

Presencia de arsénico en el Río Santiago e impacto a la salud de los habitantes de La Azucena, El Salto, Jalisco

ALICIA TORRES RODRÍGUEZ¹
MARÍA ELENA PLAZOLA DE ANDA²

Resumen

El agua es conocida por su alta capacidad para disolver sustancias. Para poder ser consumida debe estar libre de contaminantes, sin embargo, es afectada por factores naturales y por la acción del hombre en forma de residuos industriales y domésticos en su mayoría, dañando al ambiente acuático, los mantos acuíferos y por ende la vida humana.

Dentro de los elementos que por ambos medios se incorporan al agua está el arsénico que puede encontrarse en el suelo de forma natural o por residuos industriales, este elemento es necesario para el hombre en pequeñas dosis, pero al exceder los requerimientos tiende a acumularse en huesos, dientes, uñas y cabello ocasionando hiperpigmentación dispersas entre áreas de hipopigmentación que le dan a la piel del tronco y del cuello una apariencia de “gotas de lluvia” e hiperqueratosis; daños al sistema cardiovascular, alteraciones renales y hepáticas, desarrollo de neuropatías periféricas y encefalopatías,

¹ Profesora-Investigadora, adscrita al departamento de Estudios Socio-Urbano del Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades de la Universidad de Guadalajara. Correo electrónico: maria.plazola@cutonala.udg.mx

² Profesora-investigadora, adscrita al Instituto de Agua y Energía en la Universidad de Guadalajara. Correo electrónico: atorres59@gmail.com

actúa como disruptor endócrino relacionado con el desarrollo de diabetes, distintos tipos de cáncer, trastornos neurológicos, mal formación y muerte prematura en fetos, entre otros (Tseng & otros, 1968) (Centeno, *et al.*, 2002) (Nava-Ruíz & Méndez-Armenta, 2011).

Una fuente de arsénico para la población de El Salto, Jalisco es el Río Santiago con sus aguas contaminadas que se mezclan con los suelos de la zona y filtran al subsuelo pasando a las aguas de pozo que son distribuidas para uso doméstico, provocando con todo este ciclo que los habitantes del Fraccionamiento La Azucena y en particular de la colonia del mismo nombre presenten grandes problemas de salud por la contaminación que emana del río los habitantes, tanto niños, jóvenes, adultos y ancianos muestran síntomas relacionados con la ingesta crónica del arsénico. Se suma a este problema de por sí grave, la pobre economía de la zona.

Introducción

La vida está sustentada por el agua, la cual está expuesta a distintos elementos contaminantes naturales y antropogénicos. Entre ellos, destaca el arsénico ya que genera problemas de salud en quien lo consume en niveles que sobrepasan la capacidad de absorción de cada individuo (Aurazo de Zumaeta, 2004). México por su tipo de suelo y por las actividades industriales y agrícolas presenta en sus aguas niveles altos de este elemento, siendo Jalisco uno de los estados con mayor presencia de arsénico en suelo y agua.

Destaca la problemática que se presenta en el Río Santiago que afecta, a su vez a la población de El Salto y en particular de La Azucena la cual es altamente vulnerable a problemas de salud dados sus bajos ingresos, por vivir en una zona habitacional expuesta a las aguas contaminadas del Río Santiago y por su cercanía al parque industrial allí asentado; la población está expuesta a contaminantes, entre los que destaca el arsénico que en dosis elevadas representa un peligro serio para la salud (Afectación de la Cuenca Lerma-Chapala-Santiago-Pacífico. Estados de México, Querétaro, Guanajuato, Aguascalientes, Durango, Michoacán, Jalisco, Nayarit y Zacatecas. República Mexicana, 2006).

1. Generalidades del agua

El agua es un compuesto indispensable para la vida en la tierra, de ella dependen todos los seres vivos. Puede contener gran cantidad de elementos en ella, ya

sean disueltos o sin disolver como sólidos agregados. Estos elementos pueden incorporarse al agua de forma natural por vulcanismo en la zona o bien por el propio ciclo de la vida ya que en diversas zonas se tiene contaminación por microorganismos, plantas y animales muertos (Arrojo Agudo, *et al.*, 2006), o bien pueden ser agregados por actividades antropogénicas por descargas de aguas municipales, industriales o por escorrentía agrícola. Afectando todo ello tanto las aguas superficiales como las subterráneas (Escobar, 2002).

Algunos de estos elementos pueden representar peligro para la salud, en mayor o menor grado, dependiendo del tipo y cantidad. Existen estudios sobre los efectos de los diversos elementos en agua y de ellos se desprenden normas a nivel mundial que establecen los niveles máximos permitidos para el agua de bebida (Agency for Toxic and Disease Registry, 2007). El daño a la salud, por ingesta de agua contaminada crece día a día a nivel mundial, siendo más notable en algunas regiones del planeta. Este daño puede ser inmediato o bien a largo plazo.

La situación del agua en México es compleja y delicada, el mayor porcentaje de la población nacional, así como las grandes ciudades y centros de producción industrial, ganadera y agrícola, se encuentran en zonas áridas y semi-áridas, lo que supone un abasto de agua insuficiente e inadecuado para toda la población. Aunado a lo anterior, apenas entre el 15 y el 25 por ciento de las aguas residuales generadas son tratadas, el resto va a parar a los ríos, lagos y embalses sin tratamiento alguno. Como resultado de lo anterior, así como por el vertido de basura a los cauces de los ríos y a los lagos, cerca de las tres cuartas partes de las aguas superficiales del país tienen algún grado de contaminación (González López, *et al.*, 2015).

Las descargas contaminadas afectan a los cuerpos de agua provocando alteraciones biológicas por la presencia de microorganismos, lo cual daña la vida acuática, amén de ser altamente peligrosas por la gran cantidad y variedad de contaminantes que son arrojados al agua. Estas aguas afectan directamente el ecosistema y aportan sustancias tóxicas al hombre a través no sólo de la ingesta y contacto directos, sino también de manera indirecta.

Algunas de las enfermedades provocadas por la mala calidad del agua son: anemia, arsenicosis, ascariasis, cólera, dengue, diarrea, fluorosis, hepatitis, encefalitis japonesa, intoxicación por plomo, malaria, oncocercosis, tiña, tifoidea, entre muchas otras. Unas pueden ser epidémicas y otras endémicas. Algunas pueden presentarse a los pocos días de la ingesta del agua y otras pueden ser resultado de la exposición crónica a las aguas contaminadas, como es el caso de la arsenicosis que se presenta después de un mínimo de 5 años

de consumir agua contaminada con arsénico (Agency for Toxic and Disease Registry, 2007).

En México, muchos de los recursos hídricos están sobre explotados y se encuentran en serio riesgo de desaparecer. En las márgenes de los ríos se han asentado no sólo poblaciones sino también parques industriales, que, si bien aportan a la población prosperidad, contribuyen, por las malas prácticas a la contaminación de las aguas arrastrando con ellas muerte que llega a los océanos. En este trabajo se hablará del Río Santiago, uno de los ríos más contaminados de México y que presenta altos niveles de arsénico y en particular de la zona de El Salto donde se ubica un parque industrial que contribuye a aumentar los niveles de contaminación incrementando la vulnerabilidad de las zonas habitacionales que se ubican en sus márgenes y que están expuestas por su cercanía no sólo a sus aguas sino también a los vapores que de él emanan, ocasionando en la población problemas de salud (Covarrubias, 2008).

2. Arsénico: sus características y efectos en la salud

El arsénico es un elemento químico conocido desde la antigüedad que por sus características ha sido empleado para diversos usos y si bien es requerido para la salud humana, si sobrepasa los límites aceptados por el cuerpo puede provocar una serie de trastornos en la salud, dependiendo de la concentración y el tiempo de la ingesta, también es capaz de entrar en el aire y aún más fácilmente en agua. La presencia de este metaloide en el ambiente se debe a actividades naturales y a actividades antropogénicas. En el medio ambiente no puede ser destruido, su concentración aumenta y se dispersa cada vez más trayendo consigo graves efectos sobre la salud de quienes queden expuestos a este elemento, ya sean seres humanos o animales (Smedley, *et al.*, 2000).

La explotación minera y refinación de metales para fundición, procesos electrolíticos de producción de metales de alta calidad como Cadmio y Zinc y en menor proporción en la agricultura en el uso de plaguicidas arsenicales orgánicos aportan arsénico a las aguas (Lillo, 2008) (Galetovic & de Fernícola, 2003) en donde puede encontrarse generalmente en forma de Arsenato (As^{+5}) y de esta forma puede ser absorbido con gran facilidad en el tracto gastrointestinal en una proporción entre 40 y 100% (Pontius, *et al.*, 1994) Ingerido de esta forma, es absorbido por los tejidos y luego eliminado por metilación (por la orina) a través de los riñones. Cuando la ingesta es mayor a la excreción el arsénico tiende a acumularse en uñas y cabello.

La norma de la Organización Mundial de la Salud (OMS) permite una concentración máxima de arsénico en aguas destinadas para consumo humano de 0.01 mg As/l, la Norma Oficial Mexicana (NOM) 0.025 mg As/l (Castellanos, 2000) mientras que muchos países permiten 0.05 mg As/l. (Organización Mundial para la Salud, 2006).

Este elemento, en determinadas concentraciones, origina afecciones que van desde alteraciones de la piel con efectos secundarios en el sistema nervioso, irritación de los órganos del sistema respiratorio, gastrointestinal y hematopoyético, acumulación en los huesos, músculos y piel y en menor grado en hígado y riñones (Bocanegra, *et al.*, 2002).

La evidencia epidemiológica de esta acumulación se da en la forma de hiperhidrosis (enfermedad caracterizada por una excesiva producción de sudor ecrino en uno o varios niveles del cuerpo, de forma crónica) e hiperqueratosis palmo-plantar (engrosamiento de la capa externa de la piel) cuya principal manifestación es la pigmentación de la piel y callosidades localizadas en las palmas de manos y pies, también se asocia con el hidroarsenicismo crónico regional endémico (HACRE) que se caracteriza por lesiones en la piel y alteraciones sistémicas cancerosas y no cancerosas; entre otras alteraciones de salud se incluyen también pérdida de la pigmentación cutánea, trastornos vasculares y metabólicos y cáncer de piel, vejiga y pulmón, entre otros (Navoni, *et al.*, 2012)

Los grupos más susceptibles son: los niños ya que su ingesta de líquidos y alimentos es relativamente alta en comparación con su peso corporal; mujeres embarazadas y en lactancia: debido a los posibles efectos adversos del arsénico sobre la reproducción y el desarrollo del feto (Lugo, *et al.*, 1969); individuos con estado nutricional deficitario, individuos con enfermedades preexistentes (sobre todo renales y hepáticas) (Gehle, 2009) Y en el caso de la Azucena se conjugan la contaminación del Río, la distribución de agua de pozo, la pobreza y marginación de la zona, el bajo nivel económico de los pobladores y las precarias condiciones de salud de la población, generando todo ello, evidentes problemas de salud.

2.1 Arsénico en México

En México la presencia de arsénico se debe a que está dentro del cinturón volcánico, con suelos ricos en arsénico que contaminan los mantos freáticos, siendo los estados más afectados Jalisco, Durango, Coahuila y Zacatecas, detectándose concentraciones muy superiores a lo señalado por la NOM-127SSA1 (0.05 mg As/l) (Finkelman, *et al.*, 1994)

En Durango y Coahuila se ha detectado envenenamiento crónico con arsénico de carácter endémico; de 128 pozos de agua en 11 distritos más de 50% de las muestras tuvieron niveles mayores de 0.05 mg/l. Se estimó que alrededor de 400.000 individuos estuvieron expuestos al arsénico a través del agua de bebida, con concentraciones mayores de 0.05 mg/l (Vega Gleason, 2002). En la Región Lagunera se han encontrado además de otros signos y síntomas de arsenicismo, un 0.7% de prevalencia de la enfermedad de pie negro.

En Jalisco, la presencia del arsénico se da de forma natural porque el suelo está enriquecido por éste. Además, en otras entidades es empleado en diversos procesos como la fabricación de muebles y calzado y llega a nuestro estado arrastrado por los cuerpos de agua y dispersados en la entidad afectando la cuenca Lerma-Chapala-Santiago, notándose muy específicamente en la zona del Alto Santiago donde la fuerte contaminación ha hecho desaparecer la flora y la fauna y representa un grave peligro para la salud de la población (Deterioro y contaminación del Río Santiago. Municipios de El Salto y Juanacatlán, Estado de Jalisco. República Mexicana, 2007).

3. Caracterización y problematización de El Salto, Jalisco

El Salto era tan solo una hacienda en 1818; después contó con un trapiche, una planta eléctrica y una fábrica de harina. Ya en 1893 se instaló una compañía eléctrica en la cascada y en 1896 se inició la construcción de la fábrica de hilados y tejidos de algodón. A la fecha, el cambio es notable, existe un gran desarrollo industrial dándole el nombre de “Corredor Industrial del Salto” (DGTI - SEPAF. GEJ, 2016), (Rodríguez Bautista & Cota Yáñez, 2006). La densidad poblacional pasó de ser de 479.20 habitantes/km² en 1980 a 3,331 habitantes/km² en 2010, lo que implica un incremento de casi 700% en tan solo 30 años (INEGI, 2016).

Este municipio forma parte de la Zona Metropolitana de Guadalajara, contando en 2015 con una población de 183,437 personas (IIEG Jalisco, 2015). El subsuelo del municipio es de origen volcánico, perteneciente al período Terciario, compuesto de caliza, rocas ígneas extrusivas, riolita, andesita, basalto, toba y brecha volcánica. Forma parte de la región hidrológica Lerma-Chapala-Santiago, que incluye varios ríos y arroyos de la subcuenca río Santiago (Verde-Atotonilco) Está dividido en 47 localidades, siendo las más importantes: El Salto (cabecera municipal), Las Pintitas, San José del Castillo, Las Pintas y San José del Quince y cuenta con 53 colonias (entre ellas, La Azucena), 10 fraccionamientos, dos ejidos, una ranchería, una unidad habitacional y un parque industrial (DGTI - SEPAF. GEJ, 2016).

El principal río es el Santiago que es uno de los ríos más contaminados del país, de acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (Conagua). La consecuencia grave de esta contaminación es el daño a la salud. La muerte del río comenzó en 1971 con el incremento de la actividad industrial y el crecimiento poblacional, entonces aparecieron los primeros efectos de la grave contaminación. (Mc Culligh DeBlasi, *et al.*, 2007).

Figura 1: Inventario de fuentes primarias de contaminación en las cuencas del río Santiago, Verde y Zula.*

Fuentes primarias de contaminación	Río Santiago	Río Verde	Río Zula
Descargas industriales	71% - 151 industriales se ubican en El Salto, 30% son fuentes de metales y 30% de orgánicos	1%	28%
Descargas agropecuarias	37 toneladas de Manganeso y 4,000 toneladas de Cloro	108 toneladas de Manganeso y 10 mil toneladas de Cloro	53 toneladas de Manganeso y 5 mil toneladas de Cloro
Rellenos sanitarios	8 millones de toneladas de basura de diferente origen (Matatlán; 47 ha 1989)	Río de Santiago	
Plantas hidroeléctricas	Las juntas y la Intermedia (riesgo por los residuos; bifelinos y policlorados presentes en los transformadores)	Río de Santiago	

*Los ríos Verde y Zula forman parte de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago.

Fuente: (Octavio Martín & Torres Rodríguez, 2017)

3.1 Arsénico en El Salto, Jalisco

Las sustancias vertidas al río son tantas y tan variadas que han superado la capacidad de este río para recuperarse. En El Salto y Juanacatlán, según estudios realizados hay muchas personas que tienen cirrosis sin ser alcohólicos, ni tampoco una infección viral, se presenta también insuficiencia renal crónica en pacientes que son verdaderamente jóvenes, incluso menores de 20 años.

El elemento recurrente en los estudios realizados por el Instituto Mexicano de Tecnologías del Agua (IMTA) y la UNAM, es el arsénico, pues siempre está presente en los estudios realizados y normalmente en concentraciones más altas de las permitidas por la normatividad.

Estudios realizados detectaron la presencia de arsénico en la mayoría de los pozos de abastecimiento de agua que consumen los habitantes de El Salto. En este sentido cobra especial interés el fraccionamiento La Azucena, ubicada en las márgenes del río Santiago donde los habitantes presentan marcados síntomas de enfermedad relacionados con la exposición al arsénico, sobre todo en los niños que componen el grupo más vulnerable. Esto en parte por la ingesta de agua potable, abastecida por la red de distribución de agua potable y en parte por la inhalación, contacto y la exposición indirecta ocasionada por la cercanía al río y que puede ser mayor en la época de lluvias cuando el sistema de drenaje se ve rebasado y las aguas domésticas salen por las alcantarillas, mezclándose con las aguas que desbordan del río Santiago, generando lodos y vapores con altos niveles de contaminación (Arellano-Aguilar, *et al.*, 2012).

El río ha perdido gran parte de su flora y su fauna y es un foco constante de enfermedades y presumiblemente mortal (Cueto Sánchez, 2008), no sólo para quienes viven en los márgenes y en las zonas aledañas, sino para todas aquellas personas que de una u otra forma tienen contacto con las aguas (Mc Culligh DeBlasi, *et al.*, 2007). Las plantas de tratamiento de agua instaladas en la zona sólo eliminan los sólidos suspendidos y regresan las aguas al cauce sin haber sido eliminados estos contaminantes y en varios proyectos de abastecimiento de agua potable, se quiere utilizar el agua, así tratada, para consumo humano y riego (Durán Juárez & Torres Rodríguez, 2009). A esto se le agrega que toda el agua que se extrae de los pozos se concentra en una cisterna central, de donde distribuyen a todo el municipio. Esto implica que con uno solo que tenga arsénico, contaminará al resto del líquido.

En los estudios que realizaron del agua de la llave de las viviendas de El Salto y Juanacatlán en 2010, encontraron presencia de este metal. Pero se tienen que hacer más muestras porque es un proceso muy dinámico.³ En El Salto no se cuenta con servicio de agua como en Guadalajara, dependiendo de pozos para el abastecimiento. En esta zona destaca lo siguiente: sobreexplotación de sus recursos hídricos, contaminación progresiva de sus cuerpos de agua, creciente demanda y uso ineficiente del agua, se sigue privilegiando la inversión en el sector, un sobreconcesionamiento de los recursos hídricos, se carece

³ Es un sistema cuyo estado evoluciona con el tiempo, es decir, en situación no estacionaria ni estable.

de información sustantiva sobre el estado actual y no se aplican programas preventivos de operación y/o mantenimiento, falta de efectividad y eficiencia de inversiones en el sector del agua, disponibilidad limitada, no estructurada y probablemente redundante u obsoleta de información específica acerca del sector agua en la región, vinculación incidental, no estructural, entre los centros universitarios y las agencias del sector agua de la región.

Figura 2: Sitios muestreados, del Río Santiago, por la UdeG CUCEI 2005.

Municipio	Cromo	Plomo	Coblato	Cadmio	Mercurio	Arsénico	Manganeso
Arcediano	x		x	x	x		
Ocotlán	x	x	x	x	x		x
Poncitlán	x		x	x	x	x	x/ Celanese
El Salto	x		x	x	x	x	x
Puente Grande	x	x/ Hidro eléctrica	x	x	x	x	x
La junta Intermedia	x	x		x	x	x	
Puente Fernando Espinosa	x		x	x	x	x	x
Poncitlán	x	x/ Celanese	x	x	x	x	
Junta	x		x	x	x	x	x
Colimilla						x	
Matatlán							x

Fuente: Estudio realizado por el CUCEI para el CEAS, Jalisco, 2005.
 (Durán Juárez & Torres Rodríguez, 2009)

Aunque no es posible determinar los efectos directos de la contaminación en la salud fisiológica, los testimonios arrojan evidencias de que el bienestar de los habitantes de El Salto ha disminuido a causa de la contaminación. Como evidencia de ello se puede hablar de la colonia La Azucena donde vivía el niño Miguel Ángel López Rocha, quien murió a consecuencia de una intoxicación

aguda por arsénico, “se acreditó la contaminación que presenta el Río Santiago, ya que el alto volumen de descargas de residuos químicos sobre la cuenca del citado río, ha dado lugar a altas concentraciones de elementos contaminantes, principalmente de metales pesados de alta peligrosidad y riesgo, como plomo, cadmio, arsénico, mercurio, aluminio y cianuro” (CNDH, 2010). Este suceso hizo patente la situación que viven los habitantes de esta zona y es un llamado a participar en la mejora de la calidad de vida y las condiciones ambientales que prevalecen actualmente.

3.2 El fraccionamiento y colonia La Azucena

En este fraccionamiento, asentado en las márgenes del río Santiago viven alrededor de 20,000 personas; la colonia del mismo nombre es un complejo urbano de reciente creación y rápido crecimiento. La mayoría de sus habitantes son matrimonios jóvenes y niños, habitando un promedio de seis personas por vivienda. Las casas varían de tamaño, pero en su mayoría son casas de 36m² de construcción lo que genera hacinamiento y sobrepoblación en una zona donde los servicios públicos son escasos o deficientes.

Figura 3: Fraccionamiento La Azucena, El Salto, Jalisco.



Fuente: Fraccionamiento La Azucena, El Salto Jalisco.

<https://www.google.com.mx/maps/place/Amates,+Galaxi+a+Bonito+Jalisco,+Jal./@20.5066855,-103.2275896,14z/data=!4m5!3m4!1s0x842f4a23026c9003:0x2d0632cddf243824!8m2!3d20.4997326!4d-103.1995819, localizado 18/09/2016>

Cada temporada de lluvias se presentan inundaciones provocadas por la crecida del río Santiago y por el aumento en la presión del agua de drenaje, que al ser éste insuficiente desborda por las alcantarillas cubriendo la zona de aguas negras mezcladas con las aguas contaminadas del río Santiago, generando en toda la colonia no sólo malos olores, sino lodos que entran en contacto con la población, en especial los niños que al no tener patio de juegos en sus casas recurren a las calles como único medio de distracción. Teniendo entonces mayor riesgo de contacto con el arsénico por vía oral y dérmica, además por los vapores que el río emana. Según relata la Sra. María del Rosario Gómez Dávila,⁴ representante de los habitantes de la colonia, se ha logrado que la colonia cuente con algunos servicios, sin embargo, el drenaje sigue siendo un problema mayor; la zona presenta signos de abandono y olvido por parte de las autoridades, las calles son polvorientas y llenas de baches. La falta de infraestructura es evidente.

En entrevistas a los pobladores y observaciones realizadas en la zona del este fraccionamiento se señalaron problemas de salud tales como cambio en color de piel, manchas generalizadas en piel, incremento en problemas hepáticos, cálculos renales, aparición de verrugas en la cara, gran incidencia de cefaleas, incremento en los mortinatos (niños que nacen muertos), broncoaspiración en niños, cáncer de mama, cáncer uterino, tumores cerebrales en varios miembros de la familia, entre los más notables.⁵ Todas ellas pueden relacionarse a la ingesta de altos niveles de arsénico. De ello se desprendió la necesidad de hacer un estudio de los niveles de este metaloide en el agua de los pozos de abastecimiento de la zona.

3.2.1 Estudios del agua doméstica en el fraccionamiento La Azucena

Como principal abasto de agua en la colonia se tienen dos pozos artesianos con una profundidad de 200 metros. Para los estudios del agua doméstica en la zona se solicitó autorización a tres vecinos de la zona, previa información sobre el estudio.⁶ Las tomas (hechas en octubre de 2016) se realizaron directamente de

⁴ En entrevistas realizadas de marzo a octubre de 2016.

⁵ En las entrevistas realizadas los vecinos pidieron anonimato por temor; mencionaron que algunos vecinos jóvenes han desaparecido de sus hogares desde hace algunos meses y no quieren correr la misma suerte.

⁶ Es importante, señalar que sólo se realizaron tres pruebas para validar la existencia de Arsénico en el agua potable, debido a cuestiones de presupuesto, pues el proyecto no cuenta con recursos económicos para su ejecución. Sin embargo y de acuerdo con otros estudios realizados en la zona de estudio, esta prueba nos muestra la existencia de este metal pesado, que aunado con la existencia del mismo en el suelo y agua del río Santiago, justifican su presencia.

la llave de entrada a la casa, antes de subir al tinaco. En los tres casos se contó con la presencia de la Sra. Ma. del Rosario Gómez Dávila como autoridad ante los colonos.

Las muestras de agua se hicieron siguiendo el protocolo y los cuidados recomendados por el CIATEJ y llevadas inmediatamente a sus instalaciones para la realización de las pruebas de análisis por el PROCESO INTERNO INS-SM/US-71⁷ Detección de metales totales por emisión atómica y los resultados reportan niveles de arsénico menores a 0.10 mg/l lo cual indica que están dentro de la norma.

De estos resultados puede establecerse que, si los habitantes de la zona presentan problemas relacionados con la ingesta de arsénico y los niveles del agua potable que utilizan no sobrepasan la norma, existen otras fuentes de arsénico a las que los habitantes de la zona están expuestos, tales como vapores del Río Santiago, lodos ocasionados por el desbordamiento de este, suma de los efectos del arsénico con los efectos a la exposición a otros elementos, entre otros.

Conclusiones

La situación que viven los habitantes de este fraccionamiento presenta grandes problemas por la contaminación que emana del río y por la pobre economía de la zona; los habitantes, en su mayoría niños y jóvenes, muestran síntomas relacionados con la ingesta crónica del arsénico. Pero al realizar estudios del agua potable, a diferencia de los estudios realizados por otros investigadores, se encontró que los niveles de arsénico en el agua potable, son menores a los límites establecidos por la NOM, lo que hace pensar que si los habitantes presentan problemas de salud relacionados a la ingesta de arsénico, éstos pueden ser resultado de la presencia de este metal pesado en más de una forma y a la suma de varios factores, incluidos otros metales pesados presentes en el cauce del mismo río que en conjunto provoquen tales problemas.

Se puede correlacionar los mismos síntomas que presenta la población con la exposición a: Bario, Cadmio, Cobre, Cromo, Hidrocarburos, Mercurio, Plomo y Selenio, por lo que se considera necesario hacer un estudio sobre la presencia de estos elementos en el agua, lodos y aire de la zona.

⁷ Estudio realizado en alimentos y materias primas (ingredientes para la preparación de alimentos) El alcance de la norma NOM-117-SSA1-1994 sólo contempla los siguientes metales Cd As Pb Sn Cu Fe Zn y Hg

La intervención del gobierno, los industriales, la academia y de la población misma en la solución del problema ha sido insuficiente. Se deben buscar opciones de saneamiento, mayor desarrollo económico y mejor infraestructura en la zona para brindar a los pobladores mejores condiciones de vida y la recuperación del Río Santiago.

Bibliografía

- Afectación de la Cuenca Lerma-Chapala-Santiago-Pacífico. Estados de México, Querétaro, Guanajuato, Aguascalientes, Durango, Michoacán, Jalisco, Nayarit y Zacatecas. República Mexicana* (2006). Disponible en: https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2010/10/5663mexico_afectacion.pdf
- Agency for Toxic and Disease Registry (2007). *Estudios de Caso en Medicina Ambiental. La toxicidad del arsénico*, Atlanta, Georgia: ATSDR.
- Arellano-Aguilar, O., Ortega Elorza, L. & Gesundhdait Montero, P. (2012). *Estudio de la contaminación en la cuenca del Río Santiago y la salud pública en la región*, México: UCCS.
- Arrojo Agudo, P. y otros (2006). *La gota de la vida: Hacia una gestión sustentable y democrática del agua*. México: Frente & Vuelta.
- ATSDR, 2016. *Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades*. Disponible en: http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs2.html
- Aurazo de Zumaeta, M. (2004). Aspectos biológicos de la calidad del agua. En: *Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración. Manual I: teoría*. Tomo I. Lima, Perú: OPS/CEPIS/PUB, pp. 57-102.
- Bocanegra OC, Bocanegra EM, Álvarez AA. (2002). Arsénico en las aguas subterráneas: su impacto en la salud. Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el Desarrollo (ALHSUD). VIALHSUD-XXXII AIH Congreso Mar del Plata.
- Castellanos, J. (2000). *Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-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*. Distrito Federal: Diario Oficial de la Federación.
- CEA JALISCO (2009). *Resultado del monitoreo Río Santiago, Río Zula y Arroyo El Ahogado en mayo de 2009*. Disponible en: http://www.ceajalisco.gob.mx/notas/documentos/nota_resultados_monitoreo4.pdf

- Centeno, J. A. y otros (2002). Pathology related to chronic arsenic exposure. *Environmental Health Perspectives*, octubre, 110 (5 Suppl.).
- Comisión Nacional de los Derechos Humanos México (2010). *Caso Judicial CNDH/ 1/2008/1374/Q*, México: CNDH.ORG.
- Covarrubias, J. (2008). *Por un Salto Digno. Limpiemos El Salto*. [En línea] <http://limpiemoselsalto.blogspot.mx/2008/09/trabajos-de-un-salto-de-vida-ac.html>
- Cueto Sánchez, L. M. (2008). Denuncian vecinos de La Azucena altos niveles de arsénico en niños. *El Informador*.
- Deterioro y contaminación del Río Santiago. Municipios de El Salto y Juanacatlán, Estado de Jalisco. República Mexicana* (2007).
- DGTI - SEPAF. GEJ (2016). *Jalisco, Gobierno del Estado, El Salto*. <http://www.jalisco.gob.mx/es/jalisco/municipios/el-salto>
- DGTI - SEPAF. GEJ (2016). *Jalisco, Gobierno del Estado, El Salto*. Disponible en: <http://www.jalisco.gob.mx/es/jalisco/municipios/el-salto>
- Durán Juárez, J. M. & Torres Rodríguez, A. (2009). La sustentabilidad de la cuenca del Río Santiago y su relación con la metropolización de Guadalajara. En: *Cultura, Tecnología y Patrimonio*. Guadalajara, Jalisco: Universidad de Guadalajara Centro Universitario de los Valles, pp. 5-31.
- Escobar, J. (2002). *La gota de la vida: Hacia una gestión sustentable y democrática del agua*. Santiago, Chile: CEPAL ECLAC UN.
- Finkelman, J., Corey, G. & Calderon, R. (1994). *Epidemiología ambiental; un proyecto para América Latina y el Caribe*. Metepec: Organización Panamericana de la Salud.
- Galetovic, A. & de Fernícola, N. (2003). Arsénico en el agua de bebida: un problema de salud pública. Arsênio na água de beber: um problema de saúde pública. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, octubre-diciembre.39 (4).
- Gehle, K., (2009). *Arsenic Toxicity. Case Studies in Environmental Medicine*. ATSDR.
- González López, L. E., Pérez Santiago, A. N., Razo Padilla, J. A. & Sánchez Martínez, R. (2015). *Climas y suelo en el país, zonas geográficas, zonas ecológicas, vegetación, suelo y clima*. México: UAM, Unidad Xochimilco.
- IIEG Jalisco (2015). *Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco*. Disponible en: <http://www.iieg.gob.mx/>

- INEGI (2016). *Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática*. Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=14>
- Lillo, J. (2008). *Peligros geoquímicos: arsénico de origen natural*. Madrid: Grupo de Estudios de Minería y Medio Ambiente.
- Lugo, G., Cassady, G. & Palmisano, P. (1969). Acute maternal arsenic intoxication with neonatal death. *American Journal of diseases of children*, pp. 328-330.
- Mc Culligh DeBlasi, C., Páez Vieyra, J. C. & Moya García, G. (2007). *Mártires del Río Santiago*, Guadalajara. Jalisco: IMDEC, A.C.
- Nava-Ruiz, C. & Méndez-Armenta, M. (2011). Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio), *Arch Neurocién*, Vol. 16, Núm. 3: 140-147
- Navoni, J., De Pietri, D., García, S. & Vilaamil Lepori, E. (2012). Riesgo Sanitario de la población vulnerable expuesta al Arsénico en la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Panamericana de Salud Pública*, pp. 1-8.
- Norma Oficial Mexicana (1994). *NOM-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"*. México: Diario Oficial de la Federación.
- Organización Mundial para la Salud (2006). *Guías para la calidad del agua potable Primer apéndice a la tercera edición*, volumen I. Ginebra, Suiza.: OMS.
- Pontius, F. W., Brown, K. G. & Chen, C.-J (1994). Health Implications of Arsenic in Drinking Water. *Journal of the American Water Works Association*, 86(9), pp. 52-63.
- Rocha-Amador, D. Navarro, M. E., Carrizales, L., Morales, R. and Calderón, J. (2007). Decreased intelligence in children and exposure to fluoride and arsenic in drinking water. *Cadernos de Saúde Pública*.
- Rodríguez Bautista, J. J. & Cota Yáñez, M. d. R. (2006). Desarrollo del Parque Industrial El Salto, Jalisco. *Cuadernos PROLAM/USP*, 5(2), pp. 83-104.
- Smedley, P. L., Nicolli, H. B. & Z-D, L. (2000). *Arsenic in groundwaters from major aquifers: sources, effects and potential mitigation.*, Wallingford, U.K.: British Geological Survey.
- Tseng, W. & otros (1968). Prevalence of skin cancer in an endemic area of chronic arsenicism in Taiwan. *Journal of National Cancer Institute*.
- Vega Gleason, S. (2002). *Temas selectos de salud y derecho*. México: UNAM.