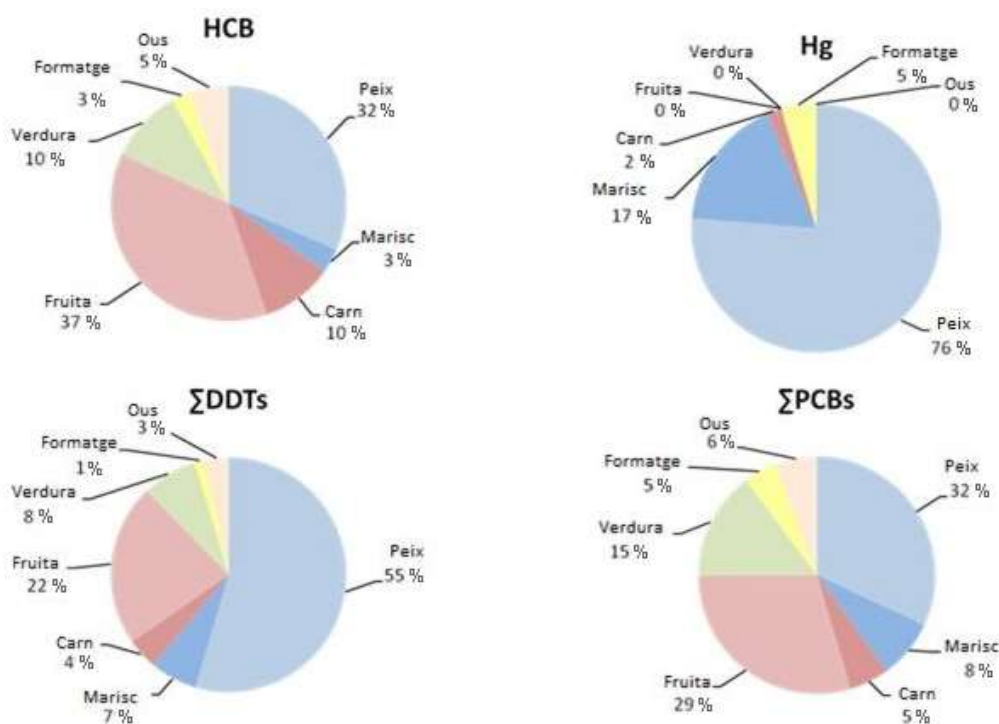


FIGURA 2. Contribucions dels elements de la dieta a les ingestes d'hexaclorobenzè (HCB), ΣDDT, policlorobifenils (ΣPCB) i mercuri (Hg) en la població de Menorca.

Es pot obtenir més informació sobre la importància de cada aliment en la ingesta de compostos organoclorats a partir de les ingestes diàries tolerables (IDT; JMPR, 2000). D'acord amb els resultats d'aquest estudi de Menorca, les IDE dels compostos organoclorats dels nens i nenes de quatre anys són molt inferiors als límits establerts d'IDT (IDT per a HCB = 160 ng/(kg bw·d) = unitats en ng/(kg pes corporal·dia)), per a  $\Sigma$ HCH = 5.000 ng/(kg bw·d), per a  $\Sigma$ DDT = 10.000 ng/(kg bw·d), per a  $\Sigma$ PCB = 10 ng/(kg bw·d); Rodríguez-Hernández *et al.*, 2016; JMPR, 2000; Mihats *et al.*, 2015).

Tot i això, en comparació amb estudis anteriors, l'IDE dels PCB dels nens i nenes de quatre anys a Menorca és superior a la ingesta d'infants d'entre sis i quinze anys provinent d'Àustria ( $\Sigma$ PCB = 3,4 ng/(kg bw·d); Mihats *et al.*, 2015). Pel que fa als productes del peix, un estudi recent en nens i nenes (pes corporal mitjà = 34,32 kg) de les illes Canàries ha trobat nivells superiors als del present treball (Rodríguez-Hernández *et al.*, 2016).

TAULA 3. *Valors mitjans de la ingesta diària de cada element de la dieta en la població de nens de quatre anys de Menorca (ng contaminant/(infant·dia ( $\pm$  desviació estàndard)) (pes mitjà dels individus = 18,5 kg)*

	<i>Peix</i>	<i>Marisc</i>	<i>Carn</i>	<i>Fruita</i>	<i>Verdura</i>	<i>Formatge</i>	<i>Ous</i>	<i>EWI<sup>a</sup></i>	<i>IDE<sup>b</sup></i>
Consum mitjà	(20 g/dia)	(5.3 g/dia)	(14 g/dia)	(110 g/dia)	(30 g/dia)	(7.8 g/dia)	(15 g/dia)		
HCB	1,2 $\pm$ 1,9	0,13 $\pm$ 0,095	0,39 $\pm$ 0,27	1,5 $\pm$ 0,0	0,40 $\pm$ 0,0	0,11 $\pm$ 0,0	0,20 $\pm$ 0,0	0,0015	0,21
$\Sigma$ HCH	0,75 $\pm$ 0,26	0,21 $\pm$ 0,088	0,45 $\pm$ 0,00	3,7 $\pm$ 0,36	0,97 $\pm$ 0,0	0,26 $\pm$ 0,0	0,50 $\pm$ 0,0	0,0026	0,37
$\Sigma$ DDT	26 $\pm$ 32	3,1 $\pm$ 1,7	2,0 $\pm$ 1,3	10 $\pm$ 0,41	3,6 $\pm$ 0,18	0,69 $\pm$ 0,050	1,5 $\pm$ 0,24	0,018	2,5
$\Sigma$ PCB	34 $\pm$ 21	8,7 $\pm$ 7,2	5,9 $\pm$ 1,5	32 $\pm$ 4, 8	16 $\pm$ 0,85	5,0 $\pm$ 1,1	6,1 $\pm$ 5,5	0,041	5,8
Hg	22.000 $\pm$ 18.000	4.900 $\pm$ 4.500	550 $\pm$ 750	11 $\pm$ 0,0	3,0 $\pm$ 0,0	1.300 $\pm$ 560	1,5 $\pm$ 0,0	11	1.500

<sup>a</sup>EWI: Ingesta setmanal estimada ( $\mu$ g/(kg pes corporal·setmana; EFSA, 2012). <sup>b</sup>IDE: Ingesta diària estimada (ng/(kg pes corporal dia; JMPR, 2000).

Els peixos i els mariscs han estat els principals contribuents a la ingesta total de mercuri (76 % i 17 % de la contribució, respectivament). A causa de la seva toxicitat, el Grup CONTAM de l'Autoritat Europea de Seguretat Alimentària (EFSA) va establir una ingesta setmanal provisional tolerable (PTWI) de 4  $\mu$ g/kg per a aquest metall (EFSA, 2012). Segons els resultats d'aquest estudi, els infants de l'illa de Menorca mostren una ingesta setmanal estimada (EWI) d'11  $\mu$ g/kg, que supera en més del doble els límits de PTWI. Aquest valor representa el pitjor escenari possible en el cas que el consum total de peix i marisc sigui d'origen local. La població de Menorca també consumeix peix i marisc d'altres zones mediterrànies, així com de l'oceà Atlàntic, i se

suposa que el consum d'aliments de llocs locals és inferior a la meitat del total. Es pot comparar l'IDE específica de peixos i mariscs de Menorca amb la de les illes Canàries en funció dels resultats reportats a Rodríguez-Hernández *et al.* (2016) de nens i nenes amb un pes corporal mitjà de 34,3 kg. L'IDE identificada en aquest cas, 150 ng/(kg bw·d), és gairebé deu vegades inferior a 1.500 ng/(kg bw·d), ingesta que es va observar en infants de quatre anys de Menorca (taula 3).

## 7. CONCENTRACIONS DE CONTAMINANTS EN NENS I NENES I INGESTES DIÀRIES

Les dades d'ingesta diària es poden relacionar amb les mesures de mercuri en el cabell (taula 4; Garí *et al.*, 2013). Les concentracions de mercuri en els infants mostren una associació positiva i significativa amb la ingesta de peixos i mariscs (figura 3). Aquest resultat és coherent amb els obtinguts en un estudi anterior, en què es va estimar la contribució de cada font d'aliments a la ingesta de mercuri a partir dels qüestionaris (Garí *et al.*, 2013). Les concentracions altes de mercuri trobades en els organismes marins analitzats (taula 1) i les estimacions de la ingesta dietètica mostren que el 93 % de la ingesta total de mercuri diària prové del consum de peix i marisc (figura 2).

L'estudi de les concentracions de compostos organoclorats en el sèrum dels infants de quatre anys (taula 4) i en la dieta mostra una interdependència important entre la ingesta de 4,4-DDT i el consum de peix i carn (figura 3). En estudis fets en una altra zona dels Països Catalans, la ingesta de carn també es va associar a concentracions de DDT (València; Llop *et al.*, 2010). En el cas dels menjars analitzats de Menorca, el 87 % de les mostres de peix i el 60 % de les de carn evidenciaven valors detectables de 4,4-DDT. A més, la ingesta d'ous també està relacionada amb nivells alts de 4,4-DDT, encara que sense significació estadística (figura 3). En totes les mostres d'ous analitzades es trobaven concentracions detectables de 4,4-DDT.

La relació negativa significativa entre un consum més elevat de verdures o fruita i concentracions de PCB138, PCB153 i PCB180, així com de 4,4'-DDT en nens, suggereix que una ingesta elevada d'aquests productes alimentaris es podria associar a taxes de consum més baixes d'altres productes, com ara el peix i la carn, en què els PCB i el DDT s'hi solen acumular d'una manera important (figura 3).

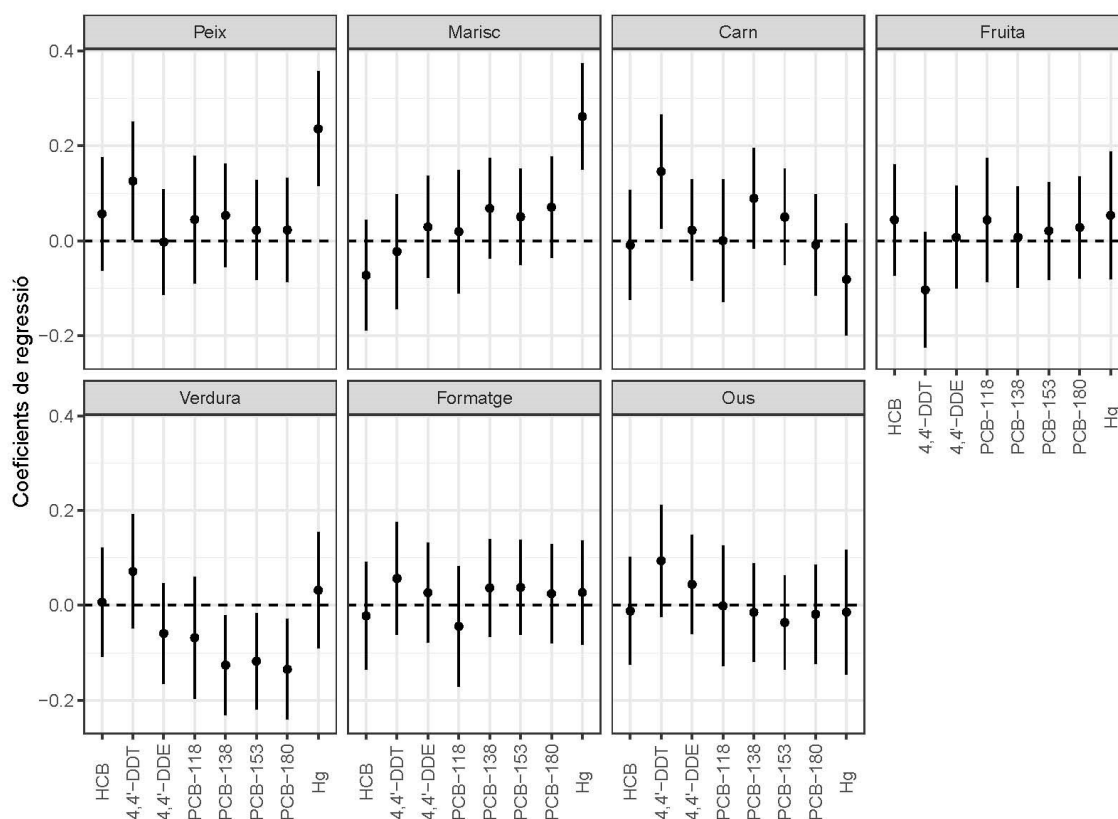


FIGURA 3. Associacions entre les ingestes diàries d'elements de la dieta i el contingut d'hexaclorobenzè (HCB), DDT, DDE i congèneres dels policlorobifenils (PCB) en sèrum i mercuri (Hg) en cabell en criatures de quatre anys de Menorca. Les correlacions significatives són aquelles en què l'interval de confiança del 95 % (barra vertical) no travessa la línia de zero. Els models s'ajustaren per sexe, lloc de naixement, nombre de germans i alimentació materna dels infants i per edat materna i ocupació materna i paterna i nivells d'educació d'ambdós cònjuges.

TAULA 4. Concentracions de compostos organoclorats en sèrum ( $n = 285$ ;  $\text{ng/ml}$ ) i Hg en cabell ( $n = 302$ ;  $\mu\text{g/g}$ ) en nens de quatre anys de Menorca

	Mitjana geomètrica	Mínim	Màxim
HCB	0,32	0,030	4,5
	0,069	0,046	0,66
4,4'-DDE	0,87	0,041	43,9
PCB118	0,091	0,026	1,8
PCB-138	0,17	0,037	8,7
PCB-153	0,25	0,022	10,9
PCB-180	0,12	0,0091	7,2
Hg	0,99	0,040	10

## 8. CONCENTRACIONS DE MERCURI EN ELS PEIXOS DE LA MEDITERRÀNIA

L'estudi de Menorca planteja un problema d'incorporació poblacional de mercuri que està relacionat amb les concentracions altes d'aquest metall en els peixos de la zona. D'acord amb aquest resultat, s'estudià quina era la concentració de mercuri en peix i marisc de diverses zones de la mar Mediterrània, amb una especial atenció a les illes Balears (figura 1). En aquestes illes s'han recollit i analitzat 556 mostres d'espècimens de Mallorca, Menorca i Eivissa, que s'han obtingut de mercats i llotges per assegurar que es tractava de mostres destinades al consum humà. No s'hi han inclòs espècimens de peix blau perquè aquests són coneguts per tenir concentracions més altes de mercuri que les de peix blanc i calia conèixer fins a quin punt la presència d'aquest metall és generalitzada entre els productes marins més enllà dels primers.

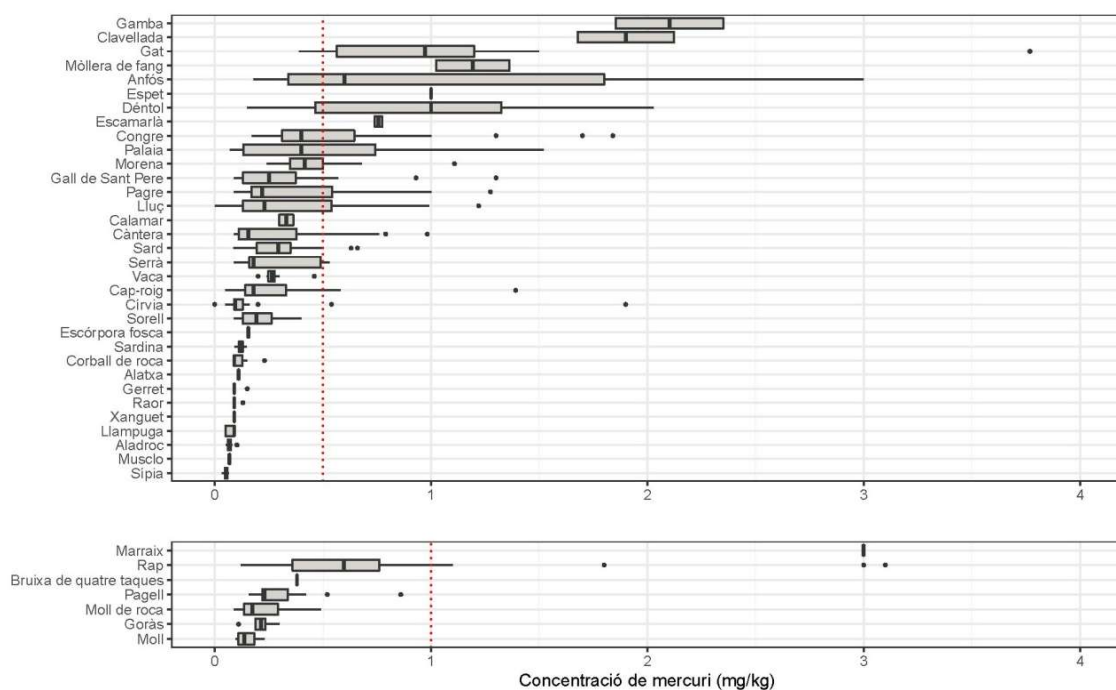


FIGURA 4. Concentracions de mercuri (Hg) en diversos peixos comprats en mercats de Mallorca, Menorca i Eivissa. Els noms científics de les espècies es descriuen a la taula 2. Per a cada espècie, la línia vertical gruixuda representa la mediana. Les línies dreta i esquerra del requadre representen el tercer i primer quartil, respectivament. Els extrems de les línies de punts representen els valors màxim i mínim de la distribució. Les rodones corresponen a espècimens amb valors aberrants que eren superiors o inferiors al marge interquartil multiplicat per 1,5. Les espècies es representen agrupades segons els valors de 0,5 i 1 mg/kg corresponent al límit legal de la concentració de mercuri apte per al consum humà definit per la Unió Europea (taula 2).



Tal com mostra la figura 4, les medianes de mòllera de fang i marraix són superiors a la concentració d'1 mg/kg ph (mg/kg pes humit), que és la concentració límit per a consum humà establerta per la Unió Europea (OJEU, 2006). Les medianes de gamba, clavellada, gat, escamarlà, anfós i déntol estan per sobre de 0,5 mg/kg ph, que és el límit europeu per a aquestes espècies (figura 4). El tercer quartil de lluç, congre, palaia, pagre, morena i serrà està per sobre o coincideix amb aquest límit (figura 4). En general, aquestes concentracions són bastant més altes que les observades en altres mars. Per exemple, en el cas de les mostres d'anfós, la concentració mitjana de les illes Balears, 1,5 mg/kg ph, és força més alta que l'observada a l'Atlàntic, 0,43 mg/kg ph (Junqué *et al.*, 2018).

L'estudi de les mostres recollides al mercat principal de l'Alguer (77 espècimens) mostra que en cap espècie estudiada es troben mitjanes per sobre de 0,5 mg/kg ph (figura 5). Malgrat això, el 25 % de les mostres de morena, pagre i sorell són per damunt d'aquest límit. En general, el conjunt de les mesures mostra unes concentracions de mercuri inferiors a les dels peixos de les illes Balears perquè només sobrepassen els límits legals en alguns casos.

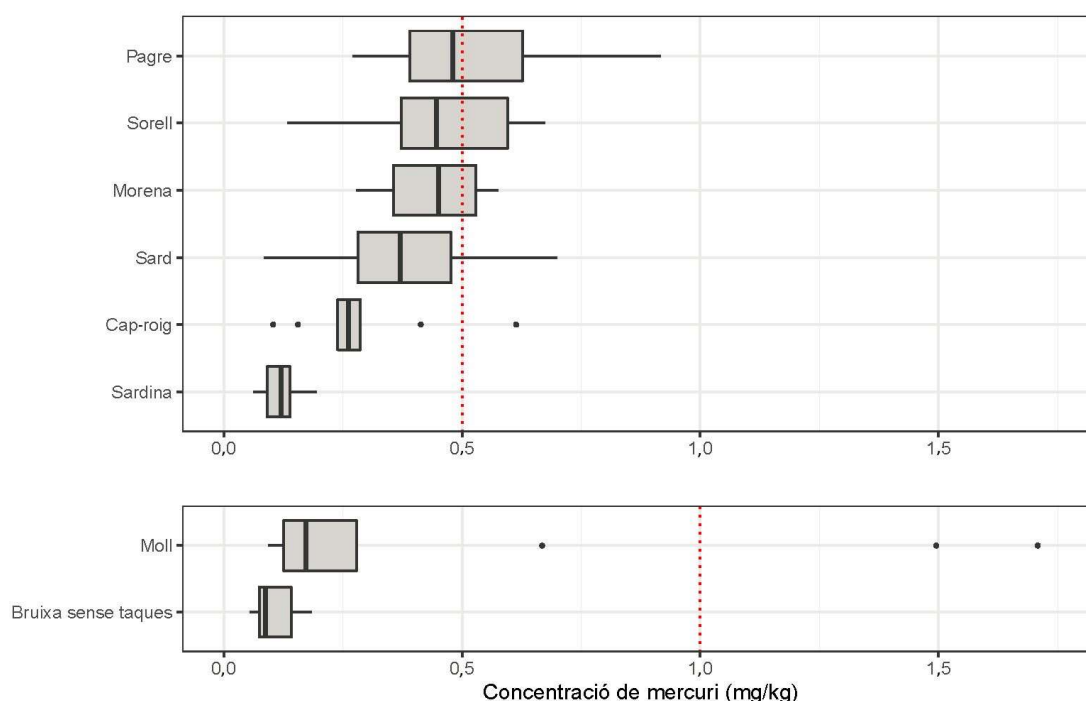


FIGURA 5. Concentracions de mercuri en diversos peixos comprats al mercat central de l'Alguer. El format de la representació de concentracions és el mateix que el de la figura 4.



L'estudi dels peixos del mercat municipal d'Alacant (203 espècimens) mostra que en cap cas les mitjanes tenen concentracions superiors a les dels límits legals (figura 6). Pel que fa al rap, les concentracions observades s'han d'avaluar respecte al seu límit d'1 mg/kg ph i, per tant, són inferiors, amb l'única excepció de l'espècimen que representa el valor màxim.

És difícil comparar les concentracions trobades als diferents llocs, ja que no a tot arreu s'han pogut recollir les mateixes espècies. Malgrat això, es pot observar que, en general, a les illes Balears es troben concentracions més altes que a Alacant: les medians en rap són de 0,60 i 0,57 mg/kg ph, respectivament; les de sardina, 0,12 i 0,08 mg/kg ph, i les de sard, 0,29 i 0,10 mg/kg ph. Encara que en el cas del cap-roig i el moll les concentracions (medians) són més baixes a les illes Balears que a Alacant, 0,18 i 0,24 mg/kg ph i 0,14 i 0,16 mg/kg ph, respectivament.

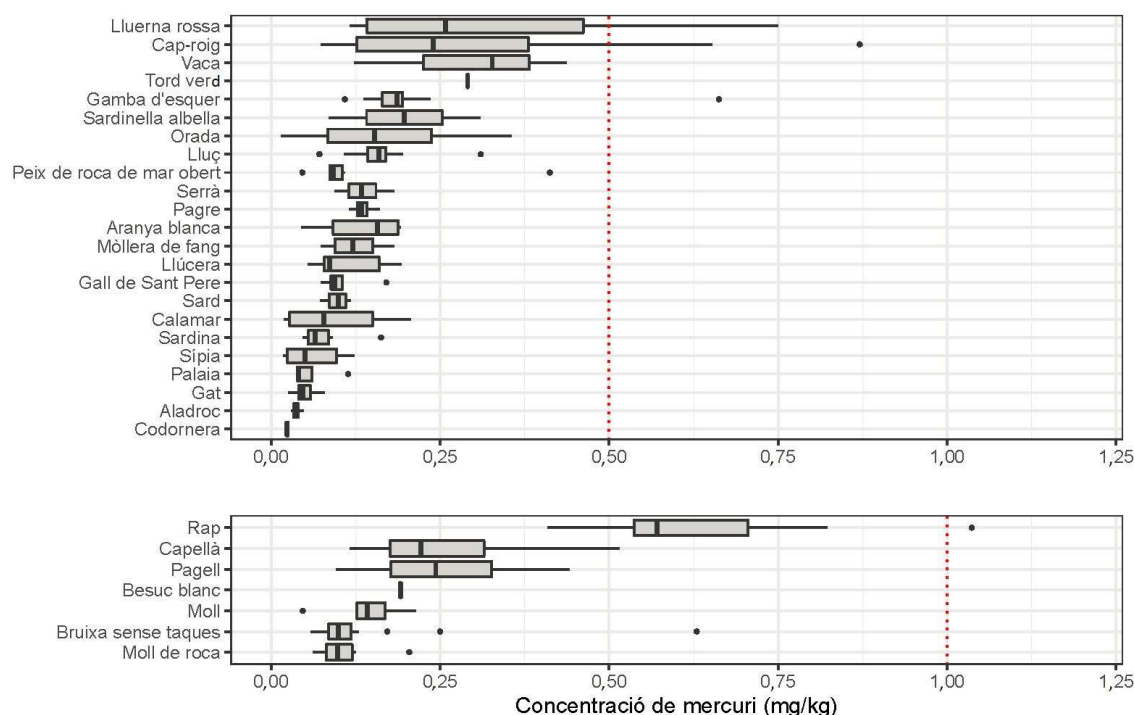


FIGURA 6. Concentracions de mercuri en diversos peixos comprats en el mercat central d'Alacant. El format de la representació de concentracions és el mateix que el de la figura 4.

Les medians de les concentracions dels espècimens de l'Alguer en diversos casos són les més altes dels tres grups, per exemple en el moll, 0,17 mg/kg ph; el sard, 0,37 mg/kg ph; el pagre, 0,48 mg/kg ph, i el sorell, 0,25 mg/kg ph. En canvi, les medians de palaia a l'Alguer són molt més baixes que les observades a les illes Balears, 0,05 i 0,48 mg/kg ph, respectivament.

Les diferències entre aquests llocs diversos són difícils d'interpretar; probablement, a més de la contribució general de deposició atmosfèrica relacionada amb l'ús de combustibles fòssils, hi ha la influència d'aportacions locals. Encara cal estudiar més espècimens de peixos a diferents llocs de la Mediterrània per esbrinar per què les d'aquest mar tenen concentracions de mercuri superiors a les dels altres mars i oceans propers. Com s'ha vist en aquest estudi, aquesta qüestió és rellevant no només per a la salut dels peixos, sinó també per a la de la població que els consumeix. En aquest sentit, cal esmentar que estudis duts a terme en diverses poblacions espanyoles mostren que tenen els nivells més alts d'aquest metall d'entre els països de la Unió Europea (Freire *et al.*, 2010; Ramon *et al.*, 2011; Garí *et al.*, 2013; Smolders *et al.*, 2015). Només les poblacions de Portugal igualen les concentracions observades en el cas espanyol (Smolders *et al.*, 2015). És, per tant, molt important conèixer quines són les fonts contaminants de mercuri a la mar Mediterrània, ja que tenen un impacte clar en la ingesta d'aquest metall neurotòxic per part de la població que els consumeix.

## 9. CONCLUSIONS

Les concentracions de compostos organoclorats en els aliments produïts a Menorca són generalment baixes en comparació amb les d'altres països de la Unió Europea. Contràriament, els nivells de mercuri en peixos i mariscos pescats en zones properes i consumits a l'illa són més alts que els trobats en altres mars i oceans.

S'ha observat una associació estadísticament significativa entre major consum de peix i marisc i concentracions de mercuri més altes en cabell de nens i nenes de quatre anys de l'illa. El 93 % de la ingesta de mercuri correspon al consum d'aquests productes alimentaris. També s'ha trobat una associació significativa entre consum de peix i acumulació de 4,4'-DDT en sèrum d'aquests infants. En el cas d'aquest insecticida, la carn també n'era una font rellevant. La incorporació dels contaminants organoclorats no és rellevant per a la salut pública en relació amb les recomanacions de la FAO/OMS, però la ingesta de mercuri per part dels nens i nenes supera en més del doble les indicacions de l'EFSA.

Les concentracions de mercuri en peixos de les illes Balears, l'Alguer i Alacant han mostrat una contaminació general més alta en els espècimens d'aquest arxipèlag, encara que les de l'Alguer de vegades els superen, segons quines siguin les espècies estudiades.

Els espècimens d'Alacant són els de concentracions més baixes. Les medianes de mòllera de fang, clavellada, gat, escamarlà, gamba, marraix, anfós i déntol dels espècimens recollits a les illes Balears estan per sobre dels límits de referència indicats per la Unió Europea com a aptes per al consum humà. A les altres zones estudiades no s'han trobat valors de medianes d'espècies que fossin superiors a aquests nivells de referència.

## 10. REFERÈNCIES

- AESAN. Documento de consenso sobre la alimentación en los centros educativos. NIPO: 863-10-004-7.
- BANANA, A. S.; RADIN MOHAMED, M. R.; AL-GHEETHI, A. A. (2016). «Mercury pollution for marine environment at Farwa Island, Libya». *J. Environ. Health Sci. Eng.*, núm. 14, p. 5.
- BERDIE, L.; GRIMALT, J. O. (1998). «Assessment of the sample handling procedures in a labor-saving method for the analysis of organochlorine compounds in a large number of fish samples». *J. Chromatogr.*, núm. 823, p. 373-380.
- CARRIZO, D.; GRIMALT, J. O.; RIBAS-FITO, N.; SUNYER, J.; TORRENT, M. (2006). «Physical-chemical and maternal determinants of the accumulation of organochlorine compounds in four-year-old children». *Environ. Sci. Technol.*, núm. 40, p. 1420-1426.
- CRESSON P.; FABRI, M. C.; BOUCHOUCHA, M.; BRACH, C. P.; CHAVANONA, F.; JADAUD, A.; KNOERY, J.; MIRALLES, F.; COSSA, D. (2014). «Mercury in organisms from the Northwestern Mediterranean slope: Importance of food sources». *Sci. Total Environ.*, núm. 497-498, p. 229-238.
- EFSA (2012). «Scientific opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food». *EFSA J.*, núm. 10, p. 2985-3226.
- FALCÓ, G.; BOCIO, A.; LLOBET, J. M.; DOMINGO, J. L.; CASAS, C.; TEIXIDÓ, A. (2004). «Dietary intake of hexachlorobenzene in Catalonia, Spain». *Sci. Total Environ.*, núm. 322, p. 63-70.
- FREIRE, C.; RAMOS, R.; LÓPEZ-ESPINOSA, M.-J.; Díez S.; VIOQUE, J.; BALLESTER, F.; FERNÁNDEZ, M.-F. (2010). «Hair mercury levels, fish consumption, and cognitive

- development in preschool children from Granada, Spain». *Environ Res.*, núm. 110, p. 96-104.
- GARÍ, M.; GRIMALT, J. O.; TORRENT, M.; SUNYER, J. (2013). «Influence of socio-demographic and diet determinants on the levels of mercury in preschool children from a Mediterranean island». *Environ. Pollut.*, núm. 182, p. 291-298.
- JMPR (2000). Joint FAO/WHO meetings on pesticide residues 2000. Expert Committee on Food Additives, FAO Plant Production and Protection Paper 163/ 59, Rome, 2001Report NMRS 29/TRS 220-JECFA 5/28.
- JUNQUÉ, E.; GARÍ, M.; ARCE, A.; TORRENT, M.; SUNYER, J.; GRIMALT, J. O. (2017). «Integrated assessment of infant exposure to persistent organic pollutants and mercury via dietary intake in a central western Mediterranean site (Menorca Island)». *Environ. Res.*, núm. 156, p. 714-724.
- JUNQUÉ, E.; GARÍ, M.; LLULL, R. M.; GRIMALT, J. O. (2018). «Drivers of the accumulation of mercury and organochlorine pollutants in Mediterranean lean fish and dietary significance». *Sci. Total Environ.*, núm. 634, p. 170-180.
- KALANTZI, O. I.; ALCOCK, R. E.; JOHNSTON, P. A.; SANTILLO, D.; STRINGER, R. L.; THOMAS, G. O.; JONES, K. C. (2001). «The Global Distribution of PCBs and Organochlorine Pesticides in Butter». *Environ. Sci. Technol.*, núm. 35, p. 1013-1018.
- KLJAKOVIC-GASPIC, Z.; HERCEG, S. R.; KLINCIC, D.; TICINA, V. (2015). «Chlorinated compounds in the muscle tissue of fish from the Croatian Adriatic: preliminary data on contamination and the associated health risks». *Arh. Hig. Rada. Toksikol.*, núm. 66, p. 299-308.
- KOENIG, S.; SOLÉ, M.; FERNÁNDEZ-GÓMEZ, C.; DíEZ, S. (2013). «New insights into mercury bioaccumulation in deep-sea organisms from the NW Mediterranean and their human health implications». *Sci. Total Environ.*, núm. 442, p. 329-335.
- LLOBET, J. M.; BOCIO, A.; DOMINGO, J. L.; TEIXIDÓ, A.; CASAS, C.; MULLER, L. (2003a). «Levels of polychlorinated biphenyls in foods from Catalonia, Spain: estimated dietary intake». *J. Food Prot.*, núm. 66, p. 479-484.
- LLOBET, J. M.; FALCÓ, G.; CASAS, C.; TEIXIDÓ, A.; DOMINGO, J. L. (2003b). «Concentrations of arsenic, cadmium, mercury, and lead in common foods and estimated daily intake by children, adolescents, adults, and seniors of Catalonia, Spain». *J. Agric. Food Chem.*, núm. 51, p. 838-842.

- LLOP, S.; BALLESTER, F.; VIZCAINO, E.; MURCIA, M.; LÓPEZ-ESPINOSA, M-J.; REBAGLIATO, M.; VIOQUE, J.; MARCO, A.; GRIMALT, J. O. (2010). «Concentrations and determinants of organochlorine levels among pregnant women in Eastern Spain». *Sci. Total Environ.*, núm. 408, p. 5758-5767.
- MARTÍ-CID, R.; HUERTAS, D.; NADAL, M.; LINARES, V.; SCHUHMACHER, M.; GRIMALT, J. O.; DOMINGO, J. L. (2010). «Dietary Exposure to Organochlorine Compounds in Tarragona Province (Catalonia, Spain): Health Risks». *Hum. Eco. Risk Assess.*, núm. 16, p. 588-602.
- MIHATS, D.; MOCHE, W.; PREAN, M.; RAUSCHER-GABERNIG, E. (2015). «Dietary exposure to non-dioxin-like PCBs of different population groups in Austria». *Chemosphere.*, núm. 126, p. 53-59.
- NACCARI, C.; CICERO, N.; FERRANTELLI, V.; GIANGROSSO, G.; VELLA, A.; MACALUSO, A.; NACCARI, F.; DUGO, G. (2015). «Toxic metals in pelagic, benthic and demersal fish species from Mediterranean FAO Zone 37». *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, núm. 95, p. 567-573.
- OJEU (2006). Commission regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs (text with EEA relevance).
- POLDER, A.; SAVINOVA, T. N.; TKACHEV, A.; LOKEN, K. B.; ODLAND, J. O.; SKAARE, J. U. (2010). «Levels and patterns of Persistent Organic Pollutants (POPS) in selected food items from Northwest Russia (1998-2002) and implications for dietary exposure». *Sci. Total Environ.*, núm. 408, p. 5352-5361.
- RAMON, R.; MURCIA, M.; AGUINAGALD, X.; AMURRIO, A.; LLOP, S.; IBARLUZEA, J.; LERTXUNDI, A.; ÁLVAREZ-PEDREROL M.; CASAS, M.; VIOQUE, J.; SUNYER, J.; TARDON, A.; MARTÍNEZ-ARGÜELLES, B.; BALLESTER, F. (2011). «Prenatal mercury exposure in a multicenter cohort study in Spain». *Environ. Int.*, núm. 37, p. 597-604.
- RODRÍGUEZ-HERNÁNDEZ, A.; CAMACHO, M.; HENRÍQUEZ-HERNÁNDEZ, L. A.; BOADA L. D.; RUIZ-SUÁREZ, N.; VALERÓN, P. F.; ALMEIDA, M. G.; ZACCARONI, A.; ZUMBADO, M.; LUZARDO, O. P. (2016). «Assessment of human health hazards associated with the dietary exposure to organic and inorganic contaminants through the consumption of fishery products in Spain». *Sci. Total Environ.*, núm. 557-558, p. 808-818.

- RUBIO, C.; GUTIÉRREZ, A.; BURGOS, A.; HARDISSON, A. (2008). «Total dietary intake of mercury in the Canary Islands, Spain». *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Asses.*, núm. 25, p. 946-952.
- SMOLDERS, R.; DEN HOND, E.; KOPPEN, G.; GOVARTS, E.; WILLEMS, H.; CASTELEYN, L.; KOLOSSA-GEHRING, M.; FIDDICKE, U.; CASTAÑO, A.; KOCH, H. M.; ANGERER, J.; ESTEBAN, M.; SEPAI, O.; EXLEY, K.; BLOEMEN, L.; HORVAT, M.; KNUDSEN, L. E.; JOAS, A.; JOAS, R.; BIOT, P.; AERTS, D.; KATSONOURI, A.; HADJIPANAYIS, A.; CERNA, M.; KRŠKOVA, A.; SCHWEDLER, G.; SEIWERT, M.; NIELSEN, J. K. S.; RUDNAI, P.; KÖZEPESY, S.; EVANS, D. S.; RYAN, M. P.; GUTLEB, A. C.; FISCHER, M. E.; LIGOCKA, D.; JAKUBOWSKI, M.; REIS, M. F.; NAMORADO, S.; LUPSA, I.-R.; GURZAU, A. E.; HALZLOVA, K.; FABIANOVA, E.; MAZEJ, D.; TRATNIK SNOJ, J.; GÓMEZ, S.; GONZÁLEZ, S.; BERGLUND, M.; LARSSON, K.; LEHMANN, A.; CRETZAZ, P.; SCHOETERS, G. (2015). «Interpreting biomarker data from the COPHES/DEMOCOPHES twin projects: Using external exposure data to understand biomarker differences among countries». *Environ. Res.*, núm. 141, p. 86-95.
- STORELLI, M. M.; BARONE, G. (2013). «Toxic Metals (Hg, Pb, and Cd) in Commercially Important Demersal Fish from Mediterranean Sea: Contamination Levels and Dietary Exposure Assessment». *J. Food Sci.*, núm. 78, T362-T366.
- STORELLI, M. M.; GIACOMINELLI-STUFFLER, R.; MARCOTRIGIANO, G. (2002). «Mercury Accumulation and Speciation in Muscle Tissue of Different Species of Sharks from Mediterranean Sea, Italy». *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, núm. 68, p. 201-210.
- STORELLI, M. M.; GIACOMINELLI-STUFFLER, R.; STORELLI, A.; D'ADDABBO, R.; PALERMO, C.; MARCOTRIGIANO, G. O. (2003). «Survey of total mercury and methylmercury levels in edible fish from the Adriatic Sea». *Food Addit. Contam.*, núm. 20, p. 1114-1119.
- TÖRNKVIST, A.; GLYNN, A.; AUNE, M.; DARNERUD, P. O.; ANKARBERG, E. H. (2011). «PCDD/F, PCB, PBDE, HBCD and chlorinated pesticides in a Swedish market basket from 2005—levels and dietary intake estimations». *Chemosphere.*, núm. 83, p. 193-199.
- TORRES, J.; EIRA, C.; MIQUEL, J.; FERRER-MAZA, D.; DELGADO, E.; CASADEVALL, M. (2015). «Effect of Intestinal Tapeworm *Cleistothrium crassiceps* on Concentrations of Toxic Elements and Selenium in European Hake *Merluccius*

- merluccius from the Gulf of Lion (Northwestern Mediterranean Sea)». *J. Agric. Food Chem.*, núm. 63, p. 9349-9356.
- VIOQUE J.; GONZÁLEZ, L. (1991). «Validity of a food frequency questionnaire (preliminary results)». *Eur. J. Cancer Prev.*, núm. 1, p. 19-20.
- VIVES, I.; GRIMALT, J. O. (2002). «A method for integrated analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons and organochlorine compounds in fish liver». *J. Chromatogr. B*, núm. 768, p. 247-254.
- VIZCAINO, E.; GRIMALT, J. O.; FERNÁNDEZ-SOMOANO, A.; TARDON, A. (2014). «Transport of persistent organic pollutants across the human placenta». *Environ. Int.*, núm. 65, p. 107-115.
- WILLETT, W. C.; SAMPSON, L.; STAMPFER, M. J.; ROSNER, B.; BAIN, C.; WITSCHI, J.; HENNEKENS, C. H.; SPEIZER, F. E. (1985). «Reproducibility and validity of a semiquantitative food frequency questionnaire». *Am. J. Epidemiol.*, núm. 122, p. 51-65.
- YABANLI, M.; ALPARSLAN, Y. (2015). «Potential Health Hazard Assessment in Terms of Some Heavy Metals Determined in Demersal Fishes Caught in Eastern Aegean Sea». *Bull Environ Contam Toxicol.*, núm. 95, p. 494-498.