



## EVALUACIÓN DE FACTORES HUMANOS, NATURALES Y MATERIALES QUE INCIDEN EN EL USO Y EFICIENCIA DE FILTROS KANCHAN EN LA COMUNIDAD SAN JUAN, TIPITAPA NICARAGUA

## EVALUATION OF HUMAN, NATURAL AND MATERIAL FACTORS THAT AFFECT THE USE AND EFFICIENCY OF KANCHAN FILTERS IN THE SAN JUAN COMMUNITY, TIPITAPA NICARAGUA

*Xochilt Yaosca Barahona Silva<sup>1</sup>  
Jonton Josué Talavera Blandón<sup>2</sup>  
Sergio Rafael Gámez Guerrero<sup>3</sup>*

*(Recibido/received: 07-julio-2022; aceptado/accepted: 29-septiembre-2022)*

**RESUMEN:** En Nicaragua la calidad de agua se ve afectada por la presencia de arsénico en concentraciones mayores a lo indicado en normas CAPRE. En el presente estudio se realizó diagnóstico de los filtros Kanchan construidos en la comunidad San Juan de Tipitapa y determinaron factores que pueden incidir en su uso y eficiencia. Los filtros Kanchan son una alternativa de bajo costo para disminuir la presencia de este analito en el agua de bebida. La falta de conocimiento en temas de calidad de agua, efectos a la salud por ingesta de arsénico y falta de capacitación en operación y mantenimientos son factores humanos que inciden en el uso del filtro. Al comparar estas unidades con las especificaciones recomendadas en guías MIT y ENPHO, no cumplen con los materiales en cuanto a diámetro de arena fina, espacio libre entre fondo de la pana, cantidad de clavos y trozos de ladrillos dentro de pana difusora, logrando remover solamente entre un 60 -70 % de arsénico. Posteriormente con los mismos materiales de las unidades evaluadas se ensambló un filtro a nivel de laboratorio que cumple con lo establecido, resultando arsénico <0.01 mg/L, fosfatos de 0.2 mg/L, Ph de 8.37 y calcio de 12.38 mg/L. Para obtener un buen desempeño en filtros Kanchan se recomienda cumplir con granulometría de arena fina que retiene el complejo arsénico hierro y garantizar la cantidad de Hidróxido de hierro para la adsorción de arsénico, así como capacitar continuamente a los usuarios en uso y mantenimiento de la tecnología.

**PALABRAS CLAVE:** arsénico; adsorción; arena; hidróxido de hierro; granulometría

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Ingeniería. Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente, Responsable de Laboratorios de Microbiología, [xochilt.barahona@piensa.uni.edu.ni](mailto:xochilt.barahona@piensa.uni.edu.ni)

<sup>2</sup> Maestro en Ciencias Ambientales con mención en Ingeniería Ambiental, PIENSA-UNI, Nicaragua

<sup>3</sup> Universidad Nacional de Ingeniería. Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente, Académico, [Sergio.gamez@piensa.uni.edu.ni](mailto:Sergio.gamez@piensa.uni.edu.ni)

**ABSTRACT:** In Nicaragua, the quality of water is affected by the presence of arsenic in concentrations higher than that indicated in CAPRE standards. In the present study, a diagnosis was made of the Kanchan filters built in the San Juan de Tipitapa community and factors that can affect their use and efficiency were determined. Kanchan filters are a low-cost alternative to reduce the presence of this analyte in drinking water. The lack of knowledge on water quality issues, health effects due to arsenic intake and lack of training in operation and maintenance are human factors that affect the use of the filter. When comparing these units with the specifications recommended in the MIT and ENPHO guides, they do not comply with the materials in terms of diameter of fine sand, free space between the bottom of the pan, number of nails and pieces of brick inside the diffuser pan, managing to remove only between 60-70% arsenic. Subsequently, with the same materials from the evaluated units, a filter was assembled at the laboratory level that complies with the provisions, resulting in arsenic <0.01 mg/L, phosphates of 0.2 mg/L, Ph of 8.37 and calcium of 12.38 mg/L. To obtain a good performance in Kanchan filters, it is recommended to comply with fine sand granulometry that retains the arsenic-iron complex and to guarantee the amount of iron hydroxide for arsenic adsorption, as well as to continuously train users in the use and maintenance of the technology.

**KEYWORDS:** arsenic; adsorption; sand; iron hydroxide; granulometry.

## ABREVIATURAS

As: Arsénico

PIENSA: Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente

pH: Potencial de Hidrógeno

MIT: Instituto Tecnológico de Massachusetts

ENPHO: Environment and Public Health Organization

## INTRODUCCIÓN

La escasez de los recursos hídricos, la mala calidad del agua y el saneamiento inadecuado influyen negativamente en la salud de los pobladores. El acceso al agua es un derecho humano, que forma parte de las garantías indispensables para asegurar un nivel de vida digno (Naciones Unidas, 2018). El impacto de la calidad inadecuada del agua para consumo humano es riesgoso para la salud y de relevancia clínica, que van desde infecciones asintomáticas a gastroenteritis y diarrea hasta enfermedades graves y en última instancia, la muerte (OMS, 2011).

Las principales rutas de exposición de las personas al arsénico es la ingesta e inhalación, este es acumulable en el organismo por exposición crónica, a niveles mayores de 0.010 mg/L, puede ocasionar afecciones como alteraciones de la piel y a exposiciones muy altas de Arsénico puede causar infertilidad y abortos en mujeres, pérdida de resistencia a infecciones, perturbación en el corazón y daño del cerebro tanto en hombres como en mujeres (OMS, 2016).

En Nicaragua en las regiones noreste, occidente y Suroeste de Nicaragua, próximas a cuerpos mineralizados se encuentra arsénico en el agua. El arsénico es un elemento que se encuentra mayormente asociado en forma natural con la geología, el agua y el suelo. Según Townley (2006), la intensa alteración hidrotermal, vuelve vulnerable a la roca por no tener capacidad para contrarrestar el pH, disminuyendo la acidez y capacidad de neutralizar las reacciones químicas, facilitando la incorporación de elementos nocivos como el arsénico al medio hidrogeológico.

Aguilar, Parra, Cantillo y Gómez (2000) aseguran que, en Nicaragua, la contaminación de arsénico en aguas subterráneas fue detectado en mayo de 1996, en un pozo artesiano de la comunidad El Zapote, en el valle de Sébaco (municipio de San Isidro), que contenía 1320 µg /L. A partir de entonces, diferentes instituciones han realizado estudios que confirman extensión del problema en las comunidades vecinas y en otras regiones del país (INAA, 1996).

Durante 2004-2005 se realizó estudio de calidad de agua más grande (1,488 pozos) llevado a cabo por UNICEF y Organización Panamericana de la Salud (OPS). Dieciocho de los 46 municipios estudiados tenían agua con concentraciones superiores a 10 µg / L. La concentración máxima de As (161 µg / L) se encontró en un pozo de San Juan de Limay de Nueva Segovia (PAHO/ WHO/ UNICEF, 2005).

Desde el año 2009, CIEMA-UNI, después PIENSA, ha realizado estudios en la remoción de arsénico utilizando Filtros Kanchan. La eficiencia de los filtros Kanchan depende fuertemente de las concentraciones de fósforo, sílice, calcio y hierro presentes en la fuente de agua, por lo que se puede esperar que la remoción de arsénico con estos varíe mucho entre regiones por la composición del agua subterránea.

Dentro de los estudios más destacados en la remoción de arsénico se destaca el pozo perforado de Mina La India con una concentración inicial de 96 ug/L, obtuvo un promedio de remoción de arsénico de 98.6% (Aragón, 2008).

En Santa Rosa del Peñón pozo perforado con concentración de 78 ug/L de As presentó un porcentaje de remoción del 98.5% (Castillo, 2008) y pozo privado en Santa Rosa del Peñón con 41ug/L removi6 un 97.8% de arsénico.

En el 2007, los niveles de arsénico encontrados la comunidad Asiento Viejo, municipio de Teustepe- Boaco, fueron de 50 µg/L, filtro Kanchan removi6 entre el 86% y el 100% del arsénico.

En el año 2010 CIEMA, acompañ6 la instalación y monitoreo de filtros Kanchan en las comunidades de la Libertad Chontales por medio de la Alcaldía y del apoyo de la Autoridad Nacional del agua (Waterschap Rijn en IJssel) de los hermanos holandeses, a través del proyecto "agua limpia para la libertad", los porcentajes de remoción de arsénico en los filtros oscilaron entre 89% y 98%.

En el año 2014, un organismo con perfil en agua y saneamiento, por su experiencia en construcción e instalación de filtros Kanchan en otras comunidades del país, instal6 180 filtros

Kanchan en la comunidad San Juan de Tipitapa, ubicada a 8.5 Km al sureste de la ciudad de Tipitapa y cabecera del municipio que lleva el mismo nombre, en el departamento de Managua. Estos filtros no tuvieron buena aceptación después de varios meses de funcionamiento, no lograron remover eficientemente arsénico, del agua del pozo, hasta niveles que cumplan la Norma CAPRE para agua de bebida.

Debido a esta problemática, surge la incertidumbre, si los filtros instalados en la comunidad no funcionan correctamente por mal ensamblaje, por falta de capacitaciones a la comunidad o por la presencia de sustancias naturales que interfieren en la adsorción con el arsénico.

La presente investigación pretende identificar los factores humanos, materiales y naturales que pueden incidir en la eficiencia de los dispositivos instalados en la comunidad de estudio, con el fin de, dar a conocer esta tecnología a nivel nacional, como una alternativa que garantice a las comunidades obtener agua de consumo humano con niveles permisibles de arsénico, conforme a lo establecido en las normas de calidad de agua para bebida.

## METODOLOGÍA

*Ubicación del estudio:* El presente estudio fue realizado en la Comunidad de San Juan de Tipitapa, ubicada a 8.5 Km. al sureste de la ciudad de Tipitapa y departamento de Managua. se localiza en las coordenadas geográficas latitud Norte 12°09'52", longitud Oeste 86°02'00" W, a una elevación promedio de 48 msnm.

El tipo de investigación es transversal analítico, se recolectó información de la población en un tiempo determinado para obtener factores que pueden incidir en la eficiencia de los filtros Kanchan. De tipo Social para ayudar a los pobladores a hacer buen uso de los filtros Kanchan y consumir agua con niveles de arsénico menores a 10 ug/L y Experimental donde se determinan factores naturales que pueden afectar la remoción de arsénico.

### *Recolección de información por medio de encuesta*

La encuesta se realizó en base a 118 jefes de familias de la comunidad San Juan de Tipitapa, quienes todavía contaban con el filtro. Este trabajo de campo se llevó a cabo con 10 estudiantes de la Facultad de Ingeniería Química (FIQ), técnicos PIENSA y representantes del organismo de cooperación. Las variables medidas en la encuesta para establecer los factores humanos fueron conocimientos, aceptación, capacitación y Operación y Mantenimiento.

### *Recolección de muestras y análisis*

Del total de filtros evaluados en la comunidad San Juan de Tipitapa se seleccionaron solamente 13 unidades, debido a que todos tienen el mismo diseño y construcción, se realizaron determinaciones de arsénico y se calculó porcentaje de remoción.

*Contrastación del ensamblaje de los Filtros Kanchan Instalados en la Comunidad con respecto a los criterios establecidos por MIT y ENPHO.*

Un filtro de los instalados en la comunidad se desensambló en los laboratorios del PIENSA UNI y se contrastó tamaño, cantidad y volumen de cada uno de sus componentes con las establecidas en la Guía elaborado por el MIT ENPHO. Al encontrarse diferencias en los filtros de la comunidad con respecto a lo recomendado por Guías, se ensamblará un filtro Kanchan a nivel de laboratorio para verificar que los materiales que componen el filtro remueven eficientemente las concentraciones de As presente en el agua de la comunidad.

#### *Evaluación de Interferencias en la remoción de arsénico*

En Tabla 1 se muestran los Factores Naturales, que pueden interferir en la remoción de arsénico tanto en la entrada como en la salida del filtro del agua de la comunidad.

Tabla 1: Variables utilizados para determinar factores naturales.

<b>Parámetros</b>	<b>Código del método</b>	<b>Nombre del método</b>
pH	4500-B	Potenciométrico
Calcio	3500-B	Método Titulométrico
Fosfatos	3500-C	Método del ácido Vanadomolibdofosfórico
Arsénico	**	Arsenator

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

De los resultados de las encuestas, realizadas a 118 comunitarios, se extraen los factores humanos asociados al uso de los Filtros Kanchan en la comunidad:

#### *Conocimientos*

En la comunidad se tiene conocimientos del tema de calidad de agua, pero no a toda la población se le ha explicado el tema del arsénico y sus efectos en la salud.

Un 50 % conoce los efectos del arsénico en las personas y un 50.5 % desconoce estos efectos en la salud.

A Los pobladores de la comunidad no se les presenta información en las escuelas ni en centros de Salud sobre el tema de arsénico, tienden a relacionar los efectos de arsénico, con razón o sin razón, a enfermedades como cáncer, daños al organismo, diarrea, ceguera, dolor de estómago, problemas renales, enfermedades cutáneas.

Solamente un 16 % conoce que la parte más importante del filtro son los clavos. 82 personas de la comunidad no saben como se llama el filtro para remover arsénico el resto simplemente le llama filtro y el resto desconoce el nombre.

### *Aceptación*

Un 55 % realmente utilizó el filtro y seguidamente un 23 % indica que no lo utiliza. Un 12 % destaca tener dificultad para usar el filtro, de los Problemas encontrados con respecto al uso del filtro, son:

- a) Obtención de bajo caudal: difícilmente se logrará recolectar 15 a 20 Litros por hora, caudal de diseño para una familia de gran tamaño.
- b) Obtención de agua turbia y mal sabor: desconfianza del agua obtenida por presentar color y sabor.
- c) fragilidad del filtro: incurre en gasto para los pobladores y hace que la tecnología quede en desuso.

### *Capacitación*

El filtro utilizado para remover arsénico es nombrado por un 26.7 % de los comunitarios Filtro Kanchan el resto desconoce el nombre del filtro que han utilizado. Un 89.5% fue capacitado para usar el filtro y el resto no. Estas capacitaciones fueron realizadas por el organismo cooperante al 71.2 % de los habitantes, 11.5 % fue capacitado por un familiar, 5.2% por un vecino y el resto por CAPS u Otra entidad.

### *Operación y Mantenimiento*

Solamente un 55 % de los pobladores utilizaba el filtro, en su mayoría alegan haber armado el filtro Kanchan después de su mantenimiento e indican que se realiza fácil, pero el resto aduce que es difícil armarlo cuando se le agrega la arena fina, clavos y las tejas. El mantenimiento del filtro Kanchan se realiza de manera semanal hasta mensual y dura para algunos desde horas hasta semanas; dentro de lo que más se les dificulta es armarlo y desarmarlo, es muy pesado, retirar el agua, lleva mucho tiempo y se olvida del manejo. los pobladores en algunos casos por asuntos laborales han capacitado y delegado a otro miembro de la familia la limpieza de los filtros cuando estos se colmatan o contienen exceso de óxido.

Los factores humanos afectan la interacción humana y son la herramienta principal para que las tecnologías se lleven a cabo, debido a esto, es muy importante realizar charlas de arsénico en los colegios para que niños, jóvenes y la población en general conozcan las implicaciones que conlleva ingerir agua con arsénico, así como la importancia de conocer y realizar tratamiento al agua que consumen. Las capacitaciones en operación y mantenimiento del filtro Kanchan, empoderan a los pobladores a dar repuesta a lo inmediato cuando el filtro presenta problemas, de esta forma se garantiza un adecuado uso y buen desempeño del filtro.

### *Eficiencia de los filtros Kanchan instalados en la comunidad San Juan de Tipitapa*

En la figura 1 se observa que las remociones de As son muy heterogéneas y se remueve solamente un 60- 80 % de arsénico con respecto a las concentraciones de arsénico presente en el agua de la comunidad San Juan de Tipitapa.

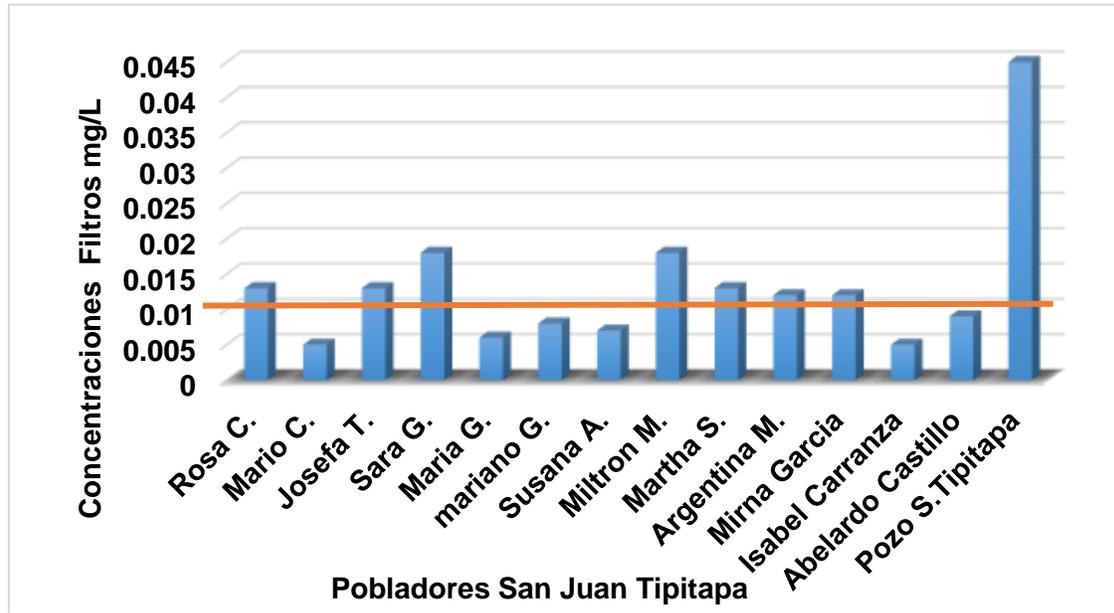


Figura 1: Concentración de arsénico en el agua Cruda y en efluentes de Filtros evaluados en la Comunidad San Juan de Tipitapa

*Análisis comparativos de materiales de los filtros instalados en la comunidad con respecto a lo recomendado en guías MIT y ENPHO.*

Se puede observar (Tabla 2) los volúmenes y cantidades de los materiales que no cumplen los filtros Kanchan instalados en la comunidad con en comparación con su diseño original.

Tabla 2: Análisis comparativos de dimensiones, cantidades y propiedades de los componentes del filtro instalado en la comunidad con respecto a lo recomendados por MIT y ENPHO.

Especificaciones de Filtro MIT y ENPHO	Característica de los materiales utilizados en el Filtro Comunidad San Juan
5 kg de clavos sueltos sin galvanizar de 20-25 mm de longitud colocados en una pana plástica con agujeros en el fondo	1.8 kg de clavos confinados en una parrilla metálica colocada en una pana plástica con agujeros en el fondo
Arena Fina (<1 mm de Diámetro) de 20 a 22 L	Arena fina con diámetro menor de un 1mm, obtenido de pruebas granulométricas 15 a 16 litros
Arena Gruesa (3 a 6 mm de Diámetro) 4 L	Arena gruesa (diámetro menor a 3mm obtenida de pruebas granulométricas. 1.5 litros aprox.
Grava (6 y 15 mm de Diámetro) 6 L	Grava (6-10 mm de diámetro obtenidas en pruebas granulométricas. 1.5 litros aprox.
Cubrimiento de los clavos con trozos de ladrillos para evitar vertido directo del agua a filtrar sobre los clavos	Cubrimiento excesivo de la parrilla de clavos con ladrillos de barro.

Espesor de la capa de arena fina en el balde plástico 20 cm aproximadamente	Espesor de la capa de arena fina en el balde plástico 20 cm aprox
Espesor de la capa de arena gruesa en el balde plástico 5 cm aproximadamente	Espesor de la capa de arena gruesa en el filtro 1.5 cm aprox.
Espesor de la capa de grava en el balde plástico 5 cm aproximadamente	Espesor de la capa de grava en el filtro 1.5 cm aprox.
Espacio libre entre fondo de la pana con clavos y el nivel de agua en el balde 5 cm equivalente a unos 5 litros	Espacio libre entre fondo de pana y el nivel de agua en el balde 4 cm equivalente a 3 litros
Altura de agua permanente sobre la capa de arena fina en el balde 5 cm	Altura de agua permanente sobre la capa de arena fina en el balde 5 cm

Al no cumplir los filtros Kanchan de la comunidad con las especificaciones, se procedió a rehabilitar un filtro Kanchan en los laboratorios PIENSA, utilizando los materiales de las unidades evaluadas de la comunidad, mejorando diámetros de arenas finas y otras especificaciones con las que no cumplen, posteriormente se determinaron concentraciones de arsénico, pH, calcio y fosfatos.

#### *Análisis físico químicos evaluados en el filtro Kanchan rehabilitado*

Se pudo apreciar que al utilizar un diámetro efectivo de arena fina 0.20 mm en el filtro rehabilitado en los laboratorios PIENSA, las concentraciones de arsénico disminuyeron hasta obtener valores menores a 0.001mg/L, paralelamente se determinaron valores de pH, los cuales disminuyen ligeramente al pasar por el sistema de filtración, obteniéndose valor promedio de 8.37, recomendados en norma CAPRE de 6-9. Las concentraciones de calcio en el agua cruda son de 0.96 ppm presentando un aumento a la salida del filtro de 12.38 mg/L, se puede atribuir debido a la coprecipitación con el óxido de hierro que reacciona con la alcalinidad total del agua y esta ocasiona algún desprendimiento de calcio, incorporándose al agua que sale del filtro, dicho valor se encuentra dentro los límites permisibles de norma CAPRE. Las concentraciones de fosfato obtenidas fueron de 0.2 mg/L. Debido a los resultados obtenidos se puede afirmar que los factores naturales evaluados en el agua de la comunidad no influyen en la remoción de arsénico.

## **CONCLUSIONES**

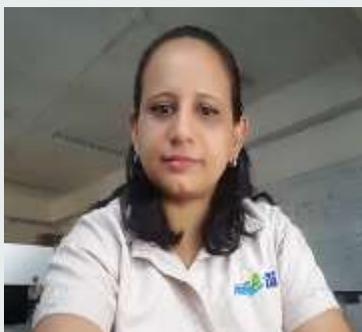
Las capacitaciones continuas en temas de arsénico ayudan a los pobladores a conocer los efectos que este metal ocasiona en la salud, de allí la importancia de concientizar el uso del filtro kanchan como una tecnología para remover arsénico, teniendo en cuenta, una serie de factores humanos, materiales y naturales que inciden en el uso y baja eficiencia de los filtros. Un mantenimiento inadecuado del filtro ocasiona bajo caudal, mal sabor, color y presencia de sarro. Durante el diseño de los filtros Kanchan se debe tomar como referencia las especificaciones establecidas por las Guías MIT y ENPHO, principalmente la importancia de obtener una arena fina que ayude a retener las partículas de hidróxido de hierro - arsénico. Las concentraciones naturales de pH, calcio y fosfato (factores naturales) para este tipo de agua de la Comunidad San Juan de Tipitapa no influyen en la remoción de arsénico. Para garantizar la sostenibilidad de los

filtros Kanchan los comunitarios deben ser los principales protagonistas en la construcción y uso del filtro, muchas veces por falta de conocimiento e involucramiento de todas las familias usuarias ocasiona que este tipo de tecnología no funcione adecuadamente, no sea aceptada y vaya quedando en desuso.

## REFERENCIAS

- Aguilar E., Parra M., Cantillo L., Gómez A. (2000). *Intoxicación crónica por arsénico*. El Zapote Nicaragua 1996. Med Cut ILA, 28:168-173.
- Altamirano M., Bundschuh J. (2009). *Natural arsenic groundwater contamination of the sedimentary aquifers of southwestern Sébaco valley, Nicaragua*.
- Holm, T.(2002). *Effects of CO<sub>3</sub>-2/bicarbonate, Si and PO<sub>4</sub>-3 on arsenic sorption to HFO*. J. AWWA, 94, págs. 174-181.
- González M., Provedor E., Reyes M., López A. y Lara K. (1998). *Exposición del Arsénico en comunidades rurales de San Isidro, Matagalpa, 1997*. Centro de Estudios de Investigaciones y Estudios de la Salud.
- Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados. (1996). *Informe de los resultados de As en comunidades rurales del municipio de San Isidro*. Managua, Nicaragua.
- Naciones Unidas, (2018). *Objetivos de desarrollo sostenible; 17 objetivos para transformar nuestro mundo. Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos*. Nueva York. Disponible en: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>.
- Ngai, T. and Walewijk, S. 2007. *The Arsenic Biosand Filter (ABF) project: design of an appropriate household drinking water filter for rural Nepal, Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology*. <http://web.mit.edu/watsan>.
- Programa de Investigación y Docencia de Medio Ambiente, Universidad de Ingeniería y UNICEF. (2002). *Evaluación rápida de la contaminación por arsénico y metales pesados de las aguas subterráneas de Nicaragua*.
- Organización Mundial de la Salud. (2011). *Guías para la calidad del agua de consumo humano*. Recuperado de: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1>
- Organización Mundial de la Salud. (2016). *Arsénico*. Recuperado de : <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs372/es/>
- Organización panamericana de la Salud. (2005). *Evaluación rápida de la calidad del agua de bebida en Nicaragua*. Recuperado de: <http://www.bvsde.org.ni>

## SEMBLANZA DE LOS AUTORES



**Xochilt Yaosca Barahona Silva:** Es Ingeniero Químico, Con Maestría en “Ciencias Ambientales con mención en Ingeniería Ambiental” del Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente



**Josué Talavera Blandón:** Es Ingeniero Químico, Con Maestría en “Ciencias Ambientales con mención en Ingeniería Ambiental” del Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente



**Sergio Gámez Guerrero:** Es Ingeniero Civil. Con Maestría en Calidad de Agua (ERIS USAC), Especialidad en Tratamientos Anaerobios (IHE). Académico de Universidad Nacional de Ingeniería.