

MUNIBE (Ciencias Naturales)	40	29-33	SAN SEBASTIAN	1988	ISSN 0027-3414
-----------------------------	----	-------	---------------	------	----------------

Recibido: 20-VI-1988
Aceptado: 23-I-1988

Metales pesados en Trucha Común (*Salmo trutta fario*)

Heavy metals in the Brown trout (*Salmo trutta fario*) from Urola river

PALABRAS CLAVE: Metales pesados, Trucha común, *Salmo trutta fario*, contaminación, bioacumulación.

KEY WORDS: Heavy metals, Brown trout, *Salmo trutta fario*, bioaccumulation, water pollution.

I. LEGORBURU*
L. CANTON*
E. MILLAN*
A. CASADO*
J. ALVAREZ**

RESUMEN

Se han determinado las concentraciones de metal en hígado branquia y músculo de Trucha común (*Salmo trutta fario*), procedente de cinco puntos de la cuenca del río Urola. Las muestras se analizaron por espectroscopía de absorción atómica, tras su digestión ácida. La distribución de concentraciones es de tipo normal-logarítmico y existe una retención preferente de aluminio, manganeso y zinc en las branquias, mientras el hígado acumula cadmio, hierro y cobre.

ABSTRACT

Metal concentrations in liver, gill and muscle of brown trout (*Salmo trutta fario*) from Urola watershed have been determined by A.A.S. following acid digestion. Data distributions are long-normal distributed, and aluminium, manganese and zinc can be found in gills, while cadmium, copper and iron accumulate in liver tissue. A strong relation has been observed between iron levels in gills and iron concentrations found in river water.

LABURPENA

Urola ibaiaren arroan bost lekutan harrapatutako amurrainen (*Salmo trutta fario*) giharre, brankia eta gibelan astunmetalen kontzentrazioak neurtu izan dira. Azidodigestioa egin ondoren, laginak atomiko absortzioaren espektrofotometruaren bidez aztertu izan idra. Kontzentrazioen banaketa, normal logaritmoko motakoa da. Nabaritzen da brankietan dagoen burdin edukina eta ibaiuretan metal honen kontzentrazioaren arteko erlazio bat dagoela. Datuek adierazten dutenez, Al, Mn, et Zn-a, batez ere brankietan geratzen dira, gibelan, ordea, Cd, Fe eta Cu-a pilatzen dira.

INTRODUCCION

El río Urola nace en las estribaciones de la Serra de Aitzkorri, y desemboca a la altura de Zumaya. Su curso tiene una longitud de 51.5 km. y el caudal medio en la desembocadura es de 7.97 m³/s (ANONIMO, a y b: 1986).

La calidad de las aguas de este río se encuentra afectada por el vertido de aguas residuales de origen urbano e industrial en diversos puntos de su cuenca: El cauce se encuentra fuertemente contaminado en su curso alto a partir de Legazpia, con índices bióticos entre 0 y 3 (ALZATE et al, 1978; ANONIMO, 1984). En el curso medio, el aporte de los afluentes Ibai-Eder y Régil, junto a los procesos de

autodepuración de la contaminación orgánica permiten la existencia de fauna de alta calidad a la altura de Zestoa. Sin embargo, la existencia de vertidos conteniendo metales tóxicos puede representar una amenaza a largo plazo para la biocenosis del río.

En el presente trabajo se estudio el posible impacto de la contaminación originada por los vertidos con metales pesados en las truchas del río Urola.

MATERIAL y METODOS

La época elegida para la toma de muestras fue el final del estiaje, en Octubre de 1985. Los puntos elegidos para la prospección corresponden a las zonas de cabecera, y al curso medio del río Urola. (Fig. 1):

- Punto 1: B^o Guriditegui
- Punto 2: Zestoa
- Punto 3: Río Ibai-Eder
- Punto 4: Río Régil
- Punto 5: Río Alzolarás

* Facultad C. Químicas. Apdo. 1072. 20080 San Sebastián-Donostia

** Sociedad de Ciencias Aranzadi, Plaza de Zuloaga (Museo). 20003 San Sebastián-Donostia.

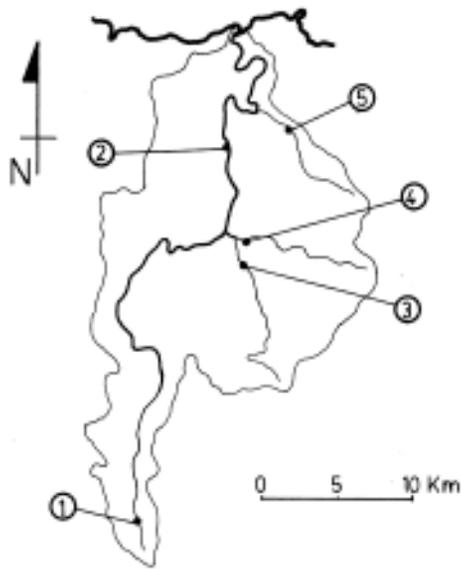


Figura 1. Cuenca del río Urola. Localización de los puntos de muestreo.

La captura de especímenes fue realizada por el procedimiento de la pesca eléctrica, eligiéndose diez ejemplares en cada punto (siete en el caso del río Ibai-Eder), los cuales fueron etiquetados, recogiendo asimismo una muestra de escamas para la determinación de la edad.

Los especímenes fueron conservados por congelación para su posterior disección y análisis.

Los órganos objeto de análisis fueron branquia, hígado y músculo dorsal. Tras su disección fueron secados en estufa, pesados y digeridos con mezcla nítrico-perclórica a presión ambiental (BORG, 1981). La solución resultante se diluyó con agua de alta pureza, y se analizó por espectroscopía de absorción atómica en un aparato Perkin-Elmer 2380.

La técnica de análisis empleada fue diferente según la concentración del metal en la muestra: Para la determinación de Zn y, ocasionalmente, Cu y Fe se acudió a la técnica de llama con mechero de aire-actileno. En los demás metales (Al, Cd, y Mn) se utilizó cámara de grafito (Perkin-Elmer HGA 500).

Dadas las bajas concentraciones de metal en las muestras fue preciso tomar ciertas precauciones con el fin de evitar la contaminación de las mismas:

- Los reactivos empleados fueron de alta pureza (calidad «Suprapur» de Merck o similar). El material de laboratorio en contacto con las muestras (vidrio, material de disección...) fue sometido a una rutina de limpieza con ácido nítrico (20%) y AEDT (1%).

- En cada serie de digestiones (16 muestras) se añadieron dos blancos al proceso de análisis, con el fin de controlar el nivel de contaminación del método de análisis y determinar los límites de detección (MILLER et al., 1984).

Para contrastar el método de análisis, se ha sometido al mismo un material de referencia de concentración de metales conocida. Este material se compone de músculo de pez homogeneizado (Ref. MA-A-2) suministrado por la Int. Atom. Ener. Agency de Viena.

El análisis estadístico se ha llevado a cabo mediante el empleo de pruebas de tipo no paramétrico: la probabilidad, posteriormente confirmada, de que la distribución de los datos no sea de tipo gaussiano hace preferible este tipo de pruebas, que, si bien son algo menos potentes que las paramétricas, resultan independientes de la ley de distribución de la población (SIEGEL, 1956).

RESULTADOS Y DISCUSION

Estudios realizados por otros autores (GIESY et al., 1977; LOWE et al., 1985) indican que la distribución de frecuencias de los niveles de metal de peces de agua dulce siguen una ley normal-logarítmica. La aplicación de la prueba chi-cuadrado a los datos obtenidos por nosotros concuerda con estos trabajos. Por lo tanto, los datos de las tablas I, II y III vienen expresados como medias geométricas en $\mu\text{g/g}$ de peso seco, y con la desviación geométrica típica.

Se observa que las branquias presentan altos valores de aluminio, manganeso y zinc, mientras que el hígado acumula cadmio, hierro y cobre. El tejido muscular presenta concentraciones por debajo del límite de detección en la mayor parte de los casos.

Los procesos de acumulación de metales en los seres vivos son altamente complejos, y dependen de diversos factores. En el caso que no ocupa, se ha observado la influencia de algunos de estos factores.

	Al	Cd	Fe	Mn	Zn
GURIDITEGUI	130 (1.9)	0.08 (2.4)	230 (1.3)	8.6 (1.4)	170 (1.6)
ZESTOA	105 (2.6)	0.11 (1.7)	340 (1.4)	14.0 (2.6)	340 (1.5)
R. IBAI-EDER	67 (1.4)	0.04 (2.2)	170 (1.1)	7.7 (1.9)	250 (1.8)
R. REGIL	24 (2.8)	0.10 (1.6)	255 (1.3)	5.4 (1.6)	215 (1.8)
RALZOLARAS	56 (1.6)	0.08 (1.9)	186 (1.7)	4.4 (1.6)	320 (1.1)

Tabla I. Concentraciones medias de metal en branquias de truchas de la cuenca del río Urola, expresadas como media geométrica en $\mu\text{g/g}$ peso seco, y desviación geométrica típica.

	Cd	Fe	Mn	Zn
GURIDITEGUI	0.03 (2.0)	-*	0.6 (2.2)	21 (1.7)
ZESTOA	0.05 (2.1)	24 (2.5)	0.5 (4.2)	19 (1.4)
RIBAI-EDER	0.10 (2.6)		0.6 (2.0)	17 (1.3)
RREGIL			0.4 (3.5)	26 (2.2)
R. ALZOLARAS	0.08 (2.8)		0.9 (1.8)	25 (1.8)

NOTA: *: valores por debajo del límite de detección.

Tabla II. Concentraciones medias de metal en músculo de truchas de la cuenca del río Urola, expresadas como media geométrica en µg/g peso seco, y desviación geométrica típica.

Uno de los factores es de tipo biológico: La edad del espécimen influye en el nivel de hierro y cobre en el hígado de las truchas. En la figura 2 se representan los valores medios de estos dos metales para cada clase de edad según el punto de muestreo.

Se observa una clara tendencia a la acumulación, con coeficientes de correlación de Spearman significativos (0.553 para el cobre y 0.591 para el hierro, $p < 0.05$). Este fenómeno, conocido en el caso del cobre (PISCATOR, 1979), está relacionado con la síntesis y almacenamiento de diversas proteínas y enzimas.

Otro factor observado es la influencia de la concentración de metal en el medio en el momento de la captura y el nivel de metal en las branquias. Esta relación es especialmente clara en el caso del hierro (Fig. 3): La relación de tipo logarítmico entre la concentración en el agua del río y la de las branquias sugiere un proceso de adsorción física en la superficie del órgano. La realización de un análisis de varianza por medios no paramétricos, prueba de Kruskal-Wallis (SIEGEL, 1956), indica la existencia de

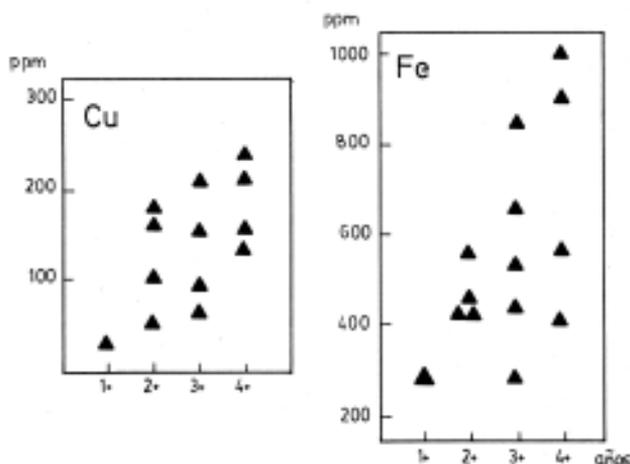


Figura 2. Evolución de las concentraciones medias de metal en el hígado de las truchas para cada clase de edad en cada punto de muestreo, expresadas como partes por millón (µg/g peso seco).

	Al	Cd	Cu	Fe	Mn	Zn
GURIDITEGUI		1.10 (1.4)	145 (1.9)	410 (1.2)	4.0 (1.8)	120 (1.1)
ZESTOA		0.53 (2.1)	132 (1.9)	440 (1.3)	2.2 (2.1)	210 (1.3)
R. IBAI-EDER	33 (2.1)	0.32 (1.1)	130 (2.8)	615 (1.4)	3.7 (1.8)	160 (1.7)
RREGIL	38 (3.3)	0.40 (1.9)	250 (2.0)	670 (1.6)	2.8 (3.6)	140 (1.5)
R. AZOLARAS	26 (3.2)	0.39 (1.6)	117 (2.0)	520 (2.0)	3.1 (1.9)	140 (1.5)

Tabla III. Concentraciones medias de metal en hígados de truchas de la cuenca del río Urola, expresadas como media geométrica en µg/g peso seco, y desviación geométrica típica.

diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los diversos puntos de muestreo: aluminio, cromo, hierro, manganeso y zinc en las branquias; cadmio, hierro y zinc en el hígado y cadmio en el músculo son los metales que presentan estas diferencias. Esto subraya la influencia que pueden tener las condiciones locales en la posible acumulación de metales traza.

Se han observado asimismo diferencias en la velocidad de acumulación de metal entre los diversos puntos de muestreo: En el caso del aluminio esta diferencia es muy acusada en las truchas de Guriditegui, que presentan una tasa de acumulación muy superior a la que se observa en truchas procedentes de otros lugares (Fig. 4), probablemente debido a diferencias de especiación de este metal en las aguas.

La escasez de datos comparables en la bibliografía dificulta la valoración de los niveles de metal de las truchas estudiadas. Las concentraciones determinadas por otros autores (ALLABASTER et al., 1984; COWX, 1982) son superiores salvo en el caso del manganeso en el hígado que no supera 1 µg/g peso seco.

Un método de evaluación empleado comúnmente en el medio ambiente consiste en escoger, de forma arbitraria, un determinado percentil de la distribución de las concentraciones y considerarlo como umbral de contaminación. Este método se ha empleado tanto en el establecimiento de criterios de calidad de aguas (GARDINER et al., 1984) como en el estudio de sedimentos (NISHIDA et al., 1982) y peces (LOWE et al., 1985). Este último autor elige el percentil 85 de la distribución de medias como umbral de contaminación. Siguiendo este criterio podemos considerar como concentraciones originadas por la contaminación las siguientes:

- Guriditegui: Cadmio en hígado.
- Zestoa: Hierro y manganeso en branquia y zinc en hígado.
- Río Alzolarás: Manganeso en el músculo.

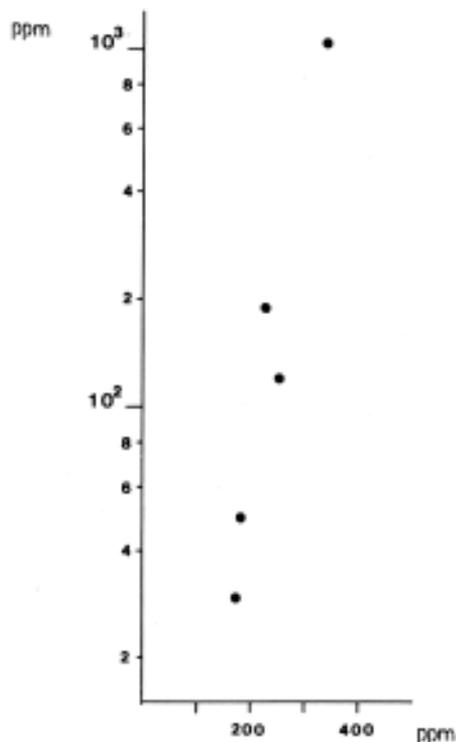


Figura 3. Relación entre la concentración de metal en el agua del río en el momento de la captura (ordenadas) y el nivel de éste en las branquias de las truchas (abscisas). Datos expresados como partes por millón (mg/1 ó µg/g peso seco).

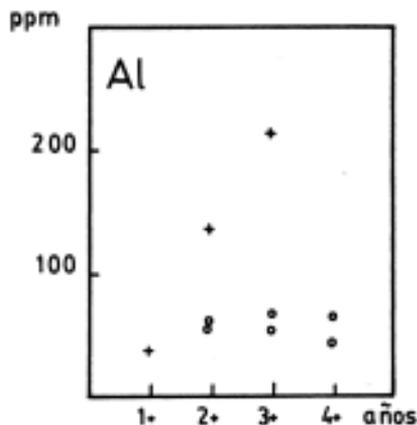


Figura 4. Variación del nivel de aluminio en las branquias, según la edad de los especímenes. Medias geométricas expresadas en µg/g de peso seco (partes por millón). +: truchas de Guriditegui. o: truchas de los ríos Ibai-Eder y Alzolarás.

R.	Churnet*	Músculo	Hígado
	-Cd	1.4	4.0
Lagos	galeses**		
	-Cu	1	390-410
	-Fe	42-48	510-570
	-Mn	1	1
	-Zn	51-54	220-250

*Allabaster et al. (1984)

**cowx (1982)

Tabla IV. Concentraciones medias (media geométrica) de órganos de trucha común encontradas por otros autores, y expresadas en µg/g peso seco.

En el caso de las truchas de Zestoa puede relacionarse con la contaminación de las aguas del río por estos metales: Los vertidos industriales de la cuenca alta dan origen a altas concentraciones de hierro y manganeso en las aguas (ANONIMO, 1985 y ANONIMO a, 1986). La presencia de hierro en el músculo de las truchas procedentes de Zestoa podría estar relacionado con este hecho. Respecto a los otros dos casos no parece haber una causa concluyente.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Dpt. de Política Territorial y Medio Ambiente de la Excma. Diputación Foral de Guipúzcoa.

BIBLIOGRAFIA

ALZATE, J. & IRIBAR, J.
 1979 *Estudio sobre la contaminación del Río Urola*. San Sebastián. Comisaría de Aguas del Norte de España.
 ALLABASTER, J.S. & LLOYD, R.
 1984 *Water quality criteria for freshwater fish*. Londres. Butterworth- F.A.O.
 ANONIMO
 1984 *Estudio de la contaminación del agua de la cuenca del alto Urola*. San Sebastián. Diputación Foral de Guipúzcoa.
 ANONIMO
 1985 *Calidad de las aguas del río Urola-1985*. San Sebastián. Diputación Foral de Guipúzcoa.
 ANONIMO
 1986a *Calidad de las aguas del río Urola-1986*. San Sebastián. Diputación Foral de Guipúzcoa.
 1986 *Anuario estadístico vasco-1985*. Vitoria. Gobierno Autónoma Vasco.
 BORG, H., EDIN, A., HOML, C. & SKOLD, E.
 1981 *Determination of metals in fish liver by flameless*. *Water Res.*, 15: 1291-1295.
 COUWX, I.G.
 1982 *Concentrations of heavy metals in the tissues of trout and char from two lakes in N. Wales*. *Environ Pollut. Ser. A*, 29: 101-110.
 GARDINER, J. & MANCE, G.
 1984 *Proposed environmental quality standards for list II substances in water: Introduction*. Medmenham (U.K.). Water Res. Center.

GIESY, J.P. & WIENER, J.G.

- 1977 Frecuency distribution of trace metal concentrations in five freshwater fishes. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 106: 339-403.

LOWE, T.P., MAY, T.W., BRUMBAUGH, W.G. & KANE, D.A.

- 1985 National contaminant biomonitoring program: Concentration of seven trace metals in freshwater fish, 1978-81. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 14 363-388.

MILLER, J.C. & MILLER, J.N.

- 1984 *Statistics for analytical chemistry*. New York. Ellis Horwood.

NISHIDA, H., MIYAI, M., TADA, F. & SUZUKI, S.

- 1982 Computation of the index of pollution caused by heavy metals in river sediment. *Environ. Pollut. Ser. B*, 4:241-248.

PISCATOR, M.

- 1979 Copper. En *Handbook on the toxicology of metals*. Amsterdam. Elsevier-North Holland.

SIEGEL, S.

- 1956 *Non-parametric statistics*. New York. McGraw-Hill.