

BIOTRANSFERENCIA DE FLÚOR DE AGUA A DIFERENTES TEJIDOS DE PEJERREY (*Odontesthes bonariensis*)

M.L. PUNTORIERO, A.V. VOLPEDO & A. FERNÁNDEZ CIRELLI

Instituto de Investigaciones en Producción Animal (INPA-UBA-CONICET), Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA-UBA), Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires, CP 1427CWO, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
e-mail: avolpedo@fvet.uba.ar

ABSTRACT. The presence of fluorine (F), toxic trace element, has relevance in the trophic chain because it can biotrasfer to different levels. It can come from water as food, being chronic ingestion harmful to human beings. Fluorine was found in different water bodies of southwest of Buenos Aires. Chasicó Lake has the highest fluorine concentration. This water body is the most important for commercial and recreational fishing silverside (*Odontesthes bonariensis*) of the area. The aim of this paper is to analyze the biotransfer of F from water to different silverside tissues in Chasicó Lake. Fish organs were subjected to an alkaline digestion. Fluorine was determined using a fluoride ion selective electrode. F concentrations were 6,4-8,5 mg/L in water and in fish tissues were in gonads: 4,2 to 69,4 µg/g, in liver: 7,1 to 75,3 µg/g, in gills: 49,1 to 110,1 µg/g, in vertebrae: 70,2 to 457,9 µg/g and in muscle: 5,1 to 86,8 µg/g. The concentrations found in muscle were higher than the maximum limit allowable for human consumption, according to CAA (1,5 µg/g). Whereas silverside is a native fish of major commercial importance in Buenos Aires Province, it is important to perform studies on the fluorine concentration to ensure quality for human consumption.

Key words: fluorine; *Odontesthes bonariensis*; Buenos Aires.

Palabras clave: flúor; *Odontesthes bonariensis*; Buenos Aires.

INTRODUCCIÓN

El flúor (F) se puede encontrar tanto en el agua como en los alimentos. La presencia de flúor, elemento traza tóxico, tiene relevancia en la cadena trófica, ya que altas concentraciones del mismo en el agua pueden biotransferirse a los diferentes niveles. El origen del F en aguas superficiales se puede deber a uno o más factores tales como la cercanía de los cuerpos de agua a áreas con sedimentos de origen volcánico, al aporte de agua subterránea con alta concentración de F y a la actividad antrópica, tanto industrial como agropecuaria (Fuge y Andrews, 1988). En aguas superficiales continentales, la concentración de flúor generalmente está en el rango de 0,01 a 0,3 mg/L (Fuge y An-

draws, 1988; Datta *et al.*, 2000; Camargo, 2003). No obstante, se pueden encontrar niveles elevados de fluoruro inorgánico de origen natural en las regiones con actividad geotérmica o volcánica (Alarcón-Herrera *et al.*, 2013).

Un aspecto importante a considerar en relación con el F en ecosistemas acuáticos, es su impacto sobre los organismos. La captación de F por los organismos acuáticos está en función de su concentración en el medio, del tiempo de exposición y de la temperatura del agua (Pillai y Mane, 1985; Nell y Livanos, 1988). Diferentes autores han determinado que el F tiende a acumularse en el exoesqueleto de invertebrados acuáticos y predominantemente en tejidos duros

de los peces (Gauldie y Nelson, 1990; Moren *et al.*, 2007), aunque estos organismos poseen diferentes mecanismos de eliminación de flúor. Las concentraciones letales de F en agua afectan a los diferentes estadios del ciclo de vida de los peces, observándose efectos en peces dulceacuícolas expuestos a concentraciones de 0,5 mg/L (Damkaer y Dey, 1989). Diferentes efectos deletéreos se han reportado en peces de agua dulce, como inhibición del crecimiento, cambios en el comportamiento, alteraciones enzimáticas, deformaciones óseas y retraso en la eclosión de los huevos fecundados (Camargo, 2003).

La mayoría de los trabajos que analizan la influencia del F en peces fueron realizados en especies del hemisferio norte, principalmente salmónidos (Camargo, 2003; Moren *et al.*, 2007; Shi *et al.*, 2009), siendo escasos en Latinoamérica.

Este elemento traza se ha encontrado en diferentes cuerpos de agua de la Llanura Pampeana (Rosso *et al.*, 2011), pero se ha observado un incremento de los niveles hacia el sudoeste bonaerense, siendo el Lago Chasicó el cuerpo de agua que presenta las mayores concentraciones de estos elementos (Puntoriero *et al.*, 2012). Este ecosistema acuático tiene gran importancia para la actividad pesquera comercial y deportiva del pejerrey (*Odontesthes bonariensis*). En este contexto, y considerando que el pejerrey es la especie de pez nativa bonaerense de mayor importancia comercial (Tombari y Volpedo, 2008), se analizó la biotransferencia del F desde el agua hasta los distintos tejidos de los peces, con el fin de poder estimar el impacto en la cadena agroalimentaria debido al consumo de los mismos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El Lago Chasicó se encuentra ubicado en el sudoeste bonaerense (Fig.1). Es un siste-

ma endorreico que solo recibe las aguas del arroyo homónimo bonaerense (Volpedo y Fernández Cirelli, 2013). Está ubicado sobre una falla tectónica que se extiende desde el Noroeste al Sudoeste y que es paralela a la fosa tectónica que ocupa el río Colorado (Varela *et al.*, 1986). El sistema de recarga del lago se produce por el aporte de precipitaciones, a través del proceso de infiltración de las aguas subterráneas y por el aporte de los escurrimientos superficiales de una amplia cuenca de recepción (3764 km²) (Bonorino *et al.*, 1989). Posee una extensión de 50,3 km², siendo uno de los cuerpos de agua de mayor superficie de la provincia de Buenos Aires. Este sistema léntico es un área protegida categorizada como Reserva Natural Provincial de Objetivos Definidos Mixtos (Ley Provincial N° 12.353). Este lago se caracteriza por su alta salinidad (> 30 g/L) y por los altos niveles de F y arsénico (As) (Puntoriero *et al.*, 2012). La especie predominante en este cuerpo de agua es el pejerrey (*O. bonariensis*), el cual tiene importancia comercial, tanto para el mercado local como para el externo (MINAGRI, 2014).

Metodología

Las muestras de agua del Lago Chasicó fueron tomadas en botellas de polietileno,

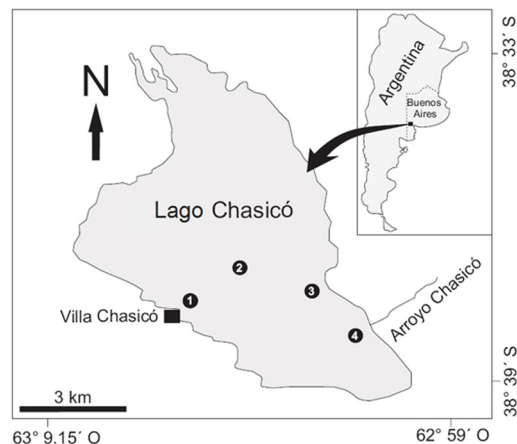


Figura 1. Ubicación geográfica del Lago Chasicó y sitios de muestreo en el mismo (agua y peces).

en condiciones hidrológicas medias, por triplicado (Fig. 1). Se determinó pH, T° y conductividad *in situ*, luego de lo cual se transportaron al laboratorio refrigeradas a 4°C donde se filtraron con filtros de nitrocelulosa de tamaño de poro de 0,45 µm. La determinación de F en las muestras se realizó mediante un electrodo selectivo de iones fluoruro (THERMO ORION/modelo 96-09) (Método APHA, 4500 C).

Se colectaron los pejerreyes en diferentes puntos del lago (Fig. 1) utilizando distintas artes de pesca (redes de enmalle, espineles), se registró su longitud total (LT) y estándar (LS) en mm. La LT de la muestra de peces (n = 20) estuvo en el rango de 39,2-42,5 cm. Las muestras de tejidos (vértebras, músculo, hígado, branquias y gónadas) se sometieron a una digestión alcalina,

previa a la medición de flúor (Malde Kjelle-vold *et al.*, 2001).

RESULTADOS

En las muestras de agua el pH fue de 8,6, la T° de 17,8°C y la conductividad del lago fue de 44,4 mS/cm. Las concentraciones de F del agua estuvieron comprendidas entre 6,4-8,5 mg/L, siendo superiores al nivel máximo permitido para protección de la biota acuática (1,4 mg/L), según la Ley de Residuos Peligrosos (Ley 24051, decreto reglamentario 831/93). En los tejidos de los peces se encontraron diferentes concentraciones de F, en el caso del músculo, los valores determinados para el pejerrey fueron mayores a los registrados en la bibliografía, para otras especies de consumo humano (Tabla 1).

Tabla 1. Concentración de flúor en diferentes tejidos de peces (en µg/g de peso seco), n=20.

Especie	Vértebra	Músculo	Hígado	Branquia	Gónada	Referencias
<i>Acipenser baerii</i>	670-1200	4,2-5,2	36,8-51	158-181,2	-	Shi <i>et al.</i> , 2008
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	220-420	<1	-	-	-	Yoshitomi <i>et al.</i> , 2007
<i>Odontesthes bonariensis</i>	70,2-47,9	5,1-86,7	7,1-75,3	49,1-110,1	4,2-69,4	Este trabajo

DISCUSIÓN

La especie analizada en este trabajo, posee como característica la capacidad de soportar altos niveles de salinidad (eurihalinidad), por lo que podría existir cierta interacción entre las sales disueltas en el agua y el flúor lo que facilitaría su asimilación diferencial. Sin embargo la incorporación del flúor en los peces se puede dar tanto por la ingestión de alimento o bien por el medio circundante. Las concentraciones halladas en todos los tejidos fueron variables, pero cabe destacar que se hallaron concentraciones altas en músculo de pejerrey, siendo superiores al límite máximo permitido para consumo humano, según el CAA (1,5 µg/g). Esto es de particular relevancia ya que el pejerrey del Lago Chasicó integra la dieta habitual de los pobladores de la región y

además es capturado por aproximadamente 65000 pescadores deportivos que visitan el lago anualmente y que, además, lo consumen (Petersen *com. pers.*).

En este sentido, este tipo de estudios debería ser profundizado y extendido a otros cuerpos de agua del país ya que el pejerrey es la especie de pez nativa bonaerense de mayor importancia comercial y que ha sido utilizado para repoblar ríos, lagos y represas del país (Tombari y Volpedo, 2008). Además es importante determinar la presencia de este elemento tóxico en los distintos tejidos de los peces nativos consumidos por la población a fin de analizar su efecto anatómico-fisiológico y toxicológico en los mismos, garantizando la calidad para consumo humano en las regiones donde el F está presente.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), a la Universidad de Buenos Aires y a la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCYT), por el financiamiento de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón-Herrera, M.T., J. Bundschuh, B. Nath, H.B. Nicolli, M. Gutiérrez, D. Reyes-Gómez, V.M. Núñez, I.R. Martín-Domínguez y O. Sracek. 2013. Co-occurrence of arsenic and fluoride in groundwater of semi-arid regions in Latin America: Genesis, mobility and remediation. *Journal of Hazardous Materials*, 262: 960-969.
- APHA. 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th edition. American Public Health Association, Washington.
- Bonorino, A., E. Ruggiero y E. Mariño. 1989. Caracterización hidrogeológica de la cuenca del arroyo Chasicó. Provincia de Buenos Aires. *Comisión de Investigaciones Científicas*, 44: 1-39.
- CAA (Código Alimentario Argentino), Capítulo III, Productos Alimenticios, Artículo 156, Res. 1546, 17.9.85.
- Camargo, J.A. 2003. Fluoride toxicity to aquatic organisms: a review. *Chemosphere*, 50: 251-264.
- Damkaer, D.M. y D.B. Dey. 1989. Evidence for Fluoride Effects on Salmon Passage at John Day Dam, Columbia River, 1982–1986. *North American Journal of Fisheries Management*, 9:154-162.
- Datta, D.K., Grupta, L.P. y V. Subramanian. 2000. Dissolved fluoride in the lower Ganges-Brahmaputra- Meghna river system in the Bengal Basin, Bangladesh. *Environmental Geology*, 39: 1163-1168.
- Fuge, R. y M.J. Andrews. 1988. Fluorine in the UK environment. *Environmental Geochemistry and Health*, 10: 96-104.
- Gauldie, R.W. y D.G.A. Nelson. 1990. Interactions between crystal structure and microincrement layers in fish otoliths. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 97: 449- 459.
- Ley 24.051. Ley Nacional de Residuos Peligrosos. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Argentina. 1992.
- Ley Provincial 12.353. Creación de la Reserva Natural Provincial de Objetivos Definidos Mixtos de la Provincia de Buenos Aires.
- Malde Kjelleevold, M., Bjorvatn, K. y K. Julshamn. 2001. Determination of fluoride in food by use of alkali fusion and fluoride ion-selective electrode. *Analytical, Nutritional and Clinical Methods Section. Food Chemistry*, 73: 373-379.
- MINAGRI, 2014. Exportaciones pesca continental. Disponible en: http://www.minagri.gov.ar/site/pesca/pesca_continental.
- Moren, M., Malde, M.K., Olsen, R.E., Hemre, G.I., Dahl, L., Karlsen, O. y K. Julshamn. 2007. Fluorine accumulation in Atlantic salmon (*Salmo salar*), Atlantic cod (*Gadus morhua*), rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) and Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) fed diets with krill or amphipod meals and fish meal based diets with sodium fluoride (NaF) inclusion. *Aquaculture*, 269: 525-531.
- Nell, J.A. y G. Livanos. 1988. Effects of fluoride concentration in seawater on growth and fluoride accumulation by Sydney rock oyster (*Saccostrea commercialis*) and flat oyster (*Ostrea angasi*) spat. *Water Research*, 22: 749-753.
- Pillai, K.S. y U.H. Mane. 1985. Effect of fluoride effluent on fry of *Catla catla* (Hamilton). *Fluoride*, 18: 104-110.

- Puntoriero, M.L., A.V. Volpedo y A. Fernández Cirelli. 2012. "Presencia de Flúor en aguas superficiales ricas en Arsénico en el sudoeste bonaerense: Riesgo Potencial para la biota acuática". III Jornada Científica Institucional: "Las ciencias agrarias y ambientales desde diferentes enfoques y niveles de análisis". INBA- CONICET. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Libro de resúmenes.
- Rosso, J.J., M.L. Puntoriero, J.J. Troncoso, A.V. Volpedo y A. Fernández Cirelli. 2011. Occurrence of Fluoride in Arsenic-rich surface waters: a case study in the Pampa Plain, Argentina. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 87 (4):409-41.
- Shi, X., P. Zhuang, L. Zhang, G. Feng, L. Chen, J. Liu, L. Qu y R. Wang. 2009. The bioaccumulation of fluoride ion in Siberian Sturgeon (*Acipenser baerii*) under laboratory conditions. *Chemosphere*, 75: 376-380.
- Tombari, A. y A.V. Volpedo. 2008. Modificaciones en la distribución original de especies por impacto antrópico: el caso de *Odontesthes bonariensis* (Pisces: Atherinopsidae). En: Volpedo, A.V. y L. Fernández Reyes (eds.). Efecto de los cambios globales sobre biodiversidad. 155-165. RED CYTED 406RT0285 "Efecto cambios globales sobre los humedales de Iberoamérica".
- Varela, R., Leone, E.M. y R. Manceda. 1986. Estructura tectónica en la zona del Cerro del Corral, Sierras Australes de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 3-4: 256-261.
- Volpedo, A.V. y A. Fernández Cirelli. 2013. El Lago Chasicó: similitudes y diferencias con las lagunas pampásicas. *Rev. AUGMDOMUS*, La Plata, 5: 1-18.
- Yoshitomi, B., Masatoshi, A. y O. Syun-ichirou. 2007. Effect of total replacement of dietary fish meal by low fluoride krill (*Euphausia superba*) meal on growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in fresh water. *Aquaculture*, 266: 219-225.