

RIESGO A LA SALUD PROBABILÍSTICO Y ESPACIALIZADO POR FLUORURO EN AZUL, ARGENTINA

Fabio Peluso⁽¹⁾, Natalia Othax⁽²⁾, Eduardo Usunoff⁽¹⁾

⁽¹⁾Instituto de Hidrología de Llanuras. CC. 44. 7300. Azul, Buenos Aires, Argentina

⁽²⁾Becaria CIC - Instituto de Hidrología de Llanuras
fpeluso@faa.unicen.edu.ar

RESUMEN

El análisis de riesgo sanitario (ARS) estima el peligro para un humano expuesto a sustancias presentes en el ambiente. El presente trabajo tuvo como objetivo conocer el riesgo sanitario que implicaría el consumo de agua en la planta urbana de Azul a partir de su contenido de fluoruro. Para un escenario de exposición crónica por ingesta de agua proveniente de 30 pozos someros domiciliarios, la mayor parte del área de la planta urbana, es decir 76.23 km², presenta niveles de riesgo atendible, con 20903 personas involucradas de los cuales 1858 corresponden a niños expuestos. El estudio realizado ha permitido visualizar una serie de posibilidades que brindan los modelos ARS para la evaluación de la calidad de los recursos hídricos para consumo humano en relación con el análisis comparativo basado en los límites establecidos por la normativa vigente.

Palabras claves: Riesgo Sanitario, Agua Subterránea, Fluoruro.

ABSTRACT

The health risk analysis (HRA) estimates the danger that implies for human beings the exposition to substances present in the environment. This paper assesses the sanitary risk that would imply the consumption of fluoride-carrying water in Azul City. For a chronic exposition scenario of water consumption from 30 domestic wells, most of the city (i.e., 76.23 km²) presents risk levels that should be looked after, involving 20903 persons, out of which 1858 are exposed children. This study allowed appreciating a number of possibilities of HRA models for the assessment of the quality of water resources used for human consumption as compared to an analysis made on the basis of the recommended levels according to the current rules.

Keywords: Health Risk Analysis, Groundwater.

INTRODUCCIÓN

En las últimas dos décadas se ha promovido a nivel mundial la adopción de los preceptos de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) (GWP, 2006). En términos conceptuales, los enfoques de GIRH propician el desarrollo y gestión coordinados del agua, la tierra y otros recursos asociados, con el propósito de maximizar el resultante bienestar económico y social de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de ecosistemas vitales (GWP, 2006). En términos operativos, implican la aplicación de conocimientos de varias disciplinas, así como aportaciones de las diversas partes involucradas, a fin de diseñar e instrumentar soluciones eficientes, equitativas y sustentables para los problemas del agua y del desarrollo (GWP, 2006).

Desde este enfoque, los análisis de riesgo han sido considerados como una de las herramientas que permiten y ayudan a los tomadores de decisiones a llevar a cabo elecciones racionales e informadas entre acciones alternativas vinculadas al manejo del agua (GWP, 2000).

Específicamente, los análisis de riesgo sanitario (ARS) constituyen procesos para la toma de decisiones que estiman el nivel potencial de peligro para un receptor humano o ecológico a partir del contacto con una sustancia química presente en el ambiente (NRC, 1983), caracterizando los efectos adversos potenciales y su probabilidad de ocurrencia, lo que permite identificar, evaluar, seleccionar e implementar acciones para reducirlos (CRARM, 1997).

En el año 1983, la Academia Nacional de Ciencias planteó el paradigma de los ARS, que contenía cuatro elementos: la identificación de la fuente de riesgo, la cuantificación de la exposición a la misma por un individuo, la estimación de la dosis de exposición y la respuesta toxicológica a la misma, y la caracterización final del riesgo (NRC, 1983). El riesgo es, entonces, una función de la toxicidad de la sustancia peligrosa y la magnitud de la exposición a la misma (USEPA, 1992a), existiendo diferentes modelos para estimar esta última (Fryer et al., 2006).

El ARS probabilístico consiste en una evaluación que utiliza modelos basados en probabilidades para representar cómo se distribuyen los niveles de riesgo

a la salud en la población y para caracterizar la incertidumbre en dichas estimaciones (USEPA, 1999).

En relación a la calidad de los recursos hídricos para consumo humano, en la actualidad, la misma es evaluada a partir de un análisis comparativo entre los valores de concentración de diversas especies químicas y parámetros bacteriológicos con los límites fijados para tal fin en la normativa vigente, por ejemplo, en el Código Alimentario Argentino (CAA) (A.D.L.A., 1971; De la Canal y Asociados S.R.L., 1994). Esta operatoria, si bien garantizaría el resguardo sanitario del consumidor, sólo constituye estudios puntuales para el sitio de muestra y básicamente unipersonales, lo cual implica un alto grado de artificialidad ya que los que se exponen son grupos de individuos.

El desarrollo de los ARS espaciales, apoyados en la geoestadística y la tecnología SIG, permite una visión más completa de la afección potencial de la población por contaminantes en agua.

En la ciudad de Azul, provincia de Buenos Aires, la composición del agua subterránea presenta niveles de fluoruro que muy frecuentemente superan el nivel máximo permisible (NMP) de 1.2 mg.l⁻¹ según el CAA para agua de consumo (A.D.L.A., 1971; De la Canal y Asociados S.R.L., 1994).

Aunque la planta urbana presenta una amplia cobertura de la red de abastecimiento de agua potable, existen gran cantidad de pozos someros domiciliarios que constituyen fuente de agua para consumo humano a pesar de su prohibición por la normativa municipal vigente.

El presente trabajo apunta a conocer el riesgo sanitario que implicaría el consumo de agua de esos pozos someros domiciliarios a partir de su contenido de fluoruro. Por tal motivo, se ha aplicado una metodología de ARS probabilística espacial en un entorno SIG, para un escenario de exposición residencial crónico (de 1 a 30 años), considerando a los individuos de hasta 5 años como representativos de la población susceptible. En segundo lugar, se ha realizado un análisis comparativo entre los resultados obtenidos y las implicancias de la comparación de esos valores de fluoruro con los NMP establecidos por el CAA.

MATERIALES Y MÉTODOS

Concentración de fluoruro en aguas subterráneas

La ciudad de Azul tiene una superficie de 90.5 km² distribuida en 2016 unidades catastrales de extensión variable (desde 0.01 a 2.20 km²). La población es de 56545 habitantes, de los cuales 5686 corresponden a individuos hasta 5 años de edad (INDEC, 2005).

Las muestras de agua subterránea fueron tomadas de 30 pozos domiciliarios activos, los que tienen una profundidad media de 16 metros. La composición química del agua fue analizada a partir de 300 muestras obtenidas por relevamientos periódicos (Figura 1) durante los años 2002 a 2006 (IHLLA, 2005). El contenido de fluoruro fue medido por

técnicas cuantitativas estándar (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

En el presente trabajo, la selección del valor de concentración representativo del conjunto de datos de cada pozo se realizó mediante la aplicación del Límite Superior de Confianza 95 % (95 % UCL, o directamente UCL). El mismo se define como “el valor que, calculado repetidamente del conjunto de datos de concentración de un sitio, iguala o excede el valor de la media aritmética el 95 % de la veces” (USEPA, 1992b) y consiste en un procedimiento determinístico utilizado por USEPA para estimar el valor que participará en el cálculo de la exposición y luego del riesgo sanitario por sustancias peligrosas (USEPA, 1989; USEPA, 1992b; USEPA, 2002a). El UCL se computó utilizando el software Pro-UCL v. 3 (USEPA, 2004).

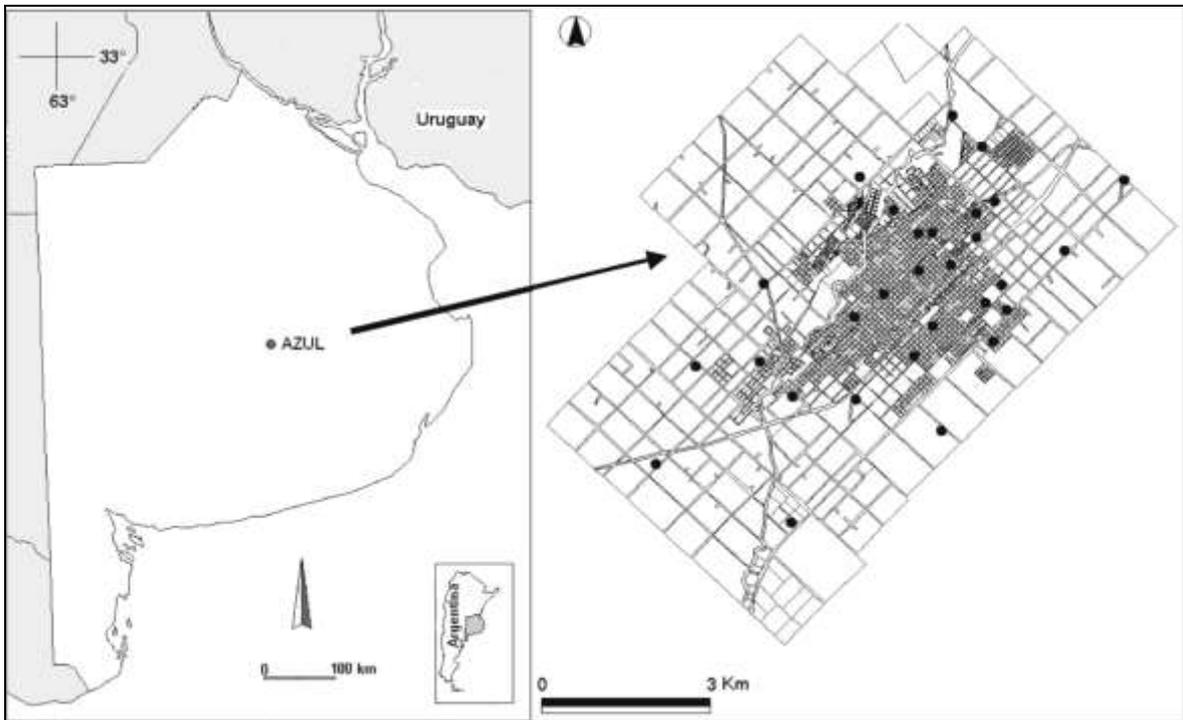


Figura 1. Detalle de la planta urbana de la ciudad de Azul con la ubicación de los pozos domiciliarios muestreados.

Metodología ARS espacializada y probabilística

La exposición cuantifica la relación entre el agente causal del riesgo y un organismo blanco teniendo en cuenta a las rutas de contacto, variables que participan del escenario y los tiempos de la exposición y la población expuesta (USEPA, 1992a). La exposición se estima aplicando la ecuación 1:

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

ADD es la Dosis Diaria Promedio de ingestión de las sustancias, C es la Concentración de la sustancia peligrosa en agua (en mg.l⁻¹), Ir es la Tasa de ingesta diaria de la sustancia (en l.día⁻¹), EF es la Frecuencia

de la exposición (en días.año⁻¹), ED es la Duración de la exposición (en años), Bw es el Peso corporal de la persona expuesta (en kg) y AT es un factor de corrección por tiempo promedio (30 años x 365 días.año⁻¹). Esta ecuación corresponde a una exposición crónica (USEPA, 1992a).

Esta ecuación participa en el ARS para las sustancias de efectos tóxicos no carcinogénicos (como es el caso del fluoruro), confrontando ADD con la dosis umbral por debajo de la cual no existen efectos toxicológicos sobre el individuo expuesto para el período de exposición considerado.

USEPA usa como dosis umbral a la Dosis de Referencia (RfD), que es una estimación probabilística de la exposición diaria a la que la población humana, incluyendo los subgrupos sensibles, se puede someter al agente peligroso sin que le genere riesgos de efectos adversos durante toda su vida (Barnes, 1988). El riesgo no carcinogénico se estima aplicando el cociente de riesgo (USEPA, 1989), que cuantifica la proporción de ADD respecto del RfD. Si el valor de este cociente iguala o excede la unidad existe un nivel de riesgo atendible.

El ARS espacial probabilístico se realizó mediante un proceso secuencial integrado en el marco de un SIG urbano. La contextualización de la exposición en un esquema areal del riesgo sanitario surgió a partir de la espacialización de valores representativos del conjunto de datos de concentración de fluoruro de cada pozo, procedimiento que se explica en el próximo apartado. El SIG, operado con ArcView (ESRI, 1992 – 1999), se sustenta en un mapa base georreferenciado, que se aprecia en la Figura 1. El mismo tiene anexado una base de datos relacional, la cual fue generada con el aporte de información de distinta naturaleza, por ejemplo, la superficie por polígono así como la cantidad de población total y población susceptible (niños hasta 5 años). Estos dos últimos parámetros se estimaron según densidad poblacional por Radio Censal, utilizando los Radios Censales del censo 2001 de Población, Viviendas y Hogares de la República Argentina (INDEC, 2005).

El procedimiento probabilístico se basó en la aplicación de la técnica de Monte Carlo en su versión de muestreo aleatorio simple (MC SRS) a cada uno de los parámetros intervinientes en el cálculo de la exposición y para cada polígono, tal como se explica a continuación. El estadístico representativo de la distribución probabilística obtenida del riesgo sanitario por polígono es el percentilo 95.

Determinación de los parámetros de exposición

Con el propósito de considerar un nivel de exposición lo “razonablemente máximo” (USEPA, 1992b) que represente los escenarios más probables de mayor gravedad, se generaron distribuciones probabilísticas por MC SRS para 5000 iteraciones utilizando Crystal Ball 7.1 (Decisioneering, 2005) y asumiendo como individuo expuesto a un niño de 5 años, para cada parámetro de la exposición.

Con relación a la concentración por polígono, el conjunto de valores obtenidos por UCL se interpoló a toda la superficie del área de estudio mediante técnicas geoestadísticas aplicando krigging ordinario con variograma omnidireccional y modelo lineal (Isaaks y Srivastava, 1989, Goovaerts, 1997), con una equidistancia de 60 metros (Peluso, 2005). Sobre los puntos de interpolación contenidos en cada una de las 2016 unidades catastrales se realizó MC SRS asumiendo una distribución de valores de tipo normal, tomando como valores representativos la media aritmética y el desvío estándar del conjunto, y truncando las colas de la misma con los valores mínimo y máximo. Debido a la superficie dispar de los polígonos (desde 0.001 hasta 2.16 km²), existieron los que contenían de 1 hasta de 604 puntos de interpolación.

Los valores adoptados para la tasa de ingesta y peso corporal fueron derivados de la bibliografía; y de la duración y frecuencia de la exposición, por juicio propio, considerando un escenario de exposición residencial. Los tipos de distribuciones estadísticas, la fuente de información, así como los valores escogidos para los muestreos aleatorios por MC SRS para cada parámetro de la exposición, se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Caracterización de las distribuciones adoptadas en cada parámetro de la exposición para el cálculo probabilístico del riesgo agudo y crónico con MC SRS.

Parámetro	Media o valor medio	Desvío ST	Mínimo o valor extremo izquierdo	Máximo o valor extremo derecho	Tipo distribución	Fuente de la información
Concentración de la sustancia (mg.l ⁻¹)	Variable según polígono	Variable según polígono	Variable según polígono	Variable según polígono	Normal	
Tasa de Ingesta (l.día ⁻¹)	0.4	0.4	0.1	1.5	Lognormal (Roseberry y Burmaster, 1992)	USEPA (1997, 2000, 2002b)
Peso Corporal (kg)	19.5	2.5	13.5	25.5	Normal (GCA Corp., 1985, Lejarraga y Orfila, 1987)	Lejarraga y Orfila (1987)
Frecuencia Exposición (días.año ⁻¹)	330		300	360	triangular	Juicio propio
Duración Exposición crónica (años)	10		1	24	triangular	Juicio propio

RESULTADOS

Concentración de fluoruro en agua subterránea

En la Tabla 2 se presentan los resultados del cálculo del UCL representativo para cada pozo domiciliario y estadísticos del conjunto, de la serie 2002-2006 de concentraciones de fluoruro en agua subterránea, expresados en mg.l⁻¹.

En la Figura 2 se presentan las unidades catastrales que poseen 1.2 mg.l⁻¹ o más de concentración de fluoruro en agua subterránea, obtenidos por la técnica determinística luego de la interpolación. El conjunto de polígonos totalizan 1255, ocupando 81.79 km² e involucrando 31631 personas, de los cuales 3210 corresponden a niños.

Los resultados demuestran que el valor promedio de concentración de los pozos sobrepasa el NMP, con más de la mitad de ellos excediéndolos. Entre estos, un valor de UCL duplica el NMP (pozo 24).

Tabla 2. Estadísticos representativos de las concentraciones de fluoruro en los pozos muestreados utilizados para interpolar (UCL), en mg.l⁻¹.

Pozo	UCL	Pozo	UCL
1	1.09	16	1.56
2	1.16	17	1.12
3	1.41	18	1.28
4	1.23	19	1.04
5	1.61	20	0.86
6	0.91	21	1.06
7	1.60	22	0.89
8	2.08	23	2.08
9	2.29	24	2.63
10	1.33	25	0.82
11	1.35	26	1.01
12	1.64	27	1.37
13	2.21	28	1.61
14	1.23	29	0.83
15	1.39	30	1.99
Valor Mínimo			0.82
Valor Máximo			2.63
Media aritmética			1.42
Desvío Estándar			0.47
Coefficiente de Variación			0.33

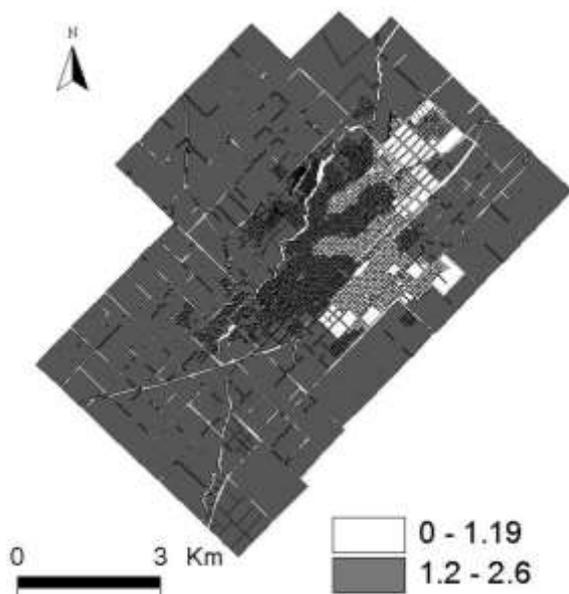


Figura 2. Área de concentración de al menos 1,2 mg.l⁻¹ de concentración de fluoruro en agua subterránea.

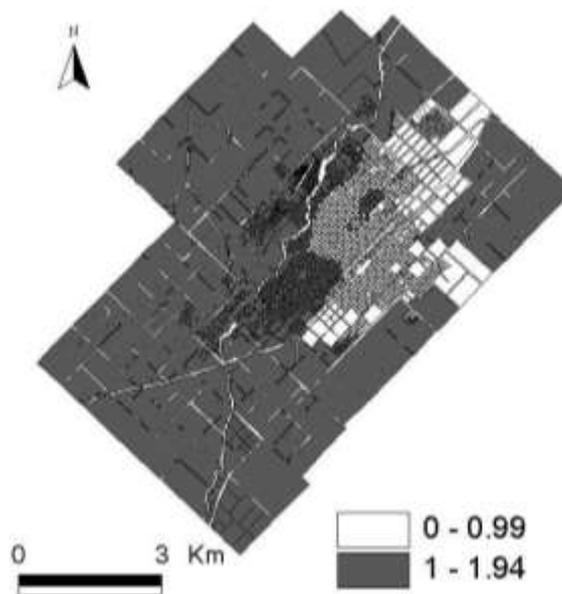


Figura 3. Distribución espacial del riesgo crónico atendible por fluoruro para la planta urbana.

Valores del riesgo crónico

En la Tabla 3 se presentan los valores de riesgo crónico para fluoruro en agua de pozo domiciliario por ingesta y para un niño como individuo expuesto, para el conjunto de los 2016 polígonos de toda la planta urbana.

Tabla 3. Estadísticos representativos para el Riesgo crónico (Cr) por fluoruro en aguas subterráneas para el conjunto de polígonos de toda la planta urbana.

Estadísticos	Cr
Valor mínimo	0.63
Valor máximo	1.94
Media aritmética	1.05
Desvío Estándar.	0.25
Coefficiente de Variación	0.24

Los resultados demuestran que el riesgo crónico sobrepasa el nivel de riesgo atendible (mayor a 1) en los valores promedio.

La distribución espacial del riesgo crónico por fluoruro se muestra en la Figura 3. En ella se observa que la mayor parte del área de la planta urbana presenta niveles de riesgo atendible, ocupando una superficie de 76.23 km² y 962 polígonos. En relación a la cantidad de gente involucrada según ese nivel de riesgo, existen 20903 personas en esa condición, de las cuales 1858 son niños hasta 5 años.

La población que presenta riesgo no atendible es de 35541 personas de las cuales 3821 son niños hasta 5 años, ocupando una superficie de 14.36 km², en un total de 1027 polígonos.

ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) ofrece un enfoque para resolver problemas y abordar los retos hídricos clave de manera que son a la vez económicamente eficientes, socialmente equitativas y ambientalmente sustentables (GWP, 2006).

Si bien los preceptos vinculados a la GIRH están incluidos en el Código de Aguas de la Provincia de Buenos Aires (1999), en la actualidad, no se han instrumentado los mecanismos para hacerlos operativos (Usunoff et al, 2000). Esto se debe en principio a la falta de información sistematizada en tiempo y forma, y con continuidad en el futuro, y a la insuficiencia o carencia de recursos humanos técnicamente formados en las áreas técnicas municipales/regionales (Usunoff, et al, 2000).

El presente estudio ha permitido visualizar una serie de posibilidades que brindan los modelos ARS para la evaluación de la calidad de los recursos hídricos para consumo humano en relación con el análisis comparativo basado en los límites establecidos por la normativa vigente.

En tal sentido, se realizó un análisis de la diferencia entre la evaluación basada en los NMP y el ARS. El mismo permite indicar que, en el primer caso se involucra al 90.37 % de la superficie de la planta urbana, involucrando 31631 personas de los cuales 3210 corresponden a niños. En el segundo caso, el 84.23 % de la superficie excede el nivel de riesgo atendible, para el riesgo crónico, involucrando 20903 personas de las cuales 1858 son niños.

A partir del análisis realizado entre la evaluación basada en los NMP y el ARS, se observa el nivel de conservadorismo que posee una evaluación basada en los NMP. En este contexto, los modelos ARS representan metodologías superadoras en lo que respecta a la evaluación de la calidad de los recursos hídricos para el consumo humano dadas las oportunidades que los mismos presentan.

Específicamente, estos modelos consideran simultáneamente múltiples rutas de exposición (modelos agregados), múltiples sustancias (modelos acumulativos), múltiples receptores (WHO, 2001; Suter II, 2003), y posibilitan la espacialización de la información mediante la utilización de los SIG (Korre et al., 2002, Gay y Korre, 2006).

Por otra parte, el ARS probabilístico posibilita el reconocimiento de la ocurrencia de factores inciertos que influyen sobre el estudio del riesgo y, consecuentemente, en la gestión basada en el mismo, y, además, permiten su cuantificación (Thompson y Graham, 1996; Dawoud y Purucker, 1996).

Si bien en el caso de la Argentina, los ARS presentan un incipiente desarrollo como herramienta para la toma de decisiones (Peluso et al., 2003), las razones antes planteadas permitirían reconocer el alto valor que poseen estos modelos como herramientas para el manejo de los recursos hídricos para uso consuntivo, de acuerdo a los principios enmarcados en el Código de Aguas mencionado, y en el concepto de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos.

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).

REFERENCIAS

- 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, pág. 3223 y ss.
- A.P.H.A., A.W.W.A., W.P.C.F. 1992. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Análisis de aguas potables y residuales. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation. Ediciones Diaz de Santos, S.A.
- Barnes D. 1988. Reference Dose (rfd): description and use in health risk assessment.
- CRARM. 1997. Risk Assessment and Risk Management in Regulatory Decision-Making. Presidential /Congressional Commission on Risk Assessment and Risk Management, U.S.A. Final Report. Vol. 2. pág. 169.
- Dawoud A., Purucker S.. 1996. Quantitative Uncertainty Analysis of Superfund Residential Risk Pathway Models for Soil and Groundwater: White Paper. Environmental Restoration Risk Assessment Program, Lockheed Martin Energy Systems, Inc. Oak Ridge, Tennessee 37831.
- De la Canal y Asociados S.R.L. 1994. Modificatoria del Art. 982 (Res. Ministerio de Salud y Acción Social del 07/07/94). Código Alimentario Actualizado, Capítulo XII, 331.
- Decisioneering. 2005. Crystal Ball 7.1, software.
- ESRI. 1992–1999. ArcView GIS 3.2. Environmental Systems Research Institute, Inc.
- Fryer M., Collins C., Ferrier H., Colville R., Nieuwenhuijsen, M. 2006. Human exposure modeling for chemical risk assessment: a review of current approaches and research and policy implications. *Environmental Science & Policy* 9 (2006): 261 – 274.
- Gay R., Korre A. A. 2006. Spatially-evaluated methodology for assessing risk to population from contaminated land. *Environmental Pollution* 142 (2006): 227-234.
- GCA Corp. 1985. Development of statistical distributions or ranges of standard factors used in exposure assessment. Washington D.C. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Health and Environmental Assessment, Office of Research and Development. USA.
- Global Water Partnership (GWP). 2000. Manejo integrado de recursos hídricos. Integrated water resources management. TAC Technical background papers, No. 4. GWP Technical Advisory Committee, Stockholm, Sweden. www.gwpforum.org/

- Global Water Partnership (GWP). 2006. Gestión Integrada de los Recursos Hídricos: Fortalecimiento de las Acciones Locales. Documento Temático. Eje Temático No. 2 Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. IV Foro Mundial del Agua Ciudad de México. www.imacmexico.org/
- Goovaerts P. 1997. Geostatistics for natural resources evaluation. Applied Geostatistics Series. Oxford University Press, Inc., UK.
- IHLLA. 2005. Sistema de soporte para la gestión eficiente de los recursos hídricos en la llanura bonaerense. Proyecto CIC-UNCPBA, Informe Final. Instituto de Hidrología de Llanuras, Azul, Argentina.
- INDEC. 2005. Censo de Población, Viviendas y Hogares 2001 por Radios Censales para la ciudad de Azul, Buenos Aires. Información en soporte digital. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de la República Argentina.
- Isaaks E., Srivastava M. 1989. An introduction to applied geostatistics. Oxford University Press, Inc., UK.
- Korre A., Durucan S., Koutroumani A. 2002. Quantitative-spatial assessment of the risks associated with high Pb loads in soils around Lavrio, Greece. Applied Geochemistry 17: 1029–1045.
- 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.
- NRC. 1983. Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process. National Research Council. National Academic Press, Washington DC.
- Peluso F., Usunoff E., González Castelain J. 2003. Metodología para el análisis del riesgo sanitario de los recursos hídricos usados con fines recreativos. Caso del Arroyo del Azul, Argentina. Cuadernos del CURIHAM, vol.9, pp. 1–7, 2003. ISSN 1514–2906.
- Peluso F. 2005. Metodología de análisis areal de riesgo sanitario por contaminantes en el agua de bebida para la ciudad de azul, argentina. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, Argentina. 226 p.
- Roseberry, A.M. y Burmaster, D. E. 1992. Lognormal distributions for water intake by children and adults. Risk Analysis 12:99-104.
- Suter II G. 2003. guest editor. Framework for Integration of Human and Ecological Risk Assessment. Human and Ecological Risk Assessment vol. 9 (1): 267 – 388.
- Thompson K., Graham J. 1996. Going Beyond the Single Number: Using Probabilistic Risk Assessment to Improve Risk Management. Human and Ecological Risk Assessment vol. 2 (4): 1008 – 1034.
- 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. 1997. Exposure factor handbook. Environmental Protection Agency. USEPA/600/P-95/002. Washington D.C., USA.
- USEPA. 1999. Process for Conducting Probabilistic Risk Assessment. Environmental Protection Agency. www.epa.gov/
- USEPA. 2000. Estimated per capita water ingestion in the United States. USEPA-822-R-00-006. Washington D.C., USA.
- USEPA. 2002a. 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. 2002b. Child-Specific Exposure Factors Handbook. EPA-600-P-00-002B.
- USEPA. 2004. ProUCL Version 3.0 User Guide. EPA/600/R-04/079. U.S. Environmental Protection Agency. Office of Research and Development, Washington, D.C., USA.
- Usunoff E., Peluso F., Gonzales Castelain J., Miranda, M. 2000. Hacia la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Publicado en Actas de 1st. Joint World Congress on Groundwater, Brasil.
- WHO. 2001. Approaches to Integrated Risk Assessment. World Health Organization. WHO/IPCS/IRA/01/12. www.who.int/

Artículo recibido el 11/2007 y aprobado para su publicación el 11/2009.