

CONTENIDO DE METALES PESADOS EN *CRASSOSTREA ANGULATA*, *DICENTRARCHUS LABRAX* Y *MUGIL AURATUS* DE LOS ESTUARIOS DE LOS RÍOS GUADALQUIVIR Y BARBATE

R. Cordon; F. Cabrera; E. Díaz y P. de Arambarri

Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto (C.S.I.C.). Apartado 1.052. 41080 Sevilla.

Palabras clave: Heavy metals, pollution, estuaries, *Crassostrea angulata*, *Dicentrarchus labrax*, *Mugil auratus*.

ABSTRACT

HEAVY METALS CONTENTS OF *CRASSOSTREA ANGULATA*, *DICENTRARCHUS LABRAX* AND *MUGIL AURATUS* FROM THE ESTUARIES OF GUADALQUIVIR AND BARBATE RIVERS.

ABSTRACT

Heavy metal contents (Fe, Cu, Mn and Zn) of oyster (*Crassostrea angulata*), european sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and grey mullet (*Mugil auratus*) from Guadalquivir and Barbate estuaries were compared. Every comparison was made between species of the same range of weight.

Edible tissue of oysters from the Guadalquivir estuary had average concentrations of Cu and Zn 5.5 and 2.2 times higher respectively than those from Barbate. Copper concentrations of oysters from Guadalquivir estuary were always higher than the recommended permissible concentration for human consumption (1.000 µg Cu/g d.w.).

Livers of european sea bass from Guadalquivir estuary had mean Cu concentration 3.0 times higher than those from Barbate.

Mean concentrations of Fe, Cu and Zn of grey mullet livers also were 1.7, 22.7 and 1.6 times higher respectively in specimens from Guadalquivir river.

Concentrations for all metals in the two fish species studied were higher in livers than in dorsal muscle tissues. Copper accumulation in liver of both sea bass and grey mullet were higher in specimens from Guadalquivir estuary.

INTRODUCCION

En el litoral suratlántico español existe una franja costera, comprendida entre la ría de Huelva y la Punta de Rota, en la cual la contaminación de moluscos por metales pesados puede ser elevada, destacando el caso del cobre cuyas concentraciones en ostiones (*Crassostrea angulata*) superan en mucho los niveles admitidos para el consumo humano (150 µg/g peso húmedo). En el mismo litoral, entre Rota y la desembocadura del río Barbate, los ostiones tienen concentraciones normales de este elemento (Establier, 1969; Establier y Pascual, 1974).

Se especula con la posibilidad de que la contaminación existente entre Huelva y Rota pueda deberse a la incidencia del río Guadalquivir y de la ría de Huelva, provocada por la deriva litoral de la zona.

A excepción de algunas especies de moluscos (ostión, lapa y almeja), muy estudiadas desde el punto

de vista de la contaminación metálica (Establier, 1977), se ha prestado escasa atención a especies piscícolas. Por ello, en el presente trabajo se han estudiado tres especies de elevado interés comercial en la zona, pertenecientes a distintos niveles tróficos: ostión (*Crassostrea angulata*), filtrador; lisa (*Mugil auratus*), detritívoro; y lubina (*Dicentrarchus labrax*), depredador. Estas especies se capturaron en los estuarios de los ríos Guadalquivir y Barbate, con objeto de establecer comparaciones entre los dos ríos, ya que el Guadalquivir es receptor y portador de importantes vertidos urbanos, mineros, agrícolas, etc., mientras que el Barbate sólo está afectado por vertidos agrícolas y urbanos poco importantes.

MATERIAL Y METODOS

Las muestras fueron recogidas en los dos estuarios estudiados por personal del Plan de Explotación Ma-

	n	Ostiones Barbate 17	Guadalquivir 41
Fe $\mu\text{g/g}$ peso seco	Máx.	1.600	2.082
	Mín.	257	342
	\bar{x}	681 (a)	741 (a)
	s	384,0	339,6
Cu $\mu\text{g/g}$ peso seco	Máx.	1.520	5.952
	Mín.	302	1.034
	\bar{x}	545 (b) ***	2.979 (b) ***
	s	303,1	1.061,9
Mn $\mu\text{g/g}$ peso seco	Máx	76,1	85
	Mín.	17,7	19,5
	\bar{x}	43,1 (c)	44,3 (c)
	s	16,42	13,10
Zn $\mu\text{g/g}$ peso seco	Máx.	8.333	20.742
	Mín.	2.895	2.422
	\bar{x}	4.447 (d) ***	9.729 (d) ***
	s	1.379,2	3.905,5

Las letras iguales entre paréntesis, muestran los conjuntos de datos comparados entre sí por el criterio «t» de Student.
Grado de significación: *** $p < 0,001$

Tabla 1.— Ostiones (*Crassostrea angulata*). Número de individuos (n), valores máximos y mínimos, valores medios (\bar{x}), y desviaciones típicas (s) de las concentraciones de hierro, cobre, manganeso y cinc en individuos con peso < 10 g.
Oysters (*Crassostrea angulata*). Number of specimens (n), maximum (Max.), minimum (Min.), mean (\bar{x}) values and standard deviations (s) of the concentrations of Fe, Cu, Mn and Zn in specimens weighing less than 10 g.

risquera y Cultivos Marinos de la Región Suratlántica (P.E.M.A.R.E.S., Cádiz), en el otoño de 1983 y la primavera de 1984. En el primer muestreo se capturaron en el estuario de Barbate 20 ejemplares de ostión, 12 de lubina y 13 de lisa, y 22, 11 y 10 respectivamente en el del Guadalquivir. En el segundo muestreo se capturaron en el del Barbate 17 ostiones, 16 lubinas y 19 lisas, y 20, 8 y 17 respectivamente en el del Guadalquivir.

Los ostiones se midieron, extrajeron de las valvas y pesaron. Los ejemplares de lubina y lisa se midieron, pesaron y diseccionaron para extraer los hígados y musculatura dorsal. Los ostiones desprovistos de valvas, los hígados y muestras de 5 g. de musculatura dorsal de lubinas y lisas se secaron a 90°C durante 48 h. para la determinación de la pérdida de peso. Las muestras desecadas se disolvieron por los métodos recomendados en la bibliografía (Ritter *et al.*, 1978; Katz *et al.*, 1981; Lytle y Lytle 1982), y posteriormente se determinaron en ellas, por espectroscopía de absorción atómica, las concentraciones de hierro, cobre, manganeso y cinc.

RESULTADOS

En ninguna de las dos zonas estudiadas se encontraron diferencias claras entre los contenidos de hierro, cobre, manganeso y cinc en los ostiones, lubinas y lisas capturados en otoño y primavera.

No se ha observado una tendencia general clara entre el peso total y las concentraciones de metales en los ostiones, ni en los hígados y musculatura de lubinas y lisas, aunque en la mayoría de los casos la concentración de metales tiende a disminuir conforme aumenta el peso del individuo. Habida cuenta de que los intervalos de peso en que se encontraban comprendidos los individuos de ambas zonas eran muy diferentes, se optó por comparar sólo aquellos individuos comprendidos en intervalos de peso comunes.

Comparando los ostiones comprendidos en el mismo intervalo de peso (≤ 10 g) se observa que los valores medios de las concentraciones de hierro, cobre, manganeso y cinc son respectivamente 1,09, 5,47; 1,03 y 2,18 veces mayores en el estuario del Guadalquivir que en el del Barbate. Estas diferencias son sig-

	n	Hígados		Músculos		Conc. hígados/ Conc. músculos	
		Barbate	Guadalquivir	Barbate	Guadalquivir	Barbate	Guadalquivir
		27	13	33	14		
Fe μg/g peso seco	Máx.	2.664	1.949	32,9	35,7		
	Mín.	206,3	410	6,2	9,2		
	\bar{x}	1.036 (a)	919 (a)	19,7 (e)	23,2 (e)	52,6	38,9
	s	756,2	431,8	8,05	8,01		
Cu μg/g peso seco	Máx.	920,1	634	23,66	6,4		
	Mín.	14,5	84,1	2,89	3,88		
	\bar{x}	96,0 (b) ***	291 (b) **	8,15 (f) ***	4,84 (f) ***	11,8	60,1
	s	178,40	177,6	5,378	0,856		
Mn μg/g peso seco	Máx.	25,0	12,2	1,35	1,55		
	Mín.	0,00	4,7	0,00	0,00		
	\bar{x}	10,3 (c)	9,5 (c)	0,82 (g)	0,88 (g)	12,6	10,8
	s	7,45	2,28	0,557	0,440		
Zn μg/g peso seco	Máx.	310,0	259	51,5	32,6		
	Mín.	97,2	116	12,7	18,6		
	\bar{x}	166 (d)	164 (d)	28,1 (h) *	23,5 (h) *	5,9	7,0
	s	53,7	39,8	7,73	3,66		

Las letras iguales entre paréntesis, muestran los conjuntos de datos comparados entre sí por el criterio «t» de Student.

Grupo de significación: * p < 0,5
** p < 0,01
*** p < 0,001

Tabla 2.- (*Dicentrarchus labrax*). Concentraciones de metales en hígados y tejido de musculatura dorsal de individuos con peso < 500 g. y relación de las concentraciones medias hígados/músculos. (n, número de individuos; valores máximos y mínimos; \bar{x} , valores medios; s, desviaciones típicas).

European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Metal concentrations in livers and dorsal muscle tissues of specimens weighing less than 500 g, and liver/muscle mean concentration ratios. (n, number of specimens; Max., maximum values; Min., minimum values; \bar{x} , mean values; s, standard deviations).

nificativas estadísticamente (P < 0,001) en los casos del cobre y del cinc (Tabla 1).

En la Tabla 2 se observa que los valores medios de las concentraciones de hierro, manganeso y cinc en los hígados de las lubinas comprendidas en el mismo intervalo de peso (≤ 500 g.), son del mismo orden en ambas zonas de muestreo. En cambio, el valor medio de cobre en los hígados de los individuos del Guadalquivir es 3,03 veces superior (P < 0,01) al de los del Barbate. En cuanto a las concentraciones de metales en tejido de musculatura dorsal, sólo se han encontrado diferencias significativas en los valores medios de cobre y cinc (P < 0,001; P < 0,5), que resultan ser respectivamente 1,7 y 1,2 veces mayores en los individuos procedentes del Barbate (Tabla 2).

Las concentraciones medias de hierro, cobre y cinc

en hígados de lisas con peso total ≤ 700 g. procedentes del estuario del Guadalquivir son respectivamente 1,73; 22, 67 y 1,57 veces superiores a las correspondientes del Barbate (P < 0,001), mientras que los valores medios de manganeso son muy similares en ambas zonas. Cabe destacar las altas concentraciones de hierro y cobre que alcanzan los hígados de algunos individuos de ambas zonas de muestreo (3.180 μg Fe/g, 1.078 μg Cu/g., en el Barbate; 6.610 μg Fe/g., 27.841 μg Cu/g en el Guadalquivir, datos referidos a peso seco).

En el tejido de musculatura dorsal de las lisas con peso ≤ 700 g., las concentraciones medias de hierro, cobre, manganeso y cinc son en el estuario del Guadalquivir 1,74; 2,30; 1,73 y 1,27 veces respectivamente mayores que en el del Barbate, siendo signifi-

	n	Hígados		Músculos		Conc. hígados/ Conc. músculos	
		Barbate 25	Guadalquivir 12	Barbate 28	Guadalquivir 21	Barbate	Guadalquivir
Fe μg/g peso seco	Máx.	3.181	3.820	86,1	124		
	Mín.	445	1.282	12,5	16,5		
	\bar{x}	1.313(a) ***	2.277(a) ***	31,3(e) ***	54,5(e) ***	41,9	41,8
	s	716,8	737,3	16,8	24,06		
Cu μg/g peso seco	Máx.	1.078	19.444	19,5	17,1		
	Mín.	22,7	726	3,72	4,5		
	\bar{x}	275(b) ***	6.234(b) ***	6,78(f)	8,55(f)	40,6	729,1
	s	284,9	5.224	3,825	3,701		
Mn μg/g peso seco	Máx.	47,2	43,3	4,08	3,85		
	Mín.	4,41	1,7	0,00	0,46		
	\bar{x}	14,4 (c)	14,3 (c)	0,95 (g) *	1,64(g)*	15,2	8,7
	s	10,81	13,9	0,979	0,915		
Zn μg/g peso seco	Máx.	307	588	50,0	71,5		
	Mín.	125	132	22,3	22,2		
	\bar{x}	205(d) ***	321(d) ***	31,8(h) **	40,5(h) **	6,4	7,9
	s	47,8	136,5	8,27	12,53		

Las letras iguales entre paréntesis, muestran los conjuntos de datos comparados entre sí por el criterio «t» de Student.

Grado de significación: * p < 0,5
 ** p < 0,01
 *** p < 0,001

Tabla 3.— (*Mugil auratus*). Concentraciones de metales en hígados y tejido de musculatura dorsal de individuos con peso < 700 g. y relación de las concentraciones medias hígados/músculos. (n, número de individuos; valores máximos y mínimos; \bar{x} , valores medios; s, desviaciones típicas).

(*Mugil auratus*). Metal concentrations in livers and dorsal muscle tissues of specimens weighing less than 700 g, and liver/muscle mean concentration ratios. (n, number of specimens; Max., maximum values; Min., minimum values; \bar{x} , mean values; s, standard deviations).

cativas las diferencias encontradas en los casos del hierro ($P < 0,001$), manganeso ($P < 0,5$) y cinc ($P < 0,001$). (Tabla 3).

DISCUSION

Los valores medios de las concentraciones de hierro, cobre y cinc en *Crassostrea angulata* encontrados en el presente estudio (Tabla 1), son algo mayores que los obtenidos por Establier (1969, 1977) y Establier y Pascual (1974) en las mismas zonas (Tabla 4). Estas diferencias pueden atribuirse a que estos autores estudiaron ostiones con tallas mayores que los del presente trabajo, ya que existe una relación directa entre el peso y la talla e inversa entre el peso y las concentraciones de hierro, cobre y cinc (Cordón,

1985). En cambio, no existe una relación clara entre la concentración de manganeso y el peso, por lo que los valores medios de este elemento en los individuos estudiados concuerdan con los de Establier (1969) y Establier y Pascual (1974) (Tabla 4).

El hecho más importante respecto a los ostiones es que los valores medios de cobre y cinc de los individuos del Guadalquivir son muy superiores a los del Barbate, resultados que concuerdan con los obtenidos por Establier (1969, 1977) y Establier y Pascual (1974) (Tablas 1 y 4).

Es interesante resaltar que todos los valores de concentración de cobre en los ostiones estudiados en el estuario del Guadalquivir, y por tanto su valor medio, 2,979 μg/g peso seco, están por encima del límite considerado como admisible para el consumo humano (150-200 μg Cu/g peso húmedo, equivalente a

	Fe	Cu	Mn	Zn µg/g peso seco
<i>Crassostrea angulata</i>				
1. Barbate	283	251	47,5	3.547
Guadalquivir	328	1.868	42,9	7.687
Barbate	–	167	–	2.444
2. Guadalquivir	–	1.643	–	13.760
3. Guadalquivir	303	1.287	52,0	5.702
<i>Crassostrea virginica</i>				
4. Long Island Sound (EE.UU.)	–	574-1083	–	–
5. Bahía de St. Louis (EE.UU.)	–	46-197	–	262-5.131
<i>Crassostrea margaritacea</i>				
6. Costa sur de Suráfrica	53-380	5-97	0,8-17,6	126-6.516

1. Establier (1969); 2. Establier (1977); Establier y Pascual (1974); 4. Zaroogian (1979); 5. Lytle y Lytle (1982); 6. Watling y Watling (1974).

Tabla 4.— Concentraciones de Fe, Cu, Mn, y Zn en *Crassostrea angulata*, *Crassostrea virginica* y *Crassostrea margaritacea*.
Table 4.— Concentrations of Fe, Cu, Mn and Zn in *Crassostrea angulata*, *Crassostrea virginica* y *Crassostrea margaritacea*.

unos 1.000 µg Cu/g peso seco) y que sólo uno de los 37 individuos analizados en el estuario del Barbate (1.520 µg Cu/g.) supera ese límite.

En comparación con otros estudios realizados en ostras, las concentraciones de cobre encontradas en *C. angulata* en el estuario del Barbate, son del mismo orden que las halladas por Zaroogian (1979), y mucho mayores que las encontradas por Lytle y Lytle (1982) en *Crassostrea virginica* (Tabla 4). También son mayores las concentraciones de cinc de todos los ostiones analizados en el presente estudio, respecto a los valores encontrados por estos últimos autores. Por otra parte las concentraciones de hierro, cobre, manganeso y cinc encontradas por Watling y Watling (1983) en *Crassostrea margaritacea*, son inferiores que los de *C. angulata* tanto del Barbate como del Guadalquivir (Tabla 4).

De la comparación de las Tablas 1 y 2 se desprende que salvo algún resultado correspondiente a los músculos de las lubinas, todas las concentraciones de metales en los hígados y músculos de lisas o lubinas son mayores en los especímenes capturados en el Guadalquivir. También puede afirmarse que con una posible excepción todas las concentraciones de metales encontradas en los hígados y los músculos de las lisas son mayores que las correspondientes de las lubinas.

La observación de los aparatos digestivos realizada durante la disección, mostró la presencia de abundan-

tes restos de sedimentos en las lisas, mientras que las lubinas contenían casi exclusivamente crustáceos y peces de pequeño tamaño perfectamente identificables. Dado que los metales pesados se concentran en los sedimentos (Turekian, 1977) y la mayor contaminación a este respecto de los del estuario del Guadalquivir (Cordón, 1985), los resultados generales expuestos parecen totalmente explicables.

Particularizando, pueden ponerse de relieve los siguientes extremos: a) al ser los hígados órganos acumuladores (Honda *et al.*, 1983), en ellos se manifiesta más acusadamente las diferencias atribuibles a la contaminación del medio y al régimen alimentario de estas dos especies. Destaca a este respecto la acumulación de cobre en los hígados de las lisas del Guadalquivir cuya relación de concentraciones medias hígado/músculo es 729 frente a 40,6 para las del Barbate; b) al ser la contaminación por cobre muy elevada en los individuos de las dos especies capturados en el Guadalquivir, se pone de relieve que este metal está presente en las dietas alimentarias de ambas especies, las cuales tienen la facultad de acumularlo; y c) esta circunstancia no se da para el cinc y el hierro que sólo son asequibles, o sólo se acumulan en grandes cantidades en las lisas.

Según Uysal y Tuncer (1982), concentraciones de 23,3 µg Fe/g, 2,15 µg Cu/g, 3,05 µg Mn/g y 24,03 µg Zn/g, y 42,9 µg Fe/g, 3,85 µg Cu/g, 1,96 µg Mn/g y 17,94 µg Zn/g, (referido a peso seco), en tejido comes-

tible de *Dicentrarchus labrax* y *Mugil spp.*, respectivamente, capturados en la bahía de Izmir en Turquía, no son altamente tóxicas para el consumo humano. De los valores encontrados en el presente trabajo para músculo, sólo los de cobre en ambas especies y los de cinc en lisas son mayores que los anteriores, aunque sus niveles no son suficientemente altos como para entrañar riesgo para la salud del consumidor. Los de manganeso, en cambio, son menores en todos los individuos analizados en este trabajo.

CONCLUSIONES

Los resultados expuestos ponen de relieve la existencia en el estuario del Guadalquivir de una fuente de contaminación metálica más acusada que en el del Barbate. La manifestación de dicha contaminación se aprecia más fácilmente en el cobre de los ostiones y de los hígados de lubinas y lisas, aunque también se manifiesta en el cinc de los ostiones y en el hierro y cinc de los hígados de lisas.

BIBLIOGRAFIA

Cordón, R. 1985. *Estudio comparativo de la contaminación por metales pesados en aguas, sedimentos y animales de los estuarios de los ríos Guadalquivir y Barbate.* Datos sin publicar.

Establier, R. 1969. Contenido en cobre, hierro, manganeso y cinc de los ostiones (*Crassostrea angulata*) de las costas de Cádiz. *Inv. Pesq.* 33: 335-343.

Establier, R. 1977. Estudio de la contaminación marina por metales pesados y sus efectos biológicos. *Inf. Técn. Inst. Inv. Pesq.* 47: 3-36.

Establier, R. y Pascual, E. 1974. Estudios del cobre, hierro, manganeso y cinc en ostiones (*Crassostrea angulata*) del Golfo de Cádiz. *Inv. Pesq.* 38: 371-384.

Honda, K.; Sahrul, M. y Hidaka, H. 1983. Organ and tissue distribution of heavy metals, and their growth-related changes in Antarctic fish *Pagothenia borchgrevinki* *Agric. Biol. Chem.* 47: 2.521-2.532.

Katz, S.A.; Jenniss, S.W.; Tout, R.E. y Chatt, A. 1981. Comparison of sample preparation methods for the determination of metals in sewage sludges by flame atomic absorption spectrometry. *Intern. J. Environ. Anal. Chem.* 9: 209-220.

Litle, T.F. y Lytle, J.S. 1982. Heavy metals in oysters and clams of St. Louis Bay, Mississippi. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 29: 50-57.

Ritter, C.J.; Bergman, S.C.; Cothorn, C.R. y Zamierowski, E.E. 1978. Comparison of sample preparation techniques for atomic absorption analysis of sewage sludge and soil. *At. Absorpt. Newsl.* 17: 70-72.

Turekian, K.K. 1977. The fate of metals in the oceans. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 41: 1.139-1.144.

Uysal, H. y Tuncer, S. 1981. Levels of heavy metals in some commercial food species in the Bay of Izmir (Turkey). *VI Journées Etud. Pollutions.* Cannes, C.I.E.S.M. 323-327.