



Calidad del agua para uso recreativo en la cuenca del arroyo del Azul

*Othax Natalia^{1,2}, Peluso Fabio^{1,3}, Masson Ignacio^{1,3}, González Castelain José¹,
Dubny Sabrina^{1,2}*

¹ Instituto de Hidrología de Llanuras "Dr. Eduardo J. Usunoff" (IHLLA – UNCPBA – CIC – CONICET) – República de Italia 780 (B7300), Azul, Buenos Aires, Argentina.

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

³ Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CICPBA).

Email: nothax@faa.unicen.edu.ar

RESUMEN

Tanto el nitrato como el fluoruro y el arsénico son reconocidos agentes causantes de patologías en los seres humanos. A partir de la presencia de esas sustancias en el agua superficial de distintos sectores de la cuenca del arroyo del Azul, se propuso como objetivo estimar el riesgo a la salud humana bajo un escenario recreativo con contacto directo para el caso de los niños. Se aplicó el modelo de análisis de riesgo sanitario probabilístico de USEPA mediante Monte Carlo. El riesgo no cancerígeno fue no significativo para nitratos (0,017 en cuenca alta y 0,015 en cuenca media y baja), fluoruros (0,12 en cuenca alta, y 0,16 en cuenca media y baja), arsénico (0,52, 0,61 y 0,94, cuenca alta, media y baja, respectivamente) y el riesgo cancerígeno por arsénico significativo ($5,3E^{-05}$, $6,4E^{-05}$, $9,7E^{-05}$ cuenca alta, media y baja, respectivamente).

Palabras claves: CALIDAD DEL AGUA RECREATIVA - SUSTANCIAS INORGANICAS - RIESGO A LA SALUD HUMANA.

Introducción

La cuenca del arroyo del Azul se ubica en el centro de la Provincia de Buenos Aires. Los recursos hídricos superficiales de la región son utilizados para diferentes usos recreativos, incluido el uso recreacional con contacto directo por parte de bañistas en aguas del arroyo. A partir de muestreos de agua realizados por el Instituto de Hidrología de Llanuras en el arroyo del Azul hasta la fecha, se han detectado concentraciones variables de sustancias inorgánicas como nitratos (NO_3^-), fluoruros (F^-) y arsénico (As). Actualmente, en nuestro país no existen niveles guía o niveles máximos permisibles según normativa que regulen la calidad del agua para uso recreativo con contacto directo de los ambientes acuáticos superficiales, excepto algunos parámetros microbiológicos. Las herramientas de Análisis de Riesgo Sanitarios permiten estimar el nivel potencial de peligro para un receptor humano a partir del contacto con una sustancia química presente en el ambiente, caracterizando los efectos adversos potenciales y su probabilidad de ocurrencia (NRC, 1983). Dadas las limitaciones que presentan las herramientas de

gestión utilizadas en la actualidad para la evaluación de la calidad de las aguas recreativas, se propuso como objetivo analizar el riesgo sanitario por el contacto con agua con NO_3^- , F^- y As en un escenario recreativo, considerando las rutas de ingesta accidental y contacto dérmico simultáneamente, para un niño como individuo expuesto diferenciando entre sectores de la cuenca del arroyo del Azul.

Materiales y Métodos

Área de estudio

La cuenca del arroyo del Azul abarca una superficie de 6.237 km² y está surcada por el Arroyo del Azul, sus tributarios y por los arroyos Cortaderas y La Corina. Constituye un área cuyo comportamiento global es de una llanura, diferenciándose tres áreas: alta (serranías, al sur), intermedia (piedemonte), y baja (llanura, al norte). Los principales usos del suelo son: actividad ganadera (57 %, más intensa en cuenca baja), actividad agrícola (38 %, más intensa en cuenca alta) y actividad minera (5 %, exclusivamente en cuenca alta). Si bien el

balneario municipal de la ciudad de Azul, (ubicada en cuenca media) es el principal lugar de uso de baño en época de verano, otros puntos ubicados a lo largo del arroyo del Azul son usados ocasionalmente para este uso.

Estimación del riesgo durante el baño recreativo

El riesgo recreativo fue estimado a partir de la aplicación del modelo básico de Análisis de Riesgo a la Salud según USEPA de modo probabilístico con Crystal Ball 11.1 mediante Monte Carlo, para efectos crónicos no cancerígenos y cancerígenos en niños (10 años). El cálculo del riesgo se realizó a partir de la exposición crónica a las sustancias en el agua durante el baño recreativo por la ruta de contacto de ingesta accidental y de contacto dérmico de acuerdo a USEPA (1992, 2004) (ecuaciones 1 y 2).

$$ADDI = [Conc * Ir * EF * ED] / [Bw * AT] \quad (1)$$

ADDS = $[DAevent * ESA * EF * ED * FC] / [Bw * AT]$ (2) donde ADDI es la dosis diaria promedio por ingesta accidental; ADDS es la dosis diaria promedio por contacto dérmico; *Conc* es la concentración de la sustancia peligrosa en agua; *Ir* es la tasa de ingesta diaria del agua; *EF* es la frecuencia anual de exposición de actividades recreativas; *DE* es la duración de la exposición; *Bw* es el peso corporal de la persona expuesta; *AT* es el factor de corrección por tiempo promedio para exposición crónica; *DAevent* es la dosis dérmica absorbida por evento; *ESA* es el área de la piel expuesta y *FC* es el factor de corrección de unidades de superficie y volumen.

La *Conc* fue estimada a partir muestreos periódicos realizados en estaciones superficiales sobre el arroyo del Azul. En cuenca alta, se muestrearon 5 estaciones, en cuenca media, 8 y, en cuenca baja, 5. Estos muestreos fueron realizados entre 2005 y 2019. Las muestras fueron colectadas y analizadas según técnicas estándares, en el laboratorio de aguas del IHLLA y en un laboratorio certificado. La *Ir* fue basada en USEPA (1989, 1995). Los datos de *EF* y *DE* fueron tomados de 250 encuestas, realizadas durante los veranos 2010-2011 y 2011-2012, a concurrentes al balneario municipal del Arroyo del Azul. El *Bw* se obtuvo de Lejarra y Orfila (1987), la *DAevent* se calculó según USEPA (2007) y el *ESA*, según DuBois y DuBois (1916). El valor de riesgo no cancerígeno (RNC) y cancerígeno (RC) se obtuvo a partir de las ADD dividiéndola y multiplicándola respectivamente por el valor referencial toxicológico para cada tipo de efecto

para cada sustancia (USEPA, 1989). La única sustancia con efectos cancerígenos es el As. El riesgo agregado se calculó para cada sustancia sumando los correspondientes a ambas rutas de exposición. El valor límite de riesgo significativo es de 1 y 1E⁻⁰⁵ para RNC y RC, respectivamente.

Resultados

En la Tabla 1 se presentan los valores de concentraciones y de riesgo para los tres sectores de la cuenca. Los valores de *Conc* de NO₃ se mantuvieron constantes en los diferentes sectores. Los de *F* presentaron la siguiente variación: cuenca alta < cuenca media y cuenca baja, con valores similares en los dos últimos sectores, mientras que los de As presentaron el siguiente orden: cuenca alta < cuenca media < cuenca baja. Los valores de RNC acompañaron las tendencias de las concentraciones, y fueron no significativos para las tres sustancias, incluso considerando ambas vías simultáneamente. En cada sector de la cuenca, los valores de RNC presentaron el siguiente orden NO₃ < F < As. Con respecto al RC, presentó valores significativos, aunque bajos, de riesgo agregado causados principalmente por la vía dérmica. La tendencia espacial siguió a la de las concentraciones de As (cuenca alta < cuenca media < cuenca baja).

Tabla 1. Concentraciones y valores de riesgos de las sustancias en los diferentes sectores de la cuenca del arroyo de Azul (P⁹⁵).

S	Conc			RNC			RC		
	Me	P ⁹⁵	Ing	Der	Agr	Ing	Der	Agr	
1A	1,7 E ⁺⁰¹	3,7 E ⁺⁰¹	2,2 E ⁻⁰³	1,5 E ⁻⁰²	1,7 E ⁻⁰²			-	
2A	1,1 E ⁺⁰⁰	2,0 E ⁺⁰⁰	1,4 E ⁻⁰²	1,0 E ⁻⁰¹	1,2 E ⁻⁰¹			-	
3A	2,5 E ⁻⁰²	4,1 E ⁻⁰²	6,5 E ⁻⁰²	4,5 E ⁻⁰¹	5,2 E ⁻⁰¹	6,9 E ⁻⁰⁶	4,6 E ⁻⁰⁵	5,3 E ⁻⁰⁵	
1M	1,4 E ⁺⁰¹	3,6 E ⁺⁰¹	1,9 E ⁻⁰³	1,3 E ⁻⁰²	1,5 E ⁻⁰²			-	
2M	1,5 E ⁺⁰⁰	2,6 E ⁺⁰⁰	1,9 E ⁻⁰²	1,3 E ⁻⁰¹	1,6 E ⁻⁰¹			-	
3M	2,9 E ⁻⁰²	4,9 E ⁻⁰²	7,6 E ⁻⁰²	5,4 E ⁻⁰¹	6,1 E ⁻⁰¹	8,0 E ⁻⁰⁶	8,5 E ⁻⁰⁵	6,4 E ⁻⁰⁵	
1B	1,2 E ⁺⁰¹	3,8 E ⁺⁰¹	2,0 E ⁻⁰³	1,3 E ⁻⁰²	1,5 E ⁻⁰²			-	
2B	1,4 E ⁺⁰⁰	2,6 E ⁺⁰⁰	1,9 E ⁻⁰²	1,3 E ⁻⁰¹	1,6 E ⁻⁰¹			-	
3B	4,0 E ⁻⁰²	6,0 E ⁻⁰²	1,1 E ⁻⁰¹	8,2 E ⁻⁰¹	9,4 E ⁻⁰¹	1,2 E ⁻⁰⁵	8,5 E ⁻⁰⁵	9,7 E ⁻⁰⁵	

Referencias: Sustancias (S): 1, Nitratos, 2 Fluoruros, 3 Arsénico, en cuenca alta (A); media

(M) y baja (B). Concentración (Conc, en mg L⁻¹), Mediana (Me). Percentilo 95 (P⁹⁵). Riesgo no Cancerígeno (RNC) por Ingesta (Ing), por Contacto Dérmico (Der) y Agregado (Agr). Riesgo Cancerígeno (RC).

Discusión

La presencia de nitratos en la cuenca está dada por aportes difusos, atribuibles a la actividad agro-ganadera y aportes locales atribuibles a aguas residuales y/o agro-ganadera, la presencia de fluoruros y arsénico tienen origen natural por aporte de fuentes minerales (Zabala et al., 2010, 2016) y si bien, algunas fuentes están asociadas al agua subterránea, existe estrecha relación entre aguas superficiales y subterráneas (IHLLA, 2000). Se han desarrollado trabajos previos de evaluaciones de riesgo probabilísticas del uso recreativo del arroyo del Azul (Peluso et al., 2010, 2016). El presente trabajo permitió avanzar en la estimación del riesgo a partir de sustancias de interés sanitario actual y en diferentes sectores de la cuenca, complementando los estudios de aptitud en base a criterios bacteriológicos. Si bien el RC para As alcanzó valores significativos, con valores más altos en cuenca baja, los puntos de recreación por fuera del balneario municipal, son usados muy ocasionalmente para uso recreativo, lo cual implicaría menor exposición (los ADDs serían menores) y por lo tanto una menor magnitud de riesgo.

Conclusiones

En cada sector de la cuenca, el valor de RNC aumento en el siguiente orden: nitratos, fluoruros y arsénico, y los valores fueron no significativos para las tres sustancias en los diferentes sectores. El RC por arsénico alcanzo el límite de seguridad en los diferentes sectores, aunque estaría reducido por menor exposición, respecto del balneario. El trabajo permitió aumentar el conocimiento respecto de la calidad recreativa del agua.

Referencias

DuBois D. y DuBois D.F. 1916. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Archives of Internal Medicine*, 17,863-71.

IHLLA. 2000. Aguas Superficiales. En: *Avance metodológico en el tratamiento de los recursos hídricos en una cuenca de llanura*. Informe

final. Instituto de Hidrología de Llanuras, Azul, prov. de Buenos Aires, 36-137 y anexos.

Lejarraga H. y Orfila G. 1987. Estándares de peso y estatura para niños y niñas argentinos desde el nacimiento hasta la madurez. *Archivos Argentinos de Pediatría*, 85(4),209-222.

NRC. 1983. *Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process*. National Research Council. National Academic Press, Washington DC., USA.

Peluso F., Gonzalez Castelain J., Rodríguez L. y Jaime S. 2010. Balneabilidad comparada de dos sitios del Arroyo del Azul (Partido de Azul; prov. de Buenos Aires) por análisis de riesgo sanitario. *Revista de Gestión del Agua en América Latina*, 7(1),45-59.

Peluso F., Masson I., González Castelain J., Othax N. y Dubny S. 2016. Uncertainties in age-and gender-based health risk assessment for recreational bathing: Arsenic in Del Azul stream, Argentina. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 22(3), 753-774.

USEPA (US Environmental Protection Agency), 1989. Risk Assessment Guidance for Superfund. Volume 1: Human Health Evaluation Manual. EPA/540/1-89/002. Washington DC, USA.

USEPA. 1992. *Guidelines for exposure assessment*. Fed Reg 57:22888-938.

USEPA. 1995. *Human health risk assessment bulletins*. Supplement RAGS. Environmental Protection Agency Region 4: USEPA; Waste Management Division; Office of Health Assessment.

USEPA. 2004. *Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment)*. EPA/540/R/99/005. Washington, DC, USA.

USEPA. 2007. *Concepts, Methods and Data Sources for Cumulative Health Risk Assessment of Multiple Chemicals, Exposures and Effects: A Resource Document*. EPA/600/R-06/013F. Washington DC, USA.

Zabala M.E., Manzano M. y Vives L. 2010. Estudio preliminar del origen del fondo químico natural de las aguas subterráneas en la cuenca del arroyo del Azul. *I Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras*, 249-256.

Zabala M.E., Manzano M. y Vives L. 2016. Assessment of processes controlling the regional distribution of fluoride and arsenic in groundwater of the Pampeano Aquifer in the Del Azul Creek basin (Argentina). *Journal of Hydrology*, 541,1067-1087.