

ANÁLISIS PRELIMINAR DEL RIESGO SANITARIO POR METALES PESADOS EN AGUAS SUPERFICIALES DEL PARTIDO DE TRES ARROYOS SUJETAS A USO RECREATIVO

F. PELUSO ¹, J. GONZÁLEZ CASTELAIN ¹, L. RODRÍGUEZ ²
& N. OTHAX ³

1 Instituto de Hidrología de Llanuras (UNCPBA, CIC, MA)

2 Becaria ANPCyT PID N°35765

3 Becaria CONICET

fpeluso@faa.unicen.edu.ar

ABSTRACT. Surveys for water quality in Tres Arroyos County show the presence of heavy metals in several locations. Considering that water of Tres Arroyos and Claromecó streams is used for recreational purposes during summer, the aim of this paper is to analyze if heavy metals contents (Al, As, Cr, Cu, Hg Mn, Pb y Zn) cause a risk for swimmers. The analysis was made by a recreational health risk assessment (HRA) based on the USEPA probabilistic model including accidental intake and direct skin contact with water in nine points of the basin. The HRA was aggregated (simultaneous exposure to both contact ways) and cumulative (simultaneous exposure to all metals), for non carcinogenic effects, and was made using an additive model. The theoretical individual exposed was a ten years old child (32 kg), that, on average, takes 20 baths/year, 1 hour long each, during 7 years. The results show that the higher value of aggregated and cumulative risk was very low, 7.82E-02, at the Claromecó stream location. So, bathing use of the streams does not represent an adverse health risk considering the assumed conditions of exposure for both types of exposure and all substances simultaneously.

Key words: health risk analysis, heavy metals, recreational waters

Palabras clave: análisis de riesgo sanitario, metales pesados, aguas recreativas

INTRODUCCIÓN

El partido de Tres Arroyos, provincia de Buenos Aires (57.000 habitantes), posee varios cursos de agua que son utilizados como balneario espontáneo durante el verano. Estos son el sistema de los Tres Arroyos (primer, segundo y tercer brazo), en la zona urbana-periurbana de la ciudad homónima, y el Arroyo Claromecó, que recibe las aguas de los anteriores y desagua en el mar (Ver Figura 1). Existen emprendimientos potencialmente contaminantes muy cercanos a los mencionados cursos de agua, sobre todo a nivel urbano y periurbano

(un parque industrial con industrias relacionadas principalmente al agro, desde acopio de cereales o elaboración de alimentos balanceados hasta de fabricación de implementos agrícolas tales como acoplados o elementos para alambrar, y una planta de tratamiento de residuos cloacales, entre ellos). Por ello se han emprendido análisis de calidad del agua preliminares realizados en el marco del proyecto de Investigación y Desarrollo PID 35765 (ANPCyT, 2007), los que demostraron la presencia de metales pesados en distintos puntos de esos cuerpos de agua.

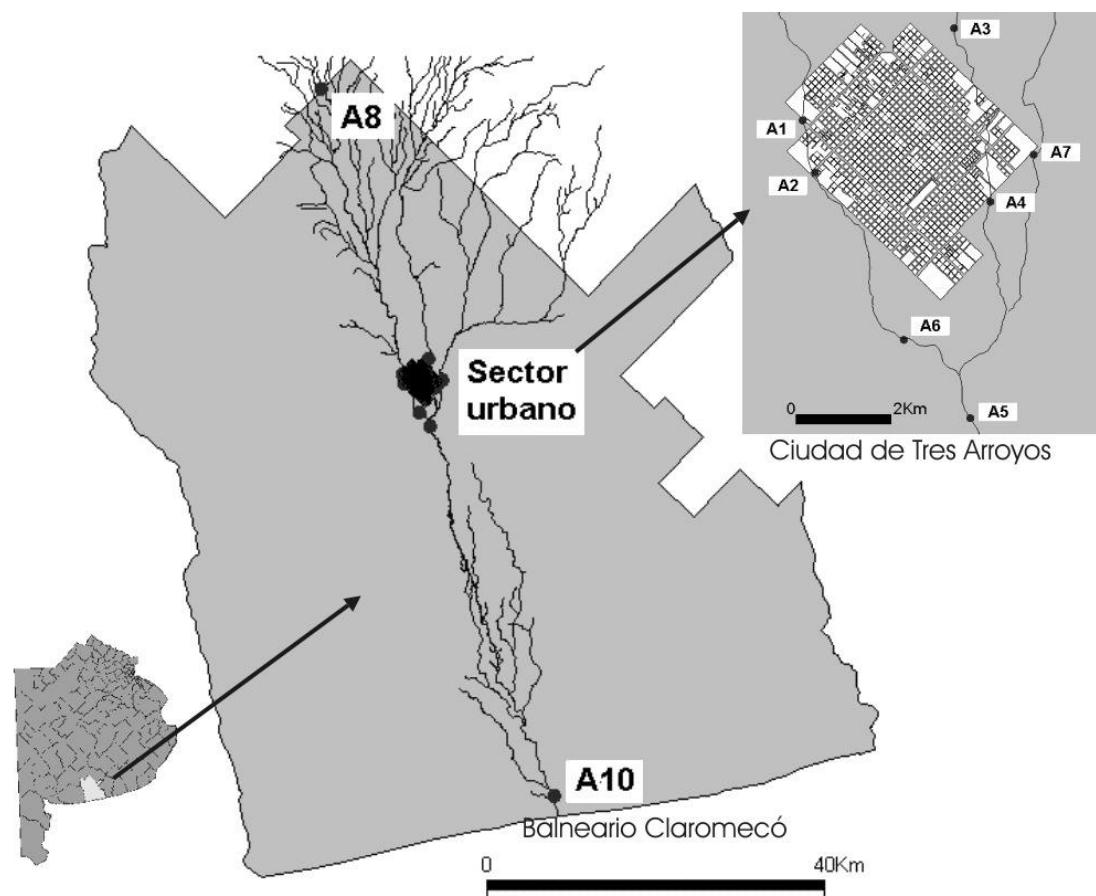


Figura 1: Sistema de los Tres Arroyos (primero, segundo y tercer brazo) y Arroyo Claromecó con sus sitios de muestreo, con un detalle de la zona urbana-periurbana de la ciudad homónima.

La Provincia de Buenos Aires no cuenta con niveles guía de calidad de agua para uso recreativo con contacto directo, lo cual complica la gestión de la balneabilidad de los cuerpos de agua naturales. El objetivo primario del estudio fue evaluar si la presencia conjunta de esas sustancias en el agua puede entrañar peligrosidad para los bañistas utilizando los análisis de riesgo sanitario (ARS), a los fines de verificar si estas herramientas pueden suplir la falta de otras herramientas de gestión.

METODOLOGÍA

Modelo de análisis de riesgo

Durante el baño recreativo se produce tanto la ingestión accidental como el contacto dérmico con el agua. Para estimar el riesgo sanitario debido a estas dos vías de exposición se aplicó el modelo USEPA para el cálculo de la Dosis Diaria Promedio" (ADD), propio de cada una de ellas (USEPA, 1989; 1992a). La exposición por ingestión accidental se calculó aplicando la Ecuación 1, mientras que el contacto dérmico por la Ecuación 2.

$$ADDI = \frac{[C * Ir * EF * ED]}{[Bw * AT]} \quad (1)$$

$$ADDI = \frac{[C * SA * Kp * ET * EF * ED * FC]}{[Bw * AT]}$$

(2)

Siendo

ADDI = Dosis Diaria Promedio por Ingesta (en $\text{mg kg}^{-1} \text{d}^{-1}$)

ADDI = Dosis Diaria Promedio por Contacto Directo (en $\text{mg kg}^{-1} \text{d}^{-1}$)

C = Concentración de la sustancia peligrosa en el agua (en mg L^{-1})

Ir = Tasa de ingesta diaria del agua (en L d^{-1})

EF = Frecuencia de la exposición (en d 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 (Duración estadística de la vida humana (70 * 365 días))

SA = Extensión de la superficie de contacto entre la piel y el agua (en cm^2)

Kp = Coeficiente de permeabilidad dérmica de la sustancia (en cm h^{-1})

ET = Duración diaria del evento de exposición (en h d^{-1})

FC = Factor de corrección de unidades de superficie y volumen

(10000 $\text{cm}^2 \text{m}^{-2} * 0.001 \text{L cm}^{-3}$)

El cálculo del riesgo para las sustancias de efectos tóxicos no carcinogénéticos se realiza confrontando el valor del ADDI con una dosis umbral por debajo de la cual no existen efectos toxicológicos sobre el individuo expuesto. Generalmente se usa como dosis umbral a la Dosis de Referencia (RfD), específica por sustancia para cada vía de exposición (USEPA, 1989, 1992a). El nivel de riesgo se cuantifica estimando si, y en cuanto, la dosis diaria promedio para la vía de contacto excede la dosis de referencia para la misma. Esta relación se denomina cociente de riesgo R (USEPA, 1989) y se aprecia en la Ecuación 3. Si el valor de R excede la unidad, ya puede decirse que existe un nivel de riesgo atendible.

$$R = \frac{ADDI}{RfD}$$

(3)

El riesgo agregado (exposición simultánea a la misma sustancia peligrosa por diferentes vías de contacto) y acumulativo (exposición simultánea a sustancias diferentes), se realizó empleando un modelo aditivo conformando un Índice de Riesgo, utilizado por USEPA para evaluaciones de prospección inicial (USEPA, 1989; 2001; 2003).

Concentración de las sustancias peligrosas en el agua

El relevamiento de calidad del agua de los brazos del sistema de los Tres Arroyos y del arroyo Claromecó arrojó la presencia de metales pesados. Este consistió en tres muestreos sobre 9 estaciones (ver detalle de la ubicación de los puntos en la Figura 1).

Las muestras de agua fueron colectadas a nivel subsuperficial (30 cm por debajo de la superficie), en mitad del curso, en botellas plásticas de polietileno de alta densidad. Las muestras fueron refrigeradas (4 °C) y así se mantuvieron hasta el momento del análisis. Estos se llevaron a cabo en un laboratorio privado certificado por la autoridad de aplicación en materia ambiental de la provincia de Buenos Aires (Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible).

Los análisis de calidad del agua demostraron la presencia de metales pesados (Al, As, Cr, Cu, Hg, Mn, Pb y Zn) en distintos puntos de esos cuerpos de agua. Las concentraciones promedios de los metales relevados se presentan en la Tabla 1, junto con los referenciales toxicológicos (RfDs), las constantes de permeabilidad dérmica (Kps), los códigos de las técnicas analíticas empleadas (métodos para la determinación de analitos inorgánicos del conjunto de técnicas para análisis de residuos EPA SW 846) y su límite de detección.

Tabla 1: Concentraciones promedio de los metales (en mg L⁻¹), referenciales toxicológicos (RfDs), constantes de permeabilidad dérmica (Kps), Códigos de las técnica analítica empleada para su determinación y su límite de detección (en mg L⁻¹).

Estación	A1	As	CrVI	Crtot	Cu	Hg	Mn	Pb	Zn
A1	5.00E-02	1.30E-02	2.50E-03	1.00E-03	6.00E-03	5.00E-04	4.00E-03	1.00E-03	1.60E-02
A2	1.35E+00	5.35E-02	2.50E-03	1.00E-03	6.00E-03	3.00E-04	7.00E-02	1.00E-03	1.75E-02
A3	1.75E+00	3.65E-02	2.50E-03	1.00E-03	4.25E-03	4.50E-04	1.10E-01	1.00E-03	2.05E-02
A4	3.00E-01	4.00E-02	2.50E-03	1.00E-03	4.25E-03	2.50E-04	1.40E-02	1.00E-03	1.45E-02
A5	5.00E-02	1.50E-02	2.50E-03	1.00E-03	6.00E-03	3.00E-04	4.00E-03	1.00E-03	1.50E-02
A6	8.50E-01	4.85E-02	2.50E-03	1.00E-03	7.00E-03	2.50E-04	4.30E-02	2.00E-03	3.40E-02
A7	1.63E+00	1.50E-03	2.50E-03	1.00E-03	5.50E-03	3.00E-04	8.40E-02	1.00E-03	2.20E-02
A8	5.00E-02	9.00E-03	2.50E-03	1.00E-03	6.00E-03	4.00E-04	4.00E-03	1.00E-03	2.00E-02
A10	5.38E-01	5.05E-02	1.10E-02	3.45E-02	1.50E-02	3.00E-04	5.10E-02	2.50E-03	2.30E-02
RfD ing	1.00E+00	3.00E-04	3.00E-03	1.50E+00	4.00E-02	3.00E-04	4.60E-02	3.00E-04	3.00E-01
RfD derm	1.00E-01	1.23E-04	6.00E-05	7.50E-03	1.20E-02	2.10E-05	1.84E-03	N.D.	6.00E-02
Kp	2.14E-03	1.93E-03	1.00E-03	1.00E-03	3.07E-04	3.14E-04	1.28E-03	N.D.	3.42E-04
EPA SW 846	7210	7061	7196	7190	7210	7470	7460	7420	7950
Lim.Det.	1.00E-01	3.00E-03	5.00E-03	2.00E-03	5.00E-03	2.00E-04	8.00E-03	2.00E-03	7.00E-03

Tasa de Ingesta, Frecuencia y Duración de la Exposición Recreativa, Superficie corporal y coeficiente de permeabilidad dérmica

El individuo expuesto considerado fue un niño de 10 años. La tasa de ingesta asumida fue de 0.05 L por hora de duración del evento (USEPA, 1989; USEPA, 1995). El resto de los componentes del cálculo de la exposición (Duración del Evento, Frecuencia y Duración de la Exposición, Peso Corporal, Talla y Superficie corporal) se presentan en Tabla 2, con sus características para el cálculo probabilístico, así como la fuente de información para su definición.

La superficie corporal se estimó en base al peso y la talla aplicando la fórmula de DuBois y DuBois (1916), que se aprecia en (4).

$$SC = H^{0.725} * P^{0.425} * 0.007184 \quad (4)$$

Donde:

SC: superficie corporal

H: altura (cm)

P: peso (kg)

Dado que se asume que el bañista tuvo un contacto completo con el agua, el valor de SC es el que se utiliza en reemplazo de SA de la ecuación 2.

Los Coeficientes de Permeabilidad Dérmica para cada sustancia se estimaron según USEPA (1992b, 2007), aplicando la ecuación de Potts y Guy (1992). Esta se basa en el peso molecular (*Mw*) y en el coeficiente de partición octanol-agua (*Kow*), tal como muestra (5). En la Tabla 1 se aprecian los Kps para las diferentes sustancias.

$$\log Kp = 0.71 \log Kow - 0.061 Mw - 2.72 \quad (5)$$

log *Kp*: Coeficiente de permeabilidad dérmica (cm h⁻¹).

(4)

Tabla 2: Componentes del cálculo de la exposición indicando el tratamiento de la información (determinística o probabilística), los descriptores de las curvas (tipos de curvas y valores mínimos, máximos, media aritmética y desvío estándar), y la fuente de información.

Parámetro	Det-prob	Tipo Curva	Min	Max	MA	DS	Fuente inf.
T.ingesta (L hora ⁻¹)	Det		0.05				USEPA (1989, 1995)
Duración evento (horas)		Triang	0.5	2	1		Juicio propio basado en USEPA, 2002
Frecuencia E (días año ⁻¹)		Beta	0.82	45.71	20.7	11.07	Peluso et al, 2006
Duración E (años)	Prob	Triang	1	14	7		Juicio propio basado en USEPA, 2002
Peso Corp. (Kg)		Normal	24	44	32	3.33	Lejarraga y Orfila, 1987
Talla (m)		Normal	1.25	1.48	1.36	0.04	Lejarraga y Orfila, 1987
Sup. Corp. (m ²)		Normal	0.93	1.28	1.1	0.05	Estimado

Cálculo del nivel de riesgo y uso del valor de referencia toxicológico

El riesgo se calculó individualmente para cada sustancia de manera probabilística aplicando Monte Carlo para 5000 iteraciones (USEPA, 1999a) con Crystal Ball 7.1 (Decisioneering, 2005), en base a los tipos de distribución de probabilidades de cada variable en el cálculo de ADD. En la Tabla 1 se presentan los referenciales toxicológicos tanto para la exposición por vía de ingesta accidental como por la de contacto dérmico. De la distribución probabilística de valores de riesgo obtenida para cada sustancia se extrajo como estadístico representativo el 95 percentílo, decisión concordante con lo sugerido por USEPA (1999a).

El cálculo del riesgo agregado se efectuó sumando, iteración por iteración, los riesgos correspondientes a ambas vías de contacto para cada sustancia. El riesgo conjunto se calculó a partir de la suma simultánea, iteración por iteración, de los riesgos agregados de todos los metales. Ambos procedimientos se corresponden con una mecánica aditiva para un ARS acumulativo de sustancias sobre las que se asume la no existencia de interacciones toxicológicas (USEPA, 2003). Posteriormente se construyó la distribución de la cual se extrajo, también, el percentílo 95.

RESULTADOS

Los resultados probabilísticos obtenidos del ARS por sustancia individual, por ruta de exposición (ingesta accidental y contacto dérmico) y agregada, se pueden apreciar en Tabla 3.

Ninguna sustancia alcanzó un nivel atendible de riesgo agregado. De todas las sustancias, la que principalmente contribuyó al riesgo en todas las estaciones fue As, tanto por ambas vías de exposición como por el riesgo agregado. En la estación más afectada (A2, en la zona cercana al parque industrial), el nivel de riesgo agregado por esta sustancia es menor a la décima parte del nivel de riesgo atendible (la 14.47ava parte de la unidad). El segundo metal en orden de importancia es CrVI y el tercero es Pb. El CrVI, en su peor registro (estación A10, en el Arroyo Claromecó), se encuentra por debajo de la centésima parte de la unidad (la 132.14ava parte del nivel limitante), es decir, aproximadamente un orden de magnitud por debajo de As. Cabe consignar que, con relación a Pb, éste únicamente contribuye al riesgo agregado con la ingesta accidental dado que, al no contarse con una dosis referencial para contacto dérmico, no puede estimarse un valor de riesgo para esa vía de exposición. La peor estación (A10) se encuentra por debajo de la 500ava parte del valor de riesgo atendible.

De todos los metales, As, Cu, Hg y Zn producen un mayor riesgo por in-

gesta accidental que por contacto directo, aunque en ningún caso la diferencia de resultados entre ambas vía de exposición es muy relevante. Por el contrario, en los casos de Al, Cr y Mn, el riesgo por contacto directo es mayor que por ingesta, con casos en los que la diferencia es importante. El caso extremo corresponde al Cr total en el

que el contacto dérmico genera un riesgo 32 veces mayor que por ingesta.

Ninguna estación alcanza un nivel de riesgo acumulativo atendible, es decir, para la peor situación. La mayor es A10 (la 12 ava parte de la unidad), seguida por A2 (la 13 ava parte del límite).

Tabla 3: Percentilos 95 de las distribuciones de valores del riesgo sanitario por ingesta accidental (Ing.Acc.), contacto dérmico (Cont.Derm.) y agregado (R. Agr.) por los metales pesados relevados.

Metal	Ing.Acc.	Cont. Dérn.	R. Agr.	Ing.Acc.	Cont. Dérn.	R. Agr.	Ing.Acc.	Cont. Dérn.	R. Agr.
	A1			A2			A3		
Al	1.12E-05	4.03E-05	5.05E-05	3.02E-04	1.08E-03	1.36E-03	3.91E-04	1.40E-03	1.75E-03
As	9.75E-03	7.68E-03	1.69E-02	3.99E-02	3.12E-02	6.91E-02	2.72E-02	2.14E-02	4.72E-02
CrVI	1.87E-04	1.57E-03	1.74E-03	1.86E-04	1.55E-03	1.72E-03	1.86E-04	1.56E-03	1.72E-03
Crtot	1.50E-07	5.02E-06	5.15E-06	1.49E-07	4.96E-06	5.11E-06	1.49E-07	4.98E-06	5.11E-06
Cu	3.37E-05	5.78E-06	3.88E-05	3.35E-05	5.71E-06	3.87E-05	2.37E-05	4.06E-06	2.75E-05
Hg	3.75E-04	2.82E-04	6.37E-04	2.24E-04	1.67E-04	3.79E-04	3.35E-04	2.51E-04	5.72E-04
Mn	1.96E-05	1.05E-04	3.46E-05	3.40E-04	1.81E-03	6.03E-04	5.34E-04	2.86E-03	9.59E-04
Pb	7.50E-04		7.50E-04	7.45E-04		7.45E-04	7.45E-04		7.45E-04
Zn	1.20E-05	3.43E-06	1.51E-05	1.30E-05	3.71E-06	1.64E-05	1.53E-05	4.36E-06	1.93E-05
A4				A5			A6		
Al	6.73E-05	2.41E-04	3.02E-04	1.10E-05	3.93E-05	4.95E-05	1.91E-04	6.68E-04	8.34E-04
As	2.99E-02	2.36E-02	5.19E-02	1.10E-02	8.65E-03	1.91E-02	3.63E-02	2.80E-02	6.24E-02
CrVI	1.87E-04	1.57E-03	1.74E-03	1.84E-04	1.53E-03	1.70E-03	1.87E-04	1.53E-03	1.69E-03
Crtot	1.50E-07	5.01E-06	5.13E-06	1.47E-07	4.90E-06	5.03E-06	1.50E-07	4.90E-06	5.02E-06
Cu	2.38E-05	4.09E-06	2.78E-05	3.31E-05	5.64E-06	3.82E-05	3.93E-05	6.58E-06	4.55E-05
Hg	1.87E-04	1.40E-04	3.18E-04	2.21E-04	1.65E-04	3.74E-04	1.87E-04	1.37E-04	3.15E-04
Mn	6.83E-05	3.66E-04	1.21E-04	1.92E-05	1.02E-04	3.42E-05	2.10E-04	1.10E-03	3.69E-04
Pb	7.48E-04		7.48E-04	7.37E-04		7.37E-04	1.50E-03		1.50E-03
Zn	1.08E-05	3.11E-06	1.38E-05	1.10E-05	3.14E-06	1.39E-05	2.55E-05	7.12E-06	3.21E-05
A7				A8			A10		
Al	3.68E-04	1.32E-03	1.64E-03	1.13E-05	4.03E-05	5.06E-05	1.22E-04	4.28E-04	5.39E-04
As	1.13E-03	8.90E-04	1.95E-03	6.81E-03	5.31E-03	1.17E-02	3.81E-02	2.95E-02	6.61E-02
CrVI	1.89E-04	1.58E-03	1.74E-03	1.89E-04	1.57E-03	1.74E-03	8.29E-04	6.82E-03	7.57E-03
Crtot	1.51E-07	5.04E-06	5.18E-06	1.51E-07	5.02E-06	5.15E-06	5.20E-06	1.71E-04	1.76E-04
Cu	3.12E-05	5.32E-06	3.62E-05	3.40E-05	5.78E-06	3.92E-05	8.48E-05	1.43E-05	9.85E-05
Hg	2.27E-04	1.70E-04	3.83E-04	3.02E-04	2.25E-04	5.09E-04	2.26E-04	1.67E-04	3.85E-04
Mn	4.14E-04	2.21E-03	7.34E-04	1.97E-05	1.05E-04	3.46E-05	2.51E-04	1.32E-03	4.40E-04
Pb	7.56E-04		7.56E-04	7.56E-04		7.56E-04	1.88E-03		1.88E-03
Zn	1.66E-05	4.74E-06	2.11E-05	1.51E-05	4.29E-06	1.90E-05	1.73E-05	4.88E-06	2.20E-05

DISCUSIÓN

La calidad del agua de los ambientes acuáticos superficiales de los que se hace uso recreativo con contacto directo puede ser evaluada utilizando tablas de niveles máximos permisibles (NMP) o de Niveles Guía (NG). La Provincia de Buenos Aires no cuenta con una tabla de niveles guía que regule la balneabilidad de los cuerpos de agua naturales. La nación cuenta con los *Niveles Guía Nacionales para Calidad de Agua Ambiente para Recreación Humana*, de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (SRHN, 2007) o los *Niveles Guía de Calidad de Agua en Función de Diferentes Usos del Recurso para la Cuenca del Plata*, Uso II, Agua para Actividades Recreativas con Contacto Directo (SRHN, 1987). Pero en el primer caso, sólo los parámetros microbiológicos están desarrollados, y en el segundo, sólo algunos físicos químicos. Por ello, a la hora de hacer gestión se suele recurrir, para paliar este problema operativo, a la comparación de las concentraciones relevadas con niveles guía para el agua de consumo humano. Para ello se pueden utilizar los del Código Alimentario Argentino (A.D.L.A., 1969; A.D.L.A., 1971), los *Niveles Guía de Calidad de Agua para Fuentes de Provisión para Consumo Humano* (SRHN, 2007), o los establecidos en la Ley 11820 de la Provincia de Buenos Aires (Senado y Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires, 1996). Sin embargo, este proceder no es apropiado para tener una real medida de la peligrosidad del uso recreativo del recurso (Peluso *et al*, 2008).

Por tanto, el cuestionamiento acerca de si la presencia de metales pesados en las concentraciones halladas en las aguas del sistema de los Tres Arroyos y Arroyo Claromecó puede ocasionar algún efecto a la salud de los bañistas, no puede ser respondido con la aplicación de los niveles guía disponibles, pero si con los análisis de riesgo sanitario. Por tanto, ante la falta de otra herramienta para el control

de la balneabilidad de las aguas, los ARS podrían actuar como una posible estrategia de gestión sustituta (Peluso *et al*, 2008).

Además, los ARS poseen una serie de ventajas operativas respecto de otras herramientas de evaluación tales como los NMP o los NG. En Othax *et al* (2007) y Peluso *et al* (2008) se describen algunas de esas ventajas operativas. Allí se expresa que los ARS permiten el estudio del proceso de exposición, pudiendo diferenciar entre rutas (digestiva, respiratoria, dérmica) y escenarios (recreativo, residencial, laboral), permitiendo además, la consideración simultánea de sustancias y rutas a partir de los ARS acumulativos y agregados. Algunos ejemplos de su utilización como herramienta de evaluación de la calidad del agua con fines recreativos puede encontrarse en Peluso *et al* (2008, 2009a), y asociando escenarios recreativos con residenciales en Peluso *et al* (2009b).

Tabla 4: Percentilos 95 de las distribuciones de valores del riesgo sanitario acumulado por ingesta accidental (Ing.Acc.), contacto dérmico (Cont.Derm.) y agregado (R. Agr.).

Estación	Ing. Acc.	Cont. Derm.	R. Agr.
A1	9.98E-03	9.30E-03	2.02E-02
A2	4.04E-02	3.39E-02	7.54E-02
A3	2.78E-02	2.43E-02	5.52E-02
A4	3.02E-02	2.54E-02	5.54E-02
A5	1.13E-02	1.02E-02	2.20E-02
A6	3.68E-02	3.02E-02	6.79E-02
A7	1.72E-03	3.79E-03	8.99E-03
A8	7.04E-03	6.93E-03	1.49E-02
A10	3.91E-02	3.69E-02	7.82E-02

CONCLUSIONES

El baño recreativo no representaría un riesgo para la salud de los usuarios dadas las concentraciones de Al, As, Cr, Cu, Hg Mn, Pb y Zn determinadas en las distintas estaciones del

sistema de los Tres Arroyos y Arroyo Claromecó. El nivel de peligrosidad máximo (dados por el riesgo conjunto de todos los metales y por ambas vías de exposición en simultáneo) se dio en las zonas del Arroyo Claromecó y en las cercanías del parque industrial, en el área urbana-periurbana de la ciudad de Tres Arroyos, donde alcanzó menores a la décima parte del límite de seguridad toxicológica.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se financió con fondos provenientes de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (PID 35765). Se agradecen también los aportes realizados por la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires y la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires.

BIBLIOGRAFÍA

- A.D.L.A.** 1969. Anales de la Legislación Argentina. Ley Nacional N° 18.284 A.D.L.A. XXIX-B 1456 del 18/VII/69. En <http://www.anmat.gov.ar/codigoa/caa1.htm>.
- A.D.L.A.** 1971. Anales de la Legislación Argentina. Decreto 2126/71 de la Ley 18284/69, sobre el Código Alimentario Nacional. A.D.L.A. XXXI-C, 3086 del 30/VI/71. Con sus modificaciones y actualizaciones en <http://www.anmat.gov.ar/codigoa/caa1.htm>
- ANPCyT.** 2007. Desarrollo de criterios y pautas para el gerenciamiento de los recursos hídricos en áreas de llanura. Proyecto PID 35765. Institución Adoptante: Dirección de Vialidad e Hidráulica Rural, Municipalidad de Tres Arroyos; Institución Beneficiaria: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Bue-J.L. y Storniolo A., Ed. Presencia de Fluor y Arsénico en aguas sub-terráneas. Actas del VI Congreso Argentino de Hidrogeología, III Tá-
- nos Aires. Institución Otorgante: Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica. Iniciado en noviembre de 2007 y a finalizar en noviembre de 2010.
- Decisioneering.** 2005. Crystal Ball 7.1 software.
- DuBois, D. y D. F. DuBois.** 1916. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. Archives of Internal Medicine 17:863-871.
- Lejarraga, H. y G. Orfila.** 1987. Estándares de peso y estatura para niños y niñas argentinos desde el nacimiento hasta la madurez. Archivos Argentinos de Pediatría 85: 209-222.
- Othax, N., Peluso, F. y E. Usunoff.** 2007. Los análisis de riesgo sanitario como herramientas para la gestión de los recursos hídricos en Argentina. REGA 4(2): 39-50.
- Peluso, F., Gonzalez Castelain, J., Cazenave, G. y E. Usunoff.** 2006. Estimación de la tasa de ingesta y de la frecuencia de exposición en aguas recreativas naturales para su uso en análisis probabilístico de riesgo sanitario. Cuadernos del CURIHAM 12: 1 - 7.
- Peluso, F., González Castelain, J., Varela, C. y E. Usunoff.** 2008. Evaluación preliminar del riesgo sanitario por agroquímicos en aguas del Arroyo Azul, provincia de Buenos Aires. Biología Acuática 24: 123-130.
- Peluso, F., Grosman, F. y J. González Castelain.** 2009a. Riesgo sanitario por pesticidas organoclorados en aguas de una laguna pampeana argentina. Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana 43 (2).
- Peluso, F., Othax N. y J. González Castelain.** 2009b. Riesgo sanitario por arsénico y fluoruro en Azul, prov. de Buenos Aires. Comparación de escenarios de exposición. En: Galindo G., Fernández-Turiel ller sobre arsénico en agua. p. 91-99.
- Potts, R.O. y R.H. Guy.** 1992. Predicting skin permeability. Pharma-

- ceutical Research **9**: 663-669.
- Senado y Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires.** 1996. Ley 11820: Marco Regulatorio para la Prestación de los Servicios Públicos de Provisión de Agua Potable y Desagües Cloacales en la Provincia de Buenos Aires, y las Condiciones Particulares de Regulación para la Concesión de los Servicios Sanitarios de Jurisdicción Provincial. En <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/1-11820.html>
- SRHN.** 1987. Niveles Guía de Calidad de Agua en Función de Diferentes Usos del Recurso Para la Cuenca del Plata. Contraparte Técnica Argentina, Secretaría de Recursos Hídricos de la República Argentina. Documento 021, 1987.
- SRHN.** 2007. Niveles Guía Nacionales para Calidad de Agua Ambiente. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación En <http://www.hidricosargentina.gov.ar/NivelCalidad.html>
- USEPA.** 1989. Risk Assessment Guidance for Superfund. Volume 1: Human Health Evaluation Manual. EPA/540/1-89/002. Washington D.C., USA.
- USEPA.** 1992a. Guidelines for Exposure Assessment. Environmental Protection Agency. Fed. Reg. 57:22888 - 22938. Washington D.C., USA.
- USEPA.** 1992b. Dermal exposure assessment: principles and applica- tions. Interim report. EPA/600-8-91/011 B. Washington D.C., USA.
- USEPA.** 1995. Supplemental Guidance to RAGS: Region 4 Bulletins, Human Health Risk Assessment (Interim Guidance). Waste Management Division, Office of Health Assessment. En <http://www.epa.gov/Region4/Waste/ots/healtbl.htm#hhexp>
- USEPA.** 1999a. Process for Conducting Probabilistic Risk Assessment. U.S. Environmental Protection Agency, Draft. En <http://www.epa.gov/superfund/programs/risk>
- USEPA.** 1999b. Guidance for Conducting Health Risk Assessment of Chemicals Mixtures. Environmental Protection Agency. NCEA-C-0148. Washington D.C., USA.
- USEPA.** 2001. General principles for performing aggregate exposure and risk assessments, Office of Pesticide Programs. En <http://www.epa.gov/pesticides/trace/science/aggregate>.
- USEPA.** 2002. Child-Specific Exposure Factors Handbook. EPA-600-P-00-002B. Washington D.C., USA.
- USEPA.** 2003. Framework for Cumulative Risk Assessment. EPA/630/P-02/001F. Washington D.C., USA.
- USEPA.** 2007. Dermal exposure assessment: A summary of EPA approaches. EPA 600/R-07/040F. Washington D.C., USA.