

Robert Cilleros i Pilar Garcia Olivella (tutora)

De la mateixa manera que el progrés en ciència comença amb l'observació i les preguntes, nosaltres enfoquem el treball de recerca com una manera de buscar respostes a qüestions que es plantegen els nostres alumnes. Això implica escoltar les seves propostes i inquietuds, i guiar-los en aquest camí que comença a primer de batxillerat. En el camp de la biologia el treball de recerca se'ns presenta com l'eina més adient per aplicar el pensament i el mètode científic que intentem transmetre al nostre alumnat. Poder divulgar el treball permet que l'alumnat prengui consciència de la importància que té col·laborar i compartir els coneixements obtinguts, únic camí actual per poder avançar en ciència.

Durant molt de temps ha existit la idea errònia que el mar podia utilitzar-se com a abocador per a tot allò que ja no feia servei a terra ferma. Fins fa relativament poc l'home concebia l'oceà com una vasta extensió blava que, a causa de la seva immensitat i profunditat, no podia veure's afectada pels residus i contaminants que s'hi abocaven, tan insignificants en comparació. Aquesta idea no podia estar més allunyada de la realitat. L'oceà és un conjunt massiu d'elements interconnectats, l'estabilitat del qual es manté en un delicat equilibri gràcies als processos dinàmics que en renoven constantment els recursos. Aquests processos són els que permeten la complexa estructura de la vida que hi té lloc, alhora tan magnífica com complexa, fins al punt que encara avui no podem arribar a conèixer les repercussions totals que l'activitat humana hi pot arribar a tenir. Aquest delicat equilibri que manté l'ordre entre els elements de l'oceà no pot suportar tots els impactes que hom causa a les seves aigües, i això es demostra cada dia amb les tristes notícies que ens arriben de la pèrdua de la biodiversitat o l'increment creixent en els darrers anys de la contaminació a les costes marines.

En aquest treball s'intenta determinar quins són els factors que influeixen en la presència de mercuri en el peix, la manera com el mercuri es bioacumula en els organismes marins i els avantatges i desavantatges que pot tenir-ne el consum de cara a l'obtenció de nutrients essencials com els àcids grassos omega 3. La hipòtesi plantejada en el treball és la següent: els nivells de mercuri del peix de consum són més grans en determinats òrgans i estan influenciats pel nivell tròfic al qual pertany l'espècie de peix, per la seva edat i per l'ambient on s'ha criat. A més, el consum de peix ha d'excedir la ingesta màxima admissible de mercuri per tal d'arribar a la ingesta recomanada a la dieta d'àcids grassos omega 3. Aquest treball no pretén únicament donar resposta a les preguntes entorn de la matèria estudiada, sinó millorar el coneixement i la consciència general que la població té sobre la repercussió que la contaminació marina pot acabar tenint sobre nosaltres mateixos si no es prenen les mesures adequades.

Per tal de donar resposta a la hipòtesi plantejada es van dur a terme quatre experiències al laboratori i amb el programa RIBEFood:

L'experiència 1 verifica que la bioacumulació del mercuri en el peix és dependent d'òrgan. S'ha observat que el mercuri total bioacumulat en l'organisme es troba més concentrat en aquells òrgans dedicats a la filtració de substàncies químiques i productes tòxics procedents de la ingesta d'aliments com el fetge i, especialment, els ronyons. D'altra banda, en el múscul estriat s'ha detectat una concentració menor de mercuri.

L'experiència 2 verifica que la concentració mitjana de mercuri en l'organisme es veu influenciada pel nivell tròfic al qual pertany el peix. Així, en aquells peixos que ocupen posicions més baixes en la cadena tròfica (com ara *Sardina pilchardus*) la concentració mitjana de mercuri en múscul és més baixa que aquella d'altres espècies perta-

↓ Experiència 1. Resultats obtinguts per a la concentració de mercuri en fetge, ronyó i múscul estriat de lluç (*Merluccius merluccius*). Font pròpia.

Mostra		Detecció de mercuri en òrgan (µg/g, equivalent a ppm)		
		Fetge	Ronyó	Múscul estriat
Lluç (<i>Merluccius merluccius</i>)	E1	0,12	0,24	0,12
	E2	0,12	0,24	0,12
	E3	0,24	0,24	0,12
	Mitjana	0,16	0,24	0,12
Control		0,0		

↓ Experiència 2. Resultats obtinguts per a la concentració de mercuri en múscul estriat (filet) d'emperador, tonyina, lluç i sardina. Font pròpia.

Mostres	Nivell tròfic	Detecció de mercuri en múscul (µg/g equivalent a ppm)			
		R1	R2	R3	Mitjana
Emperador (<i>Xiphias gladius</i>)	Consumidor terciari (superdepredador)	1,92	1,92	Exclòs	1,92
Tonyina (<i>Thunnus albacares</i>)	Consumidor terciari (depredador)	0,24	0,48	0,48	0,4
Lluç (<i>Merluccius merluccius</i>)	Consumidor secundari	0,12	0,12	0,24	0,16
Sardina (<i>Sardina pilchardus</i>)	Consumidor primari (plàncton)	0,048	0,048	0,0	0,032
Control		0,0			

La bioacumulació i la magnificació del mercuri



↑ Figura 1. Pesada del filet, fetge i ronyons. Les mesures obtingudes van ser 10 g, 1,9 g i 0,4 g, respectivament. Font pròpia

nyents a nivells tròfics superiors, com ara els depredadors i superdepredadors (*Merluccius merluccius*, *Thunnus albacares* i *Xiphias gladius*). S'ha demostrat així que la bioacumulació del mercuri en el peix segueix un increment ascendent correlacionat amb l'augment del nivell tròfic al qual pertany l'espècie analitzada, i es produeix així el fenomen de la biomagnificació del mercuri a través de la xarxa tròfica d'un ecosistema.

L'experiència 3 verifica que l'edat del peix és un factor determinant de la concentra-

ció mitjana de mercuri que presentarà aquest. Es va determinar l'edat dels exemplars utilitzant com a dada la seva longitud per mitjà de l'equació de Von Bertalanffy. Es va calcular l'edat dels divuit exemplars pertanyents al mostratge, fet que va permetre relacionar la concentració mitjana de mercuri en múscul obtinguda per a cada un amb el seu grau de creixement. Els resultats demostren que la concentració de mercuri acumulat en els exemplars de més edat és més gran que aquella detectada en els exemplars de

↓ Experiència 3. Resultats obtinguts per a la concentració de mercuri en múscul estriat (filet) en els divuit exemplars analitzats de *S. pilchardus*. Els exemplars (E) estan ordenats en funció de la seva edat (d'exemplars més joves a exemplars més vells). Font pròpia.

Exemplar	Longitud (cm)	Edat (anys)	Detecció de mercuri en múscul (µg/g equivalent a ppm)			
			R1	R2	R3	Mitjana
E2	10,2	0,614	0,048	0,048	0,048	0,048
E11	10,8	0,737	0,048	0,048	0,048	0,048
E13	10,8	0,737	0,000	0,000	0,048	0,016
E10	11	0,78	0,120	0,048	0,048	0,072
E8	12,1	1,043	0,048	0,120	0,048	0,072
E14	12,3	1,095	0,048	0,048	0,048	0,048
E15	12,4	1,123	0,120	0,120	0,048	0,096
E1	12,6	1,178	0,048	0,048	0,120	0,072
E4	13	1,296	0,120	0,120	0,048	0,096
E3	13,2	1,359	0,120	0,120	0,120	0,120
E16	13,2	1,359	0,120	0,048	0,120	0,096
E5	13,3	1,391	0,120	0,120	0,120	0,120
E2	13,4	1,424	0,120	0,120	0,120	0,120
E18	13,5	1,458	0,120	0,120	0,120	0,120
E12	13,6	1,492	0,240	0,240	0,120	0,200
E7	14	1,638	0,120	0,240	0,120	0,160
E17	14,2	1,717	0,240	0,240	0,240	0,240
E6	14,5	1,842	0,120	0,120	0,240	0,160
E3	14,7	1,932	0,120	0,240	0,240	0,200
Control	0,00					

menys edat. Per l'edat calculada en els exemplars, tots tenien els mateixos hàbits alimentaris i ocupaven la mateixa posició en la cadena tròfica, de manera que l'edat seria el factor vinculant causant de les diferències en la concentració de mercuri observades entre els exemplars, fet que demostraria la hipòtesi.

En l'experiència 4 es pretenia demostrar que l'ambient on es cria el peix i, per tant, la seva procedència, era un factor determinant de la concentració de mercuri present al seu organisme. Els resultats obtinguts mostren una concentració de mercuri en múscul lleugerament més gran en els exemplars de *M. merluccius* procedents de l'Atlàntic respecte d'aquells procedents de la costa del Mediterrani.

Per mitjà de la utilització del programa informàtic RIBEFood s'ha fet una comparació entre la ingesta perjudicial de mercuri i l'aportació d'àcids grassos essencials omega 3 derivats del consum de les espècies de peix analitzades prèviament en el treball (*X. gladius*, *T. albacares*, *M. merluccius* i *S. pilchardus*). Així, es mirava de demostrar l'última part de la hipòtesi plantejada per al treball, que feia referència al fet que era necessari que el consum de peix excedís la ingesta màxima admissible de mercuri per tal d'arribar a la ingesta recomanada en la dieta d'àcids grassos omega 3. La hipòtesi plantejada ha resultat no ser verídica, ja que l'estudi fet per mitjà del programa RIBEFood

↓ Experiència 4. Resultats de les deteccions de mercuri fetes al laboratori en solucions de múscul estriat (filet) d'exemplars de lluç de l'Atlàntic i el Mediterrani. Font pròpia.

Mostra	Detecció de mercuri en dilució (mg/l equivalent a ppm)	
Lluç mediterrani	E1	0,005
	E2	0,005
	E3	0,005
Lluç atlàntic	E1	0,005
	E2	0,005
	E3	0,010
Control		0,00



† Figura 2. Mostres de filet, fetge i ronyons abans i després del primer pas del procés de trituració. Font pròpia.

i l'anàlisi posterior dels resultats obtinguts indiquen que sí que és possible arribar a cobrir la ingesta mínima recomanada d'àcids grassos omega 3 sense excedir la ingesta màxima admissible de mercuri tenint en compte únicament el consum de peix, ja que diferents espècies de peix comercialitzades, com ara *S. pilchardus* en el cas d'aquest estudi, permeten arribar als nivells d'ingesta d'omega 3 recomanats abans d'arribar a la ingesta màxima admissible de mercuri. A més, el càlcul de la proporció entre els percentatges sobre el valor recomanat d'omega 3 i mercuri ha demostrat que totes les espècies analitzades excepte *S. pilchardus* cobreixen sempre els valors màxims admissibles d'ingesta de mercuri abans d'arribar a l'aportació mínima recomanada d'àcids grassos omega 3. Tot i així, també cal afegir que caldria consumir grans quantitats de sardina per arribar a la ingesta recomanada



† Figura 3. Mesura de diversos exemplars de sardina. Font pròpia.



Pilar Garcia Olivella. Llicenciada en ciències biològiques per la Universitat de Barcelona (1983). Actualment és catedràtica de biologia i cap del Departament de Ciències Naturals de l'Institut Antoni Martí Franquès (Tarragona). Coordina les jornades TRiCS (Fòrum de Treballs de Recerca i Crèdits de Síntesi) organitzades pel Departament d'Ensenyament i l'Associació Empresarial Química de Tarragona. Ha tutoritzat treballs guanyadors de diversos premis com: Premi Repsol-La Pedrera (2005), Premi Universitat Ramon Llull-IQS (2014), Premi INJUVE (2014) i Premi de la SCB (2016).