

Tomado de: <https://pixabay.com/es/el-agua-fuente-429512/>

# Factores que intensifican el riesgo toxicológico en comunidades expuestas al arsénico en agua

## Factors that intensify toxicological risk in communities exposed to arsenic in water

Rebeca Monroy-Torres<sup>1\*</sup>, Antonio Espinoza-Pérez<sup>2</sup>

### RESUMEN

La exposición prolongada al arsénico (As), a través de los alimentos y el agua de consumo, incrementa el riesgo de padecer cáncer, diabetes e hipertensión arterial, entre otras enfermedades. Las familias marginadas, que reemplazan el agua potable comercial por agua de pozo o de la llave, en zonas contaminadas con As, presentan mayores riesgos. El objetivo de este trabajo fue identificar los principales factores de riesgo toxicológico por exposición a la contaminación con arsénico presente en agua, en población que habita en zonas donde se han detectado altos niveles de este metaloide, del estado de Guanajuato. Se realizó un estudio analítico y transversal. Se aplicó una encuesta a 30 jefas de familia encargadas de la alimentación. La seguridad alimentaria se midió con la aplicación de la escala Latinoamericana y Caribeña. El 93 % de las familias tenía acceso a agua de la llave no potable. En relación a la preparación de alimentos, el 26.7 % de las familias utilizaba agua de la llave, el 13.3 % agua de pozo y el 43.3 % agua de pipa. El 70 % de las familias estudiadas presentaron algún nivel de inseguridad alimentaria. Otro factor de riesgo a considerar fue el nivel de escolaridad de la jefa de familia. La identificación de los principales factores de riesgo, incluyendo ausencia de seguridad alimentaria, permitirá diseñar una escala de validación, con la cual se obtendrá un tamizaje oportuno para prevenir posibles intoxicaciones por arsénico en comunidades en donde el agua del subsuelo está contaminada.

**PALABRAS CLAVE:** seguridad alimentaria, agua, arsénico, marginación.

### ABSTRACT

Prolonged exposure to arsenic (As), through food and drinking water, increases the risk of cancer, diabetes and high blood pressure, among others diseases. Marginalized families, who replace commercial drinking water with well water or tap water, in areas contaminated with As, present greater risks. The objective of this work was to identify the main toxicological risk factors due to exposure to arsenic contamination of water. An analytical and transversal study was carried out in two populations from the state of Guanajuato that live in an area where high levels of this metalloid have been detected. A survey was administered to 30 heads of households responsible for feeding their families. Food security was measured with the application of the Latin American and Caribbean Food Security Scale (ELCSA). Findings indicate that 93 % of the families had access to non-potable tap water. In relation to food preparation, 26.7 % of the families used tap water, 13.3 % well water, and 43.3 % water delivered by tanker trucks. 70 % of the surveyed families showed some level of food insecurity. Another risk factor to consider was the educational level of household heads. The identification of the main risk factors, including the absence of food safety, will allow the design of a validation scale, with which timely screening will be obtained to prevent possible arsenic poisoning in communities where subsoil water is contaminated.

**KEYWORDS:** food security, water, arsenic, marginality.

\*Correspondencia: [rmonroy79@gmail.com](mailto:rmonroy79@gmail.com) / Fecha de recepción: 24 de febrero de 2016 / Fecha de aceptación: 28 de febrero de 2017

<sup>1</sup>Universidad de Guanajuato, Laboratorio de Nutrición Ambiental y Seguridad Alimentaria, Blvd. Puente del Milenio núm. 1001, Fracc. del Predio de San Carlos, León, Guanajuato, México, C.P. 37670; <sup>2</sup>Observatorio Universitario de Seguridad Alimentaria y Nutricional del Estado de Guanajuato.

## INTRODUCCIÓN

Las condiciones de vivienda de una población, el acceso a servicios públicos, el ambiente social familiar, los factores socioeconómicos y la seguridad alimentaria, influyen en la calidad de vida y el estado de salud de la sociedad (Bellido-Guerrero y De-Luis-Román, 2006; Monroy-Torres, 2009).

El Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL, 2009), considera que: “una persona se encuentra en situación de pobreza cuando tiene al menos una carencia social (en los seis indicadores de rezago educativo, acceso a servicios de salud, acceso a la seguridad social, calidad y espacios de la vivienda, servicios básicos en la vivienda y acceso a la alimentación) y su ingreso es insuficiente para adquirir los bienes y servicios que requiere para satisfacer sus necesidades alimentarias y no alimentarias; y en pobreza extrema cuando son más de tres indicadores de carencia, además de estar por debajo de la línea de bienestar”.

De acuerdo a cifras del CONEVAL (2012), en el estado de Guanajuato, más de la mitad de la población vivía en situación de pobreza y pobreza extrema (56.7 %), clasificándose el 48.6 % en situación de pobreza, y el 8.4 % en pobreza extrema. La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012 (Gutiérrez y col., 2012), reveló que solo el 30.0 % de los hogares mexicanos presentaron seguridad alimentaria, cifra ligeramente superior a la que registró el estado de Guanajuato (28.8 %) (ENSANUT, 2012b). La población tiene seguridad alimentaria “cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias, a fin de llevar una vida activa y sana” (FAO, 1996; 2011).

La Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2010), estableció como un derecho humano indispensable para una vida digna el poder disponer de agua suficiente, saludable, aceptable, físicamente accesible y asequible para uso personal y doméstico. Al respecto, la Organiza-

ción Mundial de la Salud (OMS, 2006) estableció que para considerarla suficiente debe estar disponible en forma continua para el uso de la población, con un volumen adecuado. Se define como inocua, cuando está libre de riesgos microbiológicos y toxicológicos para la salud humana, al emplearla para consumo directo, preparación de alimentos o en las necesidades del hogar; y para denominarse aceptable debe tener características organolépticas adecuadas para su consumo.

La OMS (2007), dio a conocer que 1 100 millones de personas carecen de acceso a agua potable, y un número mayor, consume agua contaminada; cada año se registran cerca de 4 000 millones de casos de diarrea, el 88.0 % de estos se atribuyen al consumo de agua insalubre y a deficiencias de saneamiento e higiene. La contaminación del agua se complica, cuando además de las bacterias o microorganismos biológicos, existe la presencia de arsénico (As), plomo (Pb) y mercurio (Hg), entre otros (FAO, 2013; Ruiz y col., 2013).

El As es un metaloide y se presenta en su forma orgánica e inorgánica, siendo esta última la más tóxica (Nandana y col., 2012). Las vías de ingreso del As al organismo son a través de la piel, inhalación e ingestión. El 90 % del As inorgánico se incorpora por vía oral; genera daño renal, hepático, y daña otros órganos y sistemas. Clínicamente, la toxicidad por As se identifica por lesiones en la piel (melanosis, hiperqueratosis, leucomelanosis, despigmentación) (Nandana y col., 2012). También, causa estrés oxidativo, lo que lleva a apoptosis y aumento en el riesgo de desarrollo de cáncer (Nandi y col., 2005; Liu y Waalkes, 2008).

El As se encuentra distribuido en el agua superficial y subterránea (Nordberg y col., 2011). La actividad minera, la perforación al subsuelo o excavaciones en general, promueven la incorporación del As a la reserva natural de agua subterránea (Nordberg y col., 2011). La arsenicosis es una enfermedad crónica que resulta de beber agua con altos niveles de As durante un largo periodo (de 5 a 20 años) (Putila y

Guo, 2011). En las poblaciones que consumen agua con más de 1 parte por millón de As, se incrementa la incidencia de cáncer al 25 % del total de las enfermedades. Actualmente, más de 35 países en desarrollo consumen agua contaminada con As (Putila y Guo, 2011).

De acuerdo a la OMS y la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés: Environmental Protection Ambiental), el límite permisible de As en agua de consumo es de 0.01 mg/L (OMS, 2008); la Secretaría de Salud en México, en la Norma Oficial 127-SSA1-1994: "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización", establece aún el límite de 0.05 mg/L de As en agua de consumo (NOM-127-SSA1-1994).

En el estado de Guanajuato, desde el 2003, se han realizado diversos estudios en zonas contaminadas con el metaloide (San Agustín, Irapuato y Cútaró, Acámbaro), que presentan concentraciones de As en el agua de consumo y de pozo, por arriba de lo que marca la norma (Monroy-Torres y col., 2009a; 2009b; 2016). En 2009, se encontró que niños en edades entre 7 y 14 años, provenientes de hogares ubicados en las dos localidades previamente mencionadas, se expusieron al As a través del consumo de agua de la llave o del pozo de la comunidad, y presentaron concentraciones de As en cabello por arriba de la norma (1.30 mg/kg, 95.0 % IC: < 0.006 – 5.94) (Monroy-Torres y col., 2009a). También se detectaron niños con niveles altos del metaloide en cabello, a pesar de no consumir agua de la llave o del pozo de la comunidad, como agua de uso para saciar la sed, por lo que se analizaron otras fuentes de exposición, en ambas localidades, identificando que una de las principales fuentes de exposición al As fue a través del agua usada para preparar los alimentos y bebidas, ya que en ambos casos se usaba agua de la llave o del pozo. Un estudio de seguimiento para las dos comunidades de San Agustín, y Cútaró, realizado por Monroy-Torres y col. (2016), reveló que en el 65 % de los hogares usaron ollas de peltre (recipientes

que contienen As en su composición) para preparar alimentos. Por otro lado, el agua de pozo se empleaba para dar de beber a los animales y para regar los cultivos. Un 44 % de las familias de las dos comunidades analizadas consumían leche de vaca que se adquiría en establos de la localidad (Monroy-Torres y col., 2009b). El As se incorpora al organismo e a través de los alimentos de origen animal y vegetal, sobre todo cuando se tienen prácticas de monocultivo (Datta y col., 2012). Además, un bajo consumo de vitaminas y minerales, que provienen de la ingesta de frutos y vegetales, puede incrementar la exposición al metaloide, ya que se sabe que el consumo de antioxidantes, que abundan en los alimentos de origen vegetal, mejora la detoxificación y metabolismo del metaloide (Hall y Gamble, 2012). Otros factores de riesgo nutricional, es la ausencia de la lactancia materna exclusiva, lo cual genera que se use agua con el metaloide para preparar leche en polvo. La práctica de la lactancia materna, cuando la madre no está expuesta al As, beneficia el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, al ser un alimento y bebida disponible y asequible (UNSCN, 2014; OPS, 2016).

Monroy-Torres y col. (2009b), encontraron que del 90 % al 94 % de las madres de familia de Guanajuato utilizaban agua contaminada con As para consumo directo (agua de la llave o de pozo para beber o bañarse) y para la preparación de alimentos, incluso aun conociendo el potencial toxicológico del metaloide, pero con una limitante económica para comprar agua de garrafón (Monroy-Torres y col., 2009b).

El objetivo de este trabajo fue determinar los principales factores de riesgo toxicológico por la exposición prolongada a la contaminación con arsénico presente en agua, en población que habita en zonas donde se han detectado altos niveles de este metaloide, de los estudios previos de las comunidades de San Agustín, Irapuato y Cútaró, Acámbaro.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio analítico de corte transversal durante junio de 2012 a julio de 2013.

La población de estudio fue de 30 jefas de familia, cuyo criterio de selección fue ser habitantes permanentes de las localidades de San Agustín, Irapuato y Cútaró, Acámbaro, estado de Guanajuato, México, donde se encontraron concentraciones del metaloide en agua, fuera de norma (0.95 mg/L en San Agustín y 0.11 mg/L en Cútaró) y en elevados niveles en muestras de cabello de los niños expuestos (1.30 mg/kg, 95.0 % IC: < 0.006 - 5.94) (Monroy-Torres, 2009; Monroy-Torres y col., 2009b, 2016).

De acuerdo al Sistema de Apoyo para la Planeación del Programa para el desarrollo de Zonas Prioritarias (PDZP) de la Secretaría de Desarrollo Social, de 2010, la localidad de San Agustín, Irapuato, cuenta con una población de 1 329 habitantes, mientras que Cútaró, Acámbaro, cuenta con 262 habitantes (SEDESOL, 2010a; 2010b). El tamaño de la muestra fue por simple disponibilidad de la cohorte de estudios previos de una muestra original de 55 (sólo aceptaron participar 30 jefas de familia, las cuales dieron su autorización y consentimiento informado por escrito).

El proyecto fue aprobado por el Comité de Investigación del Departamento de Medicina y Nutrición de la Universidad de Guanajuato.

Para determinar los factores de riesgo que promueven la exposición al As, se aplicó una encuesta de 28 ítems, los cuales integraban la evidencia de los principales factores de riesgo que aumentaban la exposición al metaloide, derivados de estudios previos de las comunidades San Agustín, Irapuato y Cútaró, Acámbaro (Monroy-Torres, 2009; Monroy-Torres y col., 2009b), así como del acervo científico recopilado en este tiempo de las citas bibliográficas que fundamentaron los trabajos de las publicaciones de Monroy-Torres y col., del 2009 al 2013. La encuesta de 28 ítems se clasificó de la siguiente manera: 1.1. Condiciones de vivienda de una población (material del que está construida la casa); 1.2. Servicios públicos (teléfono, agua, drenaje y alcantarillado, frecuencia de la recolección de basura); 1.3. Datos socioeconómicos (ingreso económico apro-

ximado); 1.4. Actividad agrícola y ganadera (tierras de cultivo para autoconsumo, animales para consumo); 1.5. Acceso al agua de consumo (usos, distribución, accesibilidad e inocuidad del agua, conocimiento de los métodos de desinfección o potabilización); 1.6. Problemáticas asociadas a la carencia de agua y a los bajos ingresos económicos; y 1.7. Agua para preparación de alimentos y bebidas.

Para conocer la seguridad alimentaria de los hogares, se aplicó a las 30 jefas de familia la escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria (ELCSA, 2012), validada y adaptada para México. Esta escala clasifica a los hogares en categorías, y para su interpretación se usó el puntaje de la escala establecido:

- a) Hogares seguros (2 o menos respuestas afirmativas).
- b) Hogares con inseguridad alimentaria sin hambre (3 a 7 respuestas afirmativas).
- c) Hogares con inseguridad alimentaria con hambre moderada (de 8 a 12 respuestas afirmativas).
- d) Hogares con inseguridad alimentaria con hambre severa (más de 13 respuestas afirmativas).

Posteriormente, se procedió a aplicar estadística descriptiva (porcentajes) a las principales variables. Se usó el paquete estadístico NSCC®, versión 2006.

## RESULTADOS

La edad promedio de las 30 jefas de familia estudiadas fue de  $45 \pm 11$  años. El nivel de escolaridad fue de primaria concluida en el 63 % de la muestra, y de secundaria terminada en el 28.0 %, el resto no recibió educación formal.

### Características socioeconómicas de la población estudiada

Factores de riesgo que promueven la exposición al As

El 83 % de las familias poseían casa propia; 87 % de los hogares estaban contruidos con

ladrillo y 93 % contaban con piso de cemento (Tabla 1).

El 93 % de las familias tenía acceso a agua de la llave, considerada no potable. Ninguna de las familias contaba con servicio de drenaje y alcantarillado; 90 % refirió que el camión recolector pasaba por sus casas de 1 a 2 veces por semana. El 80 % poseía servicio de electricidad y el 43 % servicio de telefonía.

El 46 % de las familias tenía un ingreso mensual de 1 000 a 3 000 pesos, y el resto contaba con un ingreso mensual inferior a los 1 000 pesos. En el 54 % de las familias el ingreso mensual era aportado por un integrante, en el resto provenía de dos o más miembros de la familia.

El 47 % de las familias poseía tierras destinadas al cultivo, de esas familias, el 86 % consumía los alimentos cultivados y el resto los utilizaban para comercio; 63 % de las familias criaba animales de granja, 83 % tenía animales como mascotas, predominando perros y gatos.

#### Acceso al agua de consumo

El 4 % de las familias tuvieron falta de acceso a agua en los últimos 3 meses, 24 % asociaron haber enfermado con el consumo de agua en el mismo periodo. El 11 % de las familias conocía a través de pláticas recibidas por el centro de salud, que el agua contaminada puede transmitir enfermedades, por lo que es necesario desinfectarla o potabilizarla antes de consumirla. El 5 % de las familias tuvo que desviar recursos económicos destinados a alimentos para comprar agua de garrafón (comercial), dado que conocían del riesgo de consumir agua contaminada con arsénico.

#### Agua para preparación de alimentos y bebidas

El 83.3 % de las familias preparaban sus alimentos con agua de la llave (26.7 %), pozo (13.3 %) o de pipa (43.3 %) y solo un 16.7 % usaba agua de garrafón. En el caso del consumo de agua fresca o para preparación de bebidas de sabor, el 60 % utilizaba agua de garrafón, 26.7 % agua de pipa, 10 % agua de la llave y 3.3 %

#### ■ Tabla 1. Determinación de los principales factores de riesgo en el consumo de agua contaminada con arsénico y la identificación de factores que promueven la exposición al As.

Table 1. Assessment of the main risk factors in the consumption of arsenic contaminated water and identification of factors that promote As exposure.

Factores de riesgo	%
Falta de drenaje y alcantarillado	100 %
Desconocimiento de las familias que el agua no potable puede transmitir enfermedades	89 %
Fuente de agua para preparar alimentos (llave, pozo y pipa)	83.3 %
Preocupación en las familias por no tener acceso al agua en los últimos tres meses	63 %
Nivel de escolaridad de las jefas de familia (primaria)	63 %
Ingreso inferior a 1 000 pesos al mes	54 %
Fuente de agua para consumo directo o preparar agua de sabor (llave, pozo y pipa)	40 %
Familias que enfermaron por el consumo de agua en los últimos 3 meses	24 %
Falta de recolección de basura	10 %
Desvío de recursos económicos para comprar alimentos, por adquirir agua de garrafón	5 %
Falta de acceso al agua en los últimos tres meses	4 %

agua de pozo. En el aseo personal, el 58.6 % de las familias usaban agua de la llave, 31 % de pipa y 10.3 % de pozo.

#### Seguridad alimentaria

El 70 % de las familias presentaron algún grado de inseguridad alimentaria leve a severa (Tabla 2). El 63 % de las jefas de familias presentaron un nivel de escolaridad bajo (primaria), lo cual puede asociarse a condiciones desfavorables socioeconómicas y por ende alimentarias.

■ **Tabla 2. Nivel de inseguridad alimentaria en las comunidades estudiadas.**

Table 2. Food insecurity level in the studied communities

<b>Clasificación de la seguridad alimentaria</b>	<b>(%)</b>
Hogares seguros	30
Hogares con inseguridad alimentaria leve	46.6
Hogares con inseguridad alimentaria moderada	13.3
Hogares con inseguridad alimentaria severa	10

## DISCUSIÓN

El consumo de agua potable es indispensable para prevenir enfermedades. “El agua y el saneamiento son uno de los principales temas para el desarrollo de las naciones, ya que el problema de enfermedades ocasionadas por la contaminación del agua por agentes biológicos y compuestos orgánicos tóxicos, afecta la calidad de vida de la población. Es de importancia internacional el encontrar tecnologías económicas, efectivas, accesibles y que no dañen el ambiente para purificar el agua; en la actualidad, se utilizan tecnologías convencionales como la aplicación de cloro y la ozonización para la desinfección del agua. Sin embargo, tiene un alto costo económico para lograr la sostenibilidad (OMS, 2007)”.

La carencia de las familias de ambas comunidades, de los servicios básicos públicos, es un indicador de pobreza (CONEVAL, 2009; 2012; ELCSA, 2012) que las pone en riesgo de exposición a contaminantes. El agua contaminada que no recibe un adecuado tratamiento se convierte en un factor de riesgo para la salud de la población (OMS, 2000; 2004; 2011), por lo que el 83.3 % de las familias de las comunidades estudiadas, que no utilizaban agua potable de garrafón para preparar alimentos estaban en alto riesgo de contaminación bacteriana y por

As, y a sus efectos tóxicos. Y aunque disminuía el riesgo de contaminación bacteriana y por As para consumo diario o preparación de bebidas, al utilizar el 60 % de las familias agua de garrafón, el resto quedaba en riesgo, y en riesgo grave el 3.3 % que usaba agua de pozo.

La mayoría de las jefas de familia encuestadas manifestó preocupación por la falta de acceso a la red municipal de agua (63 %), lo cual refleja que aún cuando existe abastecimiento de agua no potable en las comunidades, puede haber ausencia de la misma en cualquier momento, lo cual agrega la compra de agua por medio de un transporte (pipa), que en México es habitual cuando no se cuenta con una red de abastecimiento.

La mayoría de las familias perciben una mejor protección al agua cuando esta se hierve o se clora, porque estas han sido las medidas que se han dado por años para tratar el agua de bacterias, virus y parásitos, pero eliminar el riesgo por metales tóxicos requiere de otros tratamientos (OMS, 2011).

La falta de drenaje y alcantarillado, en los hogares de las familias de las dos comunidades analizadas, imposibilita que el agua se deseche de forma adecuada, lo que puede representar un foco de infección, provocando el incremento en la morbilidad por enfermedades intestinales, que al respecto, el 24 % de las jefas de familia encuestadas refirió haber padecido con el consumo del agua en los últimos tres meses.

Los ingresos económicos de las familias de las comunidades de San Agustín y Cútaró eran muy bajos, al percibir el 54 % un ingreso mensual inferior a los 1 000 pesos, y 46 % percibía un ingreso mensual de 1 000 a 3 000 pesos.

El 47 % de las familias tenían huertos o tierras de cultivo como es una estrategia para complementar su alimentación; sin embargo el esfuerzo no fue suficiente, ya que el 70 % de las familias manifestaron algún nivel de inseguridad alimentaria. Esto implicó que algunas familias tuvieran que sacrificar la compra de agua po-

table, por la adquisición de alimentos, lo cual sucedió con el 13.3 % de las familias que usaron agua de pozo para preparar alimentos o el 3.3 % que la usaron para consumo como agua fresca o para la preparación de bebidas, incrementando el riesgo de intoxicación por As. Adicionalmente, los alimentos producidos de huerto podrían estar contaminados con As si se utiliza agua de pozo contaminada para el riego (Monroy-Torres, 2009; Monroy-Torres y col., 2009a).

La inseguridad alimentaria es un problema que afecta a todos los países de Latinoamérica, y México no es la excepción (CONEVAL, 2012). Los resultados de este estudio coinciden con la media nacional reportada por la ENSANUT (2012a), de que el 70 % de los hogares presentan algún grado de inseguridad alimentaria.

La inseguridad alimentaria contribuye a una mayor exposición a los efectos al As, sobre todo en la población de niños y jóvenes (FAO, 1996; OMS, 2000), lo cual es grave, ya que existen datos estadísticos que demuestren que por cada incremento del 50 % en la concentración de As podría haber una disminución aproximada de 0.5 puntos en el coeficiente intelectual de jóvenes entre 5 a 15 años (Rodríguez-Barranco y col., 2013).

Una alimentación variada promueve y asegura un consumo adecuado de nutrimentos esenciales para el crecimiento y desarrollo en las primeras etapas de la vida, y en la mujer embarazada, así como asegura el mantenimiento y buen funcionamiento en la etapa adulta. La inseguridad alimentaria se ha asociado con esta falta de variedad, generando deficiencias nutrimentales y a la vez obesidad y sobrepeso, por lo que al haber esta asociación con un mejor estado nutricional y la seguridad alimentaria, debería haber mayor protección a los efectos del As en el cuerpo (Mundo-Rosas y col., 2013). Sin embargo, el ingreso económico de las familias estudiadas es insuficiente para asegurar el acceso a una canasta básica que aporte los nutrientes adecuados y en proporción suficiente. Aunado a esto, la falta de

acceso a agua potable, obliga a las familias a adquirirla por medio de la compra, disminuyendo el ingreso para la compra de alimentos (Carvalho, 2006). Además, cada familia estudiada estuvo integrada en promedio de 4 a 5 miembros, y la mayoría eran menores de edad, lo que limita la posibilidad de que cada integrante cubra sus necesidades nutricionales, con el acceso a una alimentación adecuada, que le permita desarrollarse de forma óptima, lo cuál solo se logra cuando la población cuenta con seguridad alimentaria (FAO, 1996).

Existen ciertos factores nutricionales que influyen en el metabolismo del As en los adultos, y se considera que los niveles nutricionales bajos (reflejados en parte por la falta de varias de las vitaminas B y de antioxidantes) confieren una mayor susceptibilidad a la toxicidad por As. Los niños pueden metabolizar el arsénico más eficientemente y excretarlo con mayor facilidad si cuentan con los insumos nutrimentales. El metabolismo del As requiere de reacciones de metilación, donde participa el aminoácido metionina y la vitamina ácido fólico (Hall y Gamble, 2012; Hall y col., 2009).

Los factores de riesgo identificados para el consumo de agua con As en 30 familias de comunidades del estado de Guanajuato, refleja una alta vulnerabilidad para que se desarrollen los efectos adversos del metaloide en el organismo. Estos factores, que han sido ampliamente descritos en la literatura científica, deben ser y seguir siendo integrados en las evaluaciones de riesgos ambientales y para el establecimiento de soluciones para mitigar la exposición al As en este tipo de poblaciones. Desde la salud pública, específicamente desde la promoción de una correcta alimentación, se podrían generar nuevas estrategias de intervención que coadyuven con la disminución de los efectos adversos que tiene el As en el organismo, si el estado nutricional en la población es adecuado, pero para ello, se requieren instrumentos o propuestas de tamizaje que identifiquen el nivel de riesgo, y por ende, el diseño de diferentes estrategias terapéuticas para conte-

ner la exposición o el daño en el organismo, una vez que ingresa. Es importante continuar trabajando en la promoción de una alimentación correcta, un buen estado nutricional y cuidado del medio ambiente.

Una de las limitantes de este estudio fue el no contar con un tamaño de muestra que fuera representativo para el total de la población para ambas comunidades, sin embargo, con los estudios previos y la evidencia integrada de 2009 a 2013, se pudieron identificar los principales factores de riesgo.

Cabe señalar que, durante y al final del estudio, se mantuvo la comunicación del riesgo a la población, con las vocales de las comunidades, delegado y con los médicos de los centros de salud, sobre los niveles de As encontrados en el agua de consumo. Además de dar información y reporte a los centros de salud y jurisdicciones respectivas, entregando los resultados impresos y verbales; así como a las jefas de familia y maestros, cuyos contactos fueron a través de los directores de las escuelas y con el secretario de salud. Sin embargo, el nivel de escolaridad dificulta que sean capaces de generar sus propios esquemas de intervención, una vez que conocen la problemática. Por otra parte, es difícil alcanzar una estrategia sostenible, por lo altos costos que implica la purificación y abastecimiento de agua potable a la comunidad en riesgo, por lo que se considera que es importante, seguir buscando y promoviendo el tratamiento y acceso al agua potable en estas poblaciones. Es necesario trabajar con nuevos esquemas de tamizaje de exposición para un adecuado diagnóstico y tratamiento desde otros abordajes, como es el nutricional (salud pública).

## CONCLUSIONES

Los principales factores de riesgo a la exposición al As en este estudio fueron la falta de servicios públicos (red de abastecimiento de agua, drenaje y alcantarillado) uso de agua de pozos, compra de agua de pipa y nivel de escolaridad. La inseguridad alimentaria, presente en el 70 % de los hogares, también resultó un factor de riesgo. El ingreso económico bajo de las familias, implicó que la compra de agua para la preparación de alimentos (16.3 %) y para agua de consumo (60 %), desplazara la compra de alimentos. Las deficientes condiciones tecnológicas, educativas, económicas, sociales, y dietéticas que viven las familias, aumentan el riesgo a la exposición al As, ya que los mecanismos para aumentar su detoxificación, requiere de insumos nutrimentales para proteger al organismo de las agresiones de este y otros contaminantes. Los principales factores de riesgo, identificados en este trabajo, podrán ser un insumo para el diseño de una escala validada para medir la seguridad al agua, que permita hacer un tamizaje de los riesgos a los que están expuestos la población de las comunidades en donde el agua del subsuelo está contaminada, y se puedan tomar acciones que minimicen la exposición al metaloide.

## AGRADECIMIENTOS

Al “13° verano de la ciencia de la región centro”, a los centros de salud y a las Jurisdicciones de Acámbaro e Irapuato por las facilidades para realizar el estudio. A la LN Rosa María Pérez González por su contribución en la aplicación de las encuestas.

## REFERENCIAS

- Bellido-Guerrero, D. y De-Luis-Román, D. A. (2006). *Manual de nutrición y metabolismo*. España: Ediciones Díaz de Santos. 625 Pp.
- Carvalho, F. P. (2006). Agriculture, pesticides, food security and food safety. *Environmental science & policy*, 9(7): 685-692.

- CONEVAL, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2009). *Metodología para la medición multidimensional de la pobreza en México*. México: CONEVAL. 45-98 Pp.

- CONEVAL, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2012). Informe de pobreza y



evaluación en el estado de Guanajuato. [En línea]. Disponible en: [https://portalsocial.guanajuato.gob.mx/sites/default/files/documentos/2012\\_CONEVAL\\_informe-guanajuato.pdf](https://portalsocial.guanajuato.gob.mx/sites/default/files/documentos/2012_CONEVAL_informe-guanajuato.pdf). Fecha de consulta: 10 de febrero de 2016.

Datta, B. K., Bhar M. K., Patra, P. H., Majumdar, D., Dey, R. R., Sarkar, S., ..., and Chakraborty, A. K. (2012). Effect of environmental exposure of arsenic on cattle and poultry in Nadia district, west bengal, India. *Toxicology international*. 19(1): 59-62.

ELCSA, Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria (2012). FAO. Comité Científico de la ELCSA. Manual de la Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria (ELCSA). [En línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3065s.pdf>. Fecha de consulta: 10 de febrero de 2016.

ENSANUT, Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (2012a). Resultados nacionales 2012. [En línea]. Disponible en: <http://ensanut.insp.mx/informes/ENSANUT2012ResultadosNacionales.pdf>. Fecha de consulta: 30 de mayo de 2017.

ENSANUT, Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (2012b). Resultados por entidad federativa. Guanajuato. [En línea]. Disponible en: <http://ensanut.insp.mx/informes/Guanajuato-OCT.pdf>. Fecha de consulta: 30 de mayo de 2017.

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (1996). Seguridad alimentaria. Cumbre Mundial sobre la Alimentación. [En línea]. Disponible en: [http://www.fao.org/wfs/index\\_es.htm](http://www.fao.org/wfs/index_es.htm). Fecha de consulta: 29 de noviembre de 2017.

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2011). Seguridad alimentaria, conceptos básicos. [En línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-at772s.pdf>. Fecha de consulta: 29 de noviembre de 2017.

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2013). Sistema de Información sobre el Uso del Agua en la Agricultura y el Medio Rural de la FAO (AQUASTAT). [En línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/indexesp.stm>. Fecha de consulta: 18 de diciembre de 2015.

Gutiérrez, J. P., Rivera-Dommarco, K., Shamah-Levy, T., Villalpando-Hernández, S., Franco, A., Cuevas-Nasu, L., ... y Hernández-Ávila, M. (2012). *Encuesta nacional de salud y nutrición 2012. Resultados nacionales*. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública (MX). [En línea]. Disponible en: <http://ensanut.insp.mx/informes/ENSANUT2012ResultadosNacionales.pdf>. Fecha de consulta: 29 de noviembre de 2017.

Hall, M. N. and Gamble, M. V. (2012). Nutritional manipulation of one-carbon metabolism: effects on arsenic methylation and toxicity. *Journal of Toxicology*. 2012: 1-11.

Hall, M. N., Liu, X., Slavkovich, V., Ilievski, V., Pilsner, J. R., Alam, S., ..., and Gamble, M. V. (2009). Folate, Cobalamin, Cysteine, Homocysteine, and Arsenic Metabolism among Children in Bangladesh. *Environ Health Perspect*. 117(5): 825-831.

Khan, S. I., Mottashir, A. K., Yunus, M., Rahman, M., Hore, S. K., Vahter, V., and Wahed, M. A. (2010). Arsenic and cadmium in food-chain in Bangladesh-an exploratory study. *Journal of health, population, and nutrition*. 28(6): 578-584.

Liu, J. and Waalkes, M. P. (2008). Liver is a target of arsenic carcinogenesis. *Toxicological sciences*. 105(1):24-32.

Monroy-Torres, R. (2009). Seguridad alimentaria: Un llamado a la corresponsabilidad. *Revista Electrónica Ide@s CONCYTEG*. 4(49): 792-799.

Monroy-Torres, R., Macias-Hernández, A. E., Gallaga-Solórzano, J. C., Santiago-García, E. J., and Hernandez, I. (2009a). Arsenic in mexican children exposed to contaminated well water. *Ecology of food and Nutrition*. 48(1): 59-75.

Monroy-Torres, R., Ramírez, X. S., and Macías-Hernández, A. E. (2009b). Accesibilidad a agua potable para el consumo y preparación de alimentos en una comunidad expuesta a agua contaminada con arsénico. *Revista Médica de la Universidad Veracruzana*. 9(1):10-13.

Monroy-Torres, R, Espinoza-Pérez, J. A. y Pérez R. M. (2016). Evaluación de las prácticas de alimentación y nutrición en una población expuesta a arsénico: una propuesta para integrar indicadores de exposición nutricional. *Nutrición clínica y Dietética Hospitalaria*. 36(2): 140-149.

Mundo-Rosas, V., de-la-Cruz-Góngora, V., Jiménez-Aguilar, A. y Shamah-Levy, T. (2013). Diversidad de la dieta y consumo de nutrimentos en niños de 24 a 59 meses de edad y su asociación con inseguridad alimentaria, en *Salud Pública de México*. [En línea]. Disponible en: <http://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/5164>. Fecha de consulta: 21 de noviembre de 2016.

Nandana, D., Somnath, P., Debmita, C., Nilanjana, B., Niladri, S., Nilendu, S, ..., and Giri, A. K. (2012). Arsenic exposure through drinking water increases the risk of liver and cardiovascular diseases in the population of West Bengal, India. *BMC Public Health*. 12(639):1-9.

Nandi, D., Patra, R. C., and Swarup, D. (2005). Effect of cysteine, methionine, ascorbic acid and thiamine on arsenic-induced oxidative stress and biochemical alterations in rats. *Toxicology*. 211(1): 26-35.

NOM-127-SSA1-1994 (1994). Norma Oficial Mexicana. Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. [En línea]. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/127ssa14.html>. Fecha de consulta: 24 de octubre de 2017.

Nordberg, G. F., Fowler, B. A., Nordberg, M., and Friberg, L. (2011). *Handbook on the toxicology of metals*. Burlington, Ma. USA: Academic Press. 1024 Pp.

OMS, Organización Mundial de la Salud (2000). United Nations Children's Fund y Water Supply and Sanitation. Global Water Supply and Sanitation Assessment Report, in *WHO Library. E.U.* [En línea]. Disponible en: <http://www.unicef.org/wash/files/gafull.pdf>. Fecha de consulta: 11 de marzo de 2016.

OMS, Organización Mundial de la Salud (2004). Evaluation of the cost and benefits of water and sanitation improvements at the global. Génova. [En línea]. Disponible en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/wsh0404.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/wsh0404.pdf). Fecha de consulta: 10 de marzo de 2016.

OMS, Organización Mundial de la Salud (2006). Guías para la calidad del agua potable (Tercera edición). [En línea]. Disponible en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowres.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf). Fecha de consulta: 2 de febrero de 2017.

OMS, Organización Mundial de la Salud (2007). Lucha contra las enfermedades transmitidas por el agua en los hogares/ Red internacional para la promoción del tratamiento y el almacenamiento seguro del agua doméstica. [En línea]. Disponible en: [http://www.who.int/household\\_water/advocacy/combating\\_disease\\_es.pdf](http://www.who.int/household_water/advocacy/combating_disease_es.pdf). Fecha de consulta: 30 de abril 2016.

OMS, Organización Mundial de la Salud (2008). Guidelines for drinking-water quality: Third edition incorporating first and second addenda, volume 1 recommendations. [En línea]. Disponible en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/fulltextpdf?ua=1](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/fulltextpdf?ua=1). Fecha de consulta: 3 de febrero de 2016.

OMS, Organización Mundial de la Salud (2011). Regional Office for Europe. Policy guidance on water-related disease surveillance. [En línea]. Disponible en: [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0011/149186/e95619.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0011/149186/e95619.pdf). Fecha de consulta: 20 de agosto de 2015.

ONU, Organización de las Naciones Unidas (2010). Asamblea General de las Naciones Unidas. Resolución 64/292: El derecho humano al agua y el saneamiento. [En línea]. Disponible en: <http://www.refworld.org/cgi-bin/texis/vtx/rwmain/opendocpdf.pdf?reldoc=y&docid=4c-c9270b2>. Fecha de consulta: 12 de febrero de 2017.

OPS, Organización Panamericana de Salud (2016). Lactancia materna: clave para el desarrollo sostenible, en *Semana Mundial de la Lactancia*. [En línea]. Disponible en: <http://www.paho.org/hq/index.php?option=content&view=article&id=12332%3Aworld-breast-feeding-week-2016&catid=2368%3Aworld-breastfeeding-week&Itemid=42072&lang=es>. Fecha de consulta: 24 de octubre de 2017.

Putila, J. J. and Guo, N. L. (2011). Association of Arsenic Exposure with Lung Cancer Incidence Rates in the United States, in *PLoS ONE*. [En línea]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3189216/>. Fecha de consulta: 10 de febrero de 2017.

Rodríguez-Barranco, M., Lacasaña, M., Aguilar-Garduño, C., Alguacil, J., Gil, F., González-Alzaga, B., and Rojas-García, A. (2013). Association of arsenic, cadmium and manganese exposure with neurodevelopment and behavioural disorders in children: a systematic review and meta-analysis. *Science of the Total Environment*. 454: 562-577.

Ruiz, S., Monroy-Torres, R. y Ramírez, X. (2013). Día mundial de la cooperación para el cuidado del agua y su participación en la seguridad alimentaria, en *REDICINAYSA*. [En línea]. Disponible en: <http://www.redicinaysa.ugto.mx/images/Revistas2013/redicinaysa-mar-abr-2013-universidad-guanajuato.pdf>. Fecha de consulta: 3 de febrero de 2016.

SEDESOL, Secretaría de Desarrollo Social, Sistema de Apoyo para la Planeación del PDZP (2010a). Microrregiones para San Agustín, Irapuato. [En línea]. Disponible en: <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/contenido.aspx?refnac=110020014>. Fecha de consulta: 13 de febrero de 2017.

SEDESOL, Secretaría de Desarrollo Social, Sistema de Apoyo para la Planeación del PDZP (2010b). Microrregiones para Cútaró, Acámbaro. [En línea]. Disponible en: <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/contenido.aspx?refnac=110170132>. Fecha de consulta: 13 de febrero de 2017.

UNSCN, United Nations Standing Committee on Nutrition (2014). Nutrition and the Post-2015 Sustainable Development Goals. [En línea]. Disponible en: [https://www.unscn.org/files/Publications/Briefs\\_on\\_Nutrition/Final\\_Nutrition%20and\\_the\\_SDGs.pdf](https://www.unscn.org/files/Publications/Briefs_on_Nutrition/Final_Nutrition%20and_the_SDGs.pdf). Fecha de consulta: 3 de febrero de 2016.