

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE ENFERMERÍA**



**TESIS**

**CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN AGUA Y LOS EFECTOS SOBRE LA  
SALUD EN LA COMUNIDAD DE CHACACONIZA - CORANI 2020**

**PRESENTADA POR:**

**LUZ MARINA TOLEDO QUISPE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**LICENCIADO EN ENFERMERIA**

**PUNO-PERÚ**

**2021**

# UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE ENFERMERÍA

TESIS

CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN AGUA Y LOS EFECTOS SOBRE  
LA SALUD EN LA COMUNIDAD DE CHACACONIZA - CORANI 2020

PRESENTADO POR:

LUZ MARINA TOLEDO QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADA EN ENFERMERÍA

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

  
Mg. ELVIRA ANANI DURAND GOYZUETA

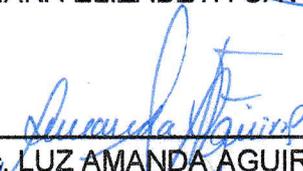
PRIMER MIEMBRO

  
M. Sc. MARÍA ANTONIETA BERNABE ORTIZ

SEGUNDO MIEMBRO

  
Mg. DIANA ELIZABETH CAVERO ZEGARRA

ASESOR DE TESIS

  
M. Sc. LUZ AMANDA AGUIRRE FLOREZ

Área: Ciencias Médicas y de Salud

Disciplina: Epidemiología

Especialidad: Enfermería en Epidemiología

Puno, 26 de enero de 2021.

## DEDICATORIA

**A Dios** que me ha dado la vida y fortaleza quien en los momentos más difíciles sus enseñanzas son las que permiten que siga adelante con optimismo.

**A mis profesores** quienes con su apoyo y consejos son un modelo a seguir para ser una profesional de enfermería.

**A mi esposo, mis hijos y mi madre** quienes con su apoyo hicieron posible el desarrollo de mi proyecto de investigación.

## AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad por los años que he pasado en las aulas
- A los docentes en general
- A los Jurados:
  - MSc. Elvira Anani DURAND GOYZUETA (Presidente)
  - MSc. Maria Antonieta BERNABE ORTIZ (1er Miembro)
  - Mg. Diana Elizabeth CAVERO ZEGARRA (2do Miembro)
- A mi Asesora:
  - M. Sc. Luz Amanda AGUIRRE FLOREZ (Asesora de Tesis)
- A mis compañeras de aula
- A las autoridades de la comunidad que me brindaron el apoyo para la elaboración de mi tesis
- Al Establecimiento de Salud 1-1 Chacaconiza

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>ii</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>iv</b>
<b>ACRÓNIMOS</b> .....	<b>v</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>viii</b>
<b>CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Planteamiento de problema .....	1
1.2. Antecedentes .....	4
1.3. Objetivos de la investigación .....	6
1.4. Hipótesis de la investigación .....	6
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL</b> .....	<b>7</b>
2.1. Marco teórico .....	7
2.2. Marco conceptual .....	27
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>28</b>
3.1 Zona de estudio .....	28
3.2 Tamaño de muestra .....	28
3.3 Método y técnicas .....	29
3.4 Identificación de variables .....	30
3.5 Métodos o diseño estadístico .....	31
<b>CAPÍTULO IV. EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b> .....	<b>32</b>
4.1. Exposición de los resultados .....	32
4.2. Discusión de los resultados .....	44
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>48</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>49</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>52</b>
<b>ANEXOS</b>	
Anexo 1. Ficha clínica	
Anexo 2. Contrastación de Hipótesis	
Matriz de consistencia	

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 01. Concentración de arsénico en los abastecimientos de agua de consumo público de la comunidad de Chacaconiza - Corani.....	32
Tabla 02. Concentración de arsénico en agua y síntomas de intoxicación nutricional en la comunidad de Chacaconiza - Corani.....	33
Tabla 03. Concentración de arsénico en agua y síntomas de intoxicación digestiva en la comunidad de Chacaconiza - Corani.....	35
Tabla 04. Concentración de arsénico en agua y síntomas de intoxicación pulmonar en la comunidad de Chacaconiza - Corani.....	36
Tabla 05. Concentración de arsénico en agua y síntomas de intoxicación neurológica en la comunidad de Chacaconiza - Corani.....	38
Tabla 06. Concentración de arsénico en agua y síntomas de intoxicación renal en la comunidad de Chacaconiza - Corani.....	39
Tabla 07. Concentración de arsénico en agua y síntomas de intoxicación cardiovascular en la comunidad de Chacaconiza - Corani.....	41
Tabla 08. Concentración de arsénico en agua y síntomas de intoxicación dérmica en la comunidad de Chacaconiza - Corani.....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 01. Concentración de arsénico en los abastecimientos de agua de consumo público de la comunidad de Chacaconiza - Corani.....	65
FIGURA 02. Concentración de arsénico en agua y síntomas de intoxicación nutricional en la comunidad de Chacaconiza - Corani.....	33
Tabla 03. Concentración de arsénico en agua y síntomas de intoxicación digestiva en la comunidad de Chacaconiza - Corani.....	35
Tabla 04. Concentración de arsénico en agua y síntomas de intoxicación pulmonar en la comunidad de Chacaconiza - Corani.....	36
Tabla 05. Concentración de arsénico en agua y síntomas de intoxicación neurológica en la comunidad de Chacaconiza - Corani.....	38
Tabla 06. Concentración de arsénico en agua y síntomas de intoxicación renal en la comunidad de Chacaconiza - Corani.....	39
Tabla 07. Concentración de arsénico en agua y síntomas de intoxicación cardiovascular en la comunidad de Chacaconiza - Corani.....	41
Tabla 08. Concentración de arsénico en agua y síntomas de intoxicación dérmica en la comunidad de Chacaconiza - Corani.....	42

## ACRÓNIMOS

OMS	: Organización mundial de la salud
FAO	: Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación
ONU	: Organización de las naciones unidas
As	: Arsénico
WHO	: World Health Organization
USEPA	: United States Environmental Protection Agency
MMA	: Ácido dimetilarsínico
DMA	: Ácido dimetilarsínico
AND	: Acido desoxirribonucleico
EPP	: Equipo de protección personal
ARN	: Ácido ribonucleico

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como **Objetivo**, determinar la relación entre la concentración de Arsénico en agua y los efectos sobre la salud en la comunidad de Chacaconiza - Corani. **Método**. Para la presente investigación se desarrolló un estudio con enfoque Retrospectivo, ya que los datos fueron recolectados desde la historia clínica de los años 2015 al 2018, así mismo corresponde al enfoque de investigación cuantitativo, según el número de revisiones fue transversal, se utilizó el diseño descriptivo correlacional. Se utilizó una ficha clínica donde se recogieron los datos procedentes de la historia clínica. Aplicamos Chi cuadrada para probar hipótesis. **Resultados**. Los abastecimientos de agua potable de la comunidad de Chacaconiza – Corani tienen diferencias muy marcadas, así tenemos el valor de 8.2 y 42.7 µg/L. Los resultados de la investigación establecen relación significativa entre la concentración de arsénico en agua y los síntomas de intoxicación nutricional, digestiva, neurológica y dérmica; el adelgazamiento (18.8%), la diarrea (64.1%), el dolor espontáneo (50.9%) y la melanosis (18.8%) se presentaron en mayor porcentaje respectivamente. **Conclusión**. La concentración de Arsénico en agua se relaciona significativamente con los efectos sobre la salud en la comunidad de Chacaconiza – Corani.

**PALABRAS CLAVE:** Arsénico, arsénico en agua, hidroarsenicismo, efectos crónicos del arsénico.

## ABSTRACT

The present research work has as **Objective**. To determine the relationship between the concentration of Arsenic in water and the effects on health in the community of Chacaconiza - Corani. **Method**. For the present investigation, a study with a Retrospective approach was developed, since the data was collected from the clinical history of the years 2015 to 2018, and it also corresponds to the quantitative research approach, according to the number of reviews it was cross-sectional, the design was used correlational descriptive. A clinical file was used where the data from the medical history was collected. We apply Chi square to test hypotheses. **Results**. The drinking water supplies of the community of Chacaconiza - Corani have very marked differences, thus we have the value of 8.2 and 42.7  $\mu\text{g} / \text{L}$ . The results of the investigation establish a significant relationship between the concentration of arsenic in water and the symptoms of nutritional, digestive, neurological and dermal poisoning; weight loss (18.8%), diarrhea (64.1%), spontaneous pain (50.9%) and melanosis (18.8%) were presented in a higher percentage respectively. **Conclusion**. The concentration of arsenic in water is significantly related to the health effects in the Chacaconiza - Corani community.

**KEY WORDS:** Arsenic, Arsenic in water, hydro arsenism, chronic effects of arsenic.

## INTRODUCCIÓN

Esta investigación se convierte en un instrumento poderoso en asuntos de prevención y seguimiento sobre la gestión idónea del recurso hídrico, ya que revela el grado de contaminación a la que están expuestos los abastecimientos de agua entubada los cuales carecen de tratamiento en la comunidad de Chacaconiza – Corani. Además, podemos asegurar que existe riesgo y/o peligro para la salud en cuanto el consumo de arsénico en agua con cloración a goteo continuo mantenido y sostenido a lo largo de los años, más aún la posibilidad de padecer efectos nocivos en la salud es “alto” para la zona de estudio.

El trabajo que presentamos está organizado en cuatro capítulos, de los cuales los dos primeros capítulos se dedican a la exposición de la problemática y marco teórico, el tercer capítulo hace referencia a la metodología empleada en el diseño de nuestra investigación y el último capítulo corresponde a los resultados y las conclusiones a las que arribamos después de ejecutar nuestra tesis.

## **CAPÍTULO I**

### **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En América Latina y el Caribe se extraen para usos domésticos y productivos unos 290 mil millones de metros cúbicos de agua al año, lo que equivale al 2,2% de los recursos disponibles. El principal uso de carácter consuntivo corresponde a la agricultura de riego, con extracciones que equivalen a un 70% del caudal total extraído, con variaciones entre los países. Así, por ejemplo, en América del Sur la demanda de la agricultura representa entre el 60 y el 92% de los usos/extracciones. El segundo tipo de aprovechamiento en importancia es el que se realiza para fines domésticos, y que alcanza al 19% del total, por su parte, los usos mineros e industriales representan el 11% del total (1). En este sentido, la Organización de las Naciones Unidas (ONU), 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 (2). En relación con esto, la Organización Mundial de la Salud (OMS), 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 (3). Referente al Arsénico, la misma organización (OMS) la considera como una de las 10 sustancias químicas más perjudiciales para la salud y la exposición a altos niveles de Arsénico inorgánico ( $\geq 10 \mu\text{g/l}$ ) a través del consumo de agua contaminada (su principal vía de transporte en el ambiente) representa una amenaza importante para la salud pública (4), precisamente en América Latina, al menos 4,5 millones de personas beben en forma permanente agua con niveles de Arsénico incluso superiores a  $50 \mu\text{g/L}$  que pone en riesgo su salud (5).

A nivel mundial el Arsénico se produce en Estados Unidos, Alaska, Canadá, Brasil, Inglaterra y Alemania; América Latina contribuye con el 23% de la producción mundial, destacando México y Perú (6). Además, el origen natural del Arsénico en América del Sur está relacionado con el volcanismo y la actividad hidrotermal asociada a la cordillera de los Andes que atraviesa de norte a sur muchos países, entre ellos, el Perú, por lo que los factores geológicos naturales son los responsables de la mayoría de la contaminación de Arsénico en Perú, empero, las actividades humanas también conducen a grandes problemas de contaminación por Arsénico (7), así pues, el Perú históricamente ha sido un importante productor mundial de Arsénico y es una región minera productiva de oro, plata, cobre y plomo los que contienen unos 11 millones de toneladas de arsénico (8). Se estima que 1,6 millones de personas viven en un radio de 5 km de las operaciones mineras actuales o pasadas (5), además, en nuestro país el problema de la contaminación de agua con arsénico se conoce desde hace décadas; aproximadamente 4 millones de personas utilizan agua contaminada con Arsénico ( $>50 \mu\text{g/L}$ ); los habitantes más afectada es la que se encuentra disgregada en el área rural, que en la mayoría de los casos consumen agua sin tratamiento y desconoce al riesgo al que está expuesta. Las muestras de agua incluyendo Lima, Achaya, Ananea, Caracoto, Plateria, Juliaca, La Oroya, San Anton, Puno y Taraco fueron probadas para Arsénico, se descubrió que casi

el 80% de las muestras tenían un nivel de Arsénico superior al límite recomendado. Así la concentración de Arsénico en el agua potable es  $<10 \mu\text{g/l}$  y el 41% contiene más de  $50 \mu\text{g/l}$ , cinco veces mayor al estándar de la OMS (5).

La exposición crónica y/o a largo plazo por arsénico está ligada principalmente a exposiciones originadas por la actividad minero metalúrgica, existen referencias aisladas respecto a regiones con presencia de arsénico en el medio ambiente (9). Justamente el Altiplano Peruano es geológicamente permisible, más aún existe una actividad industrial y minera muy intensa y a ella se debe las altas concentraciones de Arsénico en sus aguas (7). El mineral origina envenenamientos crónicos, y es una de las principales sustancias químicas considerada carcinógena (10), una vez confirmado que su inhalación produce cáncer de pulmón y la ingesta de este mineral ocasiona cáncer de piel en personas, no obstante, existen discrepancias sobre el riesgo de la ingesta, en la cual se sugiere más atención a la posibilidad de que el Arsénico aumenta el riesgo de padecer tumores internos (11). También, se relaciona con la aparición de enfermedades dermatológicas, vasculares, problemas de riñones, próstata, pulmón e hígado (12); en un tiempo anterior, se ha sugerido que el efecto del Arsénico sobre la salud es sistémico, incrementando la probabilidad de fenecer tanto por enfermedad isquémica del corazón, hipertensión, diabetes y bronquitis, como tumoral cáncer de senos, nasales, huesos, laringe, colon, estómago y linfoma (13).

Actualmente los problemas ambientales están afectando al planeta, una de las consecuencias es el deterioro de la calidad del agua se ha convertido en un motivo de preocupación a nivel mundial, por lo que la baja calidad del agua afecta directamente sobre la cantidad de agua disponible, es decir, el agua contaminada no puede utilizarse para el consumo y para otras actividades como la agricultura. En el Perú las zonas rurales son muy extensas por lo que carecen de agua potable y utilizan agua sin ningún control. En un monitoreo sobre calidad de aguas en 5 comunidades de Corani (entre ellas

la comunidad de Chacaconiza), realizado por el laboratorio del Sur, se encontró que 3 de las fuentes de agua tenían niveles de arsénico entre 10 y 42.7 µg/L, si bien la Organización Mundial de la Salud, establece el límite permisible en  $\geq 10$  µg/L, la realidad es que no existe concentraciones seguras en las aguas consumidas por los habitantes de estas comunidades.

A partir del análisis desarrollado, nos formulamos las siguientes interrogantes:

#### **Interrogante general.**

¿La concentración de Arsénico en agua se relaciona significativamente con los efectos sobre la salud?

#### **Interrogantes específicos.**

- ¿Cuál es la concentración de Arsénico en los abastecimientos de agua de consumo público?
- ¿Existe relación significativa entre la concentración de Arsénico en agua y los efectos sobre la salud?

## **1.2. ANTECEDENTES**

### **A Nivel Internacional.**

El investigador en su trabajo de investigación concluyó que la población expuesta a Arsénico acuoso derivado de la disolución de arseniatos de calcio presentan acumulación de arsénico en cabello a pesar de no beber directamente el agua contaminada y revelan, además, que el agua de beber comercial y de la red pública excede en algunos casos la normatividad mexicana (14).

En un estudio sobre efectos a la salud por exposición crónica al arsénico en agua de bebida se concluyó que a pesar que no se encontró diferencias significativas en la

prevalencia de signos y síntomas entre ambas comunidades, claramente las prevalencias de los signos de hidroarsenicismo son mayores en la comunidad con alta exposición de arsénico (15).

Por otro lado, los autores del estudio concluyeron que los niveles de arsénico en el agua de pozo incrementan los riesgos carcinogénicos y no carcinogénicos de la salud humana en Colima (16).

También, se realizó un estudio en el arribaron a la conclusión de que ninguna de las 26 nacientes analizadas supera el límite máximo permitido por el decreto costarricense 32327-S, de 0.01mg/L (17).

Por otro lado, en una investigación desarrollada concluye que las presencias de elementos tóxicos en el agua potable causan efectos adversos en la salud, el arsénico es la principal causa de enfermedades por exposición crónica y por exposición prenatal o infantil temprana a arsénico. Estas últimas dejan activado una serie de mecanismos patológicos a nivel epigenético que son irreversibles para la persona afectada, favoreciendo el desarrollo de diversas patologías en etapas posteriores de la vida (18).

### **A Nivel Nacional.**

El estudio llevado a cabo por el investigador llegó a la conclusión de que la concentración promedio de arsénico en el agua entubada de consumo humano fue de 2,2 µg/L, lo que significa que existe el riesgo de intoxicación crónica a largo plazo en la Encañada (19).

Por su lado, el estudio llevado a cabo en Camaná, llegó a la conclusión de que la presencia de arsénico en agua supera el límite máximo permitido, el agua analizada podría estar relacionada con la morbilidad específica de la población, debido a sus efectos tóxicos de este elemento (20).

Un estudio concluyó que la principal forma de exposición no ocupacional es a través de alimentos y agua, en el Perú existe contaminación arsenical en fuentes de agua para consumo humano, se sabe que la exposición crónica al arsénico afecta casi todos los órganos y sistemas (21).

### 1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### **Objetivo general**

Determinar la relación entre la concentración de Arsénico en agua y los efectos sobre la salud.

#### **Objetivos específicos**

- Conocer la concentración de Arsénico en los abastecimientos de agua de consumo público.
- Establecer si existe relación significativa entre la concentración de Arsénico en agua y los efectos sobre la salud.

### 1.4. HIPÓTESIS

#### **Hipótesis general**

La concentración de Arsénico en agua se relaciona significativamente con los efectos sobre la salud.

#### **Hipótesis Específicas**

- La concentración de Arsénico en los abastecimientos de agua de consumo público es  $\geq 10 \mu\text{g/L}$ .
- Existe una relación significativa entre la concentración de Arsénico en agua y los efectos sobre la salud.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL**

#### **2.1. MARCO TEÓRICO**

##### **2.1.1. EL ARSÉNICO: PERSPECTIVA HISTÓRICA**

El veneno más clásico de todos los tiempos ha sido el arsénico, en forma de diferentes compuestos, este tóxico se menciona en el texto de medicina más antiguo conocido, escrito hace más de 4 mil años en tablillas de barro encontradas en Mesopotamia (22). Hipócrates lo cita ya en el Siglo V. a. C. y Aristóteles -en la misma época- fue el primero en mencionarlo y quien le atribuye efectos farmacológicos denominándose Zandaraco (antiguo nombre del Arsénico). Por su lado, Plinio el Viejo y Pedarnius Dioscorides (siglo I. d. C) le dan el nombre de Arsénico y este último lo incluye entre las 600 sustancias medicamentosas de su época; en la época de los griegos las costumbres pasaron a los romanos y de estos a los árabes, apareciendo ampliamente citado en los textos de Rhazes y Avicenas. A comienzos del Siglo XIII, Alberto Magno separa el Arsénico de sus sales por ser una sustancia que se puede extraer de depósitos naturales de azufre (23, 24); y en el mismo siglo, años más tarde, la famosa envenenadora Toffana causó más de 600 víctimas en Nápoles, preparando cosméticos que contenían As y vendiéndose después (Acqua Toffana o Acqua di Napoli). No se sabe a ciencia cierta la composición

de dicho brebaje, pues algunos autores afirman que se trataba de una mezcla de As y polvo de cantáridas, otros sostienen que era una mixtura de opio y cantáridas, y otros estiman que era solo una disolución de trióxido de As (25). En el Siglo XV, Pedro Abano describe por primera vez, sus efectos tóxicos; de la misma forma Olympiodorus de Tebas aísla el trióxido de arsénico. Por otra parte, Agrícola en el mismo siglo, en su tratado *De Re Metallica*, escribió sobre lo dañino del entonces llamado 'cobalto arsenical', reconociendo ya relación entre la enfermedad y la manipulación del As por los fundidores (23,24).

En la corte de le Roi-Soleil (Luis XIV), Rey de Francia desde 1643 a 1715, existieron tres famosas envenenadoras: la marquesa de Brinvilliers, La Voisin y la marquesa de Montespan. La segunda, Catherine Deshayes, más conocida con el nombre de La Voisin, fue acusada de numerosos envenenamientos. Catherine llegó a regentar un negocio de venta de venenos, que adquieren las mujeres ansiosas de enviudar. También se vio involucrado en un atentado frustrado contra la vida de Luis XIV, al proporcionar a sus autores un preparado elaborado con As y acetato de plomo que luego se denominaría polvos de sucesión (25).

En siglos posteriores, su uso queda en manos de curanderos y hechiceros, además del que le diera la nobleza y la jerarquía eclesiástica para exterminar a sus adversarios. Al final del Siglo XVIII, las escuelas francesas, inglesas y genianas, lo insertan como una terapia a tan diversos tipos de enfermedades como las enfermedades parasitarias, artritis, corea y otras, lo que les permite describir las concentraciones de intoxicación en la piel y conjuntivitis. Tal vez sea Orfila famoso toxicólogo de París, el principal estudio que se haya realizado con este metaloide, existiendo otros que lo experimentaron en sí mismos para conocer sus efectos. supuestamente Napoleón Bonaparte al morir estaba siendo tratado o habría sido intoxicado con arsénico, es a partir de 1836, y gracias a Marsh cuando se logra la determinación de As, incluso largo tiempo después del deceso,

lo que llevó a un descenso de número de envenenamientos homicidas (26); se ha esforzado mucho sobre el tema, no obstante, científicos franceses han publicado recientemente un estudio en el que demuestran que las altas concentraciones de As detectadas en los cabellos de Napoleón no se deberían a una ingesta, sino, probablemente, a la utilización de este elemento químico para el cuidado capilar (27). En 1867, Frost y Mckensie proponen el esquema del ciclo biogeoquímico del arsénico (migración fuente-suelo-aire-planta-animal-hombre) semejante a los ciclos de otros elementos, C, O<sub>2</sub>, N y S. Para el año 1888, Hutchinson detalla el riesgo carcinógeno para piel y en 1901, Erlich descubre el 'compuesto 606' (Salvarsan o Arsfenammina) y luego el Neosalvarsan ('compuesto 914') para el tratamiento de la sífilis (23). En 1880, se intoxican 268 personas por ingerir pan contaminado y en Hyeres 400, por consumir vinos blanqueados con sales de Arsénico de estos fallecen 11 personas (24).

Cerca de la Primera Guerra Mundial (1914) se introduce la lewisita (2-diclorovinil dicloro arsina) como un potente gas vesicante e incapacitante para uso bélico, pero no se le emplea en la Gran Guerra porque la humedad del ambiente europeo lo neutraliza, sin embargo, ya se había desarrollado el antídoto British Anti-Lewisite (BAL), 2, 3-dimercaptopropanol (1,3,6-9). En la mitad del siglo XIX en 1940, el arsénico fue prescrito como amebicida, antipsoriásico (licor de Fowler) y 'tónico' los que cumplieron su vida histórica al ser reemplazados por sustancias eficaces y a la vez de menor riesgo para el paciente (23,24), Tal vez el mayor desastre debido al Arsénico sea el que ocurrió en Manchester en 1901; cuatro mil habitantes se intoxicaron por periodos largos con cerveza arsenical de ellos fallecieron 900, esta es la primera intoxicación masiva en la que se describen, con cierta minuciosidad, las manifestaciones en la piel, en el aparato respiratorio y en el sistema nervioso, semejantes a las que observamos en la actualidad en la ciudad de Antofagasta (24). En Argentina (1913) fueron identificados dos pacientes que presentaban los síntomas de una intoxicación por arsénico, siendo que en un primer

momento fue considerada como accidental, el número de casos fue en aumento y la enfermedad llegó a ser conocida como enfermedad de Bell Ville, en la provincia de Córdoba, por ser este el lugar donde se registró el mayor número de casos, en donde los niveles de arsénico en el agua eran superiores a 1000 ug/L. Ya para 1917, esta enfermedad pasó a ser conocida como hidroarsenicismo crónico regional endémico (HACRE), se llegó a la conclusión de que la etiología de la enfermedad era debida a la ingestión de agua con arsénico (28). En Chile, Prunes (1918) es el primero en describir las lesiones dérmicas, las que atribuyó años después, junto a Hevia, al efecto del Arsénico, en aquella época las achaco al contacto con el salitre y las llamo "Mai de Pisagua o de los Calicheros", lo cual creó conflictos en la venta del nitrato, pues algunas de estas lesiones degeneran en cáncer. En el mismo país (1923) se describió por primera vez una enfermedad considerada original y característica de este país llamada enfermedad del salitre o cáncer de los salitreros, las personas presentaban hiperqueratosis y alteraciones degenerativas en la piel (29). El investigador chileno Cofre (1966) hace el diagnóstico de arsenicismo crónico en un niño del Hospital Calvo Mackenna que había sido transferido de Antofagasta por padecer de una neuropatía crónica. Los daños corporales que facilitaron hacer el diagnóstico de este niño, eran exclusivas de los niños provenientes del norte con patologías pulmonares, vasculares y neurológicas, con lo que se logra una posible etiología de tan variados procesos. En México (1963) se publica la intoxicación de Torreón, por la contaminación de los pozos de agua con desechos arsenicales de minerales de hierro (24). En la India, en 1978, una gran polución por arsénico en el agua de bebida de 30 millones de personas produjo lesiones dérmicas en más de 175.000 individuos (30).

En nuestro país la OMS en el año 2014 publicó un estudio de la presencia de arsénico en 111 muestras de agua de consumo recolectadas en 12 distritos de Lima, el 86% de las mismas superan los 10 µg/l y el 56% superan los 50 µg/l (31), sin embargo, no se han

registrado casos de envenenamiento con arsénico en la población de Lima que se abastecía de esta agua (32). En Puno para el 2004 se reportó la presencia de arsénico natural en pozos de agua con niveles que llegaban a los 180 ug/L (33), al igual que en nuestro país no se reportaron oficialmente intoxicaciones ni efectos secundarios ocasionados por el arsénico.

**EL ARSÉNICO (As).** El arsénico es un componente extensamente distribuido en la corteza terrestre, muy común en la atmósfera, numeroso entre los más abundantes en rocas, suelos, agua, en la hidrosfera y biosfera, es movilizado al ambiente a través de una combinación de reacciones que incluyen tanto procesos naturales (meteorización, actividad biológica, emisiones volcánicas), así como proveniente de fuentes antropogénicas (actividad minera, uso de combustibles fósiles, pesticidas, herbicidas, desecantes, conservadores de la madera, aditivos de alimento de ganado, semiconductores, pigmentos, entre otros) que se expone en diferentes formas químicas (inorgánicas y orgánicas) (6). Ha sido catalogado químicamente como un metaloide, con propiedades tanto de metal como de elemento no metálico; sin embargo, se le refiere frecuentemente como un metal (34). Según la tabla periódica, es un elemento químico con alta densidad (mayor a 4 g/cm<sup>3</sup>), masa atómica por encima de 20 (35), peso atómico 74.92, cuyo número atómico es 33, de color gris ferroso, con brillo metálico acerado perteneciente al grupo V A de la tabla periódica de los elementos (36); que no cumplen una función fisiológica conocida, alteran la salud y es tóxico en concentraciones bajas (37), existe en cuatro estados de oxidación: Arsina (As<sup>-3</sup>), Arsénico metaloide (As<sup>0</sup>), Arsenito(As<sup>+3</sup>) y Arseniato (As<sup>+5</sup>) (38).

El arsénico habitualmente se encuentra combinado con otros elementos como por ejemplo oxígeno, cloro y azufre, este se identifica como arsénico inorgánico (34); el arsénico en animales y en plantas se mezcla con carbono e hidrógeno formando compuestos orgánicos de arsénico. La gran parte de los compuestos inorgánicos y

orgánicos de arsénico son polvos de color blanco que no se desaparece, no tienen olor y la mayoría no tiene ningún sabor especial, por esta razón, usualmente no se puede saber si están presentes en los alimentos, el agua o el aire (39). El de origen inorgánico, es el que procede directamente de los minerales, siendo más tóxico para los humanos que el orgánico. En cuanto al orgánico, lo encontramos una vez éste ha sido asimilado por algún organismo vivo capaz de asimilarlo. Tiene que haber sido metabolizado como mínimo por un productor primario, es decir, haber empezado la cadena trófica; lo encontraríamos en raíces, hojas o semillas de una planta regada con aguas contaminadas con arsénico y que pudiera bio acumularlo, o bien, en partes viscerales, pelo y uñas de animales herbívoros o consumidores de aguas contaminadas. El As inorgánico, una vez que ha entrado en el organismo, normalmente por vía oral en caso de animales o por las raíces en el caso de las plantas y por difusión en los microorganismos, puede ser metilado a nivel celular a compuestos arsenicales orgánicos con el fin de eliminarlo del organismo (40).

Una fuente de Arsénico en el ambiente son las erupciones volcánicas, ya que el Arsénico se origina en el suelo y minerales, es fácil que se movilice hasta llegar al aire, agua y polvo, siendo imposible su degradación en el ambiente. Por las bacterias que viven en el suelo puede cambiar su forma y pasar a cuerpos de agua mediante las lluvias (41). En las aguas el arsénico se presenta normalmente en sus formas químicas inorgánicas As (III) y As (V) o la combinación de ambos, que son más tóxicas comparadas con el arsénico orgánico (42).

**EL ARSÉNICO EN EL AGUA.** La vía de incorporación más habitual del arsénico en el hombre es a través del agua, por su lado estudios epidemiológicos muestran que los riesgos para la salud son graves por lo que el interés por el arsénico ha devenido progresivamente creciente en el último decenio (43). El Arsénico puede hallarse en cuerpos de agua a causa de una manera natural de minerales de depósitos geológicos,

por la intervención de fluidos magmáticos, emisiones volcánicas; y de manera antropogénica como consecuencia de la minería o procesos metalúrgicos que derivan en descarga de los efluentes industriales y la sedimentación atmosférica, representando un alto riesgo más aún si esta agua es consumida por la población (44). El arsénico es un elemento químico que al estar disuelto en agua pierde olor, color y sabor haciéndolo muy difícil de percibir, detectando su concentración solamente por análisis de laboratorio (45). La focalización natural de arsénico en agua de mar en promedio es menor a 2 ug/L, sin embargo, habitualmente se encuentra en un rango de 1,5 a 4 g/L (38), asimismo, los valores de fondo de contenido de arsénico en ríos son comparativamente bajos, en general, inferiores a 0,8 µg/L, aunque pueden variar en función de diversos factores (46); en aguas lacustres no difieren mucho de los observados en ríos, al estar básicamente controlados por los mismos factores físicos. Las concentraciones en zonas de estuarios son variables, como resultado del aporte de aguas continentales y sedimentos continentales, y de variaciones locales de salinidad y gradientes redox, empero las corrientes fluviales de zonas mineras o con mineralizaciones presentan contenidos altos de arsénico, generalmente en el rango de 200- 400 µg/L. Niveles elevados de Arsénico han sido relatados en aguas de origen geotermal en aguas superficiales y en acuíferos poco profundos también ha sido reportada con frecuencia en áreas geotermales en todo el mundo (38). La contaminación de As se han citado valores de concentración de arsénico de hasta 370 µg/L en zonas de influencia de sistemas geotermales (40).

En aguas poco profundas con alto contenido de oxígeno, la concentración varía entre 1 y 10 ug/L y podemos encontrar como especie más habitual a la pentavalente o arsenato (As+5). Bajo condiciones de reducción, generalmente en los sedimentos de los lagos o aguas subterráneas, predomina el arsénico trivalente o arsenito, (As+3) (43). La condición de oxidación de mayor presencia en el agua son: El trivalente (As+3) y el pentavalente (As+5) y con menos frecuencia como As (0), As (- 1) y As (-2). Aun cuando

ambas especies ( $As^{+3}$  y  $As^{+5}$ ) son móviles en el medio, es el arsenito el estado más lábil y ecotóxico. En las aguas subterráneas no siempre predomina la especie de  $As^{3+}$ , podemos encontrarla junto con la especie  $As^{5+}$ , esto dependerá de las condiciones redox y la actividad biológica. Aunque en general en las aguas subterráneas encontramos valores de arsénico inferiores a  $10\mu g/L$ , se han encontrado casos en la literatura de entre menos de  $0.5\mu g/L$  hasta  $5000\mu g/L$ . Estas elevadas concentraciones de arsénico pueden aparecer en acuíferos oxidantes y de elevado pH, acuíferos reductores, acuíferos afectados por actividades mineras, depósitos minerales, asentamientos urbanos, actividades agropecuarias, ya que la mayoría de los acuíferos que tienen altas concentraciones de arsénico, son acuíferos afectados por procesos geoquímicos naturales (47).

**TOXICIDAD.** El arsénico es un elemento extremadamente tóxico y un carcinógeno para el organismo humano, y no solo en concentraciones altas, donde la exposición causa efectos agudos que pueden llegar a ser letales, sino también tiene efectos negativos crónicos para la salud a través de la ingesta de agua por largos períodos a bajas concentraciones. La toxicología del arsénico está sujeta del estado de oxidación, estructura química del compuesto y solubilidad en el medio biológico. En tal sentido, el grado de toxicidad varía según el derivado del arsénico en cuestión; la arsina es el compuesto más tóxico, mortal de forma Instantánea a dosis de 250 ppm o a dosis de 50 ppm en 30 minutos (la arsina afecta a los hematíes al inhibir el glutatión, produciendo así la hemólisis característica (48), le sigue el arsénico trivalente, cuya dosis letal es inferior a 5 mg/Kg de peso corporal, con frecuencia cantidades considerablemente mayores no han causado la muerte debido a su devolución inmediata por medio de vómitos originados por la gran irritación gástrica. Por su lado, la toxicidad del arsénico es 10 veces superior a la del arseniato, el arsénico pentavalente requiere dosis de entre 5 - 50 mg/Kg. de peso corporal para ser mortal. Y para compuestos orgánicos se considera de

0:1-0,5 g/kg de peso corporal. La magnitud de toxicidad del arsénico disminuye en el siguiente orden: Arsina ( $H_3As$ ) >  $As+3$  inorgánico (arsenito) >  $As+3$  orgánico >  $As+5$  inorgánico (arseniato) >  $As+5$  orgánico > compuestos arsenicales y arsénico elemental (49). Al revés de otros metales, la fracción tóxica es la inorgánica, pues las formas orgánicas son de excreción rápida. También, la forma de sales tri o pentavalentes que representa la forma activa del arsénico son las causantes de los efectos tóxicos para el organismo, esta actividad deriva de su afinidad por los grupos tioles de las proteínas con las que se combinan (50) La necesidad de largos tiempos de exposición, las diferencias en las concentraciones de arsénico, la presencia de otros elementos en el agua (Se, Zn, Sb), en la exposición al sol, en los hábitos alimenticios y en los hábitos fumadores (51) potencian la toxicidad del arsénico.

### **2.1.2. EFECTOS EN LA SALUD**

La intoxicación por arsénico (As) es la alteración bioquímica y fisiológica que se evidencia por signos y síntomas que resultan de la toxicocinética y toxicodinámica del arsénico en el organismo humano, bajo cualquiera de sus compuestos y la identificación de la posible fuente de exposición (49). Toda intoxicación, según TZANE, es un fenómeno perfectamente definido, determinado por una sustancia incapaz de permanecer en el organismo sin provocar necesariamente trastornos más o menos graves y, por lo general, proporcionales a la dosis (52). Respecto a la dosis, la media o dosis efectiva es aquella que produce un efecto determinado en el 50% de la población; en el arsénico equivale a una cantidad de 40-60 mg/kg; por otro lado, la dosis tóxica es aquella en la que la cantidad de tóxico ocasiona la aparición de efectos tóxicos en 50% de los pacientes; en el arsénico equivale a una cantidad de 61- 119 mg/kg y la dosis letal es aquella en donde la cantidad del fármaco produce la muerte del paciente. En el arsénico, esta cantidad equivale a 120-200 mg/kg (53).

**TOXICOCINÉTICA.** Las vías de absorción del Arsénico con mayor énfasis son la oral, respiratoria y cutánea, por estar ellas más relacionadas a las formas de exposición; la vía más importante en las intoxicaciones suicidas y criminales es la digestiva y en las accidentales es la vía respiratoria. Una vez absorbido el Arsénico pasa rápidamente al torrente circulatorio como finas partículas que son captadas por los leucocitos, el sistema reticuloendotelial y el hígado, actuando como barreras protectoras de la intoxicación; desbordadas estas barreras (54), inmediatamente se distribuye en 24 horas por el organismo en varios órganos depositando en ellos, tal vez como tioarsenitos de proteína; los arsenicales se almacenan principalmente en el hígado, riñón, pared del tracto gastrointestinal, bazo y pulmón (55). pero también tienen predilección por los pelos, uñas y piel; el arsénico se combina con los disulfuros de la queratina formando un quelado estable, mientras que la fijación en el pelo se inicia a las dos semanas de su administración y permanece en él durante años (50). Sin embargo, la información sobre la distribución en humanos proveniente de datos de necropsias, refieren que el Arsénico se distribuye en todos los tejidos del cuerpo; incluso se encuentra en músculos, huesos, corazón, páncreas y cerebro (56). los datos sobre los efectos del estado de oxidación y nivel de exposición de arsénico en la distribución en tejidos indican que los niveles de arsénico en los riñones, hígado, bilis, cerebro, huesos, piel y la sangre son de 2 a 25 veces más para las formas trivalentes que para las formas pentavalentes y aumentan en gran medida a dosis más altas (57). El arsénico atraviesa la barrera hematoencefálica en pequeñas cantidades, los compuestos inorgánicos pueden atravesar la barrera placentaria dando lugar a recién nacidos de bajo peso, con malformaciones o toxicidad fetal (50).

Dos procesos están involucrados en el metabolismo: primero, las reacciones de oxidación/reducción que convierten el arsenato a arsenito, segundo, son las reacciones de metilación que convierten el arsenito a MMA y DMA ambos compuestos metilados. De

esta manera el cuerpo humano tiene la habilidad de cambiar el arsénico inorgánico a formas orgánicas menos tóxicas (MMA y DMA). La reducción de arsenato a arsenito puede ser mediada por glutatión. Estudios in vitro muestran que el glutatión forma complejos con arsenito y arsenato, oxidando al glutatión y reduciendo al arsenato en la reacción glutatión-arsenato. El principal sitio de metilación es el hígado donde este proceso es mediado por enzimas que utilizan S-adenosilmetionina como cosustrato (58).

El tiempo de vida media del arsénico en el ser humano es de 10 horas, se excreta la mayor parte por vía urinaria, heces, sudor y piel (descamación), también se excreta en leche materna, uñas, cabellos y bilis. La proporción relativa de As<sup>+3</sup>, As<sup>+5</sup>, MMA y DMA en la orina puede variar dependiendo de la forma administrada, tiempo después de la exposición, vía de exposición y cantidad de dosis. En general el DMA es el principal metabolito, con niveles más bajos de arsénico inorgánico (As<sup>+3</sup> y As<sup>+5</sup>) y MMA. En los humanos la proporción relativa usualmente es 40% a 60% de DMA, 20% a 25% de arsénico inorgánico y 15% a 25% de MMA (59). El riñón elimina inmediato y completamente el arsénico +5 y arsénico orgánico; el arseniato se reabsorbe por el túbulo proximal en donde es reducido para ser excretado como arsenito; la orina es la más importante ruta de excreción, ya que solo una pequeña dosis se pierde por las heces (50).

**TOXICODINAMIA.** En la persona humana, el arsénico puede causar múltiples trastornos en un número de procesos moleculares y celulares; y estas tienen un papel en la muestra de su toxicidad, por ejem: distorsión con múltiples sistemas enzimáticos a través de la unión a los grupos sulfhidrilo (proteínas, glutatión, cisteína) obstaculizando enzimas de la respiración celular, gluconeogénesis, captación de glucosa y metabolismo del glutatión (As<sup>+3</sup>). As<sup>+5</sup> se convierte en As<sup>+3</sup> in vivo, y tiene efecto directo sobre el desacoplamiento de la fosforilación oxidativa. Expresión alterada de factores de

crecimiento, supresión de las proteínas de punto de control del ciclo celular, promoción y resistencia a la apoptosis, aberraciones y anomalías cromosómicas, genotoxicidad: daño al ADN, inhibición de la reparación del ADN causando mutaciones, activación de vías oncogénicas; alteraciones de la regulación epigenético del DNA: metilación del ADN, expresión de ARN, modificaciones de las histonas; disminución de la inmunovigilancia, estrés oxidativo, alteración y disfunción de las mitocondrias (60, 61).

Los compuestos absorbidos circulan unidos a la hemoglobina y otras proteínas, en los órganos blancos, fijándose a los grupos sulfhidrilos de las proteínas tisulares e inhibiendo diversos mecanismos enzimáticos, en particular la fosforilación oxidativa (48). De esta forma la interferencia con la función enzimática se puede originar a partir de la unión del grupo sulfhidrilo del arsénico trivalente o por sustitución del fosfato (62). La que inhibe la actividad de la succínica deshidrogenasa que desacopla la fosforilación oxidativa; este proceso estimula la actividad de la ATPasa mitocondrial. Por otro lado, el arsénico inhibe las funciones energéticas de las mitocondrias por dos vías diferentes: compite con el fosfato durante la fosforilación oxidativa e inhibe la reducción del NAD acoplada a la energía. La inhibición de la respiración mitocondrial reduce la producción de ATP en la célula y aumenta la formación de peróxido de hidrógeno, el cual puede causar un estrés oxidativo a través de la producción de especies reactivas del oxígeno (63). Además, el arsénico actúa inhibiendo el sistema inmune, provoca aberraciones cromosómicas en los linfocitos (50).

## **FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS**

**MEDIO AMBIENTE.** Dentro de los factores de riesgo medio ambientales se considera la ingesta de agua contaminada por desechos industriales, habitar cerca de fuentes contaminantes como son las empresas minero metalúrgicas, ingesta de alimentos contaminados por desechos industriales (peces y moluscos), asimismo, provenientes de tubérculos y hortalizas irrigadas con agua contaminada y por uso de plaguicidas y habitar

en zonas con presencia de fuentes naturales (64). La contaminación industrial, tecnológica, agropecuaria, minera y el uso indiscriminado de diversos fertilizantes químicos en el suelo con metales pesados, que se incorporan finalmente a ríos, a los vegetales, animales y alimentos alteran la sostenibilidad de la cadena trófica, provocando riesgos potenciales en la naturaleza y en la sociedad, debido a que originan serios problemas en la salud humana y animal (65). En diferentes regiones de Perú son frecuentes los reportes de metales pesados -entre ellos el arsénico- asociados a la industria, producción agrícola y minería, por otra parte, recientes estudios informan que hoy en día tenemos de 400 a 1.000 veces más arsénico en los huesos que hace 400 años, debido a la presencia de este metal en alimentos y productos industriales (66).

**RELACIONADOS A LA PERSONA.** podemos mencionar algunas disposiciones que pueden incrementar el riesgo de intoxicación, en cuanto a los estilos de vida. En este caso el hábito de fumar, la susceptibilidad individual que hacen a una persona vulnerable a la enfermedad. (hipersensibles o atópicos), personas con enfermedades de la piel, pulmonares, cardiovasculares, hepáticas o renales y la ingesta accidental de productos químicos (64).

**OCUPACIONAL.** el peligro más importante que se halla en la exposición ocupacional es al arsenato inorgánico predominantemente relacionado con actividades industriales específicas como por ejemplo la minería, la metalurgia, fabricación de vidrios, plaguicidas, agricultura, entre otros. Por lo tanto, la ausencia o incumplimiento de normas de salud y seguridad en el trabajo, condiciones de trabajo inseguras, falta de capacitación al trabajador sobre los riesgos que implica para su salud la actividad que realiza y la falta de uso de equipos de protección personal (EPP) (respiradores, ropa de trabajo. entre otros) condicionan mayor riesgo de intoxicación (67, 68).

## **CLASIFICACIÓN DE INTOXICACIÓN POR COMPUESTOS ARSENICALES**

**Intoxicación sobreaguda.** por la precipitada absorción de una gran cantidad de producto, se manifiesta 15 y 60 minutos tras la descripción como cuadro neurológico paralítico sin vómitos ni diarrea.

**Intoxicación aguda.** El compuesto que desencadena una intoxicación aguda es la arsina, esta ingresa al organismo por vía respiratoria y pasa directo a la circulación; actúa enzimáticamente sobre la glucosa -6-fosfato deshidrogenasa, oxidando la hemoglobina y formando metahemoglobina, reduciendo en forma drástica el contenido de glutatión de los glóbulos rojos (69). Las manifestaciones clínicas aparecen después de 1 hora después de la inhalación del gas, relacionadas directamente con la hemólisis masiva, cefalea, vértigo, náusea, vómito, sensación de debilidad generalizada, dolor abdominal intenso tipo cólico y hematuria. La exploración física muestra paciente postrado con piel bronceada, aliento a ajo, conjuntivas congestivas, abdomen con resistencia y en ocasiones flacidez, con manifestaciones clínicas de choque y trastornos de conciencia incluso coma. El segundo o tercer día habitualmente aparece ictericia y anuria, con anemia grave debida a hemólisis masiva, puede haber trastornos sensitivos simétricos (polineuritis periférica), sobre todo en extremidades inferiores; puesto que la metabolización de la arsina en arsénico, pueden perdurar por meses después de los efectos propios del envenenamiento crónico por arsénico (70).

**Intoxicación subcrónica o por dosis repetidas.** Se crean cuadros irritativos cutáneos eccematoides con melanosis e hiperqueratosis, y mucosas con conjuntivitis, necrosis corneal y la típica perforación del tabique nasal. También se puede originar anemia y alteraciones hepáticas y cardiovasculares, con gangrena de extremidades, el cuadro más importante es la neuritis periférica. La lesión hepática característica de la exposición a plazo más largo, se manifiesta por sí misma al principio por ictericia, y puede progresar

hacia cirrosis y ascitis. Los efectos tóxicos sobre las células del parénquima hepático generan aumento de las enzimas hepáticas de la sangre (71).

**Intoxicación crónica.** puede provocar efectos multisistémicos, tales como: fatiga, gastroenteritis, leucopenia, anemia, elevación de las transaminasas, hipertensión portal no cirrótica, neuropatía periférica sensoriomotora, insuficiencia vascular periférica, líneas de Mees-Aldrich, etc. Por lo tanto, se han descrito alteraciones cutáneas 3-7 años después de comenzar una exposición (hipopigmentación e hiperpigmentación, hiperqueratosis, etc.) y cáncer de pulmón en quienes inhalan crónicamente As. Se han detallado otras neoplasias en la vejiga, el riñón y el hígado. La neuropatía periférica llega a ser progresiva y alterar neuronas tanto sensitivas como motoras; conduce a desmielinización de fibras nerviosas de axones largos, pero los efectos están relacionados con la dosis. Las exposiciones peligrosas crónicas que causan efectos más graduales e insidiosos, pueden ocurrir durante un periodo de años y fue difícil establecer relaciones entre dosis y respuesta (71). Las perturbaciones por arsenicismo crónico tardan de 2 a 6 años en manifestarse, también refieren que en ningún caso los individuos con menos de 2 años presentaron manifestaciones clínicas (72).

De esta manera, la intoxicación crónica ha sido observada por médicos profesionales, en pacientes tratados a largo plazo con medicaciones arsenicales y por consumo habitual de agua de pozo con alta concentración de arsénico (36). Los trastornos cutáneos desarrollados típicamente después de años de exposición, incluyen una hiperpigmentación e hiperqueratosis involucrando palmas y plantas. La polineuropatía puede terminar con un cuadro de ataxia y parálisis. Hay anemia con leucopenia, fenómenos de malabsorción e insuficiencia hepática lesional con esteatosis, necrosis centrolobular y cirrosis. de esta manera es frecuente la ictericia obstructiva provocada por el incremento del tamaño del hígado. Es probable que aparezca una miocardiopatía y

una insuficiencia renal. Existe una arteriopatía generalizada con necrosis distales (62, 73).

**EFFECTOS ARSENICALES EN LA SALUD.** El arsénico por sus propiedades cáusticas produce cierto grado de irritación en piel, que es la primera manifestación, al ingerir bebidas o alimentos contaminados, los signos y síntomas son más o menos variables, los principales efectos de intoxicación aguda con daño severo del aparato gastrointestinal y alteraciones cardiovasculares (74). La exposición a cantidades pequeñas en un tiempo importante, puede dar origen a un cuadro de enfermedad crónica progresiva (75), En general los órganos que se ven más afectados son los que se relacionan con la absorción, acumulación y/o excreción del arsénico, es decir el aparato gastrointestinal, sistema circulatorio, hígado, riñón, tejidos que sean altamente sensibles a los niveles de arsénico y los que se encuentren afectados de forma secundaria como el corazón. Dada la amplia diseminación del arsénico en el organismo, los tejidos donde más se acumula son: hígado, bazo, riñón, suprarrenales, sistema nervioso y faneras (76).

**Nutricionales.** Las náuseas, incluso los vómitos, la diarrea y la inapetencia, juntamente con decaimiento general, son las manifestaciones más frecuentes en la intoxicación por arsénico (52).

**Digestivas.** Es una de las consecuencias, generalmente es el resultado directo de la ingesta de arsénico, los efectos gastrointestinales se observan de manera aguda, la principal lesión en el tracto gastrointestinal reside en un aumento de la permeabilidad de los vasos sanguíneos pequeños, que lleva a la pérdida de fluidos y a la hipotensión. Puede presentarse una inflamación extensiva y la necrosis en la mucosa y submucosa del estómago e intestino, las cuales pueden derivar en la perforación de la pared de la víscera (77). En todos los sucesos se observaron signos clínicos de irritación del tracto gastrointestinal, que incluyen náuseas, vómito, diarrea, dolor abdominal y alteración en

los niveles de electrolitos, como hipopotasemia e hiperfosfatemia (78). Supuestamente, el tracto gastrointestinal es un blanco crítico de los efectos tóxicos por la exposición oral a especies orgánicas del As, tales como sus formas metiladas (mono y di metiladas) (79).

**Renales.** La toxicidad aguda severa por arsénico puede incluir una necrosis tubular aguda junto con una falla renal aguda, asimismo se ha reportado insuficiencia renal crónica por necrosis cortical, el agente primordial puede ser el shock hipotensivo, el daño tubular hemoglobinuria o mioglobinuria, o los efectos directos del Arsénico, en las células del túbulo renal. El daño renal puede provocar proteinuria, algunos de los padecimientos directamente relacionados con este tipo de efecto son las enfermedades cardiovasculares (77). La exposición crónica a As provoca daño renal, presentaron niveles anormales de proteínas urinarias, con altos niveles de nitrógeno ureico no proteico y daño tubular renal. 37 específicamente en la función de reabsorción tubular renal (80). Existe un incremento expresivo en los niveles de urea, ácido úrico y CR en suero, en los niveles de peroxidación de lípidos renales TBARS, hidroperóxidos lipídicos (LOOH) y carbonilos proteicos (PC), en los niveles de expresión del RNA de la enzima NADPH-oxidasa en tejido renal, en los niveles de factor de necrosis tumoral  $\alpha$ (TNF- $\alpha$ ) óxido nítrico (NO), óxido nítrico sintetasa inducible (Inos), factor nuclear kappa B (NFkB) y caspasa-3 inmunoreactivas, en el citoplasma de células del túbulo proximal (81). Histopatológicamente se observó severas hemorragias, necrosis tubular aguda, infiltración de neutrófilos, formación de cilindros y pérdida de positividad de tinción de PAS en los bordes del cepillo de los túbulos renales (82).

**Cardiovasculares.** Tanto la presentación aguda como la crónica a altos niveles de arsénico pueden provocar una amplia gama de efectos cardiovasculares adversos. El envenenamiento aguda por Arsénico puede ocasionar tanto la fuga capilar difusa como una miocardiopatía, las cuales pueden llevar a un shock, la amplitud puede variar dependiendo de la edad, la dosis de arsénico, y la susceptibilidad individual (77). de igual

modo, una exposición a largo plazo al arsénico provoca hipertensión (83), despolarización del miocardio y arritmias cardíacas (84). La exposición a As con un incremento en la prevalencia de enfermedades cardiovasculares, tales como aterosclerosis, enfermedades isquémicas, infarto cerebral (83). Estudios realizados en Chile y en Taiwán revelan que la ingesta de niveles de arsénico entre 0.8 y 1.82 ppm en agua potable (las concentraciones normales de arsénico en agua potable se sitúan por debajo de .01 ppm) dan como resultado una mayor prevalencia de enfermedad vascular periférica y de mortalidad cardiovascular (85). Algunos investigadores reportan que la ingesta de agua envenenada con arsénico en Chile se asocia con cambios vasoespásticos (enfermedad de Raynaud) y con el engrosamiento de arterias de mediano y pequeño calibre en niños fallecidos a quienes se les realizó la autopsia (86). Las células de las paredes de los vasos sanguíneos como blancos primarios de la toxicidad del As. La desregulación de las funciones vasomotoras y/o la remodelación estructural de los vasos sanguíneos resultan en una mayor rigidez y el descenso de la distensibilidad de las paredes de los vasos y en otras alteraciones en funciones vasculares, las cuales subsecuentemente conducen a condiciones patológicas adicionales. La disfunción vascular endotelial, caracterizada por la pérdida parcial de balance entre las capacidades de vasodilatación y de vasoconstricción, se asocia a menudo con la patogénesis del aterosclerosis y la hipertensión (87). La disfunción endotelial promueve la vasoconstricción e incrementa la adhesividad, lo cual da como resultado infiltración celular inflamatoria y formación de trombos plaquetarios (88).

**Neurológicas.** El arsénico entra al cerebro por mecanismos aún no bien definidos, acumulándose en los plexos coroideos; el metabolito arsénico actúan por mecanismos diferentes, el arsénico es idéntico en estructura al fosfato inorgánico y compite con él en la producción de adenosina trí-fosfato (ATP), desacoplando la fosforilación oxidativa por medio de la formación de un éster arsenito inestable el cual se hidroliza

espontáneamente; el arsénico es reducido a arsenito en una reacción llevada a cabo en el hígado. Por otro lado, el arsenito interactúa con los grupos tioles, bloqueando directamente los grupos sulfhidrilos de proteínas y enzimas, también se une a los grupos sulfhidrilos libres de las proteínas de membranas induciendo una marcada disminución en la función de señalización intracelular. La exposición a largo plazo a niveles variables de arsénico interactúa con el sistema nervioso en distintos niveles, en el sistema nervioso periférico, la exposición crónica lleva a la neuropatía periférica dado la destrucción de los cilindros del axón (89); esto se ha comentado tanto en exposiciones agudas a dosis altas (>2 mg As/kg/día), como en exposiciones repetidas (crónicas) a niveles menores (.03-0.1 mg As/kg/día) (90); mientras que la encefalopatía y las alteraciones de las funciones neurológicas superiores han sido reportadas en pacientes con exposición aguda y ocupacional (91).

Volviendo al tema, la neuropatía periférica es un hallazgo clásico que involucra más neuronas sensitivas que motoras (axonopatía sensomotora), este sigue un patrón simétrico de “guante y calcetín” (92) De manera que es el efecto neurológico más común de una intoxicación crónica por arsénico, así mismo, el mecanismo de la neuropatía causada por el arsénico puede ser similar al de la neuropatía causada por la deficiencia de tiamina (93). En las definiciones de altos niveles de arsénico, el inicio de la neuropatía puede ocurrir después de 7 a 14 días, presentándose de forma intensa: adormecimiento, calambres musculares, dolor espontáneo, parestesia, sensibilidad muscular, y sudoración en la parte distal de las extremidades inferiores (94). En la intoxicación moderada, pueden apreciarse, de forma temprana, algunos efectos sensitivos, particularmente una disestesia dolorosa. En casos de intoxicación más severos, se discierne una debilidad ascendente e incluso parálisis. En un comienzo, estos casos pueden desconcertar con un síndrome de Guillain-Barré (polineuropatía desmielinizante inflamatoria y aguda) (95). En este caso, el arsénico inhibe la conversión del piruvato a acetil coenzima A, originando

la interrupción del ciclo de Krebs. (96) una exposición crónica al arsénico puede provocar una ligera debilidad en los músculos internos de las extremidades (94).

**Dérmicas.** Los signos dérmicos se han podido ver sobre todo en la población consumidora de agua de bebida contaminada con arsénico, lesiones dérmicas incluyen hiperpigmentación, hiperqueratosis, descamación y pérdida del cabello entre otros, también podemos ver cáncer de piel. De entre todos los síntomas anteriormente mencionados, los que más predominan son las lesiones dérmicas que suelen aparecer en un periodo de aproximadamente cinco años de intoxicación (97), la hiper pigmentación ocurre particularmente en las axilas, cuello, ingle, párpados, pezones y/o sienes, la aparición común en la piel de zonas café oscuras son machas pálidas dispersas se describe como "gotas de lluvia en un camino polvoriento", en casos severos la pigmentación puede extenderse ampliamente en el pecho, espalda y abdomen, sin embargo, ocurre con más frecuencia en las palmas de las manos y en las plantas de los pies (77, 98).

Por otro lado, la hiperqueratosis palmo-plantar son frecuentemente queratosis benignas, no obstante, pueden convertirse en malignas. Una consecuencia retardada de la explicación crónica o aguda al arsénico es la aparición de las líneas de Mee en las uñas, estas son horizontales (77). Respecto al hiperqueratosis, es el aumento de espesor de la capa córnea de la piel, considerándose como el prototipo de la misma el "callo", denominándose en su localización palmo plantar "queratodermia". La causa inmediata se encuentra en una excesiva multiplicación de las células epidérmicas juntamente con la adherencia de las células queratinizadas entre sí. Fisiológicamente, la capa córnea presenta grandes diferencias según su localización, siendo más gruesa en las palmas de las manos y plantas de los pies y muy fina en las flexuras de codos y rodillas. La hiperqueratosis, en términos generales y sin predilección orgánica constitucional alguna, había ya sido observada por nosotros en las dermatosis arsenicales del trabajo; el "callo"

es un hecho frecuente en torno a procesos ulcerativos. Por otro lado, la queratosis arsenical, consecuencia del arsenicismo crónico, es descrita por DARIER como localización predominante en manos y pies, que suele ir precedida de hormigueos y brotes de eritema descamativo o ampollar, que incluso persiste indefinidamente una vez suprimida la medicación arsenical. Para el citado autor se ofrece en dos formas, con frecuencia asociadas: Un espesamiento difuso, amarillento, farináceo, de las regiones palmares y plantares, con marcada acentuación de las crestas papilares y formaciones verrugosas que ocupan, en gran número, las dos caras de las extremidades, a veces también la cara y el cuello, pudiendo degenerar, "como se ha comprobado en algunos casos", en cáncer arsenical. Siguiendo a podemos admitir que las tres capas cutáneas: epidermis, dermis e hipodermis pueden afectarse por separado, produciéndose tres formas clínicas perfectamente diferenciables, correspondientes a la participación especial de uno de los tres estratos cutáneos en el proceso patológico: eczema, urticaria y edema de Quincke. Esta ordenación de las enfermedades citadas no se basa únicamente en la observación clínica, sino también en el examen histológico. Como las lesiones hísticas de todas las formas patológicas mencionadas se presentan con preferencia en una de las tres capas cutáneas, de este dato procede inferir que el estímulo morboso puede atacar y desarrollar su acción por separado, en la epidermis, en el tejido cutáneo vascular y, más rara vez, en el subcutáneo vascular. Desde luego, los cuadros histológicos de la enfermedad completamente desarrollada no manifiestan tipo alguno tan puro como los presentados por el síndrome externo. A menudo se descubre la propagación de las lesiones de la capa principalmente afectada, a la vecindad, lo que es lógico, dada la imbricación viva de los tres estratos cutáneos. El citado autor, considerando el curso de la enfermedad, dice estar justificado el clasificar el eczema como enfermedad epidérmica, lo mismo que se considera a la urticaria y al eritema como signo de una reacción dérmica del tejido y al edema de Quincke como una reacción subcutánea (99).

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

**Arsénico.** Es un metaloide extremadamente tóxico situado en el grupo 15 del sistema periódico, su numeración atómica es el 33, químicamente se encuentra entre los metales y los no metales.

**Arsénico en agua.** Se encuentra en forma de sales, en aguas superficiales se encuentra como arsenatos ( $\text{As}^{+5}$ ) y en aguas subterráneas se encuentra como arsenito ( $\text{As}^{+3}$ ), poblaciones aledañas a estas pueden estar expuestas a ingerirlas en forma inadvertida.

**Hidroarsenicismo.** Síndrome producido por la exposición de la población a la ingesta de agua que contiene sales de arsénico en un tiempo prolongado.

**Efectos crónicos del arsénico.** Afectación multisistémica presentando daño a nivel de diversos sistemas como el gastrointestinal, respiratorio, urinario, endocrino, hematopoyético, nervioso y piel y anexos.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

El estudio de investigación se realizó en el puesto de salud de la comunidad de Chacaconiza, distrito de Corani perteneciente a la Provincia de Carabaya de la Región Puno, situado a una altitud de 4349 m.s.n.m.

#### 3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

**Población.** Estuvo conformada por la población asegurada (SIS) del puesto de salud de Chacaconiza, que para el año 2019 fue de 297 usuarios de los diferentes grupos etarios. Por la naturaleza de la investigación, se tomó en consideración a 199 usuarios dado que se excluyó a los menores de 12 años.

**Muestra.** El tamaño de la muestra se determina aplicando la siguiente fórmula por tratarse de una población finita:

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{N * E^2 + Z^2 * p * q}$$

Dónde:

- n = Tamaño de la muestra
- N = Total de la población
- Z= Nivel de confianza
- p = Probabilidad a favor
- q = Probabilidad en contra
- E = Error máximo permisible

Reemplazando la fórmula:

$$n = \frac{1.96^2 * 0.95 * 0.05 * 199}{199 * 0.05^2 + 1.96^2 * 0.95 * 0.05} = 53.4$$

Donde.

- N = 199
- p = 95% = 0.95
- q = 1-p = 5% = 0.05
- Z $\alpha$  = 1.96
- e = 5% = 0.05

**Tamaño de muestra = 53**

**Criterios de inclusión:**

- Historia clínica de usuarios con edades comprendidas entre 13- 60 años.
- Historia clínica de usuarios de ambos sexos
- Historia clínica de usuarios atendidos entre los años 2015 al 2018

**Criterios de exclusión:**

- Historia clínica que no esté completa en los exámenes médico-clínico y de laboratorio.

### **3.3. METODO Y TECNICAS**

**Técnica e instrumentos de recolección de datos**

**Revisión documental.** Proceso dinámico que consiste esencialmente en la recogida, clasificación, recuperación y distribución de la información.

**Instrumento. Ficha clínica.** Es una guía de registro de datos clínicos, donde el investigador los clasifica según el criterio definido por su interés. Se utilizó una ficha clínica donde se recolectó los datos procedentes de la historia clínica.

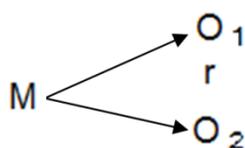
### 3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICE
Variable Independiente	Toxicidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>No tóxico</li> <li>Tóxico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 - 9 µg/L</li> <li>≥10 µg/L</li> </ul>
Concentración de Arsénico en agua			
Variable dependiente	Síntomas de Intoxicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nutricional</li> </ul>	Adelgazamiento Fatiga Inapetencia Ninguno
Efectos sobre la salud		<ul style="list-style-type: none"> <li>Digestiva</li> </ul>	Náuseas Vómitos Diarrea Ninguno
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Pulmonar</li> </ul>	Secreción nasal Secreción bronquial
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Neurológica</li> </ul>	Adormecimiento Calambres Dolor espontáneo Parestesia Sensibilidad muscular Ninguno
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Renal</li> </ul>	Proteinuria Ninguna
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Cardiovascular</li> </ul>	Hipertenso No hipertenso
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Dérmica</li> </ul>	Líneas de Mee Melanosis Hiperqueratosis palmar y plantar Ninguna

### 3.5. MÉTODOS O DISEÑO ESTADÍSTICO

**Método.** Para la presente investigación se desarrolló un estudio con enfoque Retrospectivo, ya que los datos fueron recolectados desde la historia clínica de los años 2015 al 2018, así mismo corresponde al enfoque de investigación cuantitativo, según el número de revisiones fue transversal.

**Diseño.** Se utilizó el descriptivo correlacional, ya que éste busca entender la relación entre variables, sin establecer causalidad, por lo que no establecimos relación causa-efecto sino relación entre eventos que se dan con cierta secuencia en el tiempo entre uno y otro.



**Dónde:**

M = Muestra

O<sub>1</sub> = Observaciones a la Variable independiente

O<sub>2</sub> = Observaciones a la Variable dependiente

r = Posible relación entre las variables estudiadas

#### Técnicas de análisis

**Paquete estadístico SPSS 21.** El análisis de los datos se realizó a partir de la codificación y la tabulación a través del paquete estadístico SPSS v 21.

**Prueba estadística Ji- cuadrado (X<sup>2</sup>).** Se aplicó la prueba no paramétrica para evaluar hipótesis acerca de la relación entre dos variables categóricas, no considerando la causa-efecto. El criterio de decisión fue el siguiente: Se acepta la H<sub>1</sub> cuando  $X_c^2 > X_t^2 (n-1)$  en caso contrario se rechaza.

**Dónde:**

c: representa el valor proporcionado por X<sup>2</sup> calculada.

t: representa el valor proporcionado por las tablas.

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

#### 4.1. Exposición de los resultados

**Tabla 01. Concentración de arsénico en los abastecimientos de agua de consumo público de la comunidad de Chacaconiza - Corani.**

Abastecimiento de H <sub>2</sub> O	Concentración de Arsénico	
	Cuantitativo	Cualitativo
Abastecimiento 1	8.2 µg/L	No tóxico
Abastecimiento 2	42.7 µg/L	Tóxico

Fuente: Informe técnico de la determinación de As en agu

Según la Tabla 01 se examinaron dos abastecimientos de agua potable del distrito de Chacaconiza, el abastecimiento 2 se encuentra por encima de los estándares permitidos por la OMS ( $\geq 10$  µg/L), considerándose como nivel tóxico.

Este estudio demostró que se realizan mediciones muy esporádicas de arsénico en agua potable en las zonas de la comunidad de Chacaconiza – Corani; además, de acuerdo a los valores de concentración de arsénico en las muestras procedentes de los abastecimientos de agua de consumo público 1 y 2, estas muestras tienen diferencias muy marcadas, así tenemos el valor de 8.2 µg/L (concentración de arsénico por debajo del límite de tolerancia biológica considerado no tóxico) y el valor 42.7 µg/L (concentración de arsénico por encima del límite de tolerancia biológica considerado tóxico); si comparamos con el máximo permisible recomendado por la OMS  $\geq 10$  µg/L tenemos que uno de los abastecimientos sobrepasa los máximos permisibles (4). Nuestros resultados coinciden con los obtenidos por Lara del Río quien en su estudio encontró arsénico en concentraciones mayores a 0.025 mg/L equivalente a 0.25 µg/L en el 42,5% de las muestras de agua para beber, concentraciones consideradas peligrosas para el ser humano (14). Resultados similares fueron presentados por Mendoza et al, quienes muestrearon aleatoriamente 36 pozos en 10 acuíferos, de los 36 pozos analizados, 80.5% tenían concentraciones de arsénico superiores a lo permisible por la OMS y la US EPA de 0.01 mg/L; mientras que siete pozos (19.4%) superaron las concentraciones permisibles para arsénico fijados por la NOM-127-SSA1-1994,  $\leq 0.025$  mg/L. De esos siete pozos, uno presenta un grave problema de contaminación (0.083 mg/L), mientras que los otros seis oscilaron entre 0.026 y 0.063 mg/L (16). Del mismo modo, en Chile investigadores analizaron dos fuentes que se consideran antropogénicas, encontraron presencia de elementos tóxicos (arsénico, plomo, manganeso, y otros), en agua potable, aguas superficiales y freáticas de diversos poblados, con concentraciones de 0.4 µg/L, 0.55 µg/L y 0.70 µg/L (18). En el mismo sentido, Bolaños y Mendoza en su investigación, advierten que la concentración promedio de arsénico en el agua entubada de consumo humano fue de 2,2 µg/L, encontrándose que el 10% de muestras supera los límites permisibles establecidos por la OMS; la concentración promedio de arsénico en

suelo fue de 25,9 mg/Kg, hallándose que el 55 % de muestras supera los límites permisibles establecidos por la OMS (19). Aparte, en la provincia de Camaná, Monroy realizó el análisis de ensayos acreditados Registro sobre presencia de arsénico en agua, encontrando que los niveles de arsénico en agua de consumo humano en varias localidades superan el límite máximo permitido, así tenemos: la Pampa (0.01301 mg/L), Pucchun (0.01748 mg/L), San Isidro (0.0151 mg/L), San Isidro (0.0151mg/L), San Gregorio (0.01123 mg/L), Pucchun (0.0146 mg/L), El Cardo (0.01213 mg/L), La Pampa (0.01248mg/L), Pucchun (0.0142 mg/L), San José (0.0151 mg/L), San José (0.01364 mg/L), Huacapuy (0.03007 mg/L), San Gregorio (0.01109 mg/L) (20). Consideramos en base a la fundamentación teórica que la contaminación del agua con arsénico en las comunidades de Chacaconiza, puede deberse a la proximidad de la cadena volcánica; en la que el arsénico se encuentra de manera natural en la corteza terrestre, y puede ser liberado al ambiente por los volcanes y contaminar las fuentes de agua subterránea (100). Sin embargo, la contaminación del agua subterránea también puede deberse a la actividad minera cercana, visto que es ampliamente conocido que la zona de Chacaconiza es un sector donde la minería impera y se desarrolla; por lo que el arsénico se encontraría incrementado y distribuido particularmente en las aguas de consumo humano.

**Tabla 02. Concentración de arsénico en agua y síntomas de intoxicación nutricional en la comunidad de Chacaconiza - Corani.**

Concentración de Arsénico en H <sub>2</sub> O	Intoxicación Nutricional									
	Adelgazamiento		Fatiga		Inapetencia		Ninguno		Total	
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
42.7 µg/L	5	9.434	8	15.09	3	5.66	18	33.96	34	64.15
8.2 µg/L	5	9.434	0	00.0	5	9.434	9	16.98	19	35.85
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>18.87</b>	<b>8</b>	<b>15.09</b>	<b>8</b>	<b>15.09</b>	<b>27</b>	<b>50.94</b>	<b>53</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Ficha Clínica /Anexo 02)

$$X_c^2 = 7.886 \quad G1 = 15 \quad Pv = 0.05$$

En la Tabla 02 se observa que ambos grupos presentan síntomas de intoxicación nutricional; el grupo que consume agua entubada con concentraciones de arsénico tóxico (42.7µg/L) presenta un mayor porcentaje con 30.1% (16 usuarios) a diferencia del grupo que consumen agua entubada no tóxica (8.2µg/L) con 18.8% (10 usuarios). En cuanto a las complicaciones nutricionales el 18.87% (10 usuarios) tiene adelgazamiento, y un 15.09% (8 usuarios) tienen fatiga e inapetencia respectivamente. Concluyéndose que, a mayor concentración de arsénico en el consumo de agua, se tiene más complicaciones nutricionales.

### Prueba de hipótesis

Después de aplicar la prueba de Chi<sup>2</sup>:

- $X_c^2 > X_t^2 : 7.886 > 7.815$ 
  - H<sub>0</sub>= No existe relación significativa entre la concentración de Arsénico en agua y los síntomas de intoxicación nutricional.

- $H_1$ = Existe relación significativa entre la concentración de Arsénico en agua y los síntomas de intoxicación nutricional.

Se valida la hipótesis alterna, lo que nos deja entrever que existe relación significativa entre la concentración de Arsénico en el agua de consumo público con los síntomas de intoxicación nutricional del poblador de Chacaconiza.

Los resultados de nuestro estudio probaron que es más probable encontrar síntomas de intoxicación nutricional, digestiva, neurológica y dérmica, las que fueron más prevalentes en los pobladores de Chacaconiza- Corani relacionadas a la exposición de arsénico en agua potable y/o de bebida. En cuanto a las complicaciones nutricionales el 18.87% (10 usuarios) tiene adelgazamiento, y un 15.09% (8 usuarios) tienen fatiga e inapetencia respectivamente. Por su lado, los cuadros clínicos digestivos que se observan son la diarrea en 64.15% (34 usuarios), seguido de los vómitos con 16.98% (9 usuarios) y las náuseas con 15.09% (8 usuarios). Referente a los trastornos del sistema nervioso periférico un 50.94% (27 usuarios) tuvieron dolor espontáneo, el 5.66% (3 usuarios) adormecimiento y el 3.77% (2 usuarios) desarrollaron calambre y parestesia respectivamente. En lo que concierne a los trastornos de la piel, la melanosis es la afectación que se presentó con mayor porcentaje 18.86% (10 usuarios), seguido de las líneas de Mee en 11.32% (6 usuarios), la hiperqueratosis palmar y plantar la desarrollaron en un 7.54% (4 usuarios) respectivamente.

**Tabla 03. Concentración de arsénico en agua y síntomas de intoxicación digestiva en la comunidad de Chacaconiza - Corani.**

Concentración de Arsénico en H <sub>2</sub> O	Intoxicación Digestiva									
	Náuseas		Vómitos		Diarrea		Ninguna		Total	
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
42.7 µg/L	2	3.774	8	15.09	23	43.40	1	1.887	34	64.15
8.2 µg/L	6	11.32	1	1.887	11	20.75	1	1.887	19	35.85
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>15.09</b>	<b>9</b>	<b>16.98</b>	<b>34</b>	<b>64.15</b>	<b>2</b>	<b>3.774</b>	<b>53</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Ficha Clínica

$$Ji_c^2 = 8.0818 \quad G1 = 15 \quad Pv = 0.05$$

La Tabla 03 nos muestra que ambos grupos presentan síntomas de intoxicación digestiva; sin embargo, el grupo que consume agua entubada con concentraciones de arsénico tóxico (42.7µg/L) tiene un mayor porcentaje con 62.2% (33 usuarios) a diferencia del grupo que consumen agua entubada no tóxica ya que la muestra se toma de dos reservorios en el cual uno de ellos tiene mayor concentración de arsénico que el otro reservorio(8.2µg/L) con 33.9% (18 usuarios). Así los cuadros clínicos digestivos que se observan es en primer lugar la diarrea en 64.15% (34 usuarios), seguido de los vómitos con 16.98% (9 usuarios) y las náuseas con 15.09% (8 usuarios). Concluyéndose que, a mayor concentración de arsénico en el consumo de agua, se tiene más cuadros clínicos digestivos.

### Prueba de hipótesis

Después de aplicar la prueba de Chi<sup>2</sup>:

-  $X_c^2 > X_t^2 : 8.0818 > 7.815$

- H<sub>0</sub>= No existe relación significativa entre la concentración de Arsénico en agua y los síntomas de intoxicación digestiva.
- H<sub>1</sub>= Existe relación significativa entre la concentración de Arsénico en agua y los síntomas de intoxicación digestiva.

Se valida la hipótesis alterna, lo que nos deja entrever que existe relación significativa entre la concentración de Arsénico en el agua de consumo público y los síntomas de intoxicación digestiva del poblador de Chacaconiza.

Diversos estudios concluyen que las personas que tienen alguna exposición a arsénico experimentan mayor riesgo para ser afectado de “enfermedades”; precisamente Monroy en su estudio de investigación sobre patologías asociadas a la exposición de arsénico en agua potable y alimentos regados con dichas aguas insalubres, coinciden con nuestro estudio, y reporta además de casos de cáncer, lesiones dérmicas diversas y enfermedades cardiovasculares, entre otros (20). También, Zepeda y Gonzales sobre la morbilidad relacionada con alta vs baja exposición al arsénico, refirieron que podría ocasionar una mayor prevalencia de los signos de hidro arsenicismo, de tal manera lo demuestra los datos a continuación derivados de sus resultados: es 7.67 veces más probable encontrar atrofia cutánea, 3 veces más probable encontrar constipación, 1,7 veces más probable encontrar astenia, 3.77 veces más probable encontrar hepatomegalia, 2.29 veces más probable encontrar discromías, por otra parte, la prevalencia general de signos dermatológicos fue de 30% vs 25%. No obstante, los autores encontraron que el 20% de la población presenta algún grado de disminución de la Tasa de Filtración Glomerular, y existe un 1.4% que presenta una filtración glomerular gravemente disminuida, lo que contrasta con nuestros resultados en el que no encontramos ninguna afectación renal (15). Corroboran estos resultados distintos autores, quienes indican que la ingestión de agua con contenido de metales y metaloides como el arsénico (As), puede producir daños neuronales, problemas estomacales, parálisis parcial, ceguera y ciertos cánceres en piel, pulmón, hígado, riñón y próstata (101, 102, 103).

**Tabla 04. Concentración de arsénico en agua y síntomas de intoxicación pulmonar en la comunidad de Chacaconiza - Corani.**

Concentración de Arsénico en H <sub>2</sub> O	Intoxicación Pulmonar					
	Secreción Nasal		Secreción Bronquial		Total	
	f	%	f	%	f	%
42.7 µg/L	5	9.434	29	54.72	34	64.15
8.2 µg/L	4	7.55	15	28.30	19	35.85
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>16.98</b>	<b>44</b>	<b>83.02</b>	<b>53</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Ficha Clínica

$$X_c^2 = 0.348 \quad G I = 9 \quad P v = 0.05$$

En esta Tabla 04 podemos observar que ambos grupos desarrollaron síntomas de intoxicación pulmonar; a pesar de ello el grupo que consume agua potable con concentraciones de arsénico tóxico (42.7µg/L) muestra un mayor porcentaje con 64.15% (34 usuarios) a diferencia del grupo que consumen agua potable no tóxica (8.2µg/L) con 35.85% (19 usuarios). El cuadro de secreción bronquial es el que exhibe un porcentaje mayoritario en 83.02% (44 usuarios) en comparación con el de secreción nasal con el 16.98% (9 usuarios). Concluyéndose que, a mayor concentración de arsénico en el consumo de agua, se tiene más síntomas de intoxicación pulmonar.

### Prueba de hipótesis

Después de aplicar la prueba de Chi<sup>2</sup>:

- $X_c^2 > X_t^2 : 0.348 < 3.841$ 
  - H<sub>0</sub>= No existe relación significativa entre la concentración de Arsénico en agua y los síntomas de intoxicación pulmonar.
  - H<sub>1</sub>= Existe relación significativa entre la concentración de Arsénico en agua y los síntomas de intoxicación pulmonar.

Se valida la hipótesis nula, lo que nos deja entrever que no existe relación significativa entre la concentración de Arsénico en el agua de consumo público con los síntomas de intoxicación pulmonar del poblador de Chacaconiza.

Medina reafirma que la exposición crónica al arsénico afecta casi todos los órganos y sistemas, pudiendo causar principalmente cáncer de pulmón, vejiga, de piel, hígado, riñón y próstata (21). Más aún, algunos investigadores hallaron que se producen efectos adversos carcinogénicos para la salud por ingestión continua y prolongada de agua (16); Y que esta se puede evidenciar tempranamente en la acumulación de arsénico en cabello (14) Según Tchernitchin esta exposición crónica y por exposición prenatal o infantil temprana a arsénico deja activado una serie de mecanismos patológicos a nivel epigenético (imprinting) que son irreversibles para la persona afectada, favoreciendo el desarrollo de diversas patologías en etapas posteriores de la vida adulta (18). Podemos deducir que es más probable encontrar síntomas de intoxicación por arsénico en los pobladores de la comunidad de Chacaconiza que ingieren agua de bebida con concentraciones tóxicas de arsénico, es decir por encima de los límites permitidos por las organizaciones de salud.

**Tabla 05. Concentración de arsénico en agua y síntomas de intoxicación neurológica en la comunidad de Chacaconiza - Corani.**

Concentración de Arsénico en H <sub>2</sub> O	Intoxicación Neurológica												Total	
	Adormec.		Calambres		Dolor Espont.		Parestesia		Sensib. Muscula		Ninguna			
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
42.7 µg/L	1	1.89	2	3.77	20	37.74	2	3.77	3	5.66	6	11.32	34	64.15
8.2 µg/L	2	3.77	0	0.0	7	13.21	0	0.0	0	0.0	10	18.87	19	35.85
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>5.66</b>	<b>2</b>	<b>3.77</b>	<b>27</b>	<b>50.94</b>	<b>2</b>	<b>3.77</b>	<b>3</b>	<b>5.66</b>	<b>16</b>	<b>30.19</b>	<b>53</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Ficha Clínica

$$X_c^2 = 11.25 \quad G1 = 21 \quad Pv = 0.05$$

Esta Tabla 05 muestra que los síntomas de intoxicación neurológica están presentes en ambos grupos; más el grupo que consume agua potable con concentraciones de arsénico tóxico (42.7µg/L) exhibe un mayor porcentaje con 52.83% (28 usuarios) a diferencia del grupo que consumen agua potable no tóxica (8.2µg/L) con 16.98% (9 usuarios). Referente a los trastornos del sistema nervioso periférico un 50.94% (27 usuarios) tuvieron dolor espontáneo, el 5.66% (3 usuarios) adormecimiento y el 3.77% (2 usuarios) desarrollaron calambre y parestesia respectivamente. Concluyéndose que, a mayor concentración de arsénico en el consumo de agua, mayores son las neuropatías periféricas.

### Prueba de hipótesis

Después de aplicar la prueba de Chi<sup>2</sup>:

-  $X_c^2 > X_t^2 : 11.25 > 11.070$

- $H_0$ = No existe relación significativa entre la concentración de Arsénico en agua y los síntomas de intoxicación neurológica.
- $H_1$ = Existe relación significativa entre la concentración de Arsénico en agua y los síntomas de intoxicación neurológica.

Se valida la hipótesis alterna, lo que nos deja entrever que existe relación significativa entre la concentración de Arsénico en el agua de consumo público con los síntomas de intoxicación neurológica del poblador de Chacaconiza.

**Tabla 06. Concentración de arsénico en agua y síntomas de intoxicación renal en la comunidad de Chacaconiza - Corani.**

Concentración de Arsénico en H <sub>2</sub> O	Intoxicación Renal					
	Proteinuria		Ninguna		Total	
	f	%	f	%	f	%
42.7 µg/L	0	0.0	34	64.15	34	64.15
8.2 µg/L	0	0.0	19	35.85	19	35.85
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>	<b>53</b>	<b>100.0</b>	<b>53</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Ficha Clínica

$$X_c^2 = 0 \quad G1 = 9 \quad Pv = 0.05$$

Esta Tabla 06 muestra que los usuarios de ambos grupos, es decir, los que consumen agua entubada con concentraciones de arsénico tóxico (42.7µg/L) y no tóxico (8.2µg/L) no presentaron trastornos renales.

### Prueba de hipótesis

Después de aplicar la prueba de Chi<sup>2</sup>:

$$- \quad X_c^2 > X_t^2 : 0 < 3.841$$

- $H_0$ = No existe relación significativa entre la concentración de Arsénico en agua y los síntomas de intoxicación renal.
- $H_1$ = Existe relación significativa entre la concentración de Arsénico en agua y los síntomas de intoxicación renal.

Se valida la hipótesis nula, lo que nos deja entrever que no existe relación significativa entre la concentración de Arsénico en el agua de consumo público con los síntomas de intoxicación renal del poblador de Chacaconiza.

**Tabla 07. Concentración de arsénico en agua y síntomas de intoxicación cardiovascular en la comunidad de Chacaconiza - Corani.**

Concentración de Arsénico en H <sub>2</sub> O	Intoxicación Cardiovascular					
	Hipertenso		No hipertenso		Total	
	f	%	f	%	f	%
42.7 µg/L	1	1.89	33	62.26	34	64.15
8.2 µg/L	1	1.89	18	33.96	19	35.85
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>3.77</b>	<b>51</b>	<b>96.23</b>	<b>53</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Ficha Clínica

$$X_c^2 = 0.181 \quad G1 = 9 \quad Pv = 0.05$$

Tabla 07 en la cual podemos observar que los síntomas de intoxicación cardiovascular se presentan en ambos grupos; sin embargo, no existe diferencia entre uno y el otro y, además el porcentaje de presentación es bastante bajo con un 1.89% (1 usuario) para ambos grupos.

### Prueba de hipótesis

Después de aplicar la prueba de Chi<sup>2</sup>:

-  $X_c^2 > X_t^2 : 0.181 < 3.841$

- $H_0$ = No existe relación significativa entre la concentración de Arsénico en agua y los síntomas de intoxicación cardiovascular.
- $H_1$ = Existe relación significativa entre la concentración de Arsénico en agua y los síntomas de intoxicación cardiovascular.

Se valida la hipótesis nula, lo que nos deja entrever que no existe relación significativa entre la concentración de Arsénico en el agua de consumo público con los síntomas de intoxicación cardiovascular del poblador de Chacaconiza.

**Tabla 08. Concentración de arsénico en agua y síntomas de intoxicación dérmica en la comunidad de Chacaconiza - Corani.**

Concentración de Arsénico en H <sub>2</sub> O	Líneas de Mee f %		Intoxicación dérmica									
			Melanosis		Hiperquerat palmar		Hiperquerat plantar		Ninguna		Total	
			f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
42.7 µg/L	5	9.434	4	7.547	4	7.547	4	7.547	1	32.075	34	64.15
8.2 µg/L	1	1.886	6	11.321	0	0.0	0	0.0	1	22.642	19	35.85
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>11.32</b>	<b>10</b>	<b>18.868</b>	<b>4</b>	<b>7.547</b>	<b>4</b>	<b>7.547</b>	<b>2</b>	<b>54.717</b>	<b>53</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Ficha Clínica

$$X_c^2 = 8.35 \quad G1 = 18 \quad Pv = 0.05$$

En la Tabla 08 se advierte que los síntomas de intoxicación dérmica están presentes en ambos grupos; no obstante, el grupo que consume agua potable con concentraciones de arsénico tóxico (42.7µg/L) exhibe un mayor porcentaje con 32.07% (17 usuarios) a diferencia del grupo que consumen agua potable no tóxica (8.2µg/L) con 13.20% (7 usuarios). En lo que concierne a los trastornos de la piel, la melanosis son la que se presentó con mayor porcentaje 18.86% (10 usuarios), seguido de las líneas de Mee en

11.32% (6 usuarios), la hiperqueratosis palmar y plantar la desarrollaron en un 7.54% (4 usuarios) respectivamente. Concluyéndose que, a mayor concentración de arsénico en el consumo de agua, mayores son los trastornos de la piel.

### **Prueba de hipótesis**

Después de aplicar la prueba de Chi<sup>2</sup>:

- $X_c^2 > X_t^2 : 8.35 > 7.815$ 
  - $H_0$ = No existe relación significativa entre la concentración de Arsénico en agua y los síntomas de intoxicación dérmica.
  - $H_1$ = Existe relación significativa entre la concentración de Arsénico en agua y los síntomas de intoxicación dérmica.

Se valida la hipótesis alterna, lo que nos deja entrever que existe relación significativa entre la concentración de Arsénico en el agua de consumo público con los síntomas de intoxicación dérmica del poblador de Chacaconiza.

## **CONCLUSIONES**

### **PRIMERA:**

Los niveles de concentración de arsénico en los abastecimientos de agua de consumo público del distrito de Corani, fue el mínimo de 8.2 µg/L (concentración de arsénico por debajo del límite de tolerancia biológica considerado no tóxico) y máximo 42.7 µg/L (concentración de arsénico por encima del límite de tolerancia biológica considerado tóxico), según lo establecido por la OMS  $\geq 10$  µg/L.

### **SEGUNDA:**

Como resultado de la investigación, se concluye que la concentración de Arsénico en agua se relaciona con los efectos sobre la salud de los pobladores en el distrito de Corani, en cuanto a síntomas de intoxicación nutricional, digestiva, neurología y dérmica. Los síntomas nutricionales encontrados en la población estudiada fue en mayor porcentaje adelgazamiento; con respecto a los síntomas digestivos se halló que la diarrea se presentó en la mayoría de los casos, se identificó al dolor espontáneo como síntoma neurológico más habitual; en lo relativo a los síntomas dermatológicos, tuvo una mayor casuística la melanosis.

### **TERCERA:**

Se comparó también entre los dos abastecimientos de agua potable de la comunidad de Chacaconiza, y se concluyó que a mayor concentración de arsénico en el consumo de agua, se tiene más complicaciones sobre la salud, con lo cual se acepta la hipótesis alterna en la que referimos que existe relación significativa entre la concentración de Arsénico en agua y los efectos sobre la salud en el distrito de Corani.

## RECOMENDACIONES

### PRIMERA:

#### **Se sugiere a la Municipalidad del distrito de Corani lo siguiente:**

Concientizar a la población sobre los efectos de la exposición crónica al arsénico en el agua de consumo, en base a un plan de acción en conjunto de la alcaldía, que además debe contemplar tratar el agua de consumo por medio de filtros para mejorar la calidad de vida de la población. Estos planes de saneamiento de las aguas deben apuntar a mejorar el acceso al agua potable en las comunidades con mayor riesgo, como es el caso de Chacaconiza - Corani sobre la premisa *“la contaminación del agua por compuestos orgánicos tóxicos afecta la calidad de vida de la población”*.

### SEGUNDA:

#### **Al puesto de salud Chacaconiza - Corani se recomienda que:**

Desarrolle una doble tarea; por un lado, que trabaje conjuntamente con la Municipalidad, generando una cultura de conciencia sobre el tema de la exposición al arsénico (por contaminación natural o de industria minera), en especial en la misma población afectada que habita en comunidades rurales, que en su mayor parte desconoce el riesgo al que están expuestos; esta tarea debe realizarla el Programa de Promoción de la salud, a través de eje Educación para la salud; este eje debe estar enfocado a la prevención, control y tratamiento de los efectos a largo plazo relacionados a la exposición crónica al arsénico, a través de charlas y reuniones educativas con brigadistas y jefes comunitarios para que ellos mismos identifiquen los signos y síntomas más frecuentes de arsenicismo y que les permita acudir a la unidad de salud. Así mismo, desde un enfoque de Gestión de la salud el puesto de salud debe exigir acciones concretas e inmediatas por parte de las autoridades pertinentes para la implementación de medidas para reducir la

contaminación natural del agua para consumo humano con arsénico en todas las regiones afectadas de la comunidad de Chacaconiza, ya que se ha probado niveles elevados de este metaloide en la población expuesta.

Por otro lado, desarrollar vigilancia estricta por parte del establecimiento de salud por medio de una ficha que contenga los signos y síntomas más frecuentes de arsenicismo, monitoreando a los pobladores de la comunidad de Chacaconiza y de manera especial, a aquellos que superan los límites de tolerancia biológica ya establecidos; para así poder evidenciar posibles patologías y el impacto en la salud de la población a largo plazo. Para esto último se debe realizar dosaje de arsénico en sangre a toda la población.

**A las futuras licenciadas en enfermería, se recomienda que:**

Como profesionales de la salud, es de gran importancia considerar la salud ocupacional como campo de acción de las enfermeras, con la finalidad de prever medidas de control dirigidas a fomentar el bienestar y reducir o eliminar riesgos de enfermedades, en nuestro caso con énfasis en la prevención e información de cómo prevenir y mitigar las intoxicaciones por arsénico. Además, se debe tener en cuenta que el sector minero es un contexto crítico para las condiciones adecuadas de salud; sector largamente “excluido” por el sistema de salud, en este sentido, las problemáticas asociadas a las condiciones de salud en esta población en particular son muy vulnerables.

**A la escuela profesional de enfermería, se sugiere a:**

Impulsar más investigaciones sobre este tema en diferentes zonas de relaves mineros para conocer qué poblaciones están en riesgo, así como determinar cuáles son los efectos sobre la salud de la intoxicación por arsénico a corto y largo plazo. Puesto que el aporte de estudios como el presente pretende cuantificar una sustancia tóxica poco conocida y más aún poco estudiada; además ofrecer la oportunidad de aportar información vital para prevenir patologías con cuadros clínicos ya declarados, y a su malignidad que con frecuencia causa la muerte.

Cabe destacar que son pocos los estudios acerca del tema en cuestión desarrollados por ciencias de la salud y sobre todo por enfermeras, a pesar de que en el campo de acción de enfermería se desarrolla actividades a nivel de enfermería comunitario, de salud pública y de salud ocupacional, incluso de tópicos de epidemiología; por ello es necesario dar un espacio a estudios acerca de este tema.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Banco Interamericano de Desarrollo. Proceso Regional de las Américas Foro Mundial del Agua. Informe Regional América Latina y el Caribe Resumen ejecutivo, 2018. P5.
2. Organización de las Naciones Unidas . Asamblea General de las Naciones Unidas. Resolución 64/292: El derecho humano al agua y el saneamiento. Disponible en: <http://www.refworld.org/cgi-bin/tesis/vtx/rwmain/opendocpdf.pdf?doc=y&docid=4cc9270b2>. (2010)
3. Ruiz, S., Monroy-Torres, R. y Ramírez, X. Día mundial de la cooperación para el cuidado del agua y su participación en la seguridad alimentaria, en REDICINAYSA. Disponible en: <http://www.redicinaysa.ugto.mx/images/Revistas2013/redicinaysa-mar-abr-2013-universidad-uauajauato.pdf>.
4. Flanagan, S. V. Jhonston, R. B. y Zheng Y. Bull world health organ, 2012.
5. Fluence New Team. Contaminación de arsénico en América Latina. Disponible en <https://www.fluencecorp.com>
6. Bucio Jurado, W. Intoxicación por arsina. Información y presentación de un caso. Rev. Med. IMSS 43 (1): 58, 2005.
7. Ladrón de Guevara J. y Moya Pueyo V. Toxicología médica. Clínica y laboral. Interamericana McGraw-Hill de España, 1995.
8. García SI. Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico HACRE: Módulo de capacitación para atención primaria. Buenos Aires: Ministerio de Salud de la Nación; 2011.
9. Karagas MR. Arsenic-related mortality 'in Bangladesh. Lancet!. 2010 Jul 24; 376(9737):213 4. Epub 2010 jun 18. Available in PMC 2010 September 16.

Disponibile en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2940271/>?tool=pubmed.

10. Bates, M.N., Smith, A.H. y Hopenhayn-Rich C. Arsenic ingestion and internal cancers: A review. *Am J Epidemiol* 1992; 135:462-476.
11. Morales, K.H., Ryan, L., Kuo T., Wu M.M. y Chen C.J. Risk of internal cancers from arsenic in drinking water. *Environ Health Perspect*, 2000, 108:665-661.
12. Chen, C.J., Kuo, T-L. y Wu M-M. Arsenic and cancers. *Lancet* 1988, 1:414-5
13. Tsai, S.M., Wang, T.N. y Ko, YC. Mortality for certain diseases in areas with high levels of arsenic in drinking water. *Arch Environ Health* 1999, 54:186-193
14. Lara del Rio, A.J. Determinación de arsénico en cabello de poblaciones expuestas en Matehuala, San Luis Potosí, México. Tesis postgrado. Instituto de Potosí de Investigación Científica y Tecnológica, 2015.
15. Genie Zepeda, E. J y Gonzalez Zambrana R.J. Efectos a la salud por exposición crónica a arsénico en agua de bebida en habitantes adultos de comunidades rurales del Municipio Larreynaga- Malpaisillo. Tesis postgrado. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León, 2017.
16. Mendoza Cano, O., Sánchez-Piña, R.A., Barrón Quintana, J., Cuevas Arellano, H.B., Escalante-Minaba, P. y Solano-Barajas, R. Riesgos potenciales de salud por consumo de agua con arsénico en Colima, México, 2017.
17. Bolaños Alfaro, J.D. Determinación de arsénico en agua potable del cantón de Grecia. *Intersedes: Revista de las sedes regionales*, vol. XVII, núm.35, 2016.
18. Tchernitchin, A.N., Ríos, J. Cortes I. y Gaete, L. Polimetales en agua de Arca-Parinacota. Posibles orígenes y efectos en la salud, Chile 2015.

19. Bolaños Vargas, W. y Mendoza Fernández, D. P. Cuantificación de arsénico en agua entubada de consumo humano y suelo en el distrito de la Encañada-Cajamarca, 2019.
20. Monroy Farfán, J.C. Efectos en la salud producidos por valores elevados de arsénico en el agua, en la población de Camaná, 2019.
21. Medina-Pizzali, M., Robles, P., Mendoza, M. y Torres, C. Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana. Rev. Perú Med Exp Salud Pública, 35(1), 2018.
22. Repetto Jiménez M, Repetto Kuhn G. Desarrollo y evolución histórica de la Toxicología. En: Repetto Jiménez M, Repetto Kuhn G. Toxicología fundamental. 4a. ed. Madrid: Ediciones Díaz Santos; 2009. p. 1-19.
23. Zenz C, Ed. Occupational medicine. Principles and practical applications. 3th Ed. Chicago: Mosby. 1994.
24. Ores. F. Puga C. . Olivos M.P , Greiber R. Gonzales I., Heras E., Barrera S.y E Gonzales E. hidroarsenicismo crónico (Intoxicación arsenical crónica en Antofagasta). Estudio epidemiológico y clínico. Rev. Chilena Pediatría, Vol. 44, 3, 1973o215 – 216
25. Hardisson A, Hernández J. La evolución histórica de la Toxicología (I). Higia (2002) 30: 23 – 28
26. Simonin C. Medicina Legal Judicial. Legislación y jurisprudencia española. Editorial JIMS. Barcelona: 610-625. 27. Simpson K. Medicina Forense. Español S.A Barcelona. 358-364.(1966)(1981)
27. Sánchez J. . El asesinato de Napoleón. El arsénico acabó con el emperador. Rev La Aventura de la Historia, nº 31. Alianza Ediciones, SA.(2002)

28. Astolfi E, Besuschio SC, Garcia JC, Guerra C y Maccagno A. Hidroarsenicismo crónico regional de la Cooperativa Gral Belgrano, 1982. P144
29. Prunes L. Cáncer de los salitreros o enfermedad del salitre. Rev. Argent. Dermatosisifilol., Buenos Aires, v23, n1, p373-385, 1939.
30. Chatterjee A, Das D, Mandal BK, Chowdhury TR, Samanta G, Chakraborti D. Arsenic in Ground Water in Six Districts of West Bengal, India: the Biggest Arsenic Calamity in the World. Part 1. Arsenic Species in Drinking Water and urine of the Affected People. Analyst 1995; 120:643-650.
31. Gonzáles GF, Zevallos A, Gonzales-Castañeda C, Nuñez D., Gastañaga C, Cabezas C, et al. Contaminación ambiental, variabilidad climática y cambio climático: una revisión del impacto en la salud de la población peruana. Rev Perú Med Exp Salud Publica. 2014; 31(3): 547-56
32. Castro de Esparza ML. Presencia de arsénico en el agua de bebida en América Latina y su efecto en la salud pública. En: Congreso Internacional "Arsénico natural en aguas subterráneas de Latinoamérica". Ciudad de México: CEPIS-SB/SDE/OPS; 2006. p. 1-14.
33. Apaza R, Calcina M. Contaminación natural de aguas subterráneas por arsénico en la zona de Carancas y Huata, Puno. Rev Investig Altoandin. 2014; 16(1): 51-58.
34. Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades. Resumen de Salud Pública. Arsénico. EEUU, 2007.
35. Concon, J.M. Heavy metals in food. In: Food Toxicology, Part B: Contaminants and Additives. New York, Dekker, 3(4), 2009, p.1043-1045.

36. New Jersey department of health and senior services. Hoja Informativa sobre sustancias peligrosas arsénico. 2009, USA
37. ROBARDS, K. and WORSFOLD, P. Cadmium: toxicology and analysis – a review. *Analyst*, 3(1), 2011, p. 549-568
38. World Health Organización. United Nations synthesis report on arsenic in drinking water. Geneva: WHO; 2001.
39. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Reseña toxicológica del Arsénico. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE. UU, Servicio de Salud Pública.
40. Alarcón H. Ma. T., Llorens E. y Poch Manel. Remoción de Arsénico en Agua de Consumo Humano en Latinoamérica. México: Centro de Investigación en Materiales Avanzados, 2012. P2.
41. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). U.S: Department of Health and Human Services, (August 2007). [fecha de consulta: 6 de Mayo de 2018] Recuperado de [www.atsdr.cdc.gov/es/](http://www.atsdr.cdc.gov/es/)
42. Bucio Jurado, W. Intoxicación por arsina. Información y presentación de un caso.. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Reseña toxicológica del Arsénico. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE. UU, Servicio de Salud Pública. *Rev. Med. IMSS* 43 (1): 57, 2005
43. USEPA. Arsenic in drinking water. Recuperado el 20 de Septiembre de 2010, de EPA: <http://water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/arsenic/index.cfm>
44. Galindo, G.; Fernandez, J.; Parada, M. & Gimeno, D. Arsénico en aguas: origen, movilidad y tratamiento. Rio Cuarto: II seminario hispano-latinoamericano sobre

- temas actuales de hidrología subterránea Argentina, 2005. Disponible en [http://digital.csic.es/bitstream/10261/4019/1/Galindo\\_et\\_al-Arsenico-2005.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/4019/1/Galindo_et_al-Arsenico-2005.pdf)
45. Programa Água Potável Mass DEP, Arsenic in Private Well Water FAQs. U.S. Massachusetts Department of Environmental Protection, (noviembre de 2015). [fecha de consulta: 15 de mayo de 2018] Recuperado de <https://www.mass.gov/service-details/arsenic-in-private-well-water-faqs>
  46. Cáceres, Pino, O., Montesinos, N., Atalah, E., Amigo, H. y Loomis, D. Exposure to inorganic arsenic in drinking water and total urinary arsenic concentration in a Chilean population. *Environmental research*, (2005) 98 (2), 151-59.
  47. Lillo, Francisco Javier. 2009. Peligros químicos: arsénico de origen natural en las aguas. GEMM. <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-15564/Peligros%20geoqu%C3%ADmicos%20del%20ars%C3%A9nico%20-%20Javier%20Lillo.pdf>
  48. Sanz-Gallén P, Izquierdo J, Prat-Marín A. Gases tóxicos. Manual de salud laboral. España: Springer-Verlag Ibérica; 1995. p.130-131.
  49. MINSA. Guía técnica: Guía de práctica clínica para el diagnóstico y tratamiento de la intoxicación por Arsénico. Lima, 2011. Pág. 1
  50. Harvey, S.C. Heavy metals. En *The pharmacological basis of therapeutics*. Goodman, L.S. and Gilman, A. Ed. The Macmillan Company 4<sup>th</sup> Ed.: 958-65. 1970.
  51. Gebel T.. Confounding variables in the environmental toxicology of arsenic. *Toxicol* .2000. 144(1-3), 155-162
  52. Argumosa JA. Intoxicación arsenical profesional. *Rev Clin española* Tomo XLIV, núm. 3, s.f.

53. De la Rosa Hernández PM. Efectos toxicológicos: Arsénico. Colegio Libre de Estudios Universitarios Campus León, 2018.
54. García Sayago F. Monitorización de metales de interés medioambiental en la población de Tarragona. niveles en tejidos de autopsia. Tesis doctoral. UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI, 2000
55. Schroeder, H.A., et al. Abnormal trace metals in man: arsenic. J. Chron. Dis. 19:85-106, 1966.
56. Benramdane L., Accominotti M., Fanton L. Arsenic speciation in human organs following fatal arsenic trioxide poisoning--a case report. Clin Chem 2007: Pág. 116 - 151.
57. Repetto M. Concentraciones de xenobióticos en fluidos biológicos humanos como referencia para el diagnóstico toxicológico. Tesis doctoral. Facultad de Medicina. Universidad de Sevilla 2009.
58. Mandal B., Suzuki K. Arsenic around the world: a review. Talanta: 2002; Pág. 201 – 235
59. Concha G., Vogler G., Nermell B. Low-level arsenic excretion in breast milk of native Andean women exposed to high levels of arsenic in the drinking water. Int Arch Occup Environ Health 2008: Pág. 42 - 46.
60. Jomova K, Denisova Z, Fasteirova M, Baros S, Liska J, Hudecova D, et al. [Arsenic: toxicity, oxidative stress and human disease](#). J Appl Toxicol. 2011;31(2):95–107.
61. Ambrosio F, Brown E, Stolz D, Ferrari R, Goodpaster B, Deasy B, et al. [Arsenic induces sustained impairment of skeletal muscle and muscle progenitor cell ultrastructure and bioenergeti](#) cs. Free Radic Biol Med. 2014; 74:64–73.

62. Bertram G., Katzung. Farmacología básica y clínica. 10ª edición. México D. F.: Editorial el Manual Moderno, 2007: Pág. 985.
63. Curtis D., Klaassen Y., John B. Fundamentos de toxicología. México D. F.: Mcgraw-Hill/Interamericana, 2005.
64. Marisa Gaióí. González Daniel Amoedo Diego. Chronic endemic regional hydroarsenicism: a challenge for diagnosis and prevention. Arch. argen!. pedia!r [serial on the Internet]. 2009 Argentina; 107(5): 467-473. Available from: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_art\\_text&pid=S032500752009000500017&lng=en](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_art_text&pid=S032500752009000500017&lng=en)
65. Waisberg, M., Joseph, P., Hale, B. and Beyersmann, D. Molecular and cellular mechanisms of cadmium carcinogenesis. Toxicology, 3(4), 2013, p. 95-117.
66. Albert, A.D. Catice de Valencia Secretaría de Estado de Comercio. Normas y valores de metales pesados en los alimentos en varios países e instituciones. 1 Ed. Madrid (España): Mundo prensa, 2014, 145 p.
67. Pigott C. David, Liebelt L Series. Arsenic and Arsine. En: Haddad, Le sure MN, Shannon, Michael, Winchester James. Clinical Management of Poisoning and Drug Overdose. W.B Saunders Company. Saunders, 4th edition, 2007, US. Pág. 784-789. 27.
68. Hryhorczuk Daniel, Eng Janet. Chapter 88. Arsenic. En: Goldfrank, Flomenbaum, Lewin Howland, Hoffman, Nelson. Goldfrank'S Toxicologic Emergencies, Ford y Munday. MCGraw Hill, Marsha Ford. 9na edic, 2010. U.S. Pág. 1214-1228
69. Soto-Navarro O, Vásquez-Galindo G. Enfermedades producidas por arsénico. México: IMSS; 1990.

70. Fauci AS, Braunwald E, Isselbacher KJ, et al. Harrison. Principios de medicina interna. México: Mc Graw-Hill-Interamericana; 1998. P. 2995-2996.
71. Suarez Sola ML, Gonzalez-Delgado FJ, Gonzales Wellwe D, Rubio Armendáriz y Hardisson de la Torre A. Análisis, diagnóstico y tratamiento de las intoxicaciones arsenicales. Cuadernos de Medicina Forense N° 35. España, 2004. P9
72. Biagini, R.E. Hidroarsenicismo crónico en la república de Argentina. Med. Cutan. Iber. Latin. Am 3 (6), 1975.
73. Goldfrank LR., Flomenbaum N., Lewin N., Weisman R. Goldfrank's Toxicologic Emergencies. 6ª edición. Stamford: Appleton and Lange, 2009: Pág. 1261- 1273, 1214 – 1228.
74. Wilcox, E.H. An addressaon acute arsenic poisoning. Brit. Med. J. 1922
75. Dreisbach, H.R. Manual de envenenamientos, 2ª edición. El manual moderno, México, 1976.
76. Roses OE, García JC, Villaamil EC, Camussa N, Minetti SA, Martínez de Marco M, et al. Mass poisoning by sodium arsenite. Clin Toxic 1991; 29:209-13.
77. ATSDR. Estudios de caso de Medicina Ambiental, 2009
78. Uede K, Furukawa F. Skin manifestations in acute arsenic poisoning from the Wakayama curry-poisoning incident. Br J Dermatol 2003; 149(4): 757-62. Vantroyen B, Heillier JF, Meulemans A, Michels A, Buchet JP, Vanderschueren S, Haufroid V, et al. Survival after a lethal dose of arsenic trioxide. J Toxicol Clin Toxicol 2004; 42: 889-95.
79. Lee DC, Roberts JR, Kelly JJ, Fishman SM. Whole bowel irrigation as an adjunct in the treatment of radiopaque arsenic. Am J Emerg Med 1995; 13: 244-5

80. Lai CB, Wei YS. Sub-acute clinical analysis of 193 cases of arsenic poisoning. *J Guangxi Med Univ* 2003; 20: 789-90.
81. Prabu SM, Muthumani M. Silibinin ameliorates arsenic induced nephrotoxicity by abrogation of oxidative stress, inflammation and apoptosis in rats. *Mol Biol Rep* 2012; 39(12): 11201-16.
82. Kimura A, Ishida Y, Wada T, Yokoyama H, Mukaida N, Kondo T. MRP-1 expression levels determine strain-specific susceptibility to sodium arsenic-induced renal injury between C57BL/6 and BALB/c mice. *Toxicol Appl Pharmacol* 2005; 203(1): 53-61
83. Chen CJ, Hsueh YM, Lai MS, et. al. Increased prevalence of hypertension and long-term arsenic exposure. *Hypertension*.1995. 25:53-60.
84. Guha Mazumder DN. Chronic arsenic toxicity: clinical features, epidemiology, and treatment: experience in West Bengal. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng*. 2003 A38:141-163.
85. Rosenman K. Occupational Heart Disease. In: Rom W and Markowitz S eds. *Environmental and Occupational Medicine*, 4th ed. Lippincott Williams & Wilkins, 2007page 688.
86. Garcia-Vargas GG, Cebrian ME. 1996. Health effects of arsenic. In: Wang LW, ed. *Toxicology of metals*. Boca Raton: CRC Press; 423-438.
87. Davignon J, Ganz P. Role of endothelial dysfunction in atherosclerosis. *Circulation* 2004; 109 (23 Suppl. 1): III27-32. Savoia C, Schiffrin EL. Vascular inflammation in hypertension and diabetes: molecular mechanisms and therapeutic interventions. *ClinSci (Lond)* 2007; 112(7): 375-84.

88. Libby P. Multiple mechanisms of thrombosis complicating atherosclerotic plaques. ClinCardiol 2000; 23(Suppl 6): VI-3-7.
89. Garcia, S.I. Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE). 1ª ed. Buenos Aires, 2011.
90. Chakraborti D, Mukherjee SC, Saha KC. Arsenic toxicity from homeopathic treatment. J Toxicol Clin Toxicol 2003 41(7): 963-967.
91. Garcia, S.I. Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE). 1ª ed. Buenos Aires, 2011.
92. Murphy MJ, Lyon LW, Taylor JW. Subacute arsenic neuropathy: clinical and electrophysiological observations. J Neurol Neurosurg Psychiatry . 1981. 44:896-900.
93. Sexton GB, Gowdey CW. Relation between thiamine and arsenic toxicity. Arch Dermatol Syph. 1963 56:634-647
94. Bleecker M. Toxic Peripheral Neuropathy. In: Rom W and Markowitz S eds. Environmental and Occupational Medicine, 4th ed. Lippincott Williams & Wilkins, 2007 page 643
95. Donofrio PD, Wilbourne AJ, Albers JW, et. Acute arsenic intoxication presenting as Guillain Barré like syndrome. Muscle Nerve; 10:114-120. 1987
96. Foa V, Colombia, Maroni M. The speciation of the chemical forms of arsenic in the biological monitoring of exposure to inorganic arsenic. Sci Total Environ. 34: 241-259. 1984

97. Alfred Carranza, E.; Hale, Martin. 2004. Arsenic geochemistry and health. ELSEVIER. Volumen 31. Páginas 631-641.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412004001953>
98. ATSDR. Toxicological Profile: Arsenic., 2009
99. Argumosa JA. Intoxicacion arsenical profesional. Rev Clin española Tomo XLIV, núm. 3, s.f.
100. International Programme on Chemical Safety (IPCS) Safety evaluation of certain mycotoxins in Food. In WHO Food Additives Series. Geneva: WHO, 2001
101. Cantor KP. Drinking water and cancer. Cancer Causes Control 1997;8(3):292-308.  
<http://doi.org/fgddcq> 2. Calderón RL. The epidemiology of chemical contaminants of drinking water. Food Chem Toxicol 2000;38(1 Suppl):S13-S20. <http://doi.org/bhchw8>.
102. Varela J, López L, Montiel A. El arsénico y sus riesgos Ruta Crítica 2008; [consultado el 22 de noviembre de 2013]. Disponible en: <http://www.revistauniversidad.uson.mx/revistas/20-20articulo%2013.pdf>
103. Thomann RV. Physio-chemical and ecological modeling the fate of toxic substances in natural water systems. Ecol Model 1984;22:145-170. <http://doi.org/frj4vm>

## **ANEXOS**

**"AÑO DE LA UNIVERSALIZACION DE LA SALUD"**

Macusani 17 de enero del 2020

**OFICIO Nro. N° 000073-2020/E.S.S.CHACACONIZA/RED DE SALUD CARABAYA.**

**Srta. : Lic Claudia A. Roque Yana.**  
**JEFE DEL PUESTO DE SALUD CHACACONIZA.**

**ASUNTO: PRESENTACION DE TESIS.**

Es grato dirigirme a usted con la finalidad de saludarle y presentarle a la Srta. Luz Marina Toledo Quispe Bachiller en Enfermería egresada de la Universidad Privada San Carlos. C.P. de enfermería quien realizara el proyecto de investigación titulado **CONCENTRACION DE ARSENICO EN AGUA Y LOS EFECTOS SOBRE LA SALUD EN LA COMUNIDAD DE CHACACONIZA - CORANI 2020**. Con autorización de su jefatura a partir de la fecha se solicita brindar las facilidades del caso.

Sin otro particular aprovecho la oportunidad para reiterarle las consideraciones de mi estima personal.

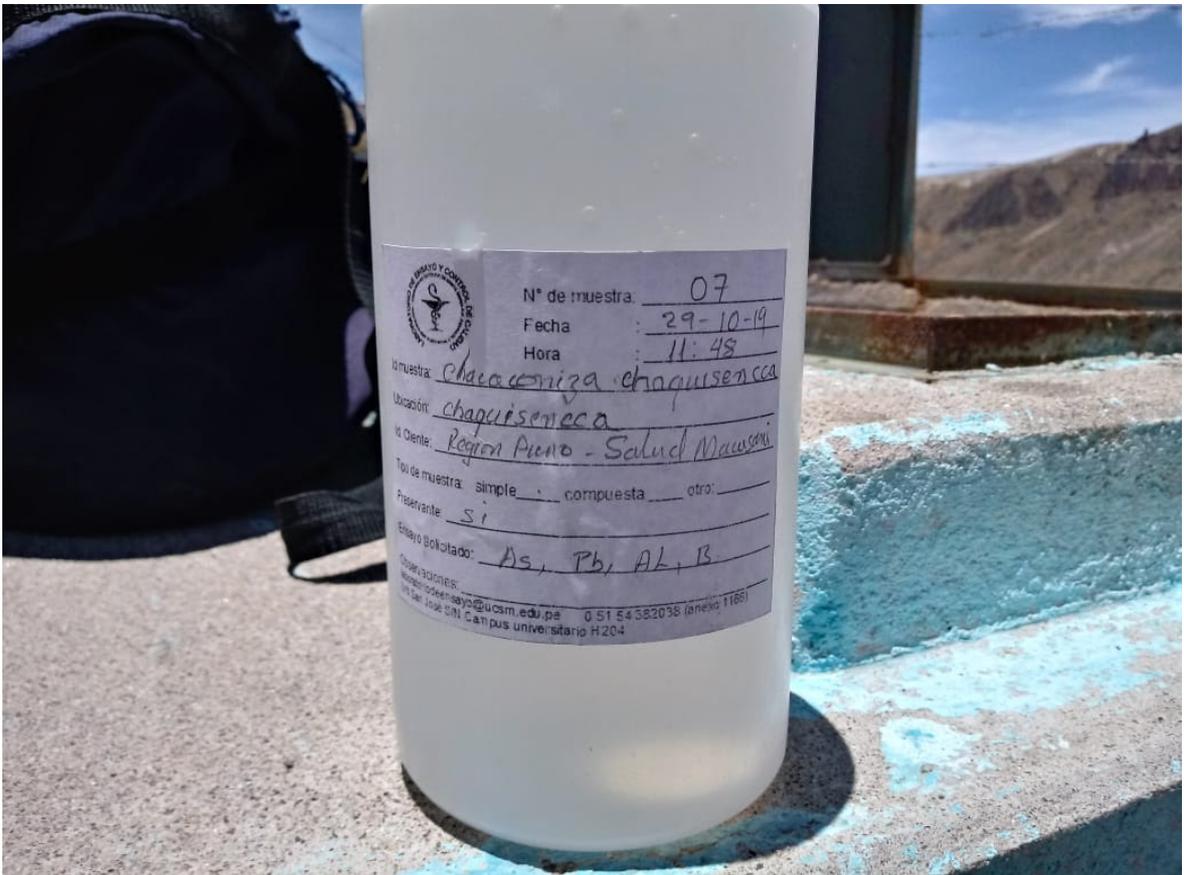
Atentamente.

C.c.  
Archivo Direcc.  
Archivo P.S.

  
*Claudia A. Roque Yana*  
Claudia A. Roque Yana  
LICENCIADA EN ENFERMERIA  
CEP: 93683  
*Autógrafa*  
19/01/2020

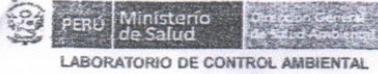
  
*[Signature]*  
URIEL VILCA LÓPEZ  
MÉDICO CIRUJANO  
C.M.P. 80662  
DIRECTOR











**INFORME DE ENSAYO N° 00330 - 2019**

Pág. 1 de 2

Expediente N.° 23150-2019-DV

Solicitante: DSB-DIGESA/DIRESA Puno- Red de Salud Carabaya  
 Domicilio: Las Amapolas 350 Lince, Lima  
 Muestra declarada: Agua. Muestra proporcionada por el solicitante  
 Cantidad de muestras: 5 frascos  
 Frascos para muestreo proporcionados por la DIRESA PUNO-Red de Salud Carabaya  
 Fecha de ingreso: 2019-12-09  
 Lugar de ensayo: Laboratorio sede La Molina

**Identificación de la muestra**

Código laboratorio	Código campo	Matriz / Punto de muestreo / Distrito / Provincia / Departamento	Fecha de muestreo
01597	M-1	Agua natural / Captación margen derecha sistema antiguo (255-2) / Corani / Carabaya / Puno <i>OSO de agua Chacacortiza</i>	2019-10-29
01598	M-2	Agua natural / Reservorio margen izquierdo sistema nuevo (256-3) / Corani / Carabaya / Puno <i>OSO de agua Chacacortiza</i>	2019-10-29
01599	M-3	Agua natural / Centro Poblado de Chacacortiza (257-4) / Corani / Carabaya / Puno <i>Res Chacacortiza</i>	2019-10-29
01600	M-4	Agua natural / Reservorio antiguo de la villa (259-6) / Corani / Carabaya / Puno <i>Esivilla</i>	2019-10-29
01601	M-5	Agua natural / Captación de sistema antiguo (261-8) / Macuzani / Carabaya / Puno <i>Tawtawaco</i>	2019-10-29

Nota: Los datos de las muestras son proporcionados por el solicitante.

**Resultados**

Código laboratorio	Plata (mg/L)	Aluminio (mg/L)	Boro (mg/L)	Bario (mg/L)	Berilio (mg/L)	Cadmio (mg/L)	Cobalto (mg/L)	Cromo (mg/L)	Cobre (mg/L)	Hierro (mg/L)	Litio (mg/L)
01597	<0,003	0,492	0,054	<0,001	<0,0004	<0,001	<0,007	<0,002	<0,004	0,087	<0,058
01598	<0,003	0,017	0,050	<0,001	0,0012	<0,001	<0,007	<0,002	<0,004	<0,019	<0,058
01599	<0,003	0,956	0,029	0,063	0,0015	0,019	<0,007	<0,002	0,036	2,67	<0,058
01600	<0,003	1,99	0,043	<0,001	0,0207	<0,001	<0,007	<0,002	<0,004	0,395	0,060
01601	<0,003	0,180	0,128	<0,001	0,0061	<0,001	<0,007	<0,002	<0,004	0,042	0,11E
LCM	0,003	0,012	0,008	0,001	0,0004	0,001	0,007	0,002	0,004	0,010	0,058
Método	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7
Fecha de ensayo	2015-05-15	2015-05-15	2015-05-15	2015-05-15	2015-05-15	2015-05-15	2015-05-15	2015-05-15	2015-05-15	2015-05-15	2015-05-15

*DS-031-2010-SA / 0.2 1.500 0.700 10.003 0.050 0.3*

MINISTERIO DE SALUD  
 Dirección General de Salud Ambiental  
 ELENA DEL ROSARIO GIL MERINO  
 Jefa del Laboratorio de Control Ambiental



Lima, 2019-12-09  
 EGM/SGV/lmg

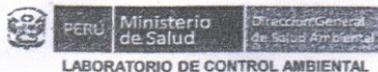
F01-AC-P5-13 Rev 02

Los resultados de este informe corresponden a las muestras sometidas a ensayo. La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito de este laboratorio. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio sede La Molina  
 Calle Los Pinos N° 255,  
 Urb. Camacho, La Molina-Lima 12  
 T (511) 4341912

[www.digesa.minsa.gob.pe](http://www.digesa.minsa.gob.pe)  
[www.digesa.sld.pe](http://www.digesa.sld.pe)

Laboratorio sede principal  
 Calle Las Amapolas N° 350  
 Urb. San Eugenio, Lince - Lima 14, Perú  
 Central telefónica (511) 6314430



INFORME DE ENSAYO N° 00330 - 2019

Pág. 2 de 2

Código laboratorio	Magnesio (mg/L)	Manganeso (mg/L)	Molibdeno (mg/L)	Sodio (mg/L)	Niquel (mg/L)	Plomo (mg/L)	Silicio (mg/L)	Vanadio (mg/L)	Zinc (mg/L)	Arsénico (mg/L)
01597	0,434	0,002	<0,007	2,82	<0,006	<0,009	5,95	<0,003	<0,019	42,7
01598	0,118	<0,001	<0,007	5,00	<0,006	<0,009	8,20	<0,003	<0,019	8,5
01599	0,613	0,622	<0,007	2,65	<0,006	0,138	4,40	<0,003	2,49	39,2
01600	0,405	0,005	<0,007	5,23	<0,006	<0,009	14,7	<0,003	<0,019	7,3
01601	0,567	<0,001	<0,007	9,64	<0,006	<0,009	22,3	<0,003	<0,019	17,0
LCM	0,006	0,001	0,007	0,122	0,006	0,009	0,073	0,003	0,019	1,0
Método	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	3114C
Fecha de ensayo	2015-05-15	2015-05-15	2015-05-15	2015-05-15	2015-05-15	2015-05-15	2015-05-15	2015-05-15	2015-05-15	2015-05-18

*Reserva Arroyo  
Reserva Arroyo  
Reserva Arroyo*

LCM: Límite de cuantificación del método

Métodos: *05-031-200-SA / 0.400*    *2.00-00 0.020 0.010*    *3.00*    *0.016mg/l ≈ 10 ug/l*

EPA Method 200.7, Rev 4.4 1994. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry

SMEWW Method 3114C, 22nd Edition, 2012. Continuous hydride generation/Atomic Absorption Spectrometric Method

SMEWW: Standard Method for Examination of Water and Wastewater. APHA-AWWA-WEF.

MINISTERIO DE SALUD  
Dirección General de Salud Ambiental

ELENA DEL ROSARIO GIL MERINO  
Jefa del Laboratorio de Control Ambiental



Lima, 2019-12-09

EGM/SGV/lng

F01-AC-PS-13 Rev 02

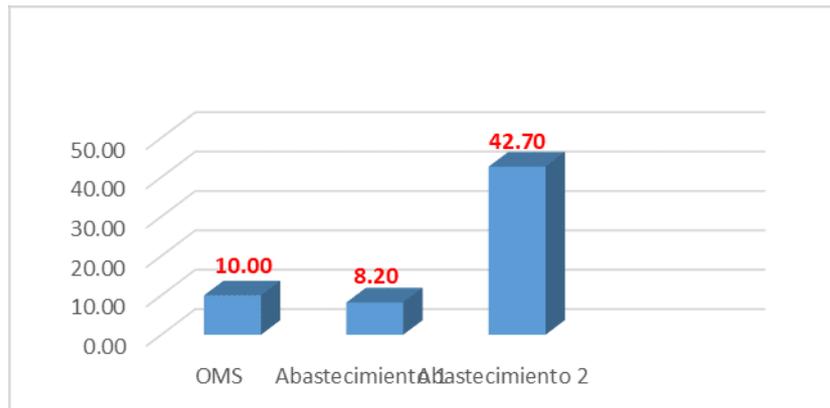
Los resultados de este informe corresponden a las muestras sometidas a ensayo. La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito de este laboratorio. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio sede La Molina  
Calle Los Pinos N° 259,  
Urb. Camacho, La Molina-Lima 12  
T (511) 4341912

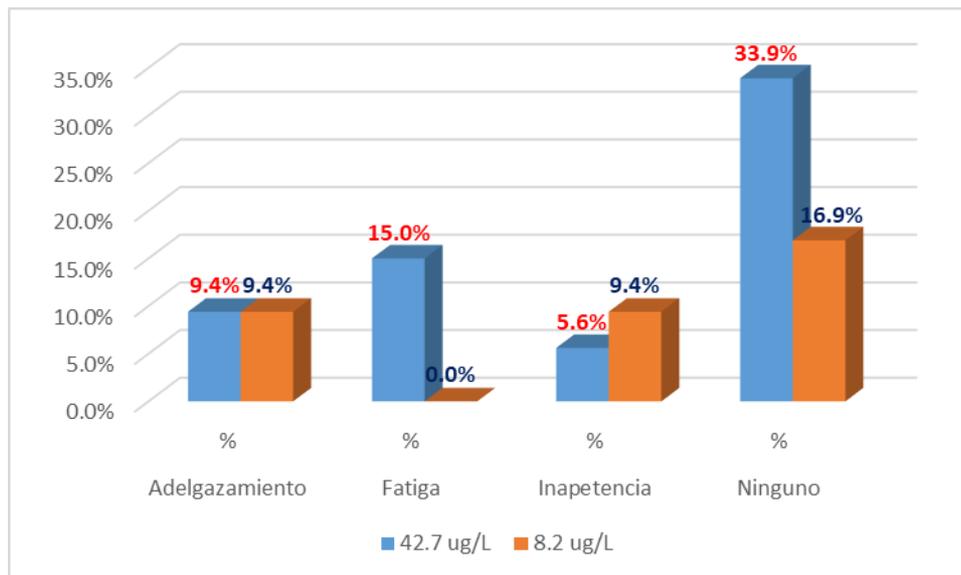
[www.digesa.minsa.gob.pe](http://www.digesa.minsa.gob.pe)  
[www.digesa.sld.pe](http://www.digesa.sld.pe)

Laboratorio sede principal  
Calle Las Amapolas N° 350  
Urb. San Eugenio, Lince - Lima 14, Perú  
Central telefónica (511) 6314430

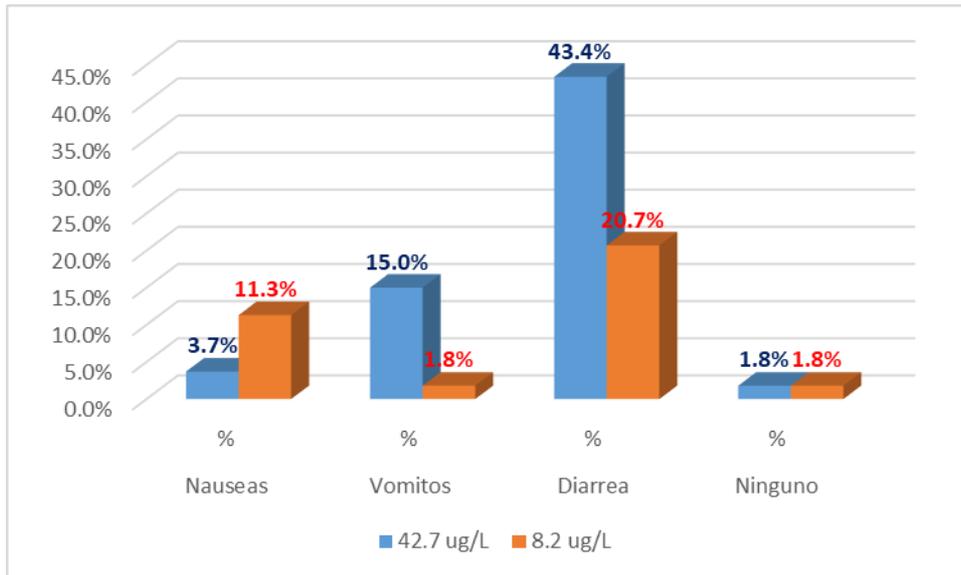
## ANEXO 1: FIGURAS



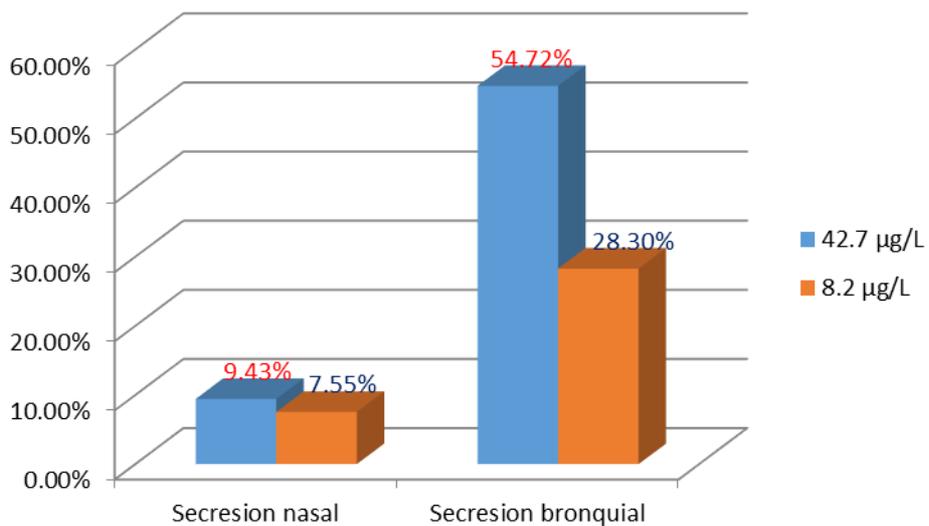
**Figura 01. Concentración de arsénico en los abastecimientos de agua de consumo**



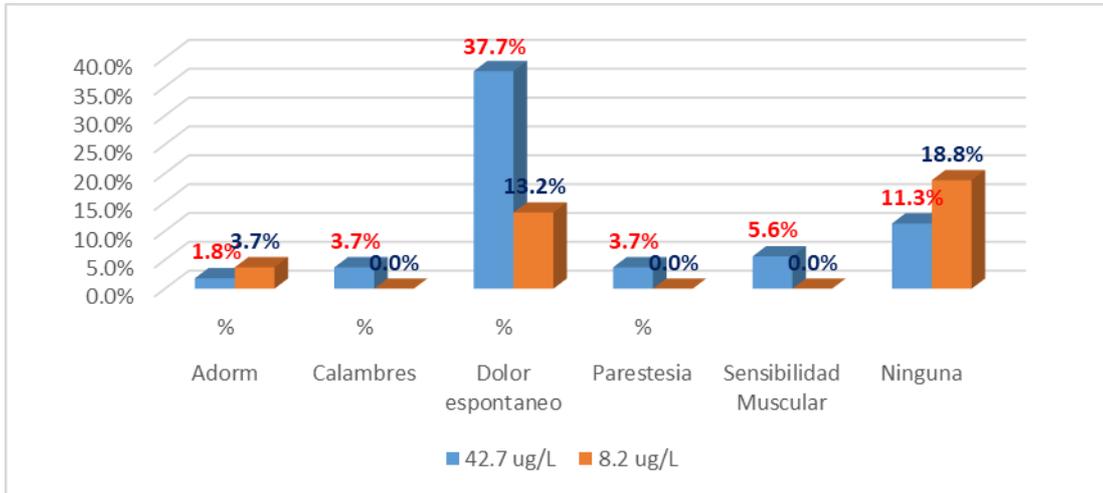
**Figura 02. Concentración de Arsénico en agua y síntomas de intoxicación nutricional en la comunidad de Chacaoniza - Corani.**



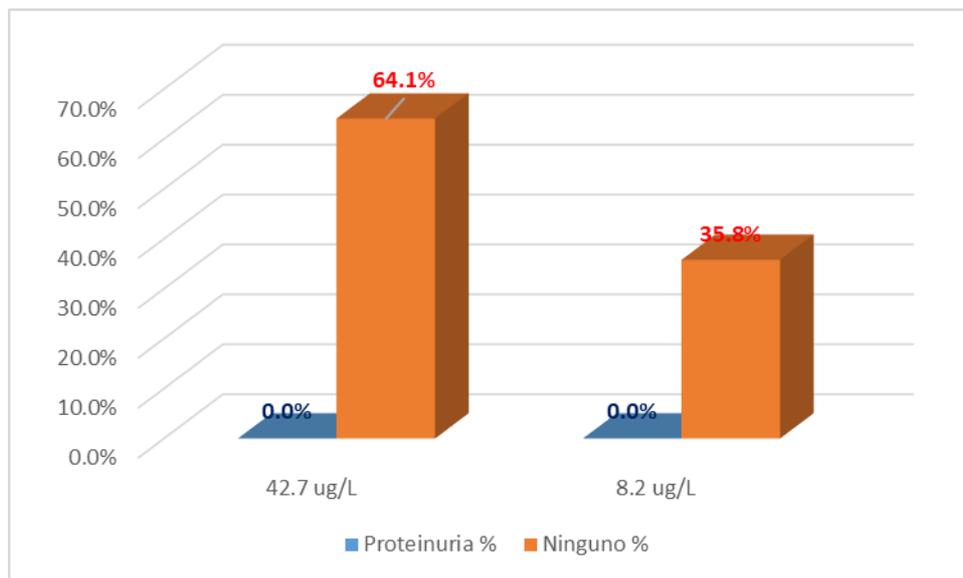
**Figura 03. Concentración de Arsénico en agua y síntomas de intoxicación digestiva en la comunidad de Chacaconiza - Corani.**



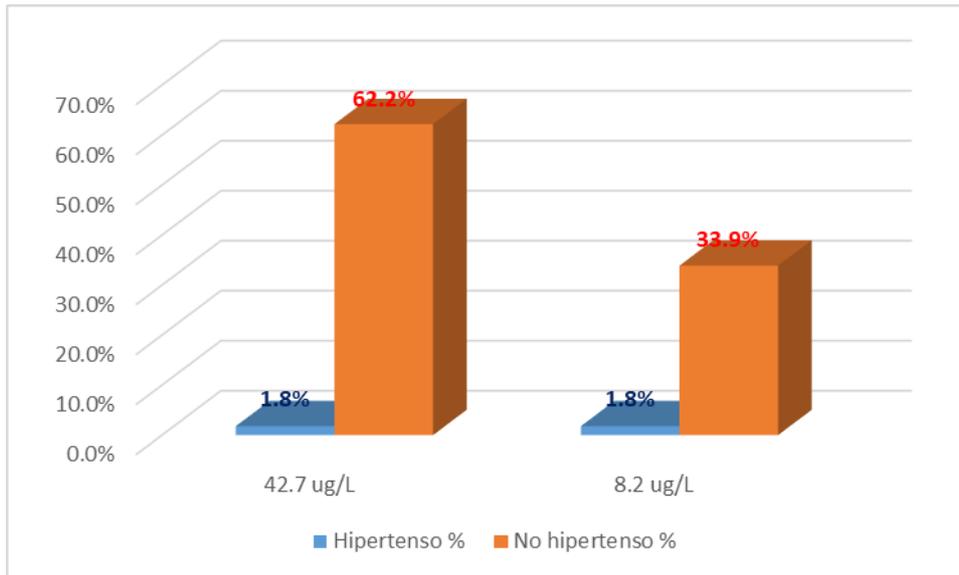
**Figura 04. Concentración de Arsénico en agua y síntomas de intoxicación pulmonar en la comunidad de Chacaconiza - Corani.**



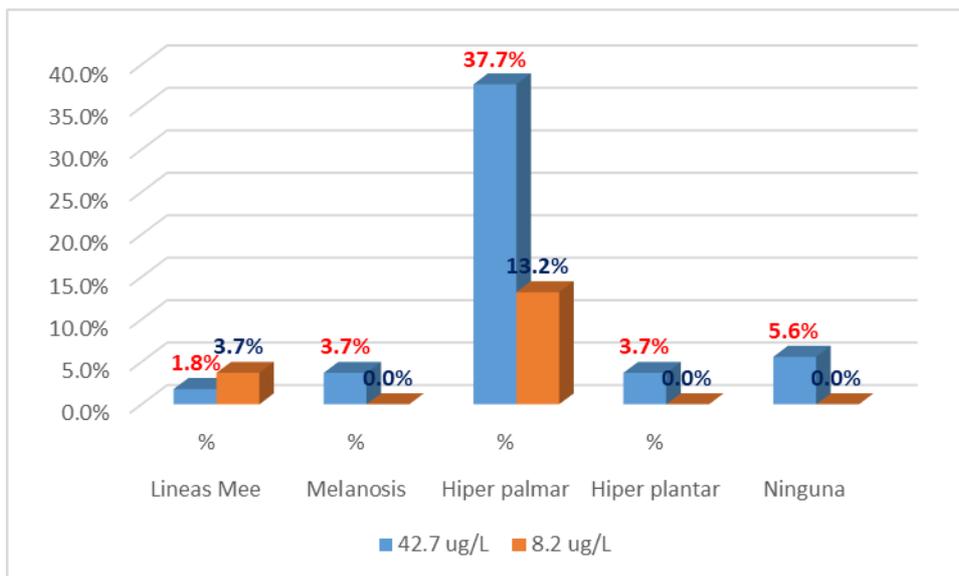
**Figura 05. Concentración de Arsénico en agua y síntomas de intoxicación neurológica en la comunidad de Chacaconiza - Corani.**



**Figura 05. Concentración de arsénico en agua y síntomas de intoxicación renal en la comunidad de Chacaconiza - Corani.**



**Figura 07. Concentración de Arsénico en agua y síntomas de intoxicación cardiovascular en la comunidad de Chacaconiza - Corani.**



**Figura 08. Concentración de arsénico en agua y síntomas de intoxicación dérmica en la comunidad de Chacaconiza - Corani.**

**ANEXO 2:**  
**EFFECTOS DEL ARSÉNICO SOBRE LA SALUD**  
**FICHA CLÍNICA**

N° de Historia clínica

N° de Ficha

Fecha de recolección de datos

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Síntomas de Intoxicación Nutricional**

- Adelgazamiento
- Fatiga
- Inapetencia
- Ninguna

**Síntomas de Intoxicación Digestiva**

- Náuseas
- Vómitos
- Diarrea
- Ninguna

**Síntomas de Intoxicación Pulmonar**

- Secreción nasal
- Secreción bronquial

### **Síntomas de Intoxicación Neurológica**

- Adormecimiento**
- Calambres**
- Dolor espontáneo**
- Parestesia**
- Sensibilidad muscular**
- Ninguno**

### **Síntomas de Intoxicación Renal**

- Proteinuria**
- Ninguna**

### **Síntomas de Intoxicación Cardiovascular**

- Hipertenso**
- No hipertenso**

### **Síntomas de Intoxicación Neurológica**

- Líneas de Mee**
- Melanosis**
- Hiperqueratosis palmar**
- Hiperqueratosis plantar**
- Ninguna**

### **ANEXO 3:**

#### **CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS**

Para realiza la contrastación de la hipótesis se utilizará la prueba Chi cuadrada con la siguiente fórmula:  $X_c^2 > X_t^2$ : se acepta la hipótesis alterna de lo contrario se rechaza

- Nivel de significancia: 0.05
- Desviación estándar: 1.96
- Intervalo de confianza: 0.95

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADOR	TIPO Y DISEÑO	TÉCNICAS E INST.
<p><b>PROBLEMA GENERAL.</b></p> <p>¿La concentración de Arsénico en agua se relaciona significativamente con los efectos sobre la salud?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL.</b></p> <p>Determinar la relación entre la concentración de Arsénico en agua y los efectos sobre la salud.</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL.</b></p> <p>La concentración de Arsénico en agua se relaciona significativamente con los efectos sobre la salud.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b></p> <p>Concentración de arsénico en agua</p> <p><b>DIMENSIÓN</b></p> <p>Toxicidad</p> <p><b>INDICADOR</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•No tóxico</li> <li>•Tóxico</li> </ul> <p><b>VARIABLE DEPENDIENTE</b></p> <p>Efectos sobre la salud</p> <p><b>DIMENSIÓN</b></p> <p>Síntomas de intoxicación</p> <p><b>INDICADOR</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Nutricional</li> <li>•Digestiva</li> <li>•Pulmonar</li> <li>•Neurológica</li> <li>•Renal</li> <li>•Cardiovascular</li> <li>•Dérmica</li> </ul>	<p><b>MÉTODO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuantitativo</li> <li>• Transversal</li> <li>• Retrospectiva</li> <li>• Descriptiva correlacional</li> </ul> <p><b>POBLACIÓN</b></p> <p>Población asegurada del puesto de salud Chacaconiza</p> <p><b>MUESTRA.</b></p> <p>Probabilística, aleatoria simple</p>	<p><b>TÉCNICA</b></p> <p>Revisión documental</p> <p><b>INSTRUM.</b></p> <p>Ficha clínica</p>
<p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS.</b></p> <p>¿Cuál es la concentración de Arsénico en los abastecimientos de agua de consumo público?</p> <p>¿Existe relación significativa entre la concentración de Arsénico en agua y los efectos sobre la salud?</p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>Conocer la concentración de Arsénico en los abastecimientos de agua de consumo público.</p> <p>Establecer si existe relación significativa entre la concentración de Arsénico en agua y los efectos sobre la salud.</p>	<p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.</b></p> <p>La concentración de Arsénico en los abastecimientos de agua de consumo público es <math>\geq 10 \mu\text{g/l}</math>.</p> <p>Existe relación significativa entre la concentración de Arsénico en agua y los efectos sobre la salud.</p>			

Fuente: Elaboración propia