

Balneabilidad comparada de dos sitios del Arroyo del Azul (Partido de Azul, Prov. de Buenos Aires, Argentina) por análisis de riesgo a la salud

Fabio Peluso
José Gonzalez Castelain
Lorena Rodríguez
Sebastián Jaime

RESUMEN: Relevamientos de calidad del agua del Arroyo del Azul mostraron la presencia de sustancias potencialmente peligrosas para la salud dado el uso recreativo con contacto directo de sus aguas. Se encontraron metales pesados (Arsénico, Cobre, Mercurio y Zinc) y agroquímicos (2,4-D, α y δ -HCH, Acetochlor, Aldrín, Cipermetrina, Clorpirifos, Endosulfán y Endosulfán Sulfato, γ -Clordano, Glifosato y Heptachlor). El objetivo del trabajo fue estimar el riesgo a la salud (ARS) crónico por baño recreativo durante la temporada estival para evidenciar su utilidad como herramienta de gestión alternativa al uso de los niveles máximos permisibles y complementaria de los estudios basados en los recuentos microbiológicos.

El ARS consideró la ingesta accidental y el contacto dérmico en dos sitios del arroyo donde se realiza esa actividad. Se basó en el modelo USEPA probabilístico para riesgo agregado (exposición simultánea por ambas vías de contacto) y acumulativo (exposición simultánea a las sustancias). El ARS se estimó tanto para efectos no carcinogénicos como carcinogénicos, aditivamente. El individuo expuesto considerado fue un niño.

El uso del arroyo no representaría un riesgo a la salud atendible para los escenarios de exposición considerados en el ARS, por las dos vías de exposición y todas las sustancias simultáneamente.

No existirían diferencias en la calidad del agua entre los dos sitios. Por otro lado, tampoco existe diferencia significativa entre el riesgo por ingesta accidental y por contacto dérmico para efectos no carcinogénicos (ENC), aunque el riesgo por este último es mayor en 11 de las 16 sustancias. Para los efectos carcinogénicos (EC) la diferencia entre las dos vías de contacto es significativa.

La balneabilidad de las aguas del arroyo en base a las características químicas pudo ser analizada por la aplicación de análisis de riesgo a la salud. Esto las convierte en metodologías analíticas complementarias a los estudios microbiológicos.

PALABRAS CLAVES: Aguas Recreativas, balneabilidad, Análisis de Riesgo A la salud.

ABSTRACT: Water quality surveys in Del Azul creek showed the existence of substances potentially hazardous to health in case of recreational use with direct skin contact. Heavy metals (Arsenic, Copper, Mercury and Zinc) and pesticides (2,4-D, α y δ -HCH, Acetochlor, Aldrin, Cipermethrine, Chlorpyrifos, Endosulfan, Endosulfan Sulfate, γ -Chlordane, Glyphosate and Heptachlor) were found. The aim of this paper is to estimate the chronic recreational bathing health risk (ARS) during summer, to show utility of this method for water management as an alternative to the use of maximum allowable levels. It also may be complementary to microbiological studies.

The health risk assessment took into account water accidental intake and skin contact in two stream sites where bathing is usual. It was based on the USEPA probabilistic model for aggregated and cumulative risk (simultaneous exposure to both ways of contact and to all substances, respectively), and was done applying an additive model for carcinogenic and non carcinogenic effects. The theoretical individual exposed was a ten years old child.

Bathing use of the stream does not represent an adverse health risk considering the assumed conditions of exposure, for both types of exposure and all substances simultaneously.

There were no significant differences in water quality between the two stations used in the study. For non carcinogenic effects (ENC) there were no significant differences between the risk caused by accidental ingestion and the risk caused by skin contact, even though the risk for skin contact is higher than the risk accidental ingestion for 11 out of 16 substances tested. For carcinogenic effects (EC) the difference is significant.

The analysis of the bathing quality of the stream based on physical and chemical characteristics, using health risk assessment, furnished meaningful results. This mean they can be used as complementary analytical methodologies to microbiological studies.

KEYWORDS: Recreational Waters, Balneability, Health Risk Analysis

INTRODUCCIÓN

Dada la utilización de agroquímicos en extensos sectores de la cuenca alta del Arroyo del Azul (provincia de Buenos Aires, Argentina), se realizan monitoreos periódicos de los mismos en sus aguas así como de metales pesados a fin de determinar la aptitud de la misma para uso recreativo con contacto directo.

En Argentina no existen niveles guía (NG) o niveles máximos permisibles según normativa (NMP) que regulen la calidad del agua para uso recreativo con contacto directo de los ambientes acuáticos superficiales más allá de algunos parámetros microbiológicos. Ante la carencia de una herramienta para evaluar la balneabilidad de esos cuerpos de agua, el objetivo del trabajo fue analizar si la aplicación de análisis de riesgo a la salud (ARS) puede suplir esa falencia. El estudio analiza si, dado el contacto con el agua en dos sitios del arroyo donde se realiza esa actividad, existe la posibilidad de ocurrencia de efectos negativos a la salud en los bañistas y con que nivel de intensidad. Se compara la importancia relativa de las dos principales vías de exposición (la ingesta accidental y el contacto

dérmico) y, en base al riesgo, se coteja la calidad del agua entre los dos sitios. Posteriormente se discuten los aportes de estas metodologías como herramientas de evaluación de la calidad del agua complementarias a los estudios microbiológicos y alternativos al empleo de las tablas de niveles máximos permisibles.

METODOLOGIA

Descripción del área de estudio

El Arroyo del Azul, en el centro de la provincia de Buenos Aires (ver Figura 1), es un cuerpo de agua natural de dirección de flujo S-N que posee un endicamiento utilizado como balneario durante la época estival. Además de éste, posee otros sitios en los que se realiza baño recreativo, aunque son menos frecuentados que aquel. Ambos sitios se encuentran dentro del área urbana y periurbana de la ciudad de Azul (60000 habitantes), dentro del partido homónimo.

La cuenca del mencionado arroyo se caracteriza por ser representativa de áreas mixtas pampeanas, donde se desarrolla una actividad agrícola ganadera intensa (Bilello, 2006). El sector agrícola se encuentra

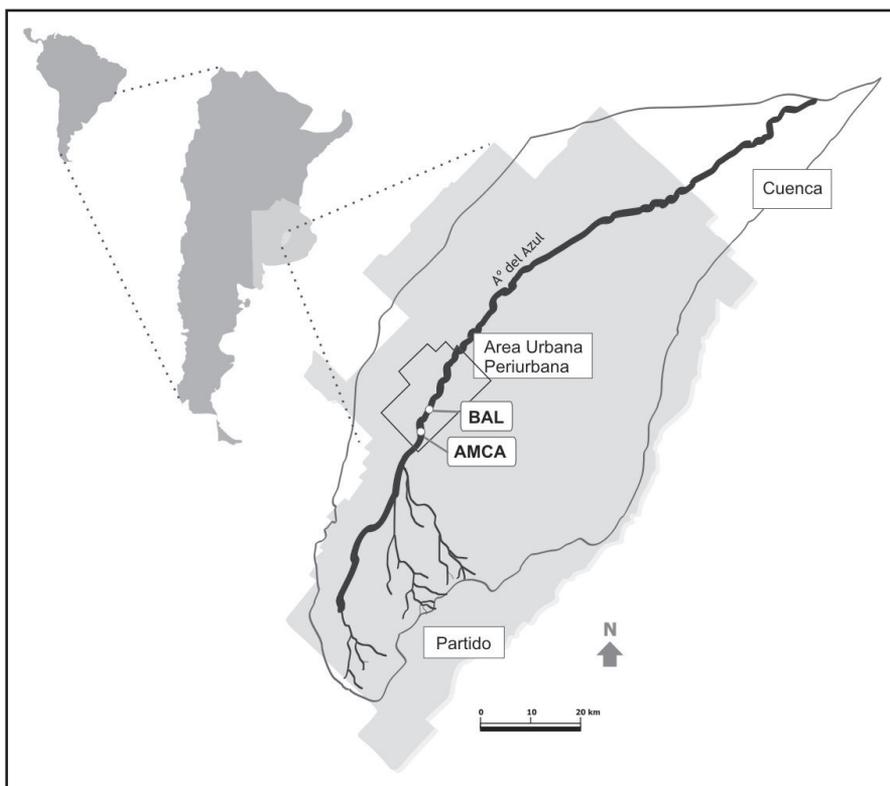


FIGURA 1. Sitios estudiados en el Arroyo del Azul (Bal y AMCA), con los límites del área urbana –periurbana de la ciudad de Azul, el límite de la cuenca hidrográfica y del partido.

en la zona topográficamente más elevada de la cuenca, aguas arriba de la ciudad (al S del partido), donde se cultivan maíz, trigo, soja y girasol.

Concentración de las sustancias peligrosas en el agua

Las estaciones analizadas son el balneario municipal (BAL) y un remanso 1.9 km aguas arriba del mencionado balneario (AMCA), sitio también utilizado frecuentemente para baño recreativo durante la época estival (Ver Figura 1). El primero se encuentra en el límite SO de la planta urbana, en una zona intermedia urbana-periurbana, netamente residencial y con extensos espacios verdes parquizados. El segundo sitio se halla al S del anterior, en un ambiente periurbano-rural, rodeado de campos agrícolas, un autódromo de uso ocasional y un club deportivo.

El estudio se basó en 5 muestreos de agua en BAL y AMCA durante 2006 y 2007. Las muestras para determinar metales fueron colectadas en botellas plásticas de polietileno de alta densidad. Para pesticidas, en botellas de vidrio color ámbar con tapón interno de teflón. Se tomaron a nivel subsuperficial (30 cm por debajo de la superficie), en mitad del curso de agua, fueron refrigeradas (4°C) y así se mantuvieron hasta el momento de los análisis (iniciados a menos de una semana de colectadas las muestras). 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).

Se decidió utilizar el valor promedio de la concentración para aplicar en el cálculo de la exposición debido al limitado número de muestreos. USEPA aconseja utilizar como parámetro representativo de un nivel de exposición lo “razonablemente máximo” a la media aritmética corregida (Límite de Confianza Superior de la Media Aritmética, cuya sigla en inglés es UCL) (USEPA, 1989; USEPA, 1992a; USEPA, 2002). Sin embargo, el bajo número de datos no lo permitió.

Las sustancias peligrosas presentes en las estaciones se indican en la Tabla 1, con su código de identificación (CAS) y sus concentraciones promedio y desvíos estándar, en mg L⁻¹). En la misma tabla también se ofrecen las técnicas analíticas utilizadas para las determinaciones así como sus correspondientes límites de detección.

Modelo de análisis de riesgo a la salud (ARS)

El riesgo según el modelo USEPA es una función de la toxicidad de la sustancia peligrosa y la magnitud de la exposición a la misma, siendo ésta última una medida de la “calidad y cantidad” del contacto entre la sustancia y el organismo expuesto (USEPA, 1989, 1992b).

La exposición, por tratarse de un contacto recreativo con el agua, se analizó para dos rutas: la ingesta accidental y el contacto dérmico. La exposición crónica o subcrónica por la primera se calculó a partir de (1) y por la segunda, a partir de (2).

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

$$ADDDC = \frac{[C * SA * Kp * ET * EF * ED * FC]}{[Bw * AT]} \quad (2)$$

Siendo

ADDI = Dosis Diaria Promedio por Ingesta (en mg kg⁻¹ d⁻¹)

ADDDC = Dosis Diaria Promedio por Contacto Directo (en mg kg⁻¹ 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 cm²)

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 cm² m⁻² * 0.001Lcm⁻³)

El cálculo del riesgo por los *efectos tóxicos no carcinogénicos* (ENC) de cada sustancia según ruta de exposición, se realizó por el cociente de riesgo R, el cual establece si, y en cuanto, la dosis diaria promedio sobrepasa una dosis limitante para esa sustancia (USEPA, 1989). Es decir, se estima por el cociente entre el valor de ADD y la dosis por debajo de la cual no existen efectos toxicológicos, usándose como tal a la Dosis de Referencia (RfD) correspondiente a la sustancia y ruta de exposición (USEPA, 1989). Si el

TABLA 1
Sustancias (Sust.) relevadas en aguas del arroyo (AMCA y BAL), código identificatorio (CAS), concentración en valores promedio (Prom.) y desvío estándar (Desv.ST.), y la técnica analítica empleada con su límite de detección (lim. det.) en mg L⁻¹. No detectable

Sust.	CAS	AMCA (mg L ⁻¹)		BAL (mg L ⁻¹)		Técnica Analítica	Lim. Det.
		Prom.	Desv.ST.	Prom.	Desv.ST.		
2,4 D	94-75-7	6,00E-02	1,33E-01	N.D.	N.D.	EPA 3510	1,00E-04
α - HCH	319-84-6	1,55E-05	2,62E-05	2,02E-05	2,71E-05	EPA SW 846 M 8081	6,00E-07
Acetoclor	34256-82-1	N.D.	N.D.	1,42E-02	3,55E-02	EPA 3510	1,00E-04
Aldrin	309-00-2	1,36E-06	2,60E-06	2,80E-07	4,02E-07	EPA SW 846 M 8081	2,00E-07
Arsénico	7440-38-2	2,54E-02	1,12E-02	3,54E-02	1,85E-02	EPA 7062	3,00E-03
Cipermetrina	97955-44-7	3,77E-01	9,41E-01	3,87E-01	9,68E-01	EPA 3510	1,00E-04
Clorpirifos	2921-88-2	6,23E-03	1,55E-02	N.D.	N.D.	EPA 3510	1,00E-04
Cobre	7440-50-8	N.D.	N.D.	6,50E-03	2,12E-03	EPA SW 846 M 3010	5,00E-03
δ - HCH	319-86-8	2,46E-07	4,26E-07	5,50E-07	8,61E-07	EPA SW 846 M 8081	4,00E-08
Endosulfan	115-29-7	1,34E-06	1,99E-06	1,24E-06	1,77E-06	EPA SW 846 M 8081	9,00E-07
Endosulfan Sulfato	1031-07-8	6,40E-06	1,15E-05	6,20E-06	1,11E-05	EPA SW 846 M 8081	2,50E-06
γ - Clordano	5566-34-7	N.D.	N.D.	1,95E-06	3,89E-06	EPA SW 846 M 8081	4,00E-07
Glifosato	1071-83-6	9,46E-02	1,21E-01	9,10E-02	1,18E-01	EPA 8321	2,00E-03
Heptaclor	76-44-8	9,35E-06	1,54E-05	8,15E-06	1,27E-05	EPA SW 846 M 8081	3,00E-03
Mercurio	7439-97-6	8,50E-04	1,06E-03	8,50E-04	1,06E-03	EPA SW 846 M 7470	2,00E-04
Zinc	7440-66-6	9,33E-03	5,77E-04	1,42E-02	1,13E-02	EPA SW 846 M 3010	7,00E-03

valor de R excede la unidad, se considera que existe un nivel de riesgo relevante.

Para el caso del cálculo del riesgo para las sustancias de *efectos tóxicos carcinogénicos* (EC), la exposición se estimó también en base al ADD de cada ruta de exposición. El cálculo del riesgo, en este caso, se efectuó a partir del producto de ADD por el valor referencial toxicológico por EC, utilizándose a tal fin el Factor de Pendiente SF (USEPA, 1986), también particular de cada sustancia con dichos efectos y según la ruta de exposición. Esta metodología calcula el exceso de riesgo individual por cáncer asumiendo una relación lineal entre las concentraciones de exposición y los efectos carcinogénicos, método por defecto utilizados por USEPA (1986; 1996).

Si se multiplica el nivel del riesgo por una estimación de la cantidad de gente expuesta da una valoración de la cantidad de casos de cáncer que podrían atribuirse a esa causa. Una manera de realizarlo es calculando el *riesgo poblacional anualizado* (SRHN, 2007a), el que responde a (3):

$$Ran = Rc * PobExp / 70 \quad (3)$$

Siendo

Ran: riesgo poblacional anualizado (en cantidad de casos de cáncer año⁻¹)

Rc: riesgo por EC (en número de casos de cáncer esperados)

PobExp: población expuesta (en número de personas)

70: duración estadística de la vida humana (en a)

En Argentina, según los niveles guía nacionales de calidad de agua para consumo humano, el valor aceptado como riesgo individual máximo por exposición a sustancias carcinogénicas es de 10E⁻⁵, el equivalente a un nuevo caso de cáncer asimilable a esa causa por cada 100000 habitantes (Goransky y Natale, 1996; SRHN, 2007a). Dado que no existe un criterio para ingesta accidental de agua por actividad recreativa ni por contacto dérmico se utilizó este criterio a falta de uno mejor y solo a efectos comparativos.

Por otro lado, no hay referencias sobre límites aceptados para sustancias no carcinogénicas, por lo que en este trabajo se asumió como tal a la unidad.

El riesgo *agregado* (exposición simultánea a la misma sustancia peligrosa por diferentes vías de contacto) y *acumulativo* (exposición simultánea a

TABLA 2
Componentes del cálculo de la exposición

Parámetros	tipo curva	Min.	Max.	Prom.	Desv.	alfa	beta
Dur. Evento	Triang	0,5	2	1			
Frecuencia E	Beta	0,82	45,71	20,7	11,07	1,30	1,73
Duración E	Triang	1	14	7			
Peso Corp.	Normal	13,5	25,5	19,5	2,5		
Talla	Normal	100	118	109	3,4		
Sup. Corp.	Normal	0,94	1,28	1,1	0,05		

Referencias de la tabla:

Min., Max., Prom., desv.: Mínimo, Máximo, Media aritmética, Desvío estándar

Dur. Evento: Duración diaria de la actividad recreativa (en h); responde a una distribución de probabilidades de tipo Triangular (*triang.*); basada en juicio propio.

Frecuencia E: Frecuencia de la exposición (en d a⁻¹), basada en Peluso et al. (2006).

Duración E: Duración de la exposición (en a); basada en juicio propio.

Peso Corp.: Peso corporal (en kg); datos basados en Lejarraga y Orfila (1987).

Talla: en cm; datos basados en Lejarraga y Orfila (1987).

Sup. Corp. Superficie corporal (en m²). Esta se calculó 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 (en cm)

P: peso (en kg)

diferentes sustancias) (USEPA, 1999a), se realizó empleando un modelo aditivo o Índice de Riesgo (IR), utilizado por USEPA para evaluaciones ARS de prospección inicial (USEPA, 1989; 2001; 2003).

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

El individuo expuesto considerado es un niño de 10 años. La tasa de ingesta asumida es 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.

Dado que se considera 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 (1992c, 2007), aplicando la ecuación de POTTS y GUY (1992). Ésta se basa en el peso molecular (*Mw*) y en el coeficiente de partición octanol-agua (*Kow*), tal como muestra (5). En la Tabla 3 se aprecian los Kps para las diferentes sustancias.

$$\log Kp = 0.71 \log Kow - 0.0061Mw - 2.72 \quad (5)$$

Log Kp: Coeficiente de permeabilidad dérmica (en cm h⁻¹).

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

El riesgo se calculó, en principio, individualmente, por sustancia y por vía de contacto para los ENC y EC.

Posteriormente se aplicó un modelo aditivo de ambas vías de contacto (ARS agregado) por sustancia. También se conformaron grupos de sustancias asumiendo idéntico efecto toxicológico para los constituyentes del mismo (ARS acumulativo). Los grupos fueron: metales pesados (As, Cu, Hg, Zn), agroquímicos organoclorados (α y δ - HCH, Aldrin, Endosulfán, Endosulfán sulfato, γ - clordano, Heptaclor) y el conjunto de sustancias completo. También se calculó el riesgo para los ENC y EC. Para las sustancias con estos últimos efectos también se le aplicó el cálculo del riesgo poblacional anualizado.

El cálculo se realizó probabilísticamente con Crystal Ball 7.1 (DECISIONEERING, 2007), aplicando Monte Carlo para 5000 iteraciones (USEPA, 1999b) en base a los tipos de distribución de probabilidades de cada variable. En la Tabla 3 se presentan los referenciales toxicológicos tanto para los efectos no car-

cinogénicos (RfDs) como para los carcinogénicos (SFs) por ingesta oral y por contacto directo (USEPA, 2008). De las distribuciones probabilísticas de valores de riesgo en cada caso, se extrajeron como estadísticos representativos los valores mínimo y máximo, la media aritmética, el desvío estándar y el 95 percentilo.

La cantidad de población expuesta utilizada en la estimación del riesgo poblacional anualizado fue de 10000 personas. Esta es una estimación conservadora a partir de un censo de población usuaria efectivamente realizando actividades recreativas con contacto directo en el balneario del Arroyo Azul durante la temporada estival (Peluso et al., 2008).

Comparación de los valores del ARS entre las estaciones y entre la ingesta accidental y el contacto dérmico

Para comparar la calidad del agua entre las dos estaciones, los resultados de los ARS agregados por sustancia se evaluaron mediante un test no paramétrico (prueba de Wilcoxon de rangos con signo). Este método compara dos muestras de n pares de observaciones utilizando el rango del valor absoluto de las diferencias de cada par. Diferenciando aquellos

TABLA 3
Constantes de permeabilidad de las sustancias (Kp, en cm h⁻¹) y sus referenciales toxicológicos (en mg L⁻¹ d⁻¹) según las rutas de contacto (ingestión (ing) y contacto dérmico (derm)) para ENC (RfD) y EC (SF).
N.A.: no aplicable, por ser sustancias únicamente de ENC

Sustancias	Kp	RfDing	RfDderm	SFing	SFderm
2,4 D	8,45E-03	1,00E-02	8,00E-03	N.A.	N.A.
α - HCH	2,97E-02	3,00E-04	2,91E-04	6,30E+00	6,49E+00
Acetoclor	6,10E-03	2,00E-02	1,00E-02	N.A.	N.A.
Aldrin	4,67E-01	3,00E-05	1,50E-05	1,70E+01	3,40E+01
Arsénico	1,93E-03	3,00E-04	1,23E-04	1,50E+00	3,66E+00
Cipermetrina	1,10E-01	1,00E-02	5,00E-03	N.A.	N.A.
Clorpirifos	4,60E-02	3,00E-03	1,50E-03	N.A.	N.A.
Cobre	3,07E-04	4,00E-02	1,20E-02	N.A.	N.A.
δ - HCH	2,97E-02	3,00E-04	2,91E-04	1,30E+00	1,34E+00
Endosulfan	3,29E-03	6,00E-03	3,00E-03	N.A.	N.A.
Endosulfan Sulfato	3,29E-03	6,00E-03	3,00E-03	N.A.	N.A.
γ - Clordano	1,57E-01	5,00E-04	3,50E-01	2,50E-04	7,00E-01
Glifosato	2,56E-07	1,00E-01	5,00E-02	N.A.	N.A.
Heptaclor	2,16E-01	5,00E-04	4,50E+00	3,60E-04	6,25E+00
Mercurio	3,14E-04	3,00E-04	2,10E-05	N.A.	N.A.
Zinc	3,42E-04	3,00E-01	6,00E-02	N.A.	N.A.

rangos procedentes de diferencias positivas y negativas, se utiliza el valor medio y su desvío estándar a fin de estimar la probabilidad de que su distribución incluya la semisuma de todos los rangos, asumiendo una distribución normal de los mismos (Weimer, 2003). Estas estimaciones se efectuaron utilizando Statistica 7.0 (STATSOFT Inc., 1984-2004) sobre las muestras conformadas por los percentilos 95 del riesgo a la salud de cada sustancia, tanto para los ENC como para los EC, para cada estación.

Para comparar la importancia de la ingesta accidental frente al contacto dérmico, primeramente los resultados de los ARS por estación se analizaron también mediante prueba de rangos con signo de Wilcoxon. Esto se realizó también con Statistica sobre los percentilos 95 resultantes, tanto para los ENC como los EC. A posteriori, se realizó, por estación y efecto, una comparación sustancia a sustancia, estimándose, para cada una de ellas, la proporción porcentual del contacto dérmico respecto de la ingesta accidental.

RESULTADOS

Los resultados probabilísticos obtenidos del ARS por efectos no carcinogénicos (ENC) y carcinogénicos (EC) debida a la ingesta accidental y al contacto dérmico en las estaciones AMCA y BAL, se pueden apreciar en las Tablas 4 y 5, respectivamente. Los resultados indican que, por ingesta accidental y para ambas estaciones, ninguna sustancia alcanza el nivel limitante del riesgo a la salud por ENC. Los valores máximos corresponden en ambas estaciones al Arsénico. Mientras que en AMCA el R máximo del Arsénico es casi 180 veces menor al valor limitante ($R=5,60E-03$), en BAL es 130 veces ($R=7,64E-03$). Para los EC, el arsénico alcanza el límite para consumo diario residencial en ambos sitios ($R=1,51E-05$ y $R=2,08E-05$, valores máximos en AMCA y en BAL respectivamente).

Con relación al contacto dérmico y ENC, un agroquímico (la cipermetrina) alcanza los mayores valores de riesgo en ambas estaciones aunque no alcanza el límite ($R=1,08E-01$ y $R=1,15E-01$ para AMCA y BAL para los valores máximos de las distribuciones probabilísticas de ARS). El valor de R en ambas estaciones es aproximadamente 9 veces más pequeño que el valor limitante. Para los EC también en este caso el arsénico es la sustancia que posee valores de riesgo más alto y alcanza el valor limitante en las dos estaciones ($R=1,49E-05$ en AMCA y $R=2,22E-05$ en BAL).

Los valores del riesgo agregado y acumulativo para las dos estaciones se presentan en Tablas 6 y 7, respectivamente. Para los ENC, puede apreciarse que en la peor situación (*IR todos* de los valores máximos de las distribuciones ARS), en ninguna de las dos estaciones se alcanza el valor limitante quedando aproximadamente 8 veces por debajo en ambos sitios. Para las dos estaciones, el grupo de los metales posee valores de IR mayores a los de los clorados, aunque apenas alcanza un 10 % del valor de *IR todos* en AMCA y BAL respectivamente. Esto se debe a que la cipermetrina es el principal contribuyente al *IR todos* de ambas estaciones, con un R agregado que alcanza casi el 90 % de aquel. Y a pesar de ser un pesticida, no se encuentra dentro del grupo de los clorados, quien contribuya al *IR todos* con menos de un 1 % en ambas estaciones.

Con relación a los EC, el riesgo agregado y acumulativo de todas las sustancias supera el valor limitante para el agua de bebida. Su mayor contribuyente al *IR todos*, corresponde al arsénico ($2,82E-05$ y $3,74E-05$ en AMCA y BAL respectivamente). Dado que esa sustancia integra el subconjunto de los metales, estos pasan a ser importantes en la generación del riesgo agregado y acumulativo por EC, alcanzando valores de aproximadamente el 90 % de *IR todos* para ambas estaciones respectivamente. Los clorados poseen el porcentaje restante.

La puesta en un contexto más amplio de la calidad del agua en ambas estaciones para EC, logrado a partir del valor de riesgo poblacional anualizado (Ran) para los *IR todos* de AMCA y BAL, permite apreciar que no alcanza la unidad en ningún caso. Es decir, no se esperarían casos anuales de cáncer atribuibles al conjunto de todas las sustancias por ambas vías de contacto consideradas simultáneamente para el conjunto de la población expuesta.

La comparación de la calidad del agua entre las dos estaciones arrojó que, tanto para ENC como para EC, sea por la vía de la ingesta accidental del contacto dérmico o agregada, las diferencias no son significativas dados los resultados del test de Wilcoxon donde los valores de P fueron todas superiores al nivel de significación ($P > 0,05$), tal como muestra la Tabla 8.

La comparación entre la ingesta accidental y el contacto dérmico por ENC y EC, se presenta en la Tabla 9. Los resultados indican que no habría diferencias significativas entre los riesgos generados por ambas vías para ENC ($P \geq 0,05$), aunque sí para EC ($P \leq 0,05$); lo mismo ocurre en ambas estaciones.

Tabla 4
Cocientes de riesgo para los efectos no carcinogénicos (RNC) y carcinogénicos (RC) por ingesta (ing.) y contacto dérmico (cderm.), por sustancia para AMCA

Sustancias	AMCA ing.						AMCA cterm.									
	ENC			EC			ENC			EC						
	Media	SD	Max.	0,95	Media	SD	Max.	0,95	Media	SD	Max.	0,95				
2,4-D	6,33E-05	5,00E-05	3,97E-04	1,64E-04					1,46E-04	1,13E-04	8,24E-04	3,65E-04				
α - HCH	5,47E-07	4,32E-07	3,42E-06	1,41E-06	9,73E-09	6,38E-09	3,88E-08	2,17E-08	3,43E-06	2,67E-06	1,94E-05	8,59E-06	6,21E-08	4,03E-08	2,33E-07	1,39E-07
Acetoclor																
Aldrin	4,78E-07	3,78E-07	3,00E-06	1,24E-06	2,30E-09	1,51E-09	9,15E-09	5,13E-09	9,75E-05	7,58E-05	5,51E-04	2,44E-04	4,77E-07	3,09E-07	1,79E-06	1,07E-06
Arsénico	8,93E-04	7,06E-04	5,60E-03	2,31E-03	3,79E-06	2,48E-06	1,51E-05	8,45E-06	9,18E-04	7,13E-04	5,18E-03	2,30E-03	3,96E-06	2,57E-06	1,49E-05	8,86E-06
Cipermetrina	3,98E-04	3,14E-04	2,49E-03	1,03E-03					1,91E-02	1,48E-02	1,08E-01	4,77E-02				
Clorpirifos	2,19E-05	1,73E-05	1,37E-04	5,67E-05					4,40E-04	3,42E-04	2,48E-03	1,10E-03				
Cobre																
δ - HCH	8,65E-09	6,84E-09	5,42E-08	2,24E-08	3,18E-11	2,08E-11	1,27E-10	7,09E-11	5,43E-08	4,22E-08	3,07E-07	1,36E-07	2,03E-10	1,32E-10	7,62E-10	4,54E-10
Endosulfan	2,36E-09	1,86E-09	1,48E-08	6,10E-09					3,39E-09	2,63E-09	1,91E-08	8,46E-09				
Endosulfan Sulfato	1,13E-08	8,89E-09	7,05E-08	2,91E-08					1,62E-08	1,26E-08	9,13E-08	4,04E-08				
V - Clordano																
Glifosato	9,98E-06	7,89E-06	6,25E-05	2,58E-05					1,12E-09	8,67E-10	6,30E-09	2,79E-09				
Heptaclor	1,97E-07	1,56E-07	1,24E-06	5,11E-07	4,18E-09	2,74E-09	1,67E-08	9,33E-09	1,29E-05	1,00E-05	7,29E-05	3,23E-05	2,79E-07	1,81E-07	1,05E-06	6,23E-07
Mercurio	2,99E-05	2,36E-05	1,87E-04	7,74E-05					2,93E-05	2,27E-05	1,65E-04	7,32E-05				
Zinc	3,28E-07	2,59E-07	2,06E-06	8,50E-07					1,23E-07	9,52E-08	6,92E-07	3,06E-07				

TABLA 5
Cocientes de riesgo para los efectos no carcinogénicos (RNC) y carcinogénicos (RC) por ingesta (ing.) y contacto dérmico (cderm.), por sustancia para BAL

Sustancias	BAL ing.						BAL cderm.									
	ENC			EC			ENC			EC						
	Media	SD	Max.	0,95	Media	SD	Max.	0,95	Media	SD	Max.	0,95				
2,4-D																
α - HCH	7,20E-07	5,59E-07	4,36E-06	1,82E-06	1,30E-08	8,42E-09	4,99E-08	2,94E-08	4,55E-06	3,55E-06	2,61E-05	1,14E-05	8,21E-08	5,25E-08	3,26E-07	1,82E-07
Acetoclor	7,60E-06	5,91E-06	4,61E-05	1,92E-05					2,04E-05	1,59E-05	1,17E-04	5,10E-05				
Aldrin	9,97E-08	7,74E-08	6,04E-07	2,52E-07	4,85E-10	3,15E-10	1,86E-09	1,10E-09	2,05E-05	1,60E-05	1,17E-04	5,12E-05	9,96E-08	6,38E-08	3,96E-07	2,21E-07
Arsénico	1,26E-03	9,79E-04	7,64E-03	3,19E-03	5,41E-06	3,51E-06	2,08E-05	1,23E-05	1,30E-03	1,02E-03	7,46E-03	3,26E-03	5,60E-06	3,59E-06	2,22E-05	1,24E-05
Cipermetrina	4,14E-04	3,21E-04	2,51E-03	1,05E-03					2,00E-02	1,58E-02	1,15E-01	5,00E-02				
Clorpirifos																
Cobre	1,74E-06	1,35E-06	1,05E-05	4,39E-06					3,91E-07	3,05E-07	2,23E-06	9,76E-07				
δ - HCH	1,96E-08	1,52E-08	1,19E-07	4,95E-08	7,29E-11	4,72E-11	2,80E-10	1,65E-10	1,24E-07	9,67E-08	7,09E-07	3,10E-07	4,61E-10	2,95E-10	1,83E-09	1,02E-09
Endosulfan	2,21E-09	1,71E-09	1,34E-08	5,58E-09					3,19E-09	2,49E-09	1,83E-08	7,98E-09				
Endosulfan Sulfato	1,10E-08	8,57E-09	6,69E-08	2,79E-08					1,60E-08	1,25E-08	9,14E-08	3,99E-08				
V - Clordano	4,16E-08	3,24E-08	2,53E-07	1,05E-07	4,97E-14	3,22E-14	1,91E-13	1,12E-13	2,05E-09	1,60E-09	1,18E-08	5,14E-09	4,80E-09	3,07E-09	1,91E-08	1,07E-08
Glifosato	9,72E-06	7,55E-06	5,89E-05	2,46E-05					1,09E-09	8,54E-10	6,26E-09	2,74E-09				
Heptaclor	1,74E-07	1,35E-07	1,06E-06	4,40E-07	3,74E-09	2,42E-09	1,44E-08	8,46E-09	1,15E-05	8,97E-06	6,57E-05	2,87E-05	2,47E-07	1,58E-07	9,79E-07	5,47E-07
Mercurio	3,03E-05	2,35E-05	1,83E-04	7,65E-05					2,98E-05	2,33E-05	1,71E-04	7,46E-05				
Zinc	5,04E-07	3,92E-07	3,06E-06	1,28E-06					1,90E-07	1,48E-07	1,09E-06	4,74E-07				

TABLA 6

Indices de riesgo en AMCA para ENC y EC, agregado por sustancia individual y acumulativo por los metales, los pesticidas organoclorados y por todas las sustancias tomadas en conjunto. Ran: Riesgo poblacional anualizado.

Sustancias	AMCA agregado								
	ENC				EC				
	Media	SD	Max.	0,95	Media	SD	Max.	0,95	Ran
2,4 D	2,09E-04	1,53E-04	1,18E-03	5,06E-04					
α - HCH	3,98E-06	2,98E-06	2,25E-05	9,84E-06	7,19E-08	4,54E-08	2,62E-07	1,56E-07	2,23E-05
Acetoclor									
Aldrin	9,80E-05	7,60E-05	5,53E-04	2,45E-04	4,79E-07	3,11E-07	1,79E-06	1,07E-06	1,53E-04
Arsénico	1,81E-03	1,31E-03	1,03E-02	4,38E-03	7,75E-06	4,76E-06	2,82E-05	1,63E-05	2,33E-03
Cipermetrina	1,95E-02	1,51E-02	1,10E-01	4,86E-02					
Clorpirifos	4,62E-04	3,54E-04	2,61E-03	1,15E-03					
Cobre									
δ - HCH	6,30E-08	4,72E-08	3,56E-07	1,56E-07	2,35E-10	1,48E-10	8,55E-10	5,10E-10	7,29E-08
Endosulfan	5,74E-09	4,15E-09	3,25E-08	1,37E-08					
Endosulfan Sulfato	2,74E-08	1,98E-08	1,55E-07	6,56E-08					
γ - Clordano									
Glifosato	9,98E-06	7,89E-06	6,25E-05	2,58E-05					
Heptaclor	1,31E-05	1,01E-05	7,41E-05	3,28E-05	2,83E-07	1,83E-07	1,05E-06	6,30E-07	9,00E-05
Mercurio	5,92E-05	4,28E-05	3,35E-04	1,43E-04					
Zinc	4,51E-07	3,33E-07	2,56E-06	1,11E-06					
IR metales	1,87E-03	1,35E-03	1,06E-02	4,52E-03	7,75E-06	4,76E-06	2,82E-05	1,63E-05	2,33E-03
IR clorados	1,15E-04	8,92E-05	6,50E-04	2,88E-04	8,34E-07	5,39E-07	3,10E-06	1,86E-06	2,65E-04
IR todos	2,22E-02	1,69E-02	1,25E-01	5,48E-02	8,58E-06	5,27E-06	3,12E-05	1,81E-05	2,59E-03

TABLA 7

Indices de riesgo en BAL para ENC y EC, agregado por sustancia individual y acumulativo por los metales, los pesticidas organoclorados y por todas las sustancias tomadas en conjunto. Ran: Riesgo poblacional anualizado.

Sustancias	BAL agregado								
	ENC				EC				
	Media	SD	Max.	0,95	Media	SD	Max.	0,95	Ran
2,4 D									
α - HCH	5,27E-06	3,95E-06	2,77E-05	1,29E-05	9,51E-08	5,92E-08	3,60E-07	2,06E-07	2,95E-05
Acetoclor	2,80E-05	2,04E-05	1,36E-04	6,72E-05					
Aldrin	2,06E-05	1,60E-05	1,17E-04	5,14E-05	1,00E-07	6,40E-08	3,97E-07	2,22E-07	3,17E-05
Arsénico	2,56E-03	1,83E-03	1,28E-02	6,16E-03	1,10E-05	6,67E-06	3,74E-05	2,35E-05	3,35E-03
Cipermetrina	2,04E-02	1,58E-02	1,15E-01	5,07E-02					
Clorpirifos									
Cobre	2,13E-06	1,57E-06	1,16E-05	5,20E-06					
δ - HCH	1,43E-07	1,08E-07	7,52E-07	3,52E-07	5,34E-10	3,33E-10	2,02E-09	1,16E-09	1,65E-07
Endosulfan	5,40E-09	3,87E-09	2,67E-08	1,30E-08					
Endosulfan Sulfato	2,70E-08	1,93E-08	1,34E-07	6,49E-08					
γ - Clordano	4,37E-08	3,35E-08	2,58E-07	1,09E-07	4,80E-09	3,07E-09	1,91E-08	1,07E-08	1,52E-06
Glifosato	9,72E-06	7,55E-06	5,89E-05	2,46E-05					
Heptaclor	1,17E-05	9,06E-06	6,61E-05	2,90E-05	2,50E-07	1,60E-07	9,89E-07	5,54E-07	7,91E-05
Mercurio	6,01E-05	4,29E-05	3,00E-04	1,44E-04					
Zinc	6,94E-07	5,04E-07	3,59E-06	1,68E-06					
IR metales	2,63E-03	1,87E-03	1,31E-02	6,31E-03	1,10E-05	6,67E-06	3,74E-05	2,35E-05	3,35E-03
IR clorados	3,77E-05	2,92E-05	2,12E-04	9,35E-05	4,51E-07	2,86E-07	1,77E-06	9,93E-07	1,42E-04
IR todos	2,31E-02	1,77E-02	1,26E-01	5,71E-02	1,15E-05	6,94E-06	3,90E-05	2,43E-05	3,48E-03

TABLA 8

Comparación de la calidad del agua entre AMCA y BAL en base a los ARS de efectos no carcinogénicos (ENC) y carcinogénicos (EC) por ingesta (Ing.), contacto dérmico (Derm.) y ambas vías simultáneas (Agregado) mediante prueba de Wilcoxon.

Estadísticos	Ing.				Derm.				Agregado			
	ENC		EC		ENC		EC		ENC		EC	
	AMCA	BAL	AMCA	BAL	AMCA	BAL	AMCA	BAL	AMCA	BAL	AMCA	BAL
Wilcoxon	p=0,86		p=0,5		p=0,37		p=0,89		p=0,53		p=0,4	

TABLA 9

Comparación de los resultados ARS según la ruta de exposición, por estación y tipo de efecto, aplicando prueba de Wilcoxon.

Estadísticos	AMCA				BAL			
	ENC		EC		ENC		EC	
	Ing	Derm	Ing	Derm	Ing	Derm	Ing	Derm
Wilcoxon	p=0,13		p=0,043		p=0,16		p=0,028	

TABLA 10
Comparación de la importancia relativa porcentual del riesgo por contacto dérmico respecto del generado por la ingesta accidental, por estación y tipo de efecto.

Sustancias	AMCA		BAL	
	ENC	EC	ENC	EC
2,4 D	2,23			
α - HCH	6,07	6,39	6,25	6,19
Acetoclor			2,65	
Aldrin	196,98	207,79	203,09	201,16
Arsénico	0,99	1,05	1,02	1,01
Cipermetrina	46,40		47,84	
Clorpirifos	19,40			
Cobre			0,22	
δ - HCH	6,07	6,40	6,25	6,19
Endosulfan	1,39		1,43	
Endosulfan Sulfato	1,39		1,43	
γ - Clordano			0,05	9,74E+04
Glifosato	1,08E-04		1,11E-04	
Heptaclor	63,27	66,74	65,23	64,61
Mercurio	0,95		0,98	
Zinc	0,36		0,37	

Profundizando este análisis, en la Tabla 10 se presentan comparativamente, sustancia por sustancia y por tipo de efecto, la proporción porcentual del riesgo que pueden ocasionar por ingesta accidental respecto del por contacto dérmico. Puede apreciarse que existen sustancias para las cuales el efecto por ingesta es más importante que por el contacto dérmico (el caso extremo para los ENC es el del Glifosato, casi 9000 veces superior un efecto respecto del otro; le sigue el γ -Clordano). Sin embargo, la gran mayoría de las sustancias presentes exhiben un riesgo mayor por el contacto dérmico que por la ingesta accidental. Esta diferencia, aunque no alcanza el extremo del Glifosato, en algunos casos alcanza varios órdenes de magnitud (caso del Aldrin, con más de 200 veces, el Heptaclor, la Cipermetrina y el Clorpirifos para los ENC). Para las sustancias EC, ninguna sustancia tiene mayor efecto por ingesta accidental que por contacto dérmico. El γ -Clordano tiene 95000 veces más efecto por contacto dérmico que por ingesta, luego le siguen en orden de importancia, el Aldrin y el Heptaclor. El arsénico, si bien es mayor el riesgo que puede producir por contacto dérmico, esta diferencia es muy exigua.

Comparando la proporción contacto dérmico vs. ingesta accidental entre ENC y EC, se aprecia la coherencia entre las proporciones de una vía respecto de otra en ambos tipos de efectos. Sin embargo, esto no ocurre en el caso del γ -Clordano, ya que es la única sustancia en que la ingesta accidental genera un riesgo mucho mayor que el contacto dérmico por ENC, mientras que la relación es a la inversa por EC, también con diferencias de varios órdenes de magnitud.

DISCUSION

Los resultados del estudio indican que los riesgos a la salud por los efectos no carcinogénicos y carcinogénicos debida a la ingesta accidental y al contacto dérmico durante la actividad recreativa en aguas del Arroyo Azul no son relevantes. Dado que en Argentina no existen NG o NMP que permitan regular el uso recreativo con contacto directo de los ambientes acuáticos superficiales, este estudio resulta un claro avance en pos de la protección sanitaria de los bañistas.

Los *Niveles Guía Nacionales para Calidad de Agua Ambiente para Recreación Humana*, de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación establecen que la calidad del agua “debe observar pautas microbiológicas y fisicoquímicas que no involucren riesgo para la salud de las personas expuestas” (SRHN, 2007a). Sin embargo, en ellos sólo se establecen como límites a los niveles de densidad bacterianas (*Escherichia coli* y enterococos) aunque dentro de los **Parámetros de calidad con significación para la salud humana** se reconozcan también a los físico químicos. Pero no brindan ningún tipo de precisión en este respecto, sólo indican que “la selección de los parámetros fisicoquímicos se asienta en pautas de prioridad que observan sus niveles de ocurrencia en las áreas de uso recreativo y los potenciales efectos tóxicos sobre las personas expuestas” (SRHN, 2007a). Sin embargo, al momento, no se ha avanzado en este sentido.

Cuando se detectan sustancias químicas peligrosas en el agua recreativa, la gestión suele confrontar las concentraciones relevadas con niveles guía para el agua de consumo humano, pudiendo utilizarse los *Niveles Guía Nacionales para Calidad de Agua Ambiente para Fuente de provisión de agua para consumo humano* (SRNH, 2007a), o en el Código Alimentario Argentino (A.D.L.A., 1969; A.D.L.A., 1971), o, para este caso, los de la Ley 11820 de la Provincia de Buenos Aires (SENADO Y CÁMARA DE DIPUTADOS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES, 1996). Este proceder, sin embargo, tiene sus inconvenientes. Uno de ellos es que el uso consuntivo de agua posee tasas de ingesta diarias muy superiores respecto de la ingesta accidental durante el uso recreativo. Esto hace que los niveles guía para consumo humano sea excesivamente conservadores respecto del otro uso. Eso ocurre con el límite al que se hace referencia en este trabajo de 10^{-5} para el riesgo por los EC, donde se asume 2 L día^{-1} como tasa de ingesta (SRNH, 2007b), valor muy superior a $0,05 \text{ L día}^{-1}$, que es el valor promedio de tasa de ingesta utilizado en este trabajo. Es por ello que se considera que, a pesar de alcanzarse el valor limitante para agua de consumo por EC, en realidad no implica que deba asumirse un riesgo a la salud si se realiza el baño recreativo. Esto queda refrendado por el riesgo poblacional anualizado que establece que no debería esperarse ningún caso de cáncer anual atribuible al contacto con el agua dentro del conjunto de la población expuesta.

El uso de los NG o NMP para agua de bebida como referencia indirecta de la peligrosidad de las

sustancias posee otro inconveniente: solo reemplazaría a la ingesta accidental, dejando de lado al contacto dérmico. Tal como se vio en este trabajo, el contacto dérmico para varias de las sustancias determinadas en ambas estaciones, poseen valores de riesgo superiores al originado por la ingesta accidental. Esto ocurre en 11 de las 16 sustancias de ENC y en todas las de EC. Y en algunos casos, con diferencias de varios órdenes de magnitud.

Por otro lado, si hubiera NG o NMP para el uso recreativo del agua, ya sea por ingesta accidental o por el contacto directo, seguramente sería un listado de valores para sustancias individuales (tal como ocurre con el agua de bebida), dejando de lado la cobertura frente a los efectos de estar expuestos por dos vías y por varias sustancias simultáneamente, lo que en este trabajo se consideró a partir del riesgo agregado y acumulativo.

Tal como se discute en Peluso et al. (2008) y se corrobora en el presente trabajo, los ARS poseen ventajas operativas sobre los NG o NMP como herramientas de gestión. Una de ellas es el planteo de escenarios diferentes, considerando distintos tipos de condiciones de exposición. De hecho, los análisis de riesgo a la salud podrían colaborar con el desarrollo de los NG hoy faltantes adoptando aquellos escenarios de exposición que el sistema de gestión requiera.

CONCLUSIONES

Los riesgos a la salud por la ingesta accidental y el contacto dérmico durante el baño recreativo en aguas de dos sitios del Arroyo Azul no son relevantes, ni siquiera considerando las dos vías de exposición y todas las sustancias simultáneamente.

La comparación de la calidad del agua entre las dos estaciones estableció que las diferencias entre ambas no son significativas. Si bien la comparación entre las rutas de la ingesta accidental y la del contacto dérmico no permitió reconocer diferencias significativas entre ambas, el riesgo por el contacto dérmico es mayor al originado por la ingesta accidental en 11 de las 16 sustancias de efectos no carcinogénicos y en todas las de efectos carcinogénicos.

La aplicación de análisis de riesgo a la salud permitió caracterizar la balneabilidad de las aguas del arroyo en base a las características químicas, lo que las convierte en metodologías analíticas complementarias a los estudios microbiológicos y sustitutas de niveles máximos permisibles hoy faltantes en la legislación argentina.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se financió con fondos provenientes de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia

de Buenos Aires, de la Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires y de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (PID452).

Referências

- ADLA, 1969. Anales de la Legislación Argentina. Ley Nacional N° 18.284 ADLA XXIX-B 1456 del 18/VII/69. <http://www.anmat.gov.ar/codigoa/caa1.htm>.
- ADLA, 1971. Anales de la Legislación Argentina. Decreto 2126/71 de la Ley 18284/69, sobre el Código Alimentario Nacional. ADLA XXXI-C, 3086 del 30/VI/71. <http://www.anmat.gov.ar/codigoa/caa1.htm>.
- BILELLO G., 2006. Innovación Productiva y Empleo Rural en La Pampa Argentina. Un Estudio de Caso en Áreas Mixtas. VII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología Rural, Quito, Ecuador.
- DECISIONEERING, 2007. Crystal Ball 7.1 software.
- DUBOIS D., DuBois D.F., 1916. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. Archives of Internal Medicine 17:863-871.
- GORANSKY R., Natale O., 1996. Bases Metodológicas para el Establecimiento de Normas Locales de Calidad de Agua para Consumo Humano. Informe Final. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación - Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas.
- LEJARRAGA H, Orfila G., 1987. Estándares de peso y estatura para niños y niñas argentinos desde el nacimiento hasta la madurez. Archivos Argentinos de Pediatría 85:209-222.
- PELUSO F., Gonzalez Castelain J., Cazenave G. y Usunoff E., 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 Usunoff E., 2008. Evaluación preliminar del riesgo sanitario por agroquímicos en aguas del Arroyo Azul, provincia de Buenos Aires. Biología Acuática 24: 123-130.
- POTTS R., Guy, R., 1992. Predicting skin permeability. Pharm. Res. 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. <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/l-11820.html>.
- SRHN, 2007a. Niveles Guía Nacionales para Calidad de Agua Ambiente. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. <http://www.hidricosargentina.gov.ar/NivelCalidad.html>.
- SRHN, 2007b. Metodología para el establecimiento de niveles guía de calidad de agua ambiente para recreación humana. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. <http://www.hidricosargentina.gov.ar/metodologia5.pdf>
- STATSOFT Inc., 1984-2004. Statistica 7.0.
- USEPA, 1986. Guidelines for Carcinogen Risk Assessment. U.S. Environmental Protection Agency. Federal Register 51(185):33992-34003.
- 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. Supplemental Guidance to RAGS: Calculating the Concentration Term. Intermittent Bulletin. Volume 1 Number 1. Publication 9285.7-081. U.S. Environmental Protection Agency.
- USEPA, 1992c. Dermal exposure assessment: principles and applications. 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/healthbul.htm#hhexp>
- USEPA, 1996. Proposed Guidelines for Carcinogen Risk Assessment. U.S. Environmental Protection Agency. Federal Register 61(79):17960-18011.
- USEPA, 1999a. Guidance for Conducting Health Risk Assessment of Chemicals Mixtures. Environmental Protection Agency. NCEA-C-0148. Washington D.C., USA.
- USEPA, 1999b. Process for Conducting Probabilistic Risk Assessment. U.S. Environmental Protection Agency, Draft. En <http://www.epa.gov/superfund/programs/risk>.
- USEPA, 2001. General principles for performing aggregate exposure and risk assessments, Office of Pesticide Programs. En <http://www.epa.gov/pesticides/trac/science/aggregate>.

USEPA, 2002. Calculating Upper Confidence Limits for Exposure Point Concentrations at Hazardous Waste Sites. OSWER 9285.6-10. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Emergency and Remedial Response. Washington D.C.

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.

USEPA, 2008. IRIS (Integrated Risk Information System) Database. U.S. Environmental Protection Agency.

WEIMER R., 2003. Estadística. Ed. CECSA, México. Sexta reimp. 839 p.

Peluso, Fabio Instituto de Hidrología de Llanuras (UNCPBA, CIC, MA).
fpeluso@faa.unicen.edu.ar

José Gonzalez Castelain Instituto de Hidrología de Llanuras (UNCPBA, CIC, MA).

Lorena Rodríguez Becaria ANPCYT.

Sebastián Jaime Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.