



7<sup>mo</sup>  
Congreso de  
Medio Ambiente

Actas 7mo Congreso de Medio Ambiente AUGM  
22 al 24 de mayo de 2012. UNLP. La Plata Argentina

---

## RIESGO POTENCIAL DE LAS ALTAS CONCENTRACIONES DE ARSÉNICO EN EL LAGO CHASICÓ (BUENOS AIRES, ARGENTINA)

Potential risk of high arsenic concentration in Lake Chasicó  
(Buenos Aires, Argentina)

Alejandra Volpedo <sup>1,2</sup>, María Laura Puntoriero <sup>1</sup>, Alicia Fernández Cirelli <sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup> Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua, Facultad de Ciencias Veterinarias,  
Universidad de Buenos Aires. Av. Chorroarín 280 (C1427CWO), Ciudad de Buenos Aires,  
Argentina.

<sup>2</sup> CONICET.

\*Autor para correspondencia: ceta@fvet.uba.ar

---

*Palabras clave: arsénico, análisis de riesgo sanitario, pescadores*

*Keywords: arsenic, health risk analysis, fishermen*

*Título abreviado: Riesgo de arsénico en el Lago Chasicó*

### ABSTRACT

Arsenic (As) is a natural toxic present in lentic and lotic water bodies in Buenos Aires Province. One of their fish species of commercial and recreational importance is the silverside (*Odontesthes bonariensis*). This species is consumed by the population on the national and the international market. In this study, we determined arsenic concentration in Chasicó Lake water. Chasicó lake belongs to an endorheic

basin in the southwest of Buenos Aires. We also estimated the potential risk of arsenic concentrations for fishermen. In the period 2010-2011, water samples were collected and arsenic concentration were measured by inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICP-OES). Arsenic concentration in water samples ranged from 58 to 413  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  above the allowed concentration for drinking water, according to the CAA (10  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ). The estimated potential risk of dermal contact for fishermen is low but the high concentrations found in water reinforce the importance of studying the biotransference of As to the soft tissues of the silverside since Chasicó lake is one of Buenos Aires Province ecosystems where this species is mostly caught

## RESUMEN

El arsénico (As) es un tóxico natural presente en cuerpos de agua lénticos y lóticos de la provincia de Buenos Aires. En estos cuerpos de agua una de las especies de peces de importancia comercial y deportiva es el pejerrey (*Odontesthes bonariensis*). Esta especie es consumida por la población, tanto en el mercado interno como en el exterior. En este trabajo, se determinó la concentración de arsénico en agua del Lago Chasicó, que pertenece a una cuenca endorreica del sudoeste bonaerense, y se estimó el riesgo potencial de las concentraciones de arsénico para los pescadores en este cuerpo de agua. Se colectaron muestras de agua en el período 2010-2011 y se determinó en ellas la concentración de As por espectroscopia de emisión atómica por plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES).

Las concentraciones de As en el agua del Lago Chasicó estuvieron comprendidas entre 58 y 413  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ , siendo superiores al límite máximo permitido para consumo de agua potable, según el CAA (10  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ). Si bien el riesgo potencial estimado por contacto dérmico de un pescador tipo es bajo, las altas concentraciones determinadas en agua evidencian la importancia del estudio de la transferencia de As desde el agua a los tejidos blandos del pejerrey, por ser este uno de los ecosistemas acuáticos bonaerenses donde se realizan las capturas más importantes de esta especie.

## INTRODUCCIÓN

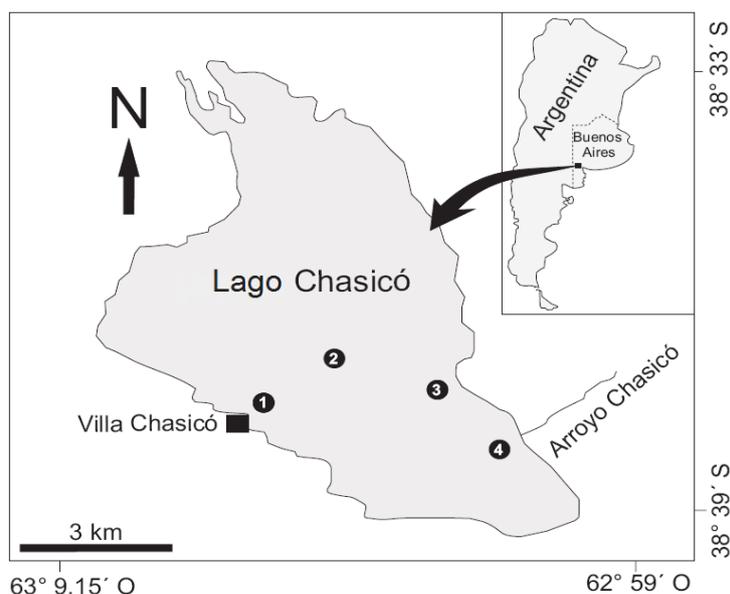
El Lago Chasicó se encuentra ubicado en el sudoeste bonaerense. Es un sistema endorreico que solo recibe las aguas del arroyo homónimo bonaerense. Está ubicado sobre una falla tectónica que se extiende desde el Noroeste al Sudoeste y que es paralela a la fosa tectónica que ocupa el Río Colorado (Varela *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 km<sup>2</sup>) (Bonorino *et al.*, 1989). Posee una extensión de 50.3 km<sup>2</sup>, 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). La ictiofauna acuática del Lago Chasicó es restringida en especies debido a las características de la composición de sus aguas. La especie predominante es el pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) la cual posee importancia comercial, ya que es blanco de la pesquería artesanal y deportiva. Es por ello que anualmente en plena temporada de pesca (Diciembre-Agosto) el Lago recibe unos 65000 pescadores deportivos (Ministerio de Producción, Ciencia y Tecnología de la Provincia de Buenos Aires). La normativa vigente (Ley Provincial de Pesca N° 11.477 y su Decreto Reglamentario 3237/95) permite la extracción de hasta 40 pejerreyes mayores a 25 cm de longitud total, por pescador diariamente.

En este contexto y considerando que en trabajos previos realizados por nuestro equipo de investigación se determinó la presencia de As en sistemas lóticos y lénticos en la provincia de Buenos Aires, se estudió la presencia de este tóxico en el lago Chasicó y

se estimó el riesgo potencial por ingesta accidental de agua y por contacto dérmico al que están expuestos los pescadores, por la relevancia sanitaria que este tema reviste.

## METODOLOGÍA

Se realizaron muestreos estacionales en el período 2010-2011 en diferentes puntos del Lago (Figura 1). Las muestras de agua fueron colectadas por triplicado en botellas de plástico, y se llevaron al laboratorio refrigeradas a 4°C para su procesamiento. Se determinó la concentración de As por espectroscopia de emisión atómica por plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES) (APHA, 1995, Método APHA 3120 B).



**Figura 1.** Sitios de muestreo en el Lago Chasicó.

**Figure 1.** Sampling sites in Chasicó Lake.

Con los resultados obtenidos se planteó un modelo de análisis de riesgo sanitario (ARS) basándose en los modelos de USEPA (Agencia de los Estados Unidos para la Protección del Medio Ambiente). Para dicho modelo se consideró la exposición

producida por la ingesta accidental de agua por los pescadores y por contacto dérmico. En este contexto, se define el riesgo como una función de la toxicidad de la sustancia peligrosa y la magnitud de la exposición a la misma, siendo esta última una medida de la “calidad y cantidad” del contacto entre la sustancia y el organismo expuesto (USEPA, 1989, 1992).

La exposición crónica o subcrónica a una sustancia peligrosa por la ruta de ingesta accidental se calculó por la ecuación 1 y la ruta de contacto dérmico por la ecuación 2. Cada variable, salvo la concentración de la sustancia, fue tratada probabilísticamente.

$$ADDI = C * I_r * EF * ED / BW * AT \quad (1)$$

$$ADDC = C * SA * K_p * ET * EF * ED * AT_1 / BW * AT \quad (2)$$

Siendo:

ADDI = dosis diaria promedio por ingesta (en  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ )

C = concentración de la sustancia peligrosa en el agua (en  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )

$I_r$  = tasa de ingesta diaria del agua (en  $\text{L} \cdot \text{d}^{-1}$ )

EF = frecuencia de la exposición (en  $\text{d} \cdot \text{a}^{-1}$ )

ED = duración de la exposición (en a)

Bw = peso corporal de la persona expuesta (en kg)

AT = factores de corrección por tiempo promedio (ED \* 365 días para sustancias no carcinogénicas; duración estadística de la vida humana (70) \* 365 días para sustancias carcinogénicas)

ADDC = dosis diaria promedio por contacto directo (en  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ )

SA = extensión de la superficie de contacto entre la piel y el agua (en  $\text{cm}^2$ )

Kp= coeficiente de permeabilidad dérmica de la sustancia (en  $\text{cm.h}^{-1}$ )

ET = duración diaria del evento de exposición (en  $\text{h.d}^{-1}$ )

AT1 = factor de corrección de unidades de superficie y volumen

( $10.000 \text{ cm}^2.\text{m}^{-2} * 0.001 \text{ L.cm}^{-3}$ )

El cálculo del riesgo para el As por efectos tóxicos no carcinogénicos (ENC) por cada ruta de exposición se realizó por el cociente del valor de ADD con una dosis referencial específica para esa ruta, siendo el valor por debajo del cual no existen efectos toxicológicos sobre el individuo expuesto. Se usó como dosis umbral a la Dosis de Referencia (RfD) (USEPA, 1989). El nivel de riesgo para las sustancias no carcinogénicas se cuantificó estimando la excedencia de la dosis diaria promedio respecto de la dosis de referencia por sustancia según la ruta de exposición a partir del cociente de riesgo R (USEPA, 1989). Si el valor de R excedió la unidad, se consideró que existe un nivel de riesgo atendible. Para el caso de cálculo del riesgo para la sustancia de efectos tóxicos carcinogénicos (EC), la exposición se estimó también en base al ADD de cada ruta de exposición, aunque la duración de la exposición considerada en el factor de corrección AT fue de 70 años. El cálculo del riesgo se efectuó a partir del producto de ADD por un valor referencial toxicológico, denominado Factor de Pendiente SF (USEPA, 1996), también particular según la ruta de exposición. Esta metodología, en realidad, calcula el exceso de riesgo individual por cáncer asumiendo una relación lineal entre las concentraciones de exposición y los efectos carcinogénicos (USEPA, 1996; 2005). En Argentina, el valor aceptado como riesgo individual máximo por exposición a sustancias carcinogénicas en agua de bebida es de  $10^{-5}$ , el equivalente a un nuevo caso de cáncer asimilable a esa causa por cada 100.000

habitantes (USEPA, 2010. CASRN 7440-38-2, IRIS). No hay referencias sobre límites aceptados para sustancias no carcinogénicas (Peluso *et al.*, 2009).

Se consideró como individuo expuesto a un pescador que durante la actividad pesquera, pudiera caer accidentalmente a las aguas del Lago. La tasa de ingesta accidental considerada es de  $0.05 \text{ L.h}^{-1}$  (USEPA, 1989, 2000), respecto a la frecuencia de exposición consideramos que si bien la temporada de pesca en el Lago es de 9 meses, las frecuencias anuales mayores se encontrarían comprendidas en los 3 meses de verano ya que es el periodo de mayor concurrencia de pescadores (Petersen, com. pers.). La duración del evento de exposición considerado es de 30 minutos una vez por semana de pesca, ya que la misma se realiza mayormente de forma embarcada, siendo escasa la pesca costera y limitados los eventos accidentales donde los pescadores caen al agua.

Los valores del peso corporal de los pescadores fueron derivados a partir del estudio de De Girolami *et al.* (2003) sobre índice de masa corporal (IMC), estimándose el peso de IMC correspondiente al estrato de edad de 60 a 75 años. Posteriormente, utilizando el peso y la talla para ese rango de edad, se estimó la superficie corporal (SC). Dado que se asume que el pescador tendría un contacto completo con el agua, el valor de SC es el que se utiliza en reemplazo de SA. El coeficiente de permeabilidad dérmica ( $K_p$ ) es el provisto por USEPA para elementos inorgánicos (USEPA, 2004, 2007).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las concentraciones de As en el agua del Lago Chasicó estuvieron comprendidas entre 58 y 413  $\mu\text{g.L}^{-1}$ , siendo superiores al límite máximo permitido para consumo de agua potable, según el CAA (10  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ).

Los resultados obtenidos del ARS por efectos no carcinogénicos (ENC) y carcinogénicos (EC) debidos a la ingesta accidental y al contacto dérmico por As en el escenario establecido, se presentan en la Tabla 1.

Concentración de As	Riesgo	Ingesta accidental	Contacto dérmico
Mínima (58 $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	RNC	0.82	6.73E <sup>-6</sup>
	RC	3.57E <sup>-7</sup>	2.94E <sup>-12</sup>
Máxima (413 $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	RNC	5.8	4.8E <sup>-5</sup>
	RC	2.53E <sup>-6</sup>	2.1E <sup>-11</sup>

**Tabla 1.** Riesgo por efectos no carcinogénicos (RNC) y carcinogénicos (RC) por ingesta accidental y por contacto directo, para las concentraciones de As mínimas y máximas halladas.

**Table 1.** Risk for non-cancer (RNC) and carcinogenic (RC) effects for accidental ingestion and direct contact, for minimum and maximum concentrations of As.

De la tabla 1 puede apreciarse que existe riesgo sanitario superior a los valores limitantes para RNC (límite = 1), solo para el caso de los valores máximos hallados por ingesta accidental. Comparando ambas vías, se aprecia que la ingesta ofrece valores de

riesgo mayores que por contacto directo, tanto por efectos no carcinogénicos como carcinogénicos.

## **CONCLUSIONES**

Los efectos tóxicos por consumo de agua con altos contenidos de arsénico pueden producir las siguientes patologías: hiperpigmentación, hiperqueratosis, enfermedad del Black Foot (escoriaciones oscuras en los pies), gangrena, cirrosis, hemoangioendotelioma, problemas de reabsorción renal, inhibición de la síntesis de porfirina, afecciones en los glóbulos blancos, abortos espontáneos, neuropatía periférica, parálisis, pérdida de la audición, inhibición de algunas enzimas y de la reparación del ADN, daños al intestino y cáncer de piel (USEPA, 2010). De acuerdo a los resultados de nuestros estudios en el Lago Chasicó, el riesgo de los pescadores por efectos carcinogénicos por ingesta accidental de agua como por contacto directo es bajo. Sin embargo, las altas concentraciones de As determinadas en el agua, que demuestran un riesgo sanitario alto para los pescadores por efectos no carcinogénicos, evidencian la importancia de su estudio, como también de la biotransferencia de este tóxico a los tejidos blandos del pejerrey, ya que el mismo es consumido por la población.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad de Buenos Aires, al CONICET y a la ANPCyT por la financiación de este proyecto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- APHA (American Public Health Association). 1995. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 19th edition. American Public Health Association, Washington: 636 p
- Bonorino AG, Ruggiero E & Mariño E. 1989. Caracterización hidrogeológica de la cuenca del arroyo Chasicó. Provincia de Buenos Aires. Comisión de Investigaciones Científicas (CIC), 44: 1-39
- De Girolami D, Freylejer C, González C, Mactas M, Slobodianik N & Jáuregui Leyes P. 2003. Descripción y análisis del Índice de Masa Corporal y Categoría Pondoestatural por edades, en un registro de 10.338 individuos de la República Argentina. *Revista de la Sociedad Argentina de Nutrición*, 4 (2): 12-17
- Peluso F, Grosman F & González Castelain J. 2009. Riesgo sanitario por pesticidas organoclorados en aguas de una laguna pampeana Argentina. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, 43 (2): 233-40
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). 1989. Risk assessment guidance for superfund. Volume 1: human health evaluation manual. Part A. Environmental Protection Agency, Office of Emergency and Remedial Response, EPA/540/1-89/002, Washington (DC): 291p
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). 1992. Guidelines for exposure assessment. Environmental Protection Agency, Risk Assessment Forum. EPA/600/Z-92/001, Washington (DC): 600 p
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). 1996. Proposed guidelines for carcinogen risk assessment. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, EPA/600/P-92/003C, Washington (DC):143 p

- USEPA (United States Environmental Protection Agency). 2010. Toxicological review of inorganic arsenic (CASRN 7440-38-2), In support of summary information on the Integrated Risk Information System (IRIS), EPA/635/R-10/001, Washington (DC): 459 p
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). 2000. Human health risk assessment bulletins. Supplement RAGS. Environmental Protection Agency Region 4. Waste Management Division, Office of Health Assessment. Disponible en: <http://www.epa.gov/region4/waste/ots/healthbul.htm>
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). 2004. Risk assessment guidance for superfund. Volume1: Human Health Evaluation Manual. Part E: Supplemental guidance for dermal risk assessment. Environmental Protection Agency, Office of Superfund Remediation and Technology Innovation, EPA/540/R/99/00, OSWER 9285.7-02EP. PB99-963312, Washington (DC): 156 p
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). 2005. Guidelines for carcinogen risk assessment. Environmental Protection Agency, Risk Assessment Forum, EPA/630/P-03/001F, Washington (DC): 166 p
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). 2007. Dermal exposure assessment: A summary of EPA approaches. Environmental Protection Agency, EPA/600/R-07/040F, Washington (DC): 56 p
- Varela R, Leone EM & Manceda R. 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