

<https://doi.org/10.48061/SAN.2024.25.1.24>

EL ARSÉNICO EN LOS ALIMENTOS. ¿DEBEMOS PREOCUPARNOS?

ARSENIC IN FOOD. SHOULD WE WORRY?

Edda C. Villaamil Lepori¹

¹ Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires. Argentina

Correspondencia: Edda Villaamil Lepori

E-mail: eddavilla@gmail.com

Presentado: 29/11/23. Aceptado: 20/01/24

RESUMEN

Introducción: El consumo de aguas arsenicales y alimentos contaminados con arsénico (As) es un problema mundial que afecta a muchos países. El As aun en concentraciones traza puede causar efectos perjudiciales para la salud, denominado en Argentina HidroArsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE). El responsable de las acciones tóxicas incluido la carcinogénesis es el arsénico inorgánico (iAs). Cuando los individuos consumen alimentos cultivados en suelos ricos en As y/o regados con aguas arsenicales, los de origen animal que bebieron estas aguas y los cocinados con aguas que contienen As aumentan el riesgo de padecer HACRE. Esta revisión aporta información con base en datos existentes en el mundo y en Argentina sobre la contribución de As a los alimentos de consumo; a la vez que menciona acciones y recomendaciones a fin de minimizar la ingesta de As en la población y disminuir el riesgo de afecciones en la salud. La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda un nivel guía aceptable de As en agua de consumo de 0,01 mg/L (10 µg/L) y Argentina ha fijado igual límite, pero todavía admite valores máximos de 0,05 mg/L (50 µg/L) en aguas de consumo humano en regiones de HACRE. Los alimentos que más iAs aportan a la dieta son algunos cereales (arroz, trigo, etc.) y productos de origen animal (vacunos) con altos porcentajes de bioaccesibilidad (62,7 y 78%) de iAs. En regiones con altos contenidos de As en el agua de bebida (> 0,05 mg/L o 50 µg/L) el aporte de iAs a la dieta es relevante, especialmente en la población infantil. De hecho, tanto en Europa como en América, las poblaciones más vulnerables por la alta exposición al iAs en la dieta son los lactantes y niños pequeños.

Palabras clave: arsénico; agua; alimentos; regulación argentina; riesgo alimentario; poblaciones vulnerables.

ABSTRACT

Introduction: The consumption water and foods contaminated with arsenic (As) is a global problem that affects many countries. Arsenic, even in trace concentrations, can cause harmful effects on health, called HydroArsenicism Chronic Regional Endemic (HACRE) in Argentina. Inorganic arsenic (iAs) is responsible for toxic actions including carcinogenesis. When people consume foods grown in soils rich in As and irrigated with arsenic water, those of animal origin that drank these waters and those cooked with water containing As, increase the risk of suffering from HACRE. This review attempts to provide information based on existing data in the world and in Argentina on the contribution of As to consumer foods and mentions actions and recommendations to minimize As intake in the population and reduce the risk of health conditions. The World Health Organization (WHO) recommends an acceptable guideline level of As in drinking water of 0.01 mg/L (10 µg/L) and Argentina has set the same limit, but still allows maximum values of 0.05 mg/L (50 µg/L) in drinking water in HACRE regions. The foods that provide the most iAs to the diet are some cereals (rice, wheat), and certain products of animal origin (beef) with high percentages of bioaccessibility (62.7 and 78%) of iAs. The most vulnerable populations due to the high exposure to iAs in the diet are infants and young children, both in Europe and Argentina. In regions with high As contents in drinking water (> 0.05 mg/L or > 50 µg/L) the contribution of iAs in the diet is relevant, especially in the child population.

Keywords: arsenic; water; food; Argentine regulation; food risk; vulnerable populations.

INTRODUCCIÓN

El arsénico (As) es un elemento abundantemente distribuido en la naturaleza, que contamina aguas superficiales y subterráneas, suelos y seres vivos. Esto ocurre naturalmente como consecuencia de elevados contenidos de As en rocas volcánicas. Por procesos de lixiviación, solubilización o escorrentía se contaminan las aguas: los suelos lo hacen por erosión de las rocas y los seres vivos por consumo de aguas o alimentos que contienen As.

La contaminación del agua de consumo con As no solo ocurre en Argentina, sino que es un problema mundial con alto impacto en las regiones más pobres del mundo¹, estimándose según datos recientes que alrededor de 220 millones de personas estarían expuestas a altas concentraciones de As en las aguas de bebida². Los países mayormente afectados son Bangladesh, Camboya, Chile, Argentina, China, los EE. UU., India, México, Rumania, Taiwán, Pakistán y Vietnam. En América Latina, alrededor de 14 millones de personas consumen aguas arsenicales, siendo Argentina, Chile y México los países con mayores niveles de As en las aguas³. En algunas regiones de Argentina, de la India y de Bangladesh la población consume agua de pozo con concentraciones superiores a 1 mg/L (1.000 µg/L)⁴.

La presencia de As en el agua subterránea en Argentina fue descrita en la provincia de Córdoba, hace ya más de 100 años. En 1917 el médico Goyenechea⁵ fue el primero que relacionó la "Enfermedad de Bell Ville" con el consumo crónico de As y Ayerza⁶, a la que denominó "Arsenicismo Regional Endémico", hoy conocida como "HidroArsenicismo Crónico Regional Endémico" (HACRE). Desde entonces, se ha identificado una amplia región de Argentina, la región Chaco-pampeana, en la que las aguas subterráneas presentan alta incidencia y contenido de As. Aunque no ha sido evaluada la contaminación arsenical en la totalidad de las fuentes de aguas subterráneas utilizadas para consumo humano en Argentina, es sabido que abarca una importante región como se muestra en la Figura 1.

Los alimentos y el agua de bebida son las principales vías de exposición para el ser humano^{8,9}. No solo el consumo de aguas contaminadas con As debe preocuparnos, sino también los alimentos cultivados en suelos ricos en As y regados con aguas arsenicales, los procedentes de animales que beben de estas aguas y el cocinado en aguas con As, puesto que son otras fuentes adicionales de ingestas de As que aumentan la exposición al metaloide y el riesgo de intoxicación crónica de la población humana⁸.

Esta revisión procura aportar información con base en datos existentes en el mundo y en Argentina sobre el As en los alimentos de consumo, a la vez que menciona acciones y recomendaciones a fin de minimizar la ingesta de As en la población y disminuir el riesgo de afecciones en la salud.

Toxicidad de las diferentes especies químicas del As

El As es un elemento muy tóxico para el hombre; por ello, la Agencia Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC) lo ha clasificado como carcinógeno "clase 1" para el ser humano, de acuerdo con la evidencia científica existente respecto del efecto carcinógeno de este elemento^{8,9}.

Este elemento se presenta en diferentes especies químicas, As inorgánico (iAs) y orgánico (oAs), y existen diferencias en el grado de toxicidad (Figura 2). Las formas de iAs como el As⁻³ (arsina) y el As⁺³ (arsenito) son las más tóxicas (presentan menores DL50), la acción carcinógena se asocia al (As⁺⁵) y (As⁺³) y se ha demostrado que las especies de oAs como la arsenobetaina (AsB) y la arsenocolina (AsC) presentan muy baja toxicidad⁴.

En las aguas subterráneas se encuentra el As mayoritariamente en formas inorgánicas como As⁺³ y As⁺⁵.

Efectos del As en la salud humana

La exposición al As inorgánico (iAs) por largos periodos de tiempo causan intoxicaciones crónicas y sucede principalmente por el consumo de agua de bebida y alimentos contaminados con As. Casi no hay países donde el As no esté presente; más aún, en algunos lugares se registran concentraciones extremadamente elevadas (Figura 3).

Se sabe que la exposición crónica al iAs está asociada con varios tipos de cáncer (piel, pulmón, vejiga, hígado, riñón y próstata), con enfermedades o alteraciones gastrointestinales, hematológicas y renales, inmunológicas, vasculares, cardíacas, causa hipertensión arterial, promueve la diabetes mellitus (tipo II) y el estrés oxidativo, dificulta la reparación eficiente del ADN, es genotóxico, provoca abortos, bajo peso al nacer y otras patologías perinatales. Asimismo, genera alteraciones neurológicas y aumento de la expresión de genes comprometidos en el metabolismo de los lípidos y glutatión; a nivel de piel causa hiperqueratosis e hiperpigmentación, siendo estos últimos los signos más característicos en nuestra región. El engrosamiento palmoplantar, la hiperqueratosis, el aumento de la pigmentación de la piel y el desarrollo de cáncer de piel, pulmón y vejiga son los problemas de salud más frecuentemente reportados en la literatura. En Taiwán, al igual que en el

norte de Chile, existe un predominio de la enfermedad del pie negro asociada con la ingesta crónica de As, que ocasiona gangrena en los miembros inferiores. Todos estos efectos se producen luego de una exposición de alrededor de cinco años, lo que causa alteraciones, especialmente el cáncer de piel y problemas vasculares como el pie negro^{4,8-19}.

La OMS estima que las personas están expuestas a niveles peligrosos de As en el mundo en no menos de 70 países¹⁴.

Aspectos regulatorios del As en aguas y alimentos

Siendo el As un elemento que, aun en concentraciones traza puede provocar efectos perjudiciales para la salud, las concentraciones en las aguas y en los alimentos deben regularlas las autoridades sanitarias. La OMS¹⁴ considera al As dentro de las 10 sustancias químicas de mayor preocupación para la salud pública. A fin de reducir la exposición al As, propone y recomienda fijar valores de referencia, tener en cuenta los datos científicos disponibles y adoptar recomendaciones para la gestión de riesgos. Las Guías para la calidad del agua de consumo humano para el As recomienda un valor guía de 0,01 mg/L (10 µg/L) con base en el riesgo de efectos carcinógenos. Para ello, propone ese valor basal con fines regulatorios a nivel mundial¹⁴ y lo considera como provisional debido a las dificultades que existen para la eliminación del arsénico del agua de bebida; sobre todo, teniendo en cuenta que, de acuerdo con la existencia de suficiente evidencia científica, aun en concentraciones inferiores a 0,01 mg/L (10 µg/L) puede provocar efectos adversos en la salud humana. Es así que el Código Alimentario Argentino (CAA)²¹ estableció, según la recomendación de la OMS (OPS/OMS)²², un nivel guía aceptable de arsénico en agua de consumo de 0,01 mg/L (10 µg/L). Sin embargo, para zonas de HACRE, las resoluciones conjuntas N.º 34 y N.º 50/2012 junto con la N.º 34/2019 del CAA permiten que, "en regiones del país con suelos de alto contenido de arsénico, la autoridad sanitaria competente podrá admitir valores mayores a 0,01 mg/L con un límite máximo de 0,05 mg/L cuando la composición normal del agua de la zona y la imposibilidad de aplicar tecnologías de corrección lo hicieran necesario, hasta contar con los resultados del estudio "Hidroarsenicismo y Saneamiento Básico en la República Argentina"²³.

El CAA²¹ también establece los límites máximos de As en diferentes alimentos comprendidos entre 0,1 y 1 mg/kg (Tabla 1). Se trata de As total (TAs) que es la suma de todas las especies químicas (iAs y el oAs) presentes en el alimento y no fija límites para el iAs (las especies de mayor toxicidad). La ley de Residuos Peligrosos (Ley N.º 24051) establece un límite de 0,10 mg/L (10 µg/L) para aguas de riego y de 0,50 mg/L (50 µg/L) en aguas de bebida para el ganado.

El Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) en 1989²⁴ estableció para el iAs una Ingesta Semanal Tolerable Provisional (ISTP) de 15 µg/semana/kg peso corporal (pc). En el año 2010, se eliminó este valor de referencia toxicológico por ser del orden de la dosis Benchmark (BMLD_{0,5}), definida como la dosis más baja de iAs que incrementa en un 0,5% la frecuencia de cáncer de pulmón²⁴. Se fijó el BMLD_{0,5} en 3 µg de As inorgánico/kgpc/día (o de 2 a 7 µg/kgpc teniendo en cuenta la variabilidad de la exposición alimentaria total estimada)^{24,25}.

El Arsénico y los alimentos en el mundo y en Argentina

As en alimentos del mundo

Millones de personas en el mundo están crónicamente expuestas a niveles elevados de As en el agua de bebida (> 0,05 mg/L o 50 µg/L). Así, las poblaciones ingieren aguas subterráneas (de pozo)^{26,27} y consumen alimentos contaminados durante su producción, como consecuencia de su preparación con aguas arsenicales. No cabe duda de que los alimentos son una fuente de exposición al iAs, que en algunas situaciones resulta de riesgo toxicológico¹⁴.

Regar los cultivos con aguas arsenicales y utilizarla como agua de bebida en la producción animal explica la acumulación de iAs en los productos agropecuarios y el aporte de As a las dietas. La utilización de aguas arsenicales en la preparación de los platos de comidas contribuye notablemente a la ingesta diaria de iAs, especialmente en localidades de muy alta exposición (As en agua > 0,15- 0,20 mg/L o 150-200 µg/L) y más aún cuando se preparan con base en cereales como el arroz y el trigo (pastas), que absorben el iAs presente en el agua de cocción, llegando a aumentar su concentración entre un 200 y 250%¹⁷.

La concentración de TAs en los alimentos es variable, comprendida entre 0,1 y 1 mg/kg. Alimentos con altos contenidos de TAs son las carnes de mamíferos y de aves, productos lácteos, algunos cereales y ciertos vegetales¹⁴, pero no todo el As es iAs. La fracción de iAs es la de mayor interés (de mayor riesgo toxicológico), y no siempre se conoce en nuestro país. Además, Argentina no ha establecido límites máximos para el iAs. En cambio, la Unión Europea (UE) dispuso en 2015 límites máximo de iAs para el arroz blanco (o pulido) de

0,2 mg/kg, para el arroz integral en 2016 de 0,35 mg/kg, y arroz para la producción de alimentos para lactantes y niños pequeños (<3 años) 0,10 mg/kg²⁸, según el Reglamento (UE) 2015/1006. En marzo de 2023 estableció nuevos límites: para el arroz blanco un máximo de 0,15, para el integral de 0,25 y para alimentos infantiles preparados 0,01 o 0,02 mg/kg para líquidos y polvos²⁹.

Datos de áreas endémicas (West Bengal, India)²⁶ señalan que los alimentos pueden aportar hasta el 93% de la ingesta diaria de As. No obstante, en Argentina, en la región chaqueña, se ha encontrado que puede llegar a contribuir con el 100%³⁰.

Respecto del oAs, dada su baja toxicidad, no se lo considera un problema para la salud. En el caso de los productos de la pesca (pescado, crustáceos y algas marinas), que contienen altas concentraciones de oAs y muy bajas de iAs. El TAs contribuye en mayor medida a la ingesta del contaminante (puede llegar a 1 mg/kg peso húmedo (ph), superando en ocasiones los 10 mg/kg)³¹, aunque es poco probable que afecte la salud humana porque el iAs aporta en muy baja proporción. Pero en ciertas algas como *Hizikia fusiforme* el iAs puede llegar a 60 mg/kg peso seco^{32,33}. Es por esta razón que algunas agencias alimentarias recomiendan limitar su consumo.

En la mayoría de los alimentos vegetales las concentraciones de TAs no son elevadas. Sin embargo, el arroz presenta concentraciones de TAs e iAs muy superiores a las de otros vegetales y cereales^{34,35}. En varios países, en el arroz pulido o blanco se han reportado valores de iAs entre < 0,002 a 0,399 mg/kg, con una media de 0,066 mg/kg. En América del Sur el arroz tiene un contenido de iAs más elevado que en otras regiones^{33,36,37}.

En los hongos comestibles se ha encontrado iAs y oAs, con alta proporción de iAs^{33,35,37}.

La European Food Safety Authority (EFSA) en 2009³⁷ evaluó para los europeos la exposición al iAs a través de los alimentos y del agua de bebida, encontrando una ingesta de iAs entre 0,13-0,56 µg/kgpc/día y señala como grupos de riesgo a los que consumen cantidades importantes de arroz (aporta 1 µg/kgpc/día), aquellos con altos consumos de algas y derivados (4 µg/kgpc/día) y a los lactantes y niños pequeños. Para este último grupo, el arroz, el trigo y sus derivados contribuyen a elevar la ingesta de iAs de forma significativa, siendo esta población altamente vulnerable. Merece especial atención el caso de la población celiaca debido al alto consumo de arroz en sus dietas. En ciertos países (UE) se establecieron límites máximos de iAs en alimentos para lactantes e infantes que no deben superarse; por ejemplo, para el arroz blanco se fijó en 0,10 mg/kg³⁷. Otro informe de la EFSA³⁸ de 2014 concluye en que la exposición dietética más alta al iAs de la población europea correspondía a lactantes y niños pequeños (<36 meses de edad), con una ingesta diaria de iAs entre 0,20 y 1,37 µg/kgpc. La leche y productos lácteos fueron los principales contribuyentes a la exposición al iAs. En cambio, en los adultos, la exposición media diaria de iAs estuvo entre 0,11 y 0,38 µg/kgpc, pero supera los rangos más altos el punto más bajo del valor de seguridad propuesto por la EFSA (0,3 y 8 µg/kgpc/día). Los principales contribuyentes al iAs fueron el grupo de "productos preparados a base de cereales (excluyendo el arroz)" (15%), el arroz (8%), la leche y los productos lácteos (8%) y el agua potable. La contribución de cada alimento fue muy variable, según los datos de consumo entre diferentes edades y países. La EFSA en 2021³⁸ nuevamente evaluó el contenido de iAs en alimentos infantiles y encontró que las estimaciones de exposición más altas fueron 0,58 y 1,20 µg/kgpc/día en niños pequeños y lactantes, respectivamente. Los principales contribuyentes al iAs fueron el arroz y derivados, los cereales y productos con base en cereales (sin arroz) y el agua potable. A pesar de los límites de iAs cada vez más bajos, sigue siendo una preocupación el iAs en cereales.

As en alimentos de Argentina

Los alimentos y los tamaños de las porciones de alimentos en Argentina son muy variables, considerando los diferentes hábitos dietarios en las diversas regiones del país, así como los niveles de iAs en las aguas y alimentos. Los estudios de As en alimentos en Argentina son escasos. En muestras de arroz de diferentes marcas de la provincia de Entre Ríos, se encontró un valor medio de 0,38 (mínimo 0,08 y máximo 1,29) mg/kg de TAs mientras que para el iAs (valor medio y valores extremos) fue de 0,10 (0,02-0,28) mg/kg⁴⁰. Oteiza y cols. (2020)⁴¹ indican en arroz pulido una media de TAs de 0,303 ± 0,302 (mín 0,043–máx 1,306) y de iAs 0,081 ± 0,071 (0,010–0,397) mg/kg. El 32% de las muestras de arroz superaron el valor límite de TAs (0,3 mg/kg del CAA), y solo el 4,7% el de iAs (0,2 mg/kg de la UE), provenientes éstas del sur de la provincia de Corrientes.

En la provincia de Santa Fe, se midió TAs (mg/kg) en peces (0,152-0,439), en arroz (0,087-0,316), en harina de trigo (<0,018-0,073) y en productos preparados con base en arroz (0,052-0,201). Los cereales para el desayuno y los productos con base en arroz mostraron concentraciones notables de TAs, pero no tuvieron un aporte significativo en la ingesta, debido a las bajas cantidades consumidas por la población evaluada⁴². La mayor contribución a la ingesta en la dieta de iAs la aportó la harina de trigo (panes, pastas y galletas) con

0,36 mg/kg de TAs correspondiendo l iAs el 53%, seguida del arroz 0,18 mg/kg de TAs y 17% de iAs, debido a altas ingestas diarias de harina de trigo y bajas de arroz⁴².

En el estudio de Calatayud y cols.³⁰ realizado en el noreste de Argentina en la región chaqueña (zona endémica) se determinó As en los alimentos cocinados según hábitos culinarios de la población a partir de productos regionales y agua del lugar. Se determinó el contenido de iAs y TAs en los alimentos preparados con aguas con As < 0,05 mg/L (50 µg/L) y As > 0,05 mg/L (50 µg/L), siendo el iAs el 71-100% del As total. La evaluación del riesgo en niños muestra que en la localidad de baja exposición (As en agua = 16 ± 1 µg/L) la ingesta media fue el 0,6 del BMLD_{0,5}; en la de media exposición (As en agua = 210 µg/L) superó 6 veces el BMLD_{0,5}, mientras que en la de alta exposición, (As en agua = 925±26 µg/L) la ingesta resultó 21,6 veces mayor que el BMLD_{0,5}³⁰. Este trabajo es de real importancia ya que los resultados ratifican que los alimentos son una fuente importante de iAs y que deben considerarse al realizar las evaluaciones de riesgos. Los alimentos estudiados por Calatayud y cols.³⁰ aportaron a la dieta una mayor cantidad de As inorgánico (58%) que el agua de bebida de la zona de baja exposición, mientras que en zonas de exposición media y alta el aporte de iAs (entre 176 y 650 µg /día) superó el valor de referencia. Estos datos muestran una situación de alto riesgo para las poblaciones infantiles argentinas estudiadas, siendo los primeros datos de iAs en los alimentos preparados de zonas de HACRE en Argentina³⁰. Pero no todo el iAs es bioaccesible. En las dietas de la región chaqueña evaluada, otros autores⁴¹ indicaron que el arsénico bioaccesible se ubicó entre el 62,7 y 78 % del iAs, indicando alta absorción y un consecuente alto riesgo de intoxicación por la ingesta de estos platos preparados con aguas arsenicales.

Respecto de los productos de origen animal, las concentraciones reportadas de As fueron inferiores a 0,5 mg/kg, y los estudios de especiación fueron escasos. En vacunos de la provincia de Córdoba, se encontró TAs (mg/kg) en leche entre 0,028 y 0,10544, en hígado (0,027 y 0,046) y en riñón (0,024 y 0,073), pero no se halló en tejido muscular⁴⁵; mientras que en carne de la provincia de Santa Fe encontraron 0,009 mg/kg⁴².

Estos datos indican que, si bien se cumple con la normativa del CCA en cuanto a TAs, el contenido de iAs según los pocos datos existentes podrían tener impacto en la salud, especialmente en la población infantil.

Medidas de mitigación de As en los alimentos

Sobre prevención y reducción de la contaminación de As en arroz, el manual del Codex indica para el agua de riego con alto contenido de As bajar su concentración y evitar su uso en la producción de arroz y educar a los productores a fin de obtener arroz con menores tenores de As. Del mismo modo, recomienda a las autoridades nacionales de control de alimentos el monitoreo del contenido de As en el arroz, en las aguas y en los suelos destinados al cultivo de este cereal. Además, se debe informar a la población sobre los riesgos y beneficios del consumo de arroz pulido y descascarillado según las concentraciones de As y de los nutrientes, señalando que existen beneficios para la salud asociados con el consumo de arroz, y alentar a los consumidores a implementar prácticas que reduzcan la concentración de As durante el procesamiento y la cocción⁴⁶.

La concentración de As en el arroz pulido se reduce por el lavado del arroz antes de su cocción, o cocinándolo con grandes cantidades de agua y desechando el exceso de agua. Fundamentalmente, debe evitarse el uso de agua contaminada con As para lavar y cocinar el arroz, ya que este absorbe el As del agua. También es importante que los consumidores utilicen agua que no contenga As o bien que su concentración sea la menor posible⁴⁶.

CONCLUSIONES

La contaminación del agua y de los alimentos por As es un problema aún no resuelto en Argentina.

El uso de agua arsenical para la cocción de alimentos es el principal aporte de iAs a las dietas.

En regiones con altos contenidos de As en el agua de bebida (> 0,05 mg/L, ó (50 µg/L) el aporte de iAs a la dieta es relevante, especialmente para los lactantes y niños pequeños, tanto en Europa como en Argentina.

Los alimentos que más iAs aportan a la dieta son algunos cereales (arroz, trigo) y ciertos productos vacunos de regiones de HACRE (leche, hígado, riñón, y músculo).

La falta de regulación para el iAs en Argentina y las consecuencias para los consumidores son temas de preocupación.

Las causas de la acumulación del contaminante en los alimentos, la especiación, la biodisponibilidad/bioaccesibilidad son aspectos que ameritan investigarse.

Conflictos de interés

La autora declara no tener ningún conflicto de interés.

REFERENCIAS

1. Litter MI. La problemática del arsénico en Argentina: el HACRE. *Revista SAEGE* 2010;17(2):5-10.
2. Podgorski J, Berg M. Global threat of arsenic in groundwater. *Science* 2020;368:845-850. <https://doi.org/10.1126/science.aba1510>.
3. Bundschuh J, Pérez Carrera A, Litter M. Distribución del arsénico en la región Ibérica e Iberoamericana. Argentina, Ed. CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo); Buenos Aires, 2008.
4. RSA-CONICET (Red de Seguridad Alimentaria. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas). Arsénico en agua. Informe final (2018). <https://rsa.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/2018/08/Informe-Arsenico-en-agua-RSA.pdf> Recuperado el 8 de septiembre de 2023.
5. Goyenechea M. Sobre la nueva enfermedad descubierta en Bell-Ville. *Rev Med de Rosario* 1917;7:485.
6. Ayerza A. Arsenicismo regional endémico (keratoderma y melanoderma combinadas). *Bol. Acad. Medicina* 1918;2-3:1-55. Buenos Aires, Argentina.
7. Consejo Federal de Entidades de Servicios Sanitarios. La disminución del arsénico en el agua, un desafío. (2018) http://www.cofes.org.ar/descargas/info_sector/Arsenico/Disminucion_del_Arsenico_Un_desafio.pdf Recuperado el 18 de agosto de 2018.
8. IARC (International Agency of Research of Cancer). Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans: arsenic, metals, fibers, and dusts. A Review of Human Carcinogens, 100c. (2012) <https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/06/mono100C.pdf>. Recuperado el 6 de septiembre de 2023.
9. ATSDR. Toxicological Profile for Arsenic. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), (2007) <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp2.pdf> Recuperado el 6 de septiembre de 2023.
10. Besuschio S, Desanzo A, Perez A, Croci M. Epidemiological associations between arsenic and cancer in Argentina. *Biol. Trace Elem. Res* 1980;2(1):41-55. <https://doi.org/10.1007/BF02789034>.
11. Hopenhayn-Rich C, Biggs M., Fuchs A, Bergoglio R, Tello EE, Nicolli H, Smith AH. Bladder cancer mortality associated with arsenic in drinking water in Argentina. *Epidemiol* 1996;7(2):117-24. <https://doi.org/10.1097/00001648-199603000-00003>.
12. Wang WJ, Cheng S, Zhang D. Association of inorganic arsenic exposure with liver cancer mortality: A meta-analysis. *Environ Res* 2014;135:120-125. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.08.034>.
13. Shao K, Zhou Z, Xun P. Bayesian benchmark dose analysis for inorganic arsenic in drinking water associated with bladder and lung cancer using epidemiological data. *Toxicol* 2021, 455, 152752. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2021.152752>.
14. OMS (Organización Mundial de la Salud). Arsénico. (2022) <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic> Recuperado el 6 de septiembre de 2023.
15. Biagini RE. Hidroarsenicismo crónico en la república Argentina. *Med Cut ILA*. 1975;6:423-432
16. Swiecky C, Garcia S, Villaamil Lepori EC, Paredes G, Fariás S, Ponce R, Moreno I. Epidemiología del hidroarsenicismo crónico regional endémico en la república Argentina. Estudio colaborativo multicéntrico. Ministerio de Salud, Buenos Aires, Argentina. (2006) <http://www.msal.gov.ar/images/stories/ministerio/intoxicaciones/hacre/libro-hidroarsenicismo.pdf> Recuperado el 11 agosto 2023.
17. García SI. Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico HACRE: Módulo de Capacitación. (2011)1a Ed. Buenos Aires, Ed. Ministerio de Salud de la Nación. Programa Nacional de Prevención y Control de las Intoxicaciones. <https://bancos.salud.gob.ar/sites/default/files/2020-10/03-%202011-HACRE-modulo-capacitacion.pdf>. Recuperado el 28 de septiembre de 2023.
18. Bardach AE, Ciapponi A, Soto N, Chaparro MR, Calderon M, Briatore A, Cadoppi N, Tassara R, Litter MI. Epidemiology of chronic disease related to arsenic in Argentina: A systematic review. *Sci Total Environ* 2015;538: 802-816. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.08.070>.
19. Litter MI, Ingallinella AM, Olmos V, Savio M, Difeo G, Botto L, Farfán Torres EM, Taylor S, Frangie S, 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;676:756-766. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.262>.
20. Miglioranza, K.S.B. (Ed.). (2021). Informes de revisión. Área: Disponibilidad y contaminación del agua, suelos y aire: Arsénico, p. 65 p. REAB-MDP <https://mardelplata-conicet.gob.ar/wp-content/uploads/2021/02/Informe-arsenico.pdf>
21. Código Alimentario Argentino (CAA). Capítulo XII, Bebidas Alcohólicas, Bebidas Hídricas, Agua y Agua Gasificada. Agua Potable. Art 982, y la Resolución Conjunta N° 34 y N°50, (2012). https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/marco/CAA/Capitulo_12.php. Recuperado el 6 de septiembre de 2023.
22. OPS/OMS (2011) Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda (2018) Ginebra: Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241549950>. Recuperado el 25 de septiembre de 2023.
23. Código Alimentario Argentino (CAA). Resolución Conjunta N° 34, 2019. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-34-2019-332261>. Recuperado el 6 de septiembre de 2023.
24. Joint FAO/OMS Expert Committee on Food Additives (JECFA) de la Organización Mundial de la Salud. Seventy-second meeting, Rome, 16-25. Summary and conclusions, Issued. (2010) http://www.who.int/foodsafety/chem/summary72_rev.pdf Recuperado el 20 de septiembre de 2023.
25. Wong WW, Chung SW, Chan BT, Ho Y, Xiao Y. Dietary exposure to inorganic arsenic of the Hong Kong population: Results of the first Hong Kong Total Diet Study. *Food Chem Toxicol* 2013;51:379-385. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.10.010>.
26. Samanta G, Chowdhury TR, Mandal BK, Biswas BK, Chowdhury UK, Basu GK, Chanda CR, Lodh D, Chakraborti D. Flow Injection Hydride Generation Atomic Absorption Spectrometry for Determination of Arsenic in Water and Biological Samples from Arsenic-Affected Districts of West Bengal, India, and Bangladesh. *Microchem J* 1999;62(1):174-191. <https://doi.org/10.1006/mchj.1999.1713>.

27. Olmos V, Navoni JA, Villaamil Lepori EC. High level of exposure to arsenic and its influence on arsenic urinary methylated metabolites: A study from Argentina. *One Century of Discovery of Arsenicosis en Latin America (1914-2014) As 2014*. Ed MI Litter, HB Nicolli, JM Meichtry, N Quici, J Bundschuh, P Bhattacharya, R Naidu. (2014) London. CRC Press, Taylor y Francis Group. pp501-503.
28. Reglamento (UE) 2015/1006 de la comisión europea del 25 de junio de 2015. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R1006&from=DA>. Recuperado el 28 de septiembre de 2023.
29. Bhattacharya P, Samal AC, Majumdar J, Santra SC. Arsenic Contamination in Rice, Wheat, Pulses, and Vegetables: A Study in an Arsenic Affected Area of West Bengal, India. *Water Air Soil Pollut* 2010;213:3–13. <https://doi.org/10.1007/s11270-010-0361-9>.
30. Calatayud M, Farias SS, De Paredes GS, Olivera M, Carreras NÁ, Giménez MC, Devesa V, Vélez D. Arsenic exposure of child populations in Northern Argentina. *Sci Total Environ* 2019;15:669:1-6. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.415>.
31. Súnier MA, Devesa V, Clemente MJ, Vélez D, Montoro R, Urieta I, Jalón M, Macho ML. Organoarsenic species contents in fresh and processed seafood products. *J Agric Food Chem*. 2002;50(4):924-32. <https://doi.org/10.1021/jf011026s>.
32. Almela C, Algora S, Benito V, Clemente MJ, Devesa V, Súnier MA, Vélez D, Montoro R. Heavy metal, total arsenic and inorganic arsenic contents of algae food products. *J Agric Food Chem* 2002;50(4):918-23. <https://doi.org/10.1021/jf0110250>.
33. Medina-Pizzali M, Robles P, Mendoza M, Torres C. Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana. *Rev Perú Med Exp Salud Pública* 2018;35(1):93-102. <http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.351.3604>.
34. Sun GX, Williams PN, Carey AM, Zhu YG, Deacon C, Raab A, Feldmann J, Islam RM, Meharg AA. Inorganic arsenic in rice bran and its products are an order of magnitude higher than in bulk grain. *Environ Sci Technol* 2008;42(19):7542-6. <https://doi.org/10.1021/es801238p>.
35. Meharg A, Williams PN, Adomako E, Lawgali YY, Deacon C, Villada A, Cambell RCJ, Sun G, Zhu YG, Feldmann J, Raab A, Zhao FJ, Islam R, Hossain S, Yanai J. Geographical variation total and inorganic arsenic content of polished (white) rice. *Environ Sci Technol* 2009;43(5):1612-7. <https://doi.org/10.1021/es802612a>.
36. Carey M, Meharg C, Williams P, Marwa E, Jiujin X, Gomes Farias J, De Silva PMCS, Signes-Pastor A, Lu Y, Teixeira Nicoloso F, Savage L, Campbell K, Elliott Ch, Adomako E, Green AJ, Moreno-Jiménez E, Carbonell-Barrachina ÁA, Triwardhani EA, Pandiangan F I, Haris PI, Lawgali YF, Sommella A, Pigna M, Brabet C, Montet D, Njira K, Watts MJ, Meharg AA. Global sourcing of low-inorganic arsenic rice grain. *Expos. Health* 2020;12(4), 711–719. <https://doi.org/10.1007/S12403-019-00330-Y>.
37. Acsa brief. Arsénico, datos recientes sobre exposición y riesgo. 2017. Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria. https://acsa.gencat.cat/web/contenut/Documents/eines_i_recursos/acsaBrief/Acsa-brief_1-2017-enero-febrero-arsenico-actualizacion.pdf. Recuperado el 5 de septiembre de 2023.
38. EFSA (European Food Safety Authority). Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population. *EFSA J* 2014;12(3):3597,68 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3597>
39. EFSA (European Food Safety Authority). Arcella D, Cascio C, Gómez Ruiz JÁ. Chronic dietary exposure to inorganic arsenic. *EFSA J* 2021;19(1):e06380. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6380>.
40. Farias SS, Londonio A, Quintero C, Befani R, Soro M, Smichowski P. On-line speciation and quantification of four arsenical species in rice samples collected in Argentina using a HPLC–HG–AFS coupling. *Microchem J* 2015;120:34-39. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2014.12.010>.
41. Oteiza J M, Barril PA, Quintero C E., Savio M, Befani R, Fernandez Cirelli A, Echegaray NS, Murad C, Buedo A. Arsenic in Argentinean polished rice: Situation overview and regulatory framework. *Food Control* 2020:109,106909. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106909>.
42. Sigrist M, Hilbe N, Brusa L, Campagnoli D, Beldoménico H. Total arsenic in selected food samples from Argentina: Estimation of their contribution to inorganic arsenic dietary intake. *Food Chem*. 2016; 210:96-101. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.072>.
43. Ávila Carreras NME, Bovi Mitre MG. Bioaccesibilidad de arsénico y cálculos de ingestas en dietas consumidas por una población endémica de Taco Pozo. Comparación entre las ingestas infantiles y adultas. *Rev. Toxicol* 2018;35(1):11–17.
44. Pérez Carrera A. y Fernández Cirelli A. Arsenic concentration in water and bovine milk in Córdoba, Argentina. Preliminary results. *J Dairy Res* 2005;72:122-124.
45. Pérez Carrera A, Pérez Gardiner ML, Fernández Cirelli A. Presencia de arsénico en tejidos de origen bovino en el sudeste de la provincia de Córdoba, Argentina. *InVet* 2010;2(1):59-67.
46. Codex. Code of practice for the prevention and reduction of arsenic contamination in rice. CXC 77-2017. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXC%2B772017%252FCXC_077e.pdf. Recuperado el 26 de septiembre de 2023.

Figura 1. Mapa de Argentina señalando las regiones con muy alto, alto y bajos contenidos de As en el agua. Tomado y modificado de: Consejo Federal de Entidades de Servicios Sanitarios⁷

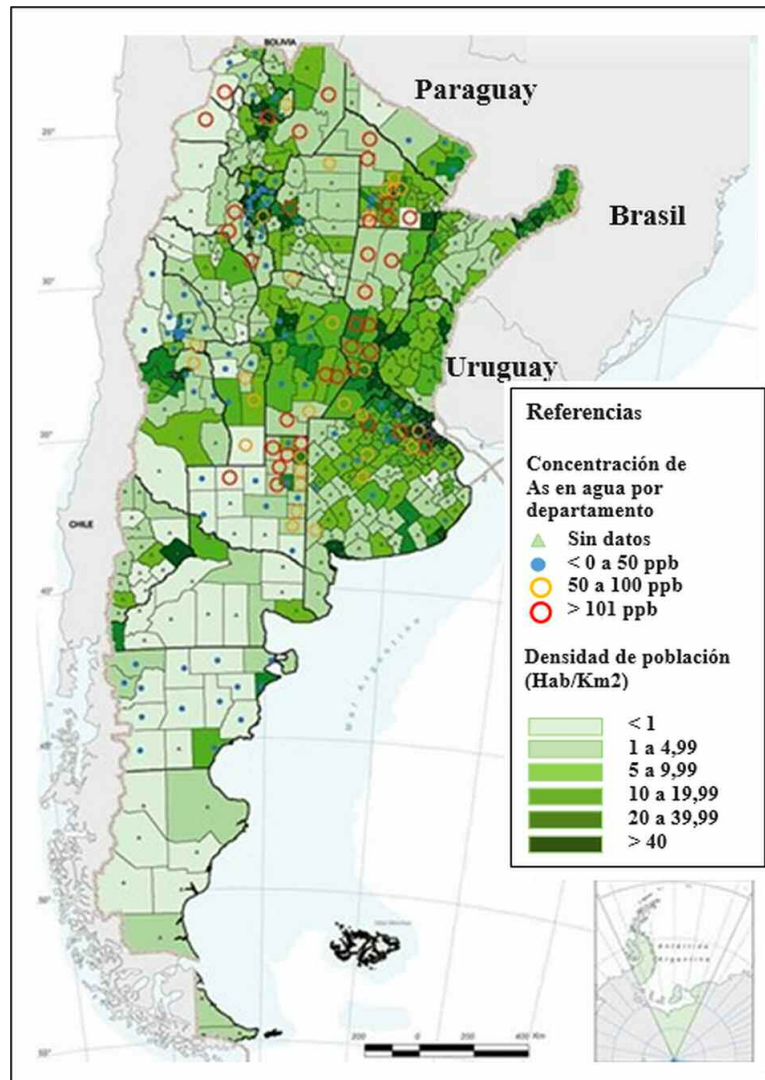


Figura 2. Toxicidad de las diferentes especies químicas. AsB=arsenobetaina; M4As⁺¹=ion tetrametilarsonio; AsC=arsenocolina; MMA⁺⁵=ácido monometilarsínico; DMA⁺⁵=ácido dimetilarsínico; iAs=As⁺⁵ inorgánico (arseniato); iAs=As⁺³ inorgánico (arsenito); As⁻³ (arsina). Tomado y modificado de RSA-CONICET4

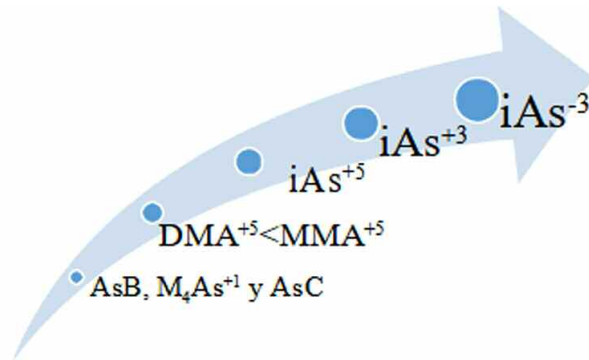


Figura 3. As en aguas en algunos países del mundo y las concentraciones máximas reportadas. Tomado y modificado de Miglioranza (2021)²⁰

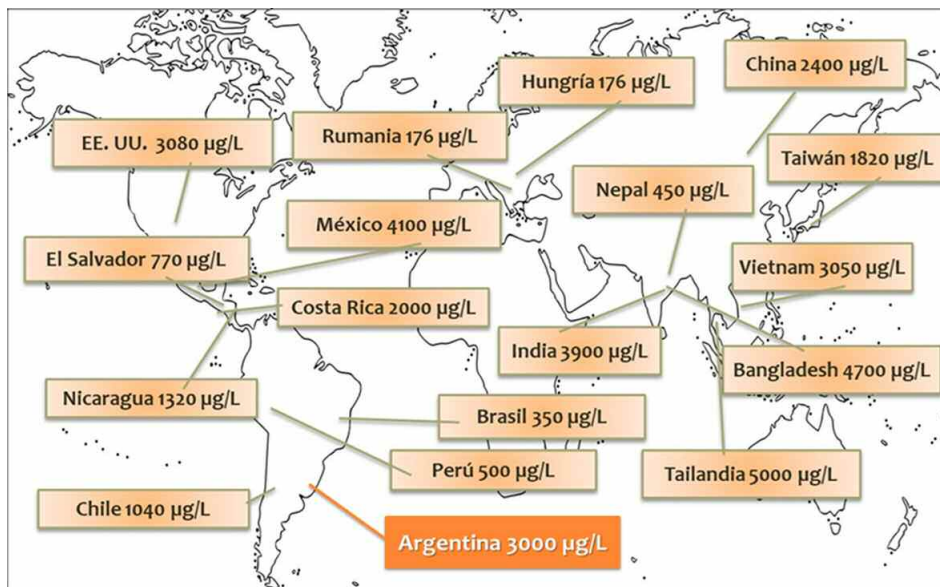


Tabla 1. Límites máximos de As en alimentos del CCA expresados en mg/Kg o mg/L de acuerdo con el alimento sólido o líquido

<i>Tipo de alimento</i>	Categorías	Subcategorías	LM As+ (mg/kg ó mg/L)
<i>Alimentos grasos no preparados</i>	Grasas animales		0,1
	Aceites vegetales		0,1
<i>Huevos</i>			0,5
<i>Vegetales</i>	Hortalizas	Frescas	0,1 a 0,3
		Frutas secas	0,8
	Frutas	Frutas frescas	0,3
		Aceitunas	0,3
		Concentrado de tomate	0,5
	Cereales	Tngo y derivados (no aceite)	0,2
		Arozy derivados (no aceite)	0,3
<i>Alimentos preparados</i>	Productos lácteos	Leche y productos sin diluir o concentrar	0,05
		Crema de leche, condensada, dulce de leche	0,1
		Queso	0,5
	Productos vegetales	Preparados de frutas y hortalizas	0,3
<i>Productos cárneos</i>	Bovino, ovino, porcino, caprino, aves de corral	Carnes frescas, congeladas, embutidos etc.	0,5
		Menudencias	1
		Hígado y ñones animal (todos)	1
<i>Productos de la pesca</i>	Pescados y mariscos		1
<i>Bebidas</i>	No alcohólicas	Jugos	0,1
		Otras bebidas	0,05
	Alcohólicas	No vino	0,1
		Vino	0,2
<i>Varios</i>	Condimentos	Miel	0,3
		Azúcar	0,1
		Cacao	0,5
		Sal	0,5
	Golosinas	Caramelos	0,1
		Chocolates	0,2
	Infusiones	Vegetales para infusiones	0,6
		Café en grano y polvo	0,2
		Café soluble	0,5
	Helados		0,05 a 0,1