

**POBLACIÓN EXPUESTA A ARSÉNICO EN AGUAS DE CONSUMO EN ARGENTINA.  
PROPUESTA DE UN INDICADOR PARA UN SIGNIFICATIVO RIESGO AMBIENTAL**

DUARTE LEANDRO<sup>1</sup>, ORIGLIA IGNACIO<sup>2</sup>, DELGADO FLORENCIA<sup>3</sup>, MONTICO SERGIO<sup>1</sup>,  
OLIVA ALEJANDRO<sup>1\*</sup>

1. Centro de Estudios Interdisciplinarios (CEI), Universidad Nacional de Rosario (UNR)
2. Laboratorio de Genética y Mutagénesis Ambiental, Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC)
3. Instituto Académico Pedagógico de Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Villa María

[d.leandro1983@gmail.com](mailto:d.leandro1983@gmail.com), [ignaoriglia@gmail.com](mailto:ignaoriglia@gmail.com), [delgadoflorencia90@gmail.com](mailto:delgadoflorencia90@gmail.com),  
[smontico@unr.edu.ar](mailto:smontico@unr.edu.ar), [aoliva.promas@gmail.com](mailto:aoliva.promas@gmail.com)

RESUMEN (247)

El arsénico, como contaminante ambiental, puede causar intoxicaciones agudas y crónicas con la ingesta de agua contaminada que, en vastas zonas, es habitual. Aun así, se desconoce la población expuesta en el país. El objetivo es realizar una revisión sistematizada para recabar la información publicada, evaluando la población expuesta en Argentina, proponiendo un indicador de riesgo. Se realizó una búsqueda sistemática de la evidencia científica publicada, con criterios de selección específicos, sobre información de contenidos de arsénico en aguas de consumo a nivel provincial. Se calculó la representatividad de las mismas y el Porcentaje de Población Expuesta (PPE) a arsénico elevado, considerando el límite de 10 µg/L recomendado por la OMS. Se hallaron 61 publicaciones útiles para esta investigación, que se incluyeron en el análisis cuali-cuantitativo; esta información aporta datos relevantes para el 54% de las provincias argentinas, que representa el 71% de la población nacional. La Pampa, Catamarca y Buenos Aires son las provincias con mayor PPE con 87.98%, 78.90% y 68.55% respectivamente. Neuquén y Tierra del Fuego, las menores. Se hace necesaria una actualización de la

información sobre arsénico en aguas de consumo en Argentina, dado que, a pesar de conocerse su alta toxicidad, la información disponible en algunas provincias es inexistente. Se debe reevaluar el límite actual de corte a nivel país. Se ha sistematizado información e identificado variables que pueden ser útiles para análisis en estudios eco epidemiológicos, detallando la situación actual de las publicaciones de arsénico en aguas de consumo en Argentina

ABSTRACT. POPULATION EXPOSED TO ARSENIC IN DRINKING WATER IN ARGENTINA. PROPOSAL OF AN INDICATOR FOR A SIGNIFICANT ENVIRONMENTAL RISK.

Arsenic, as an environmental contaminant, can cause acute and chronic poisoning with the ingestion of contaminated water, which is common in vast areas. Even so, the exposed population in the country is unknown. The objective is to carry out a systematic review to collect the published information, evaluating the exposed population in Argentina, proposing a risk indicator. A systematic search of published scientific evidence was carried out, with specific selection criteria, on information on arsenic content in drinking water at the provincial level. Their representativeness and the Percentage of Population Exposed (PPE) to high arsenic were calculated, considering the limit of 10  $\mu\text{g/L}$  recommended by the WHO. 61 useful publications were found for this research, which were included in the qualitative-quantitative analysis; This information provides relevant data for 54% of the Argentine provinces, which represents 71% of the national population. La Pampa, Catamarca and Buenos Aires are the provinces with the highest PPE with 87.98%, 78.90% and 68.55% respectively. Neuquén and Tierra del Fuego, the minors. It is necessary to update the information on arsenic in drinking water in Argentina, given that, despite knowing its high toxicity, the information available in some provinces is non-existent. The current cut-off limit at the country level should be re-evaluated. Information has been systematized and variables

have been identified that may be useful for analysis in eco-epidemiological studies, detailing the current situation of publications on arsenic in drinking water in Argentina.

Palabras Claves: Asénico – Aguas – Indicador – Argentina

Keywords: Arsenic – Water – Indicator - Argentina

## INTRODUCCIÓN

El Arsénico (As) es un elemento ubicuo, ampliamente distribuido en todo el medio ambiente. Está presente en el aire, el agua y la tierra, y es una de las 10 sustancias químicas que la OMS considera más preocupantes para la salud pública (WHO 2022) La mayor cantidad de As en el ambiente proviene de fuentes naturales (meteorización, actividad biológica, emisiones volcánicas). Existe también una contribución de actividades antrópicas, provenientes de procesos industriales (minería, fundición de metales, pesticidas, conservantes de la madera, etcétera) (Litter 2018). Los recursos naturales de agua – superficiales y subterráneos – se ven afectados por el ciclo geoquímico del As, debido a: las interacciones del ambiente acuático con rocas, sedimentos y suelos; por las emisiones de fuentes volcánicas y geotérmicas; erosión y lixiviación de formaciones geológicas; y, residuos mineros que producen elevadas concentraciones de este elemento en este medio (RSA 2018).

La exposición humana al As puede ser por diferentes vías, como el consumo de agua contaminada o su uso para la preparación de comidas, para el riego de cultivos y para procesos industriales, así como al consumo de alimentos contaminados; de la misma manera que por la inhalación por aire. La exposición prolongada al arsénico inorgánico -por alguna de estas vías- puede causar intoxicaciones agudas y crónicas, desde lesiones en piel hasta neoplasias.

El arsenicismo es una enfermedad endémica, sobre todo en Argentina, donde se ha calculado una población expuesta a niveles elevados de arsénico de aproximadamente 4 millones de personas, siendo el riesgo más grande dentro de Latinoamérica (Litter et al. 2019). El Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE), que se conoce en este país desde el año 1913 ocupando, después de EE.UU., el segundo lugar en el mundo entre los países más afectados (Ministerio de Salud de Argentina 2006). Este cuadro, que persiste preocupando a nivel local, se ha visto ampliado con el impacto a largo plazo (crónico) sobre la salud humana; un reciente trabajo ha demostrado –en la región central- el efecto de genotoxicidad de este elemento en población expuesta a niveles elevados versus aquellos no-expuestos (Quiroga 2021), lo cual impacta en enfermedades de evolución crónica, desde las malformaciones congénitas hasta las enfermedades neurodegenerativas, pasando por el cáncer. Fue clasificado por el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC) de la Organización Mundial de la Salud (OMS) como cancerígeno para los seres humanos. (WHO 2004). Incluso, una reciente publicación, demostró la significativa participación de este metaloide -junto a otros- en la evolución grave y/o muerte de ciertas infecciones virales, como el COVID-19 (Domingo and Marqués 2021).

Particular atención merece la exposición perinatal, tanto intrauterina como de los primeros años de vida. En relación a ciertos cánceres, un estudio ejecutado en Chile, explorando las exposiciones tempranas y los riesgos adultos, mostraron una clara asociación pudiendo diferenciar los riesgos de exposiciones intrauterinas y las de la primera infancia, en periodos de alta y baja exposición (Smith et al. 2006). Dos revisiones bibliográficas, de hace algunos años, confirman esta situación como la de mayor período de riesgo (Young et al. 2018; Martínez and Lam 2021).

Por otro lado, en la fauna también ha sido demostrado su efecto tóxico. El consumo de aguas corrientes, el contacto con sedimentos, así como la ingesta de alimentos vegetales,

son las vías de contaminación en distintas especies. Un estudio realizado en la provincia de Tucumán documentó la contaminación en peces de los ríos de la región, altamente impactados por los desechos industriales –particularmente minería- donde, las concentraciones en el medio acuático, suelen ser más bajas que las encontradas en los sedimentos o en las especies de fauna y flora presentes en los cuerpos de agua (Buti 2015). Coincidente con estas publicaciones, una recopilación de contenido de arsénico en diferentes poblaciones de peces, confirma estos datos (Puntoriero y col. 2014). Lo mismo ha sido demostrado en poblaciones anfibias de Argentina (Mardirosian 2014), así como en aves marinas en otros escenarios (Vizuet 2019). De la misma manera, en la flora se produce una acumulación de este elemento como, por ejemplo, en diferentes especies de hongos (Zhang et al. 2020). La presencia del As en estas especies compromete también la cadena alimenticia interespecies, como otra forma de incorporación contaminante. Incluso, en las zonas con aguas arsenicales, es corriente observar que los vegetales tienen concentraciones de arsénico también elevadas (Queirolo et al. 2000; Sancha y Frenz, 2000) y que el ganado también padece los efectos de la arsenicosis (Ayerza 1917). Sin duda, este escenario es un participante central del denominado abordaje “una salud”, donde las condiciones de una especie (vegetal, fauna) se encuentran con la de otras (humanos); enfoque que viene siendo desarrollada en la última década (Sinclair 2019).

La OMS ha definido un valor límite para el arsénico en aguas, en sus “Guías para la calidad del agua potable”, cuya finalidad es servir -en el mundo- de base para las tareas de reglamentación y normalización en esta esfera, siendo el límite recomendado para la concentración de este elemento en el agua potable de 10 µg/L (OMS 2006). En Argentina, el Código Alimentario Argentino (CAA) establece un límite de seguridad más elevado, llegando a 50 µg/L, aunque ya han sido descritos en el país niveles muy por encima de dicho límite, incluso superando los 200 µg/L (Nicolli et al. 1989). Muchas evidencias científicas han

demostrado que, entre los límites de la OMS y el CAA, existe un significativo riesgo para la salud humana.

A pesar de lo mencionado hasta aquí, aún hoy se desconoce la real proporción de población que se encuentra expuesta a arsénico elevado en el país, La información sobre los niveles de este elemento en aguas de consumo se encuentra muy dispersa y poco actualizada, por lo tanto, el objetivo del presente análisis es realizar una revisión sistematizada para recabar la información publicada y evaluar su relación con la población expuesta.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Revisión Bibliográfica

Se realizó una búsqueda sistemática de la evidencia científica publicada en las siguientes bases de datos de acceso libre: PUBMED, Google Académico, LILACS y Sistema Nacional de Repositorios Digitales. Se utilizaron los términos en inglés: “*arsenic AND water consumption AND argentina*”; “*arsenic AND wáter AND argentina*”; o en español, “arsénico Y agua de consumo Y provincia Y argentina”.

Las condiciones a cumplimentar para la selección de los artículos fueron las siguientes: 1) si se podía obtener el número de población evaluada; 2) si expresaba el número de muestras de aguas valoradas; 3) si expresaba los valores de As; y 4) si las aguas analizadas eran de consumo humano; todo ello para cada una de las provincias.

### Construcción de las variables

Luego de la selección de la bibliografía válida, se dividieron por provincias y se calcularon los siguientes ítems:

(1) considerando el total de población evaluada, se calculó el porcentaje sobre la población provincial total, según el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INDEC 2010); esto permitió conocer la “representatividad” de las muestras para la correspondiente provincia,

(2) se calculó el número de muestras con valores mayores al índice OMS sobre el total de las capturadas a nivel provincial, obteniéndose un porcentaje de exposición de la población evaluada,

(3) este porcentaje se aplicó al total de la población específica evaluada, obteniéndose un índice de exposición de ésta, y

(4) este índice de exposición, se aplicó sobre el total de la población provincial, permitiendo obtener el llamado Porcentaje de Población Expuesta (PPE) para cada provincia.

A través de estos cálculos se obtuvieron dos variables para cada provincia: “representatividad” de las muestras obtenidas sobre el total poblacional; y, en segundo término, la variable de “exposición” poblacional, el PPE. Si la muestra capturada es representativa, el porcentaje de exposición puede ser proyectado al resto de la población, interpretado como un índice provincial.

## RESULTADOS

### Revisión Bibliográfica

Como puede verse en la Figura 1, de la revisión sistemática de la literatura se hallaron 569 publicaciones. Luego del primer filtro, de duplicados o no pertinencia por título o resumen, se seleccionaron 315 publicaciones que pasaron al análisis de criterios de inclusión, detallados en la metodología. Del total, 254 artículos fueron excluidos por este proceso, quedando como resultado final, 61 publicaciones útiles para esta investigación. Se halló información

relevante para el 54% de las provincias argentinas, que representa el 71% de la población total nacional. Incluye trece provincias y, aproximadamente, treinta y un millón de habitantes.

### Construcción de las variables

En el análisis de representatividad de los datos provinciales hallados en el presente análisis, se encontró una gran heterogeneidad de porcentaje de población bajo estudio, lo cual oscila entre 0.35% con la representatividad más baja, dada por la provincia de Chubut, al 99% con la representatividad más alta, encontrada en la provincia de Santa Fe. Se estableció un límite arbitrario del 30%, lo cual permitió establecer dos grupos, de alta y baja representación.

En relación con el Porcentaje de Población Expuesta (PPE), la mayor exposición (Cuadro 1a) se encontró en la provincia de La Pampa, con 87.98% de su población expuesta, seguida de Catamarca (78.90%) y luego la provincia de Buenos Aires (68.55%). Desde el punto de vista territorial, estas tres se encuentran distantes geográficamente entre ellas, lo cual muestra como la representatividad de los hallazgos son los que determinan los impactos sanitarios, y no las condiciones geológicas específicas de las zonas.

En relación a las provincias de baja representatividad (Cuadro 1b), los PPE de sus poblaciones son significativamente bajos, entre 0 y 10%; al tener tan baja significación el muestreo es muy impreciso el dato identificado.

## DISCUSIÓN

Centenas de millones de personas afectadas por la exposición a agua de consumo con elevadas concentraciones de arsénico han sido documentadas en muchas regiones del mundo. Entre las zonas con mayor población y extensión geográfica implicadas se destacan en Asia, una de las de mayor riesgo: el Golfo de Bengala, en Bangladesh; noreste de la India (Rahman et al. 200; Bhattacharyya et al. 2003); Mongolia Interior en China (Guo et al. 2001); además de Taiwán y Vietnam (Smedley and Kinniburgh 2002). En América del Norte y

Central: en el oeste de Estados Unidos (BEST 2001) y México (Rodríguez et al. 2004); y en Sudamérica en Argentina, Chile, Bolivia y Perú.

Argentina, pese a ser uno de los principales países en el que el consumo de aguas con niveles elevados de As es conocido –empíricamente- desde hace más de un siglo, debido a la presencia de enfermedades endémicas asociadas a este elemento, no cuenta con una información unificada y precisa que permita identificar su verdadero riesgo sanitario. De la misma manera que el impacto que podría tener sobre la fauna, particularmente la de consumo alimentario humano y otras, en vía de extinción.

La acumulación de evidencias de los efectos toxicológicos crónicos de la ingestión de arsénico a través del agua de bebida, ha llevado a rebajar progresivamente el umbral máximo de la concentración de arsénico en aguas destinadas a consumo humano (Smedley and Kinniburgh 2002). En Argentina y Chile este umbral se sitúa en 50 ug/l de arsénico (MSA-ANMAT 2005; Diario Oficial de la República de Chile 1984). Este umbral se intenta disminuir a 10 µg/L de arsénico, tal como fija la Unión Europea (EU 1998), recomienda la Organización Mundial de la Salud (WHO 2004), y propuso como “*Maximum Contaminant Level Goal*” (MCLG), a partir de enero de 2006, la Agencia Ambiental de Estados Unidos (US EPA 2005). Las implicaciones económicas que supone lograr que un agua tenga una concentración de arsénico aceptable, según estas normas, en amplios territorios ha abierto un importante debate sobre el nivel a fijar, tanto en países desarrollados como en países en desarrollo (Smith y Smith 2004). La bibliografía existente confirma que, los niveles de As recomendado por la OMS -en aguas de consumo, en relación a enfermedades crónicas no transmisibles, son los que han quedado demostrados como asociados a ellas (Rehman et al. 2018; Ferragut Cardoso et al. 2020; Jaafarzadeh et al. 2022).

Si bien la contaminación arsenical, estuvo muy estudiada en la intoxicación aguda desde hace tiempo (Campbell and Alvarez 1989), las patologías relacionadas con impacto diferido,

como el cáncer, fueron poco abordadas en el país como problemáticas específicas asociadas, aunque recientes análisis demuestran su asociación en este contexto (Duarte y col 2022). Por lo tanto, es necesaria una actualización de la información sobre arsénico en aguas de consumo en Argentina. En otros países, como USA, se han construido modelos de aproximación nacional a niveles de As en aguas de consumo, que han permitido definir áreas de alto y bajo riesgo (Ayotte et al 2017); paralelamente, Bangladesh ha realizado una revisión de publicaciones al respecto, que ha podido determinar un total –aproximado- de población expuesta (Karim 2000). Otros países, incluidos los de mayor riesgo, solo cuentan con información parcial.

Este trabajo aporta en ese sentido, evidenciando la información existente y faltante, permitiendo conocer la situación del arsénico en aguas de consumo en una alta proporción de la población del país. La amplia variabilidad observada, en el presente trabajo, se debe – básicamente- a la alerta epidemiológica regional, que lleva a investigadores locales a profundizar sobre el tema. Por lo tanto, se puede deducir que, en aquellas provincias con menos riesgos percibidos, de exposición al arsénico, las publicaciones sean menores que en aquellas que históricamente han sido asociadas a este tóxico ambiental.

Un concepto central en este análisis es el de “población expuesta”, sin embargo, no se encontró de uso extenso este término y, se considera un punto central en el análisis efectuado. La mayoría de los artículos analizados, y que debieron ser descartados, detallan las determinaciones analíticas de muestras de agua y los sitios de toma, pero no de la población bajo análisis, siendo esto fundamental para evaluar el real impacto sanitario de la contaminación arsenical en aguas de consumo. A la inversa, la cantidad de muestras no es un parámetro correcto para determinar la cobertura del análisis, tampoco así el nivel que alcanza la medición por encima del límite de corte en ellas. Sin duda, cuando una región presenta alarmas epidemiológicas relacionadas con enfermedades crónicas –no transmisibles- relacionadas con la contaminación arsenical en aguas de consumo, se hace

necesario evaluar los niveles de este componente en muestreos representativos de la población.

Los sesgos de la metodología empleada en el presente análisis son: 1) las posibles duplicaciones de las poblaciones expuestas en cada provincia, dado que algunos estudios se superponen en los territorio sin especificar los lugares específicos de captura; 2) hay un sesgo propio de las publicaciones, que está relacionado con el dosaje, sobre todo en aguas de pozo, desconociéndose la distribución de las poblaciones en relación a las fuentes de consumo; 3) el concepto de población expuesta no está incluido en las publicaciones relacionadas con arsénico siendo la variable de PPE, propuesta en este trabajo, un cálculo indirecto; 4) la temporalidad de las evaluaciones de las aguas son disimiles. De todas maneras, el arsénico ha sido descrito como un tóxico estable en el ambiente, con escasa variabilidad, dada la contaminación fundamentalmente natural, salvo que se hallan realizado intervenciones para la remoción de este elemento, cuestión escasa, parcial o inexistentes en Argentina a través de los años.

Como conclusión, esta revisión aporta valor a la evidencia publicada, sistematizando información e identificando variables que pueden ser útiles para análisis en estudios ecoepidemiológicos, tanto de humanos como de la fauna. Aquí se propone la utilización de un índice, “porcentaje de población expuesta” (PPE) a arsénico elevado, como una variable-resumen, para homogeneizar la información en el país. y de esta manera darle valor comparativo. Además, la misma, ha sido validada en un trabajo anterior, a nivel de asociaciones en relación a mortalidad por cáncer a nivel departamental en la Región Centro de Argentina (Duarte y col 2022).

Las intervenciones territoriales en gestión de salud, más en aspectos tan sensibles como el consumo de agua arsenicales por parte de la población argentina, exige disponer de información ordenada, organizada y coordinada para orientar la aplicación de herramientas y políticas públicas que redunden en la calidad de vida de los habitantes del país.

## REFERENCIAS

- Ayerza A.**, 1917. Arsenicismo regional endémico (keratodermia y melanodermia combinadas). *Bol. Acad. Medicina*, 2-3: 11-24.
- Ayotte, J. D.,** Medalie, L., Qi, S. L., Backer, L. C., & Nolan, B. T. (2017). Estimating the high-arsenic domestic-well population in the conterminous United States. *Environmental science & technology*, 51(21), 12443-12454.
- BEST** (Board on Environmental Studies and Toxicology), 2001. Arsenic in drinking water: 2001 update. National Academy Press, Washington D.C., 225 pp. [Internet] [Disponible: 06.01.23]. <https://nap.nationalacademies.org/read/10194/chapter/1>
- Bhattacharyya R.,** Chatterjee D., Nath B., Jana J., Jacks G. et al. 2003. High arsenic groundwater: Mobilization, metabolism and mitigation - an overview in the Bengal Delta Plain. *Molec. Cell. Biochem.*, 253(1-2), 347-355.
- Buti, C. I.,** Cancino, F., Ferullo, S., & Gamundi, C. (2015). Diversidad y evaluación toxicológica de peces como indicadores de contaminación por mercurio, plomo, cadmio, cobre y arsénico, provincia de Tucumán, República Argentina. Internet] Revisado: 3 de enero, 2023. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/13035>
- Campbell JP,** Alvarez JA. Acute arsenic intoxication. *Am Fam Physician*. 1989 Dec;40(6):93-7.
- Diario Oficial de la República de Chile**, 1984. Norma Chilena Oficial N°409/1 Of. N°84. Agua potable. Parte I: Requisitos. Aprobada por el Ministerio de Salud mediante Decreto Supremo N°11 del 16/01/1984. Publicado 3/03/1984
- Domingo JL,** Marquès M. The effects of some essential and toxic metals/metalloids in COVID-19: A review. *Food Chem Toxicol*. 2021 Jun;152:112161. doi: 10.1016/j.fct.2021.112161. Epub 2021 Mar 29. PMID: 33794307; PMCID: PMC8006493.

**Duarte** LE, Delgado F, Di Leo NC, Bertone CL, Franci Álvarez M, et al. Mortalidad por cáncer, arsénico y nitratos en aguas de consumo y superficies sembradas en Argentina. *Rev Panam Salud Publica*. 2022;47:e129.

**EU** (European Union), 1998, Directive 98/83/CE relative to human drinking water quality, Official Journal of European Communities L330.

**Ferragut Cardoso** AP, Udoh KT, States JC. Arsenic-induced changes in miRNA expression in cancer and other diseases. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2020 Dec 15;409:115306.

**Guo** X., Fujino Y., Kaneko S., Wu K., Xia Y. et al. 2001. Arsenic contamination of groundwater and prevalence of arsenical dermatosis in the Hetao plain area, Inner Mongolia, China. *Mol. Cell. Biochem*. 222, 137–140.

**Herkovits** J, Schalamuk I, González MJ, Berardozi E, García Einschlag FS, Bhattacharya P, Ahmad A. Arsenic in Argentina: Occurrence, human health, legislation and determination. *Sci Total Environ*. 2019 Aug 1; 676:756-766.

**INDEC** (Instituto Nacional de Estadística y Censo Argentina). Consulta censo 2010.

Consultado: 10/1/2023 Disponible <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-2-41-135>

**Jaafarzadeh** N, Poormohammadi A, Almasi H, Ghaedrahmat Z, Rahim F et al.. Arsenic in drinking water and kidney cancer: a systematic review. *Rev Environ Health*. 2022 Mar 15.

Karim, M. M. (2000). Arsenic in groundwater and health problems in Bangladesh. *Water Research*, 34(1), 304-310.

**Litter** M. Arsénico en agua. Programa FUTUROS Escuela de Posgrado: Agua + Humedales.

UNSAM Edita, 2018. p .210-224. Disponible online:

<https://ri.unsam.edu.ar/bitstream/123456789/9111/1/PFAH%202018%20CLM.pdf>

**Litter** MI, Ingallinella AM, Olmos V, Savio M, Difeo G, et al. 2014. Ecotoxicología del arsénico y mecanismos de acción en el desarrollo del anfibio *Rhinella arenarum* . (Tesis Doctoral.

Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.). Recuperado de

[https://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis\\_n5664\\_Mardirosian](https://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n5664_Mardirosian)

**Martinez** VD, Lam WL. Health Effects Associated With Pre- and Perinatal Exposure to Arsenic. *Front Genet.* 2021 Sep 29; 12:664717.

**Ministerio de Salud de Argentina.** Epidemiología del HACRE en la República Argentina, Estudio Colaborativo Multicéntrico. 2006. Informe online. Link:  
[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2006\\_epidemiologia\\_del\\_hacre\\_en\\_argentina.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2006_epidemiologia_del_hacre_en_argentina.pdf)

**MSA-ANMAT** (Ministerio de Salud y Ambiente – Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica), 2005. Código Alimentario Argentino-Capítulo XII - Bebidas Hidricas, Agua y Agua Gasificada - Agua Potable - Artículo 982 - (Res Msys N° 494 Del 7.07.94). <http://www.anmat.gov.ar/principal.html> [Consulta: 20/06/2005].

**Nicolli** H, Suriano J, Gomez Peral M, Ferpozzi L & Baleani O (1989) Groundwater Contamination with Arsenic and other Trace Elements in an Area of the Pampa, Province of Cordoba, Argentina. *Environmental Geology and Water Science* 14 3–16.

OMS (Organización Mundial de la Salud). Guías para la calidad del agua potable. Primer apéndice de la tercera edición. Volumen 1. Recomendaciones. Ginebra: OMS; 2006.

Disponible en: <https://sswm.info/>

[sites/default/files/reference\\_attachments/OMS%202006.%20](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OMS%202006.%20)

[Gu%C3%ADa%20para%20la%20calidad%20de%20agua%20potable.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OMS%202006.%20Gu%C3%ADa%20para%20la%20calidad%20de%20agua%20potable.pdf)

**Puntoriero**, M. L., Volpedo, A. V., & Fernández Cirelli, A. 2014. Riesgo para la población rural en zonas con alto contenido de arsénico en agua. *Acta Toxicol Argent*, 22(1), 15-22.

**Queirolo** F., Stegen S., Restovic M., Paz M., Ostapczuk P. et al. 2000. Total arsenic, lead, and cadmium levels in vegetables cultivated at the Andean villages of northern Chile. *Sci. Tot. Environ.*, 255(1-3), 75-84.

**Quiroga**, AM. Evaluación de daño oxidativo y genotóxico y su relación con variables nutricionales en poblaciones expuestas a Arsénico en agua de bebida de la zona centro-

norte de la provincia de Santa Fe, Argentina. (2021). [Internet] Revisado: 3 de enero, 2023.

Disponible en: <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/handle/11185/6250>

**Rahman** M.M., Chowdhury U.K., Mukherjee S.C., Mondal B.K., Paul K. et al. 2001. Chronic arsenic toxicity in Bangladesh and West Bengal, India—a review and commentary. *J. Toxicol. Clin. Toxicol.* 39, 683–700.

**Rehman** K, Fatima F, Waheed I, Akash MSH. Prevalence of exposure of heavy metals and their impact on health consequences. *J Cell Biochem.* 2018 Jan;119(1):157-184.

**Rodriguez** R., Ramos J.A., Armienta A., 2004. Groundwater arsenic variations: the role of local

geology and rainfall. *Appl. Geochem.*, 19(2), 245-250.

**RSA** Conicet. Grupo AD HOC. Arsénico en agua. - INFORME FINAL - 31 de julio de 2018.

Online: <https://rsa.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/2018/08/Informe-Arsenico-en-agua-RSA.pdf>

**Sancha** A.M., Frenz P., 2000. Estimate of the current exposure of the urban population of northern Chile to arsenic Interdisciplinary Perspectives on Drinking Water Risk Assessment and Management (Proceedings of the Santiago (Chile) Symposium, September 1998). IAHS Publ. no. 260, January 2000, pp. 3–8.

**Sinclair** JR. Importance of a One Health approach in advancing global health security and the Sustainable Development Goals. *Rev Sci Tech.* 2019 May;38(1):145-154. doi:

10.20506/rst.38.1.2949. PMID: 31564744.

**Smedley** P.L., Zhang M., Zhang G., Luo Z., 2003. Mobilisation of arsenic and other trace elements in fluviolacustrine aquifers of the Huhhot Basin, Inner Mongolia. *Appl. Geochem.*, 18(9), 1453-1477.

**Smith** A.H., Smith M.M.H., 2004. Arsenic drinking water regulations in developing countries with extensive exposure. *Toxicol.*, 198(1-3), 39-44.

**Smith**, A. H., Marshall, G., Yuan, Y., Ferreccio, C., Liaw, J. et al 2006 . Increased mortality from lung cancer and bronchiectasis in young adults after exposure to arsenic in utero and in early childhood. *Environmental health perspectives*, 114(8), 1293-1296.

**USEPA** (United States Environmental Protection Agency), 2005, List of Drinking Water Contaminants & MCLs, February 23rd, 2005, [Internet] [Disponible: 06.01.23].

[https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-10/documents/ace3\\_drinking\\_water.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-10/documents/ace3_drinking_water.pdf)

**Vizuite** J, Pérez-López M, Míguez-Santiyán MP, Hernández-Moreno D. Mercury (Hg), Lead (Pb), Cadmium (Cd), Selenium (Se), and Arsenic (As) in Liver, Kidney, and Feathers of Gulls: A Review. *Rev Environ Contam Toxicol*. 2019; 247:85-146.

**WHO** (WORLD HEALTH ORGANIZATION), INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (IARC). Some Drinking-Water Disinfectants and Contaminants, including Arsenic. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 2004. Volumen 84. Disponible online: <https://publications.iarc.fr/102>

**WHO** (WORLD HEALTH ORGANIZATION) Guidelines for drinking-water quality Fourth edition incorporating the first and second addenda. 2022. ISBN 978-92-4-004506-4 (electronic version). Link:

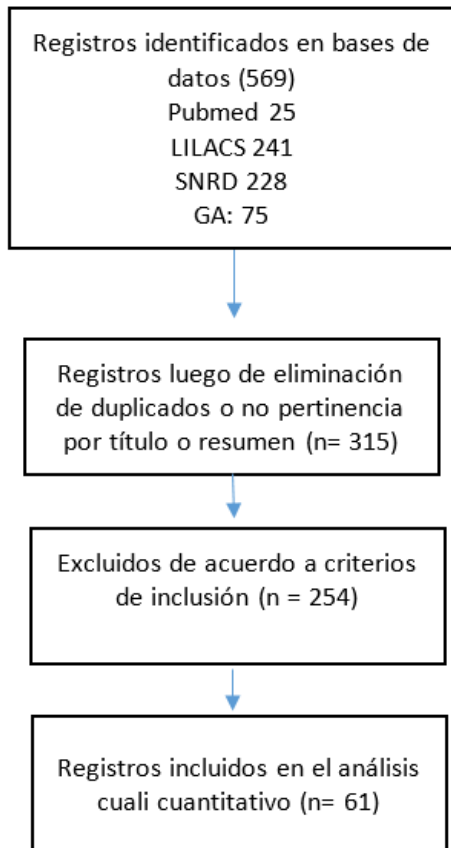
<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/352532/9789240045064-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=29>

**Young**, J. L., Cai, L., & States, J. C. (2018). Impact of prenatal arsenic exposure on chronic adult diseases. *Systems biology in reproductive medicine*, 64(6), 469-483.

**Zhang** J, Baralkiewicz D, Wang Y, Falandysz J, Cai C. Arsenic and arsenic speciation in mushrooms from China: A review. *Chemosphere*. 2020 May;246:125685. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.125685. Epub 2019 Dec 20. PMID: 31887488.

Figura 1. Diagrama de flujo de la revisión sistemática de la Literatura

Figure 1. Flowchart of the systematic review of the Literature



Cuadro 1a. Alta representatividad y niveles de exposición al arsénico por provincia

<b>PROVINCIAS</b>	<b>Porcentaje de Población provincial bajo estudio (%)</b>	<b>Porcentaje de población provincial expuesta (PPE) a niveles elevados de arsénico (%)</b>	<b>Referencias bibliográficas</b>
	<b>REPRESENTATIVIDAD</b>	<b>EXPOSICIÓN</b>	
<b>SANTA FE</b>	99	60,08	ENRES (2019)
<b>LA PAMPA</b>	95.75	87.98	Pariani et al, (2014)
			Vercellino. (2020)
			O'Reilly et al. (2020)
			Paoloni et al. (009)
<b>NEUQUEN</b>	88.98	0	CIMA (2020)
			Velazquez (2016)
<b>CATAMARCA</b>	86.64	78.9	Rugierri et al (2009)
			Saracho et al. (2016)
			Saracho et al (2019)
			Graziano et al. (2013)
			CIMA (2020)
			Saracho et al (2016b)
			Vilches et al. (2005)

<b>BUENOS AIRES</b>	77.6	68.55	Navoni et al. (2012)
			RSA CONICET. (2018)
			Galindo et al. (2005)
<b>CORRIENTES</b>	77.17	57.88	CIMA (2020)
<b>CHACO</b>	75.43	53.51	Roshdestwensky et al. (2016)
			Martínez et al. (2014)
			Trinelli et al. (2018)
			Corace et al (2019)
			Concha et al (1998)
			Osicka et al. (2002)
			CIMA (2020)
			Buchhamer et al (2012)
			Blanes et al (2011)
<b>CORDOBA</b>	70.6	29.09	Villalba et al. (2000)
			Blarasin et al. (2015)
			Penedo (2000)
<b>ENTRE RIOS</b>	61.64	28.02	UNER (2019)
			CIMA (2020)
<b>SAN LUIS</b>	60.61	60.61	Vidal Treber et al. (2017)

			Gonzalez et al. (2004)
			Gonzalez et al. (2003)
<b>TIERRA DEL FUEGO</b>	38.58	0	CIMA (2020)
<b>JUJUY</b>	34.2	22.27	López Steinmetz et al. (2018)
			CIMA (2020)
			Murray et al. (2019)
			Ruggeri et al (2009)
<b>SANTIAGO DEL ESTERO</b>	32.84	26.36	Bhattacharya et al. (2006)
			Swiecky et al. (2006)
			Revelli et al. (2016)
			Revelli et al (2008)
			Vidoni et al. (2010)
			Sifuentes y col. (2003)
			Bundschuh et al. (2004)
			Calatayud et al (2019)
			Navoni et al (2014)
			CIMA (2020)

			Litter et al. (2015)
--	--	--	----------------------

Cuadro 1b. Baja representatividad y niveles de exposición a arsénico por provincia

<b>PROVINCIA</b>	<b>Porcentaje de Población provincial bajo estudio (%)</b>	<b>Porcentaje de población provincial expuesta (PPE) a niveles elevados de arsénico (%)</b>	<b>Referencias bibliográficas</b>
	<b>REPRESENTATIVIDAD</b>	<b>EXPOSICIÓN</b>	
<b>SANTA CRUZ</b>	26.79	0	CIMA (2020)
<b>TUCUMAN</b>	14.11	10.51	Soria de González et al. (2008)
			Soria de Gonzale et al (2011)
			Guber et al (2009)
			Nicolli et al (2012)
			CIMA (2020)
			Nicolli et al (2005)
			Gerstenfeld et al. (2012)
			Soria et al (2021)
<b>MENDOZA</b>	12.01	9.13	Elia Dazat (2017)
			CIMA (2020)
<b>SALTA</b>	9.26	5.01	Concha et al (1998)
			Concha et al (2010)
			Hudson-Edwards et

			al (2012)
			Boujon (2021)
			CIMA 2020
<b>FORMOSA</b>	8.97	3.99	CIMA (2020)
<b>RIO NEGRO</b>	8.46	2.77	Grismado. (2012)
			Garrido (2017)
			CIMA (2020)
<b>SAN JUAN</b>	4.95	4.95	CIMA (2020)
			O'Reilly et al. (2010)
<b>MISIONES</b>	2.51	0.84	CIMA (2020)
<b>LA RIOJA</b>	1.66	0.21	Miguel et al. (2017)
			Nievas et al. (2013)
			CIMA (2020)
<b>CHUBUT</b>	0.35	0.27	Nievas et al. (2013)
<b>CABA</b>	0	0	CIMA (2020)

