

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

**Evaluación de la concentración de Arsénico en aguas
subterráneas para consumo humano en la Asociación Nueva
Jerusalén, Juliaca - Puno**

Por:

Martha Huillca Lima
Lourdes Apaza Mamani

Asesor:
Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera.

Juliaca, diciembre de 2019

DECLARACIÓN JURADA
DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN

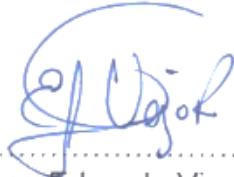
Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: "Evaluación de la concentración de Arsénico en aguas subterráneas para consumo humano en la Asociación Nueva Jerusalén, Juliaca-Puno" constituye la memoria que presentan las estudiantes Martha Huilca Lima y Lourdes Apaza Mamani para aspirar al grado de bachiller en Ingeniería Ambiental, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este trabajo de investigación son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 02 diciembre del 2019.



.....
Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera

Evaluación de la concentración de arsénico en aguas
subterráneas para consumo humano en la Asociación
Nueva Jerusalén, Juliaca-

Puno.

TRABAJO DE INVESTIGACION

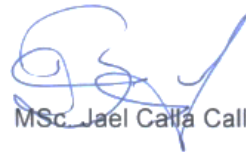
Presentada para optar el grado de bachiller de Ingeniería
Ambiental

JURADO CALIFICADOR



MSc. Rose Adeline Callata Chura

Presidente



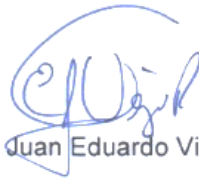
MSc. Jael Calla Calla

Secretario



MSc. Mateo Alejandro Salinas Mena

Vocal



Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera

Asesor

Juliaca, 02 de diciembre del 2019

Evaluación de la concentración de Arsénico en aguas subterráneas para consumo humano en la Asociación Nueva Jerusalén, Juliaca-Puno.

Martha Huillca Lima^{1*}, Lourdes Apaza Mamani², Juan Eduardo Vigo Rivera³.

¹Facultad de Ingeniería y Arquitectura EP.Ingeniería Ambiental Universidad Peruana Unión

Resumen

El objetivo de la investigación fue la evaluación de la concentración de arsénico en las aguas de consumo humano de origen subterráneo en la asociación de viviendas Nueva Jerusalén, donde se monitorearon 10 muestras representativas en base a las curvas de nivel de la ubicación geográfica de la zona más habitada. El arsénico se analizó por el método de espectrométrico de absorción atómica desarrollado en el laboratorio acreditado, de las 10 muestras se obtuvo como resultado 8 muestras de los pozos subterráneos estudiados presentan una concentración de arsénico menor de <0.005 mg/L y la M8, M10 tiene concentraciones de 0.108 y 0.106 mg/L respectivamente. Los que indican agua contaminada ya que sobrepasa los límites máximos permisibles de acuerdo al D. S. N° 031-2010 S.A establecido para aguas de consumo humano.

Palabras clave: arsénico; agua subterránea; agua para consumo humano

Abstract

The The objective of the investigation was the evaluation of the concentration of arsenic in the waters that human consumes of underground in the housing association Nueva Jerusalem, where 10 representative samples were monitored based on the contours of the geographical location of the area more inhabited The arsenic was analyzed by the atomic absorption spectrometric method developed in the accredited laboratory, of the 10 samples obtained as a result 8 samples from the underground wells studied have a lesser arsenic concentration of <0.005 mg/L and the M8, M10 It has concentrations of 0.108 and 0.106 mg/L respectively. Those that indicate contaminated water since it exceeds the maximum permissible limits according to the D. S. No. 031-2010 S.A established for water for human consumption

Keywords: Arsenic; underground water; water for human consumption

1. Introducción

El agua contaminada con presencia de arsénico es un problema mayor (Medina, 2018), estas provienen o son generados por lixiviaciones naturales y son extendidas hacia los acuíferos, lagos y pozos subterráneos (OMS, 2018), según (Esparza & Castra, 2006) la mayor presencia de arsénico en el agua es de origen natural estas presentándose en aguas subterráneas.

Como también el arsénico (As) es un elemento muy común en la atmósfera, en rocas y suelos, en la hidrosfera y la biosfera y es movilizado al medio ambiente a través de una combinación de procesos que incluyen tanto procesos naturales (meteorización, actividad biológica, emisiones volcánicas) (Lillo, 2008).

La exposición prolongada al arsénico inorgánico, a través del consumo de agua contaminada o comida preparada que puede causar múltiples consecuencias (Boyle, 1998) afectando varios sistemas como

* Autor de correspondencia: Martha Huillca, Lourdes Apaza, Eduardo Vigo.
Km. 06 Salida Arequipa, Chullunquiani, Juliaca.
Tel.: 983807626
E-mail: martha.hlaa@gmail.com; apzlourdes@gmail.com; eduardo.vigo@upeu.edu.pe.

intoxicación crónica como los efectos característicos son la aparición de lesiones cutáneas, cáncer de piel y las vías respiratorias (Pizzali & Robles, 2018), la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido como máxima concentración de arsénico en agua para consumo humano de 0.01 mg/L y las normas de calidad de agua subterránea el máximo es de 0.05 mg/L con previo tratamiento para consumo humano y la toxicidad aguda del arsénico ha sido bien descrita, el mayor desafío hoy para los funcionarios de salud. En Colombia se formuló la tendencia de algunas de las enfermedades relacionadas con la contaminación hídrica para el periodo 2008 a 2014, en particular enfermedad diarreica aguda (EDA), enfermedades transmitidas por alimentos (ETA), fiebre tifoidea y paratifoidea y hepatitis A. Con estos datos se efectuó la comparación y el análisis correspondientes (Miranda, 2015).

La contaminación de las aguas subterráneas por arsénico y otros elementos tóxicos es una de las mayores amenazas sanitarias y medioambientales a las que se enfrenta la humanidad (Rivera, 2018), ya sean de forma inorgánicas y orgánicas. El arsénico inorgánico se considera que es la forma más tóxica del elemento y se encuentra en aguas subterráneas y aguas superficiales (Benique, 2019) estas alrededor del mundo en el agua subterráneo ha estado asociada a diferentes ambientes geológicos e hidrogeológicos particulares para cada ciudad (Moncaleano, 2007).

En el Perú estudios muestran que el 86 % en varios distritos el agua potable muestra una contaminación por arsénico que supera los límites máximos permisibles de 0.10 mg/L establecido por la OMS, en los distritos de Juliaca y Caracoto, en el 96% de las muestras subterráneas también superan los límites y en el 68% de las muestras superficiales (Marie George, Sima, & Jahuira Arias , 2014).

Según Fluence (2018) indica que el Perú es uno de los productores de arsénico mundial para uso de pesticidas y una región minera productiva de minerales, en el 2014 151 muestras del río Rímac incluyendo Ananea, Caracoto, Platería, Juliaca, Puno entre otros el 80 % de las muestras tienen un nivel de arsénico mayor a 10 ug/L de la OMS y el 41% contenía más de 50 ug/L (Bocanegra, 2002).

De igual forma (Esparza C. , 2006) expresa que el Perú se incluye a las cuatro millones de personas que beben agua con niveles de arsénico que ponen en riesgo su salud debido que las aguas subterráneas son las que presentan niveles de arsénico hasta 1 mg/L. Y en la provincia de Jauja, distrito de Quero estudio muestra como resultado un 0.0543 mgAs/L en agua potable superior a lo establecido en el D.S N° 0152-MINAM y D.S N° 031-2010-SA (Paitan de la Cruz & Palomino Barrientos , 2017).

El acceso al agua potable es un problema en los ámbitos nacionales, regional y local así en la ciudad de Juliaca el 31.1% de abastecimiento de agua para consumo humano proviene de pozos, los cuales son consumidos en forma directa sin ningún tratamiento (Apaza Sanca, 2018) , la asociación de viviendas Nueva Jerusalén se abastece a través de fuentes subterráneas cuyo volumen les permite su utilización para el consumo humano entre otro.

Según Escarcena Flores (2018), “la caracterización de las aguas municipales y aguas de pozo de la ciudad de Juliaca indican la presencia de arsénico con 0.053 mg/L y 0.058 mg/L respectivamente”.

En los pozos subterráneas de Chullunquiani analizados por (Brousett Minaya & Chambí Rodríguez, 2018) en el año 2017, se tuvieron como resultados <0.010 mg/L en comparación con el D.S.N° 031-2010 SA esta no sobrepasa los Límites Máximos Permisibles.

Actualmente la Asociación de Viviendas Nueva Jerusalén no cuenta con agua potable, el recurso del agua se encuentra en crisis, esta condición está empeorando día tras día ya que estas aguas están definidas por las características químicas, físicas, y biológicas que limitan su uso para una actividad humana, por el cual dicha urbanización optó por realizar pozos subterráneos para el consumo ya que se abastecen para todos sus necesidades que requiera agua, como también se puede ver en la actualidad esta asociación sigue abasteciéndose de estas aguas subterráneas sin tener en cuenta que esta pueda ser una causa de los efectos negativos y enfermedades por el concentrado de arsénico que pueda contener (Vilca, 2017).

En las aguas de pozo que utiliza la ciudad de Juliaca no se realiza ningún tipo de tratamiento, ni monitoreo medioambiental por lo que se considera de especial importancia determinar el concentrado de arsénico ya que estas son susceptibles a ser contaminadas por material orgánico que conllevan a la contaminación por

microorganismos exponiendo a las personas a un riesgo de enfermedades gastrointestinales, sustancias químicas e incluso enfermedades cancerígenas (Callata, 2017), de esta manera priorizar la solución del problema de saneamiento básico que contribuirá en mejorar la calidad de vida de la población de la ciudad de Juliaca y la Asociación de viviendas nueva Jerusalén como también una alternativa de solución vendría a ser la remoción de arsénico a través de filtros domiciliarios (Villa & Huamani, 2018).

Es por ello que la presente investigación determinó el nivel de concentrado de arsénico en las aguas subterráneas de consumo humano ya que la Asociación Nueva Jerusalén no cuenta con agua potable y los pozos de aguas sin ningún tratamiento, la salud de la población expuesta a sufrir las consecuencias de tomar agua contaminada por arsénico.

2. Materiales y Métodos

2.1. Ubicación

El estudio por realizó en la ciudad de Juliaca, región Puno geográficamente ubicada en la provincia de San Román, que pertenece a la región de Puno, según las coordenadas la Asociación de Viviendas Nueva Jerusalén está ubicada a 8283629.79 de latitud sur y 373476.22 de longitud a una altura de 3824 msnm siendo su principal actividad es la ganadería, la cual comprende el criadero de animales (Castillo, 2010).

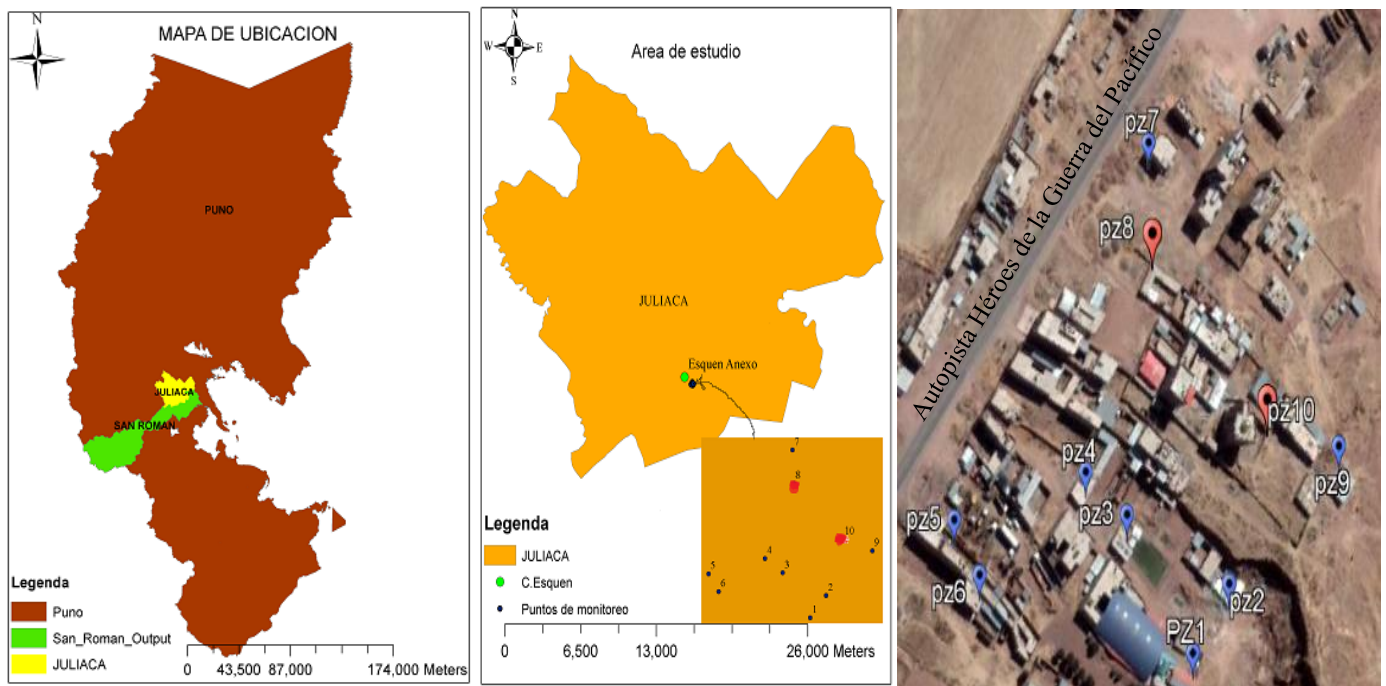


Figura 1. Ubicación arcMAP

2.2. Diseño y tipo de investigación

El diseño utilizado para la investigación es no experimental porque solo se determinó los niveles de concentración de los diferentes variables, más no se aplicó ningún tratamiento y transversal considerando que los datos de la investigación fueron recogidos en un solo momento y periodo, determinada tipo de investigación cuantitativo descriptivo.

2.3. Población y muestra

Para el siguiente trabajo se determinó el nivel de concentración de arsénico según lo establecido en el D. S. N° 031-2010 S.A agua de consumo humano, siendo el total de la población a estudiar fue de 93 pozos subterráneos para el cual se tomó como puntos de muestreo 10 pozos subterráneos para el análisis respectivo de la Asociación de viviendas Nueva Jerusalén, con respecto a las curvas de nivel y la ubicación geológica de las viviendas más habitadas.

2.4. Procedimiento

Para la toma de las 10 muestras se realizó aplicando el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (ANA, 2016), en función a las curvas de nivel de forma no aleatorio, estas muestras fueron aplicadas por el método (arsénico y selenio por generación de hidruros / método espectrométrico de absorción atómica).

Tabla 1

Estación de monitoreo (coordenadas UTM- DATUM WG.84).

N° muestra	Norte	Este
01	8395530.00	353992.00
02	8284216.28	374184.93
03	8284246.95	374172.84
04	8284243.37	374080.49
05	8284188.01	374071.86
06	8284187.86	374045.04
07	8284314.18	374103.94
08	8284369.77	374154.29
09	828425656.56	374244.30
10	8284274.80	374208.45

Nota: GPS Garmin Forerunner 610.

2.5. Parámetro analizado

Se determinó el nivel de concentración de arsénico según lo establecido en la norma vigente para aguas para consumo humano D. S. N° 031-2010 S.A con un límite máximo de 0.010 mgAs/L, tomando como puntos de muestreo 10 pozos subterráneos en la asociación de viviendas Nueva Jerusalén.

3. Resultados y Discusión

3.1. Nivel de concentrado de arsénico de las 10 muestras

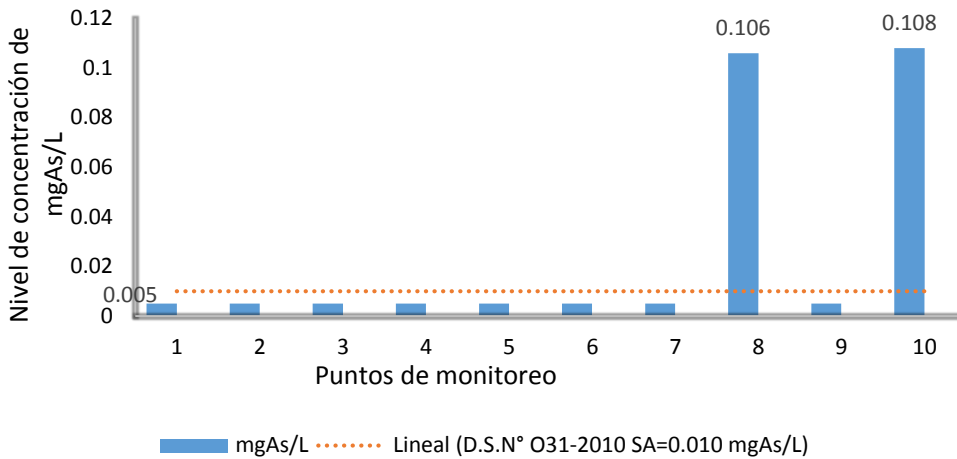


Figura 1. Resultado de las muestras analizadas

Los resultados obtenidos según la normativa del ministerio de salud D.S. 031-2010 SA indican que el parámetro analizado no sobrepasa los límites máximos permisibles excepto las muestras (M8, M10) mayores a 0.010 mg/L. Y según la prueba estadística el nivel de concentración de arsénico en las aguas subterráneas para consumo humano no es menor a 0.010 límites máximo permisible, esto indica que es igual o mayor a los LMP de la norma vigente en estas circunstancias se debería tener cuidado al consumirla y tomar medidas correspondientes para un buen tratamiento y la prevención de las consecuencias que esta pueda afectar a la población (ver anexo tabla 1).

Así mismo estudio realizado en la ciudad de Juliaca por (Escarcena Flores, 2018) indica la presencia de arsénico con 0.053 y 0.058 mg/L del concentrado de arsénico.

De igual forma (Mamani Navarro, 2019) obtuvo como resultado en muestras de aguas de pozo con concentraciones de arsénico mayores a 0.1653 mg/L, no es posible establecer que las variaciones de nivel de concentrado de As sea por la profundidad y en la zona de Carancas, las aguas subterráneas de acuíferos confinados presentan concentraciones de arsénico por encima de 10mg/L (Panca, 2014).

El agua subterránea destinada al abastecimiento humano debe cumplir las características físicas, químicas y biológicas sin poner en riesgo la salud humana, para ello se cuenta con normas vigentes que indican los límites máximos permisibles (Collazo Caraballo & Montaña Xavier, 2012).

En cuanto a las muestras que contienen arsénico, se considera uno de los elementos existentes en la corteza terrestre relacionándose con enfermedades a la población (Aragónés Sanz & Palacios Dias, 2012).

En la comunidad Central Esquen - Asociación de Viviendas Nueva Jerusalén, no se encuentra ningún factor contaminante minero, industrial que pueda provocar la contaminación del agua subterráneo, sin embargo los resultados obtenidos muestran presencia de arsénico, se podría decir que estas provienen o son generados por lixiviaciones naturales y son extendidas hacia los acuíferos, lagos y pozos subterráneos.

Estudios diversos indican que las aguas contaminadas con arsénico ya sea en alimentos o agua afectan o poniendo en riesgo carcinogénico, cáncer a la piel y algunos órganos internos (Helio Vasquez, 2016).

Y el desinterés de las investigaciones de la calidad de agua para consumo humano, siendo uno de estos la evaluación de concentrado de arsénico en aguas subterráneas en la ciudad de Juliaca y como sabemos el Tribunal Constitucional ha reconocido el acceso al agua potable como un derecho fundamental no numerado, de conformidad con lo establecido en el artículo 3 de la Constitución Política del Perú (Bauer, 2015).

4. Conclusiones

El estudio realizado pretende conocer el nivel de concentración de arsénico, donde se obtuvo distintos resultados esto porque la ubicación geológica varía y estas pueden generar lixiviaciones naturales, como también la ciudad de Juliaca contiene rocas volcánicas las cuales contienen arsénico, pero en las muestras realizadas los resultados no sobrepasan los límites máximos permisibles excepto en la M08 (0.108mg/L) y M10 (0.106 mg/L) es superior a 0.010 mg/L establecido a la norma vigente 031-2010 SA agua para consumo humano, también se obtuvieron resultados estadísticos en la que indica presencia de arsénico mayor o igual a los LMP.

Por consiguiente estas dos muestras pertenecientes a los pozos subterráneos contiene agua contaminada no apto para el consumo, siendo muy riesgoso para la salud humana será necesario aplicar un tratamiento y realizar un monitoreo general de todo los pozos de la Asociación de Viviendas Nueva Jerusalén para así prevenir cualquier percance que podría darse en la salud humana.

Recomendaciones

Se recomienda realizar monitoreo en todo los pozos subterráneos en la Comunidad Central Esquen, porque en el estudio realizado se muestra presencia de arsénico que sobrepasan los límites máximos permisibles, este monitoreo será favorable para toda la población, comprobando la exactitud del nivel de concentración de arsénico en los pozos subterráneos y de esta manera optar por un tratamiento adecuado.

También se recomienda realizar un estudio de los tipos de gases que puedan existir en dichos pozos subterráneos, ya que en la mayoría de los pozos contienen gases no combustibles, olores desagradables y presencia de sodio.

Referencias

- Apaza Sanca, A. F. (2018). *Determinación de la calidad físico químico microbiológica del agua para consumo humano de pozos tubulares*. Juliaca.
- Aragonés Sanz, N., & Palacios Dias, M. (2012). *Nivel de arsénico en abastecimiento de agua de consumo de origen subterráneo en la comunidad de Madrid*. Madrid.
- ATSDR. (2011). *¿Cuáles son los efectos fisiológicos de la exposición al arsénico?*
- Bauer, J. L. (2015). *“La relación entre el agua y la salud humana es indiscutible: el agua aportará salud y dignidad a muchos de los millones de personas mas pobres*. Lima.
- Benique, M. C. (2019). *Evaluación geoquímica del arsénico en aguas subterráneas de la subcuenta del rio Callacame*,. Puno.
- Bocanegra, O. (2002). http://cofes.com.ar/descargas/info_sector/Arsénico/Bocanegra2_Alvarez_pdAs_Estudio_Bocanegra
- Boyle. (Diciembre de 1998). <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1006597311909>.
- Brousett Minaya, M., & Chambi Rodríguez, A. (2018). *Evaluación físico-Químico y Microbiológica en Aguas para Consumo Humano Puno-Perú*. Juliaca.
- Callata, B. L. (2017). *Evaluación de Arsénico con Chacko (Hidralgirita) en Aguas*. Puno.
- Castillo, J. (2010). http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n030310B/0310B_DS07.pdf.
- Collazo Caraballo, M. P., & Montañó Xavier, J. (2012). *Manual de agua subterránea*. Montevideo.
- Escarcena Flores, C. R. (2018). *Remoción del Arsénico de las aguas municipales y pozos domésticos en la ciudad de Juliaca por precipitación alcalina*. Puno.
- Esparza, & Castra. (2006). *Presencia de arsénico en el agua de bebida en América Latina y su efecto en la salud publica*. México.
- Esparza, C. (2006). *Presencia de arsénico en el agua de bebida en América Latina y su efecto en la salud pública* . Lima.
- Fluence. (2018). *Contaminación de Arsénico en América Latina*. América del Sur .
- Helio Vasquez, V. O. (2016). *arsenico en aguas subterranas criterios para la adopción de límites tolerantes*. Santa Fe.
- Lillo, J. (2008). *Peligros geoquímicos: arsénico de origen natural*.
- Mamani Navarro, W. (2019). *Determinación de la concentración de arsénico total en las aguas subterráneas de pozos tubulares en el distrito de Juliaca y medidas de mitigación* . Arequipa.
- Marie George, C., Sima, L., & Jahuiria Arias , H. (2014). *Eposición al arsénico en el agua potable: una gran amenaza inadvertida para la salud en Perú*. Lima.
- Medina, M. (2018). *Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana*. Perú.
- MINAM. (2016). *Manual de buenas practicas en la investigación de sitios contaminados: muestreo de aguas subterráneas*. Lima.
- Miranda, J. P. (2015). *Enfermedades transmitidas por el agua y saneamiento básico en Colombia*. Colombia.
- Moncaleano, D. C. (2007). *Detección de Arsénico de origen natural en agua subteranea en Colombia* .
- OMS, O. M. (2018). *Arsénico*.
- Paitan de la Cruz, L. Á., & Palomino Barrientos , D. C. (2017). *"Remoción de Arsénico del agua potable del Distrito de Quero Provincia de Jauja, por el Metodo de Electrocoagulación, a nivel laboratorio"*. Huancayo.
- Panca, R. A. (2014). *Contaminación natural de aguas subterranas por arsénico en la zona de carancas y huata, puno*. Puno.
- Pizzali, M. M., & Robles, P. (2018). *Ingesta de Arsénico: El impacto en la alimentacion y la salud humana*. *Rev Perú Med Exp Salud Publica*, 10.
- Rivera, M. C. (2018). *Hidrogeoquímica de aguas subterráneas de un sector de la Cuenca del Duero con altos niveles de arsénico*. Duero.
- Vilca, M. C. (2017). file:///D:/Documentos/IX%20CICLO/Investigación%20uno/Curo_Vilca_Martha.pdf.
- Villa, G., & Huamani, C. (2018). *Evaluación de la remoción de arsénico en agua superficial utilizadondo filtros domiciliarios*. Perú.

Anexo



Figura 4. Cadena de custodia en cada envase



Figura 5. Toma de muestra

Tabla 1: estadística (Prueba para una muestra)

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Nivel de concentración de Arsénico	1,132	9	0,287	0,015400	-0,01537	0,04617
Unilateral			0.1435			

Nota: Prueba estadístico

Certificado



La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, OTORGA el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

BHIOS LABORATORIOS S.R.L

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Av. Quiñones Mza. B Lote 6, Urb. Magisterial (2do Piso), distrito de Yanahuara, provincia de Arequipa y departamento de Arequipa

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 16 de febrero de 2018

Fecha de Vencimiento: 15 de febrero de 2018

MÓNICA NÚÑEZ CABAÑAS

Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 0104-2018-INACAL/DA
Contrato N° : 009-2018-INACAL-DA
Registro N° : LE - 055

Fecha de emisión: 22 de marzo de 2018

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categorias/acreditados al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mútuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)

DA-acr-01P-02M Ver 02