



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Presencia de elementos ecotóxicos en agua subterránea y el  
riesgo a la salud de la población del distrito de Polobaya –  
Arequipa 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERA AMBIENTAL

**AUTORA:**

Ramirez Alarcón, Andrea Kelly (ORCID: 0000-0001-9921-1219)

**ASESOR:**

Dr. Túllume Chavesta, Milton César (ORCID: 0000-0002-0432-2459)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2021

## **DEDICATORIA**

A mi familia, por ser el principal motivo de superación y por creer en mí y a quienes agradezco enormemente por su esfuerzo, dedicación y soporte durante mi formación personal y profesional.

A mi madre por ser el pilar primordial en todo lo que soy, en toda mi formación, tanto académica, como de la vida por sus palabras de aliento e incentivar me a seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por guiarme, protegerme y permitirme concluir la carrera, por darme salud y así poder lograr uno de mis muchos objetivos trazados.

Agradecer a mis amigos y profesores que siempre estuvieron apoyándome y dedicando su tiempo para hacer posible concluir con este trabajo.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

|   |      |
|---|------|
| DEDICATORIA .....   | ii   |
| AGRADECIMIENTO .....  | iii  |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS.....   | iv   |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....  | vi   |
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....   | vii  |
| ÍNDICE DE ANEXOS.....   | viii |
| ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....   | ix   |
| RESUMEN.....  | x    |
| ABSTRACT .....  | xi   |
| I. INTRODUCCIÓN.....  | 1    |
| II. MARCO TEÓRICO.....  | 6    |
| III. METODOLOGÍA .....  | 14   |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación .....                                       | 15   |
| 3.2. Operacionalización de Variables.....                                       | 15   |
| 3.2.1. V1: variable independiente.....  | 15   |
| 3.2.2. V2: variable dependiente.....  | 15   |
| 3.2.3. Definición de variables.....   | 15   |
| 3.3. Población, muestra y muestreo.....   | 16   |
| 3.3.1. Población .....  | 16   |
| 3.3.2. Muestra .....  | 18   |
| 3.3.3. Muestreo .....   | 19   |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....                      | 19   |
| 3.5. Método de análisis de datos .....  | 20   |
| 3.6. Aspectos éticos.....   | 22   |
| IV. RESULTADOS.....   | 23   |
| 4.1 Determinación de la concentración de elementos ecotóxicos .....             | 24   |
| 4.2 Determinación del coeficiente de peligro (HQ) .....                         | 25   |
| 4.3 Determinación de índice de peligro y evaluación del riesgo a la salud ..... | 28   |
| 4.3.1 Evaluación del riesgo a la salud en adultos .....                         | 28   |
| 4.3.2 Evaluación del riesgo a la salud en niños.....                            | 30   |
| V. DISCUSIÓN.....   | 32   |
| VI. CONCLUSIONES.....   | 34   |
| VII. RECOMENDACIONES.....   | 36   |

|                   |    |
|-------------------|----|
| REFERENCIAS ..... | 38 |
| ANEXOS .....      | 41 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. <i>Característica de los metales</i> .....                                | 12 |
| Tabla 2. <i>Afloraciones de agua subterránea</i> .....                             | 17 |
| Tabla 3. <i>Coordenadas de ubicación de los puntos de muestreo</i> .....           | 18 |
| Tabla 4. <i>Clasificación de riesgo no cancerígeno</i> .....                       | 22 |
| Tabla 5. <i>Concentraciones de los elementos ecotóxicos</i> .....                  | 24 |
| Tabla 6. <i>Determinación del coeficiente de peligro en adultos (HQ)</i> .....     | 26 |
| Tabla 7. <i>Determinación del coeficiente de peligro en niños (HQ)</i> .....       | 27 |
| Tabla 8. <i>Nivel de riesgo no cancerígeno en adultos en Hacienda M-01</i> .....   | 28 |
| Tabla 9. <i>Nivel de riesgo no cancerígeno en adultos en Rumillo M-02</i> .....    | 29 |
| Tabla 10. <i>Nivel de riesgo no cancerígeno en adultos en Conguillo M-03</i> ..... | 29 |
| Tabla 11. <i>Nivel de riesgo no cancerígeno en niños en Hacienda M-01</i> .....    | 30 |
| Tabla 12. <i>Nivel de riesgo no cancerígeno en niños en Rumillo M-02</i> .....     | 30 |
| Tabla 13. <i>Nivel de riesgo no cancerígeno en niños en Rumillo M-03</i> .....     | 31 |

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 1 <i>Afloraciones de agua subterránea (Google Earth 2021)</i> .....       | 17 |
| Ilustración 2 <i>Afloraciones de agua subterránea (Google Earth 2021)</i> .....       | 18 |
| Ilustración 3 : <i>Concentraciones de los elementos ecotóxicos</i> .....              | 25 |
| Ilustración 4 : <i>Determinación del coeficiente de peligro en adultos (HQ)</i> ..... | 26 |
| Ilustración 5 : <i>Determinación del coeficiente de peligro en niños (HQ)</i> .....   | 27 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|   |    |
|---|----|
| Anexo 1: <i>Matriz de consistencia</i> .....                    | 44 |
| Anexo 2: <i>Matriz de operacionalización de variables</i> ..... | 45 |
| Anexo 3: <i>Glosario de términos</i> .....                      | 46 |
| Anexo 4: <i>Resultados del análisis del laboratorio</i> .....   | 48 |
| Anexo 5: <i>Cadena de custodia de muestreo</i> .....            | 52 |
| Anexo 6: <i>Certificación de INACAL</i> .....                   | 53 |
| Anexo 7: <i>Imágenes del muestreo</i> .....                     | 54 |



## RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo determinar la presencia de elementos ecotóxicos en agua subterránea y determinar los niveles de riesgo a los que están expuestos la población adulta e infantil del distrito de Polobaya por medio del cálculo de ingesta diaria crónica (IDC), coeficiente de peligro (HQ) e índice de peligro (HI) los cuales son modelos matemáticos empíricos internacionales de US EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos).

Se realizó tres muestras de afloraciones de agua subterránea en las zonas conocidas como Hacienda C., Rumillo y Conguillo obtener las concentraciones de los metales Al, As, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn.

Se procedió a determinar el CDI, HQ y HI para luego comparar resultados con la tabla de clasificación de riesgo no cancerígeno de USEPA, obteniendo como valores más altos en caso de la población adulta HQ de As 0.291, Mn 0.306 en M-01, As 0.226, Mn 0.244 en M-02 y As 0.225 en M-03 en caso de población infantil HQ de As 0.68, Fe 0.121, Mn 0.714 en M-01, As 0.528 en M-02 y As 0.526, Mn 0.11 en M-03. Finalmente se determinó el riesgo no cancerígeno donde se obtuvieron en caso de la población adulta un nivel 1 (bajo) en M-01 y M-02 por As y Mn mientras en M-03 por As, en caso de la población infantil riesgo bajo por As, Fe y Mn en M-01, por As en M-02 y por As, Mn en M-03 mientras que en los demás elementos el nivel de riesgo fue calificado como 1 que es considerado riesgo no cancerígeno despreciable. Ante tales resultados se muestra que el agua subterránea que consumen los pobladores del distrito de Polobaya tienen los niveles de riesgo de bajo a despreciables.

**Palabras clave:** Ingesta diaria crónica, riesgo a la salud, nivel de riesgo, coeficiente de peligro.

## ABSTRACT

This research aims to determine the presence of ecotoxic elements in groundwater and determine the risk levels to which the adult and child population of the Polobaya district are exposed by calculating the chronic daily intake (IDC), hazard coefficient (HQ) and Hazard Index (HI) which are international empirical mathematical models from US EPA (United States Environmental Protection Agency).

Three samples of groundwater outcrops were made in the areas known as Hacienda C., Rumillo and Conguillo to obtain the concentrations of the metals Al, As, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn.

The CDI, HQ and HI were determined to then compare results with the USEPA non-cancer risk classification table, obtaining as higher values in the case of the adult population HQ of As 0.291, Mn 0.306 in M-01, As 0.226, Mn 0.244 in M-02 and As 0.225 in M-03 in the case of the child population HQ of As 0.68, Fe 0.121, Mn 0.714 in M-01, As 0.528 in M-02 and As 0.526, Mn 0.11 in M- 03. Finally, the non-carcinogenic risk was determined where, in the case of the adult population, a level 1 (low) was obtained in M-01 and M-02 for As and Mn while in M-03 for As, in the case of the child population low risk for As, Fe and Mn in M-01, for As in M-02 and for As, Mn in M-03 while in the other elements the risk level was rated as 1, which is considered negligible non-carcinogenic risk. Given these results, it is shown that the groundwater consumed by the residents of the Polobaya district has low to negligible risk levels.

**Keywords:** chronic daily intake, health risk, risk level, hazard coefficient

# **I. INTRODUCCIÓN**

La contaminación del agua es uno de los problemas más grandes por resolver ya que el recurso natural más importante esencial para todas las formas de vida y también para el desarrollo de todas las actividades de la población mundial sin embargo a pesar de su importancia es amenazada por distintas fuentes de contaminación lo cual desencadenaría la afección de la salud de los que lo consumen sin tratamientos previos que garanticen su buena calidad

El acceso a agua potable no es una realidad que pueden disfrutar todos, la vulnerabilidad que tenemos ante condiciones ambientales complicadas ha aumentado a causa de los cambios de la sociedad. Por ende ello trae como consecuencia el perjuicio a la salud de la población involucrada directa e indirectamente.

Asimismo, en todo el planeta se ha comprobado un alarmante aumento de la generación de residuos de las actividades productivas y doméstica, causando en gran medida un perjuicio de la calidad del agua, aire y suelo, lo que representa una grave afectación de la salud humana. (Acuña, et al., 2003, p. 2)

Por otro lado, se realizaron estudios en el cual evidencian los graves problemas de contaminación en el ecosistema provocando daños preocupantes en los organismos de los habitantes, estos producen fenómenos de toxicidad que inclusive en bajas concentraciones perjudicaría el normal desarrollo de los organismos y a la cadena alimenticia (Ciencia & Desarrollo, 2011, p.29).

Si bien se encuentran investigaciones referentes a los contaminantes existentes en el ecosistema muchas veces no se realiza su estimación, y su real dimensión en las poblaciones cercanas; incluyendo como afectaría la salud humana a corto y largo plazo dependiendo de las concentraciones de los elementos ecotóxicos tomando en cuenta la vía de exposición por ingesta.

Al respecto, existen distintos estudios y monitoreos que lograron obtener datos de elementos existentes como sus concentraciones, esta información sirve como base para determinar los riesgos a la salud que provocan estos contaminantes y así obtener resultados cuantificables como el coeficiente de peligro (HQ) y así poder hallar el índice de peligro (HI).

Es importante determinar los riesgos a la salud, consecuentemente gracias a esa información se podrá evitar la exposición al contaminante y crear planes de conservación y prevención de contaminación de las fuentes de agua ya sea subterránea o superficial que está en contacto más directo a dichas poblaciones.

Esta investigación se justifica teóricamente aportando nueva información cuantificable específica del lugar, como el coeficiente de peligro (HQ), índice de peligro (HI) y obtener conocimiento del riesgo a la salud por ello obtener primero concentraciones de estos elementos ecotóxicos en aguas subterráneas de distrito de Polobaya ya que algunos elementos pueden ser potencialmente dañinos y generar afecciones que hoy se desconoce por falta de estudios. Por otro lado, la justificación ambiental se basa en la necesidad de tener datos sobre la presencia de elementos o sustancias ajenas al ecosistema y como estas afectan el desarrollo de los que lo habitan y exponer un interés en la alteración de la calidad del agua y protección del medio ambiente, debido a que existe un vínculo entre la protección de la fuente para conservar los niveles establecidos en el D.S. N° 004- 2017- MINAM.

En el caso del agua subterránea, la contaminación no es perceptible cuando alcanza niveles altos de deterioro, e invariablemente se detecta el problema cuando han transcurrido meses o años. Y dado que el flujo en los acuíferos es lento y los volúmenes de agua son grandes, se requiere mucho tiempo para que se depure lo contaminado, incluso en algunas ocasiones el problema persiste por las sustancias que quedan adsorbidas en la matriz del acuífero

La justificación social se fundamenta que debido al acceso al agua de buena calidad también es un derecho básico de la población, al ser esta esencial para la vida y la salud. Polobaya es uno de tantos distritos donde sus principales actividades económicas son la agricultura y ganadería; y captan agua del acuífero para consumo humano; por lo cual es importante contar con una evaluación de la calidad del recurso.”Es un gran desafío para el estado garantizar el acceso a servicios de agua potable y saneamiento a población en su totalidad, reconociendo la importancia que tiene para la salud pública, la superación de la pobreza, dignidad humana, desarrollo económico y la protección del medio ambiente ” (Oblitas, 2010, p. 7)

Por lo cual exponer la real afectación cuantificable a la salud demandaría la creación y/o mejoramiento de obras de saneamiento que debe ser la parte principal de las agendas de las autoridades, especialmente de localidades que no cuentan con estos servicios

Económicamente es importante recalcar que el agua no solo es consumida directamente por los pobladores, sino que tal bien afectarían a las actividades económicas como la agricultura y ganadería en caso de que este recurso sea de mala calidad. Como menciona (Zegarra, 2014) El agua es un recurso que provee beneficios y servicios para los seres humanos para que se puedan desarrollar actividades como agricultura, ganadería, pesca, generar energía, transporte, minería, usos estéticos y recreacionales, prácticamente abarcan todas las actividades económicas significativas por lo cual es de vital importancia su cuidado y preservación. (p. 64)

Se planteó la pregunta general de la investigación ¿En qué medida la presencia de elementos ecotóxicos en agua subterránea influye en el nivel de riesgo a la salud de la población del distrito de Polobaya?, Así también se realizaron 2 preguntas específicas, la primera es ¿Cuál será la concentración de elementos ecotóxicos presentes en el agua subterránea del distrito de Polobaya? Y la segunda ¿Cuál será el coeficiente de peligro (HQ) y el nivel de riesgo por los elementos eco tóxicos presentes en el agua subterránea distrito de Polobaya?

El objetivo general fue; Determinar si la presencia de elementos ecotóxicos en agua subterránea influyen en el nivel de riesgo a la salud de la población del distrito de Polobaya., y los objetivos específicos fueron dos, la primera es Cuantificar la concentración de elementos ecotóxicos en agua subterránea del distrito de Polobaya, la segunda es. Determinar el coeficiente de peligro (HQ) y nivel de riesgo por los elementos ecotóxicos presentes en el agua subterránea del distrito de Polobaya.

La hipótesis general es La presencia de elementos eco tóxicos en agua subterránea incrementan significativamente el riesgo en la salud de la población del distrito de Polobaya.

## **II. MARCO TEÓRICO**



Se revisó artículos de revistas científicas, tesis de pre y posgrado, las cuales se basan en la problemática de la contaminación de agua, así como su evaluación del riesgo a la salud.

A nivel internacional, se cuenta con una pesquisa titulada “Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua”. Los metales pesados en suelos y agua utilizada para la agricultura son almacenados y transportados en estos sistemas, debido a degradación es compleja, la toxicidad que afecta cultivos, resultan preocupantes. La información bibliográfica influye en la vulnerabilidad de algunas especies vegetales a la exposición ante metales pesados y la bioacumulacion de las mismas, concluyendo en que las elevadas concentraciones de metales pesados en suelo y agua es por consecuencia del desarrollo de la agricultura por causa del uso de fertilizantes y plaguicidas, también por las actividades humanas descontrolada asociándose a la bioacumulacion y la complejidad de su degradación. (Prieto Méndez, et al., 2009, pp. 29-44)

En el artículo titulado “Arsénico en el agua de bebida: un problema de salud pública”. Indica que la presencia de arsénico es un influye gravemente en la salud pública, a OMS sugiere un valor de concentración máximo para agua de consumo de 10 mg /L. Por su parte la Agencia de Protección Ambiental (EPA), considerando rangos de riesgo por medio de métodos estadísticos basados principalmente en la observación directa a humanos y usando los datos para distintos valores. Gracias al uso de biomarcadores que sirve como una herramienta que permitirá detectar efectos a corto plazo en poblaciones expuestas, logrando prevenir efectos adversos y concluye que las distintas escalas de susceptibilidad de las personas frente a un al agente tóxico, los biomarcadores permiten que sea posible lograr la prevención de efectos nocivos por vía oral de As. (Galetovic Carabantes & Fernicola, 2003, pp. 365-370)

En el artículo científico titulada “Evaluación de la toxicidad de metales pesados en agua superficial y el riesgo a la salud”, se evalúa las características fisicoquímicas de metales pesados, la evaluación del riesgo ecológicos y riesgos a la salud en caso de la población de mujeres, varones y niños por

separado utilizando la fórmula de USEPA en dos temporadas del año, también analizan posibles fuentes de contaminación de río analizado. Los resultados muestran los posibles riesgos efectos cancerígenos y no cancerígenos en la población que esta como área de estudio. (Proshad, et al., 2020, pp. 2-14)

En el artículo titulada “Calidad del agua de fuentes de manantial en la zona básica de salud de Sigüenza”, fundamentan que estas fuentes de manantial tienen un control insuficiente, principalmente las más lejanas de las zonas urbanas, se consideran como riesgo sanitario por la presencia de microorganismos patógenos. El objetivo es de estudiar los factores que influyen en el riesgo contaminante y determinar el nivel potabilidad del agua. El método es descriptivo, se hizo dos controles analíticos de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos seleccionados para determinar la potabilidad del agua de 38 fuentes. Concluyendo que los factores de riesgo contaminante pueden impactar negativamente un manantial ante la carencia de cuidado, y su estudio determinara la probable fuente de la contaminación. (Rodríguez García, et al., 2003, p. 423)

En la tesis titulada “Evaluación de Riesgo en Salud en dos sitios contaminados por Bifenilos Policlorados (PCBS) y metales pesados” se enfoca solo en un grupo de COPs, los Bifenilos Policlorados (PCBs) ambos influyen en la parte ambiental a nivel mundial, por su persistencia, alta toxicidad y a su transporte por largas distancias. El Objeto es evaluar el riesgo a la salud por la exposición, la metodología consistió en realizar la evaluación de riesgo de sitios contaminados con PCBs según las pautas de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) .Concluye que si existe riesgo a la salud humana en el lugar, y la bioacumulacion en la sangre por exposición oral en la mayoría de los casos cabe recalcar que los niveles de contaminación supera la normativa vigente. (Costilla, 2010, pp. 8-118)

A nivel nacional se encuentra el informe de tesis titulada: “Efectos toxicológicos por metales pesados en los seres vivos”, en esta investigación se pone como objetivo dar a conocer el efecto tóxico que causan en los seres vivos de estos elementos, Además, se recopila información para mostrar las afectaciones a los

seres vivos por metales pesados. Concluyen que es muy necesario estudiar a profundidad los tóxicos y todo lo que acarrear. (Rodríguez, 2012, pp. 6-71)

En el trabajo de investigación titulado “Estudio de la Contaminación por Metales Escotóxicos en Sedimentos en la Bahía de Ite, Tacna”, muestra datos del impacto de la contaminación antrópica en el ecosistema marino de la zona, Los resultados son contrastados con los análisis en sedimentos marinos superficiales realizados en el sur conocido como Las Mesas, área que es considerada libre de contaminantes antropogénicos, se realizó una constatación en el lugar de Santa Rosa para poder determinar si en el lugar existe recurrencia de los efectos contaminantes de los relaves mineros. Concluyendo que la contaminación por metales pesados en los sedimentos marinos superficiales superó los LMPs. (Ibárcena, 2011, pp. 28-34)

En la tesis titulada “Evaluación del Riesgo en la Salud en los Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable del Centro Poblado San José de Yarinacocha” Donde hace mención de las enfermedades que se causan por los sistemas de abastecimiento de agua potables mal manejados, por el inadecuado e insuficiente control de calidad, se tiene como objetivo estimar el riesgo a la salud utilizando la Metodología de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo humano, donde se determina los peligros, eventos peligrosos y evaluación de riesgo mediante el método semicuantitativo basado en la matriz de Deere et al., 2001. Concluye que la ponderación final evaluada de los tres sistemas que pertenecen al Centro Poblado es de 9 y clasificado como riesgo medio a la salud. (Montenegro & Vilchez, 2018, pp. 1-100)

En el artículo titulado “Características de Uso de Plaguicidas Químicos y Riesgos para la Salud en Agricultores de La Sierra Central del Perú” menciona que la agricultura es importante ya que en la zona predomina, debido al uso mal uso, manejo de agroquímicos y a la eliminación de la cobertura vegetal que incrementa su contaminación, lo perjudica el agua, aire y suelo. El objeto es conocer las características de uso de plaguicidas y los potenciales riesgos a los que se encuentran expuestos los agricultores y brinda información que sirva de base para realizar acciones de capacitación al personal que se encuentra

directamente relacionado, la aplicación de un sistema de vigilancia epidemiológica de los habitantes en riesgo por estos compuestos tóxicos, que forme parte del sistema de gestión de estos compuestos para tomar medidas y que las autoridades formen parte de las medidas de control (Montoro, et al., 2009, pp. 466-471)

A nivel regional, encontramos la tesis titulada “Evaluación eco toxicológica y tratamiento de la vertiente de Urasqui para su potabilización en el centro poblado de Secocha”, se hizo una caracterización fisicoquímica y microbiológicos, donde la concentración de arsénico y microorganismos no cumplen con los LMPs vigentes. Se realizó el tratamiento por medio de coagulación-floculación, usando  $Al_2(SO_4)_3$  y el  $FeCl_3$ , como coagulante. Se concluyó que el agua de consumo actual no cumple con el Reglamento actual. (Cusi & Vilca, 2017, pp. 1-79)

En la tesis titulada “Determinación y Evaluación de la Calidad físico-química del agua y su Riesgo a la Salud en la microcuenca de Ucriamayo mediante la metodología de ICA-PE e índices de peligro (HI) en la provincia de Caylloma” determina los índices de la calidad ambiental mediante la metodología del ICA y el potencial riesgo a la salud por medio de modelos internacionales del EPA, las vía de exposición tomada fue la ingesta de agua, determinando riesgo medio a la salud en una de las seis estaciones que monitorearon y evaluaron, mientras que en las demás es de riesgo bajo. (Nuñez & Villanueva, 2019, pp. 11-71)

En la tesis titulada “Caracterización físico química, hidrológica y ecológica de las aguas subterráneas de los distritos de Characato, Polobaya, Quequeña, Mollebaya, Pocsi, Yarabamba y Sabandia de la Provincia de Arequipa” Se caracterizó las aguas subterráneas de los lugares en mención mediante análisis fisicoquímicos y evaluación de indicadores para obtener Índices de Calidad Ambiental (ICA-PE), se realizaron dos monitores en las siete estaciones y fueron realizadas en dos temporadas del año. Con objetivo de caracterizar, determinar y comparar parámetros fisicoquímicos con ECAs, determinar la calidad hidrogeológica y proponer indicadores ecológicos. concluyendo en que

la calidad fisicoquímica cumple con los ECAs, gracias a la evaluación hidrogeoquímica se pudo determinar que dichas aguas pertenecen a un mismo sistema acuífero. (Apucusi, 2019, pp. 18-159)

En la tesis titulada “ Evaluación del riesgo de toxicidad a través de contaminantes en cultivos agrícolas de tallo corto en la cuenca media Quilca-Vítor-Chili, Los Tunales Tiabaya ” investiga la concentración de elementos ecotóxicos en cultivos agrícolas y evaluar los riesgos cancerígenos y no cancerígenos a la salud, a través de la metodología de la USEPA y factor pendiente de cáncer (SF) respectivamente, se determinó que el coeficiente de peligro (HQ) por ingesta son de riesgo despreciable y el índice de peligro (HI) no es de riesgo potencial considerándolos de riesgo bajo. (Quispe , 2019, pp. 4-76).

A continuación, se detallará de teorías relacionadas al tema de investigación para facilitar su entendimiento.

Son consideradas aguas subterráneas las que, dentro del ciclo hidrológico, se encuentran en la etapa de circulación o almacenadas debajo de la superficie del terreno y dentro del medio poroso, fracturas de las rocas u otras formaciones geológicas. (MINAM, 2013, p. 3)

Los metales pesados se han utilizado durante muchos años antiguamente sin saber el potencial daño que podría causar a los seres vivos que se interrelacionan o exponen a ellos, por ejemplo, en la antigua Roma donde se usaba el acetato de plomo para endulzar vinos o la utilización de mercurio para el dolor de diente en infantes lo que ahora nos parece descabellado antes de era de lo más normal. En la actualidad el mercurio aun es utilizado para la extracción de oro en varios países de América Latina, el uso de arsénico sigue siendo común en conservantes de madera o el uso de tetraetilo de plomo como aditivo de la gasolina. (Lars, 2003, p. 167)

La introducción de metales pesados a cuerpos de agua se produce principalmente a través de la escorrentía y las liberaciones de efluentes, las personas pueden estar expuestas a muchos agentes contaminantes con potencial dañino cabe mencionar que la exposición no solo se debe a la

presencia de contaminantes si no que es clave el contacto entre el agente y el limite exterior de cuerpo (vías de exposición: inhalatoria, dérmica y digestiva), cuya exposición de mide en concentración y tiempo. (Lars, 2003, p. 168).

**Tabla 1. Característica de los metales**

| Metal     | Símbolo | # Atómico | Peso Atómico | Densidad |
|-----------|---------|-----------|--------------|----------|
| Aluminio  | Al      | 13        | 26.982       | 2.7      |
| Arsénico  | As      | 33        | 74.922       | 5.77     |
| Cobre     | Cu      | 29        | 63.546       | 8.93     |
| Cromo     | Cr      | 24        | 51.996       | 7.15     |
| Hierro    | Fe      | 26        | 55.845       | 7.86     |
| Manganeso | Mn      | 25        | 54.938       | 7.3      |
| Níquel    | Ni      | 28        | 58.7         | 8.9      |
| Plomo     | Pb      | 82        | 207.2        | 11.4     |
| Zinc      | Zn      | 30        | 65.4         | 7.13     |

Fuente: IUPAC

Según (Rodriguez, 2012) Los metales según su función nutritiva se clasifican:

- oligoelementos; necesarias en pequeñas cantidades para los organismos, pero toxicas una vez pasado cierto umbral.

- sin función biológica conocida; son altamente tóxicos. (p. 15)

Como indica (Tchounwou, et al., 2012) “Debido a su alto grado de toxicidad, el arsénico, cadmio, cromo, plomo y el mercurio se encuentra entre los metales prioritarios de importancia para la salud pública. Estos se consideran ecotóxicos que inducen daño a múltiples órganos”. (p. 133)

Respecto a los efectos a la salud por metales:

Las personas expuestas a estos metales por ingestión oral o contacto dérmico por un tiempo prolongado conducen a la acumulación de estos metales en el hígado, musculo y cerebro que pueden dañar el sistema nervioso central.

El Fe también puede causar: Alzheimer tipo II, hipertiroidismo, enfermedad de Parkinson.

Concentraciones considerables de Pb: Daña la conexión nerviosa, inhibe la función enzimática y causa muchas enfermedades crónicas como hipertensión, insuficiencia renal, cansancio, irritabilidad, etc. (Priti & Biswajit, 2018, p. 8)

La exposición a cromo (VI) causa toxicidad multiorgánica, como daño renal e irritación, y en exposiciones a altas concentraciones puede causar graves efectos respiratorios, cardiovasculares, gastrointestinales, hematológicos, hepáticos, renales y neurológicas. (Tchounwou, et al., 2012, p. 145).el Aluminio puede producir en el organismo daños en el tejido nervioso y daños graves en el cerebro.

### **III. METODOLOGÍA**



### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

La investigación es de tipo **aplicada** debido emplea conocimientos prácticos para aplicarlas de manera inmediata durante la solución de problemas (Arias, 2012, p. 22). Esta investigación según el nivel se clasifica en **investigación correlacional** - causal. Según (Hernández) “Los diseños de este tipo describen relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento determinado. A veces, únicamente en términos correlacionales, otras en función de la relación causa - efecto.”(Hernández, 2014, p. 157).

De diseño **no experimental** porque no se genera ninguna situación de cambio si no que se observan situaciones ya existentes, de corte **transversal** o transeccionales debido a que se recopilan datos en un momento único (Hernández, 2014, p. 154),

La investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para analizarlos. (Hernández, 2014, p. 152)

El diseño no experimental no necesita gestar novísimas circunstancias, debido a que se concentra en la contemplación de situaciones ya existentes y que no han sido suscitadas de manera deliberada. (Hernández, 2014, p. 157)

El diseño de corte transversal se considera un estudio netamente observacional que describe y analiza las variables, en este caso solo se observa mas no se interviene.

### **3.2. Operacionalización de Variables**

#### **3.2.1. V1: variable independiente**

Presencia de elementos ecotóxicos

#### **3.2.2. V2: variable dependiente**

Riesgo a la salud

#### **3.2.3. Definición de variables**

V1: Presencia de elementos ecotóxicos

“Un ecotóxico es un producto químico peligroso con capacidad para ser absorbido por cualquiera de los elementos de un ecosistema y por pequeña que sea la cantidad presente, altera los equilibrios biológicos del mismo.” (Daphnia, 1999, p. 3)

V2: Riesgo a la salud

“Probabilidad de que un contaminante pueda ocasionar efectos adversos a la salud humana, en los organismos que constituyen los ecosistemas o en la calidad de los suelos y del agua, en función de las características y de la cantidad que entra en contacto con los receptores potenciales.” (MINAM, 2013, p. 15)

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **3.3.1. Población**

Se tomó como zona de estudio el distrito de Polobaya, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa.

El distrito de Polobaya cuenta con un total de 837 habitantes (INEI, 2018, p. 113) las principales actividades económicas son la agricultura y ganadería, dicho distrito capta agua de los acuíferos para consumo humano.

Se define según (Hernández, 2014) “Población como las características comunes que presentan objetos, individuos en un lugar y tiempo determinado, Conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones.” (p. 174)

La población estudiada consta de las afloraciones de agua subterránea del distrito

Es necesario señalar “que en muchos casos existen aguas subterráneas que van a aflorar libremente, como es el caso de los manantiales, convirtiéndose así en aguas superficiales. Sin embargo, por su origen estas serán consideradas como fuentes de aguas subterráneas.” (MINAGRI, 2011, p. 10)

**Tabla 2.** Afloraciones de agua subterránea

| Afloraciones de agua subterránea |                          |         |                    |
|----------------------------------|--------------------------|---------|--------------------|
| Nombre                           | Coordenadas UTM (WGS 84) |         | Altitud (m.s.n.m.) |
|                                  | Este                     | Norte   |                    |
| Bajo Ospicio                     | 257879                   | 8165220 | 3177               |
| Alto Ospicio                     | 256986                   | 8166517 | 3326               |
| Huayuno                          | 256684                   | 8167356 | 3445               |
| Peña Blanca                      | 254793                   | 8169726 | 3470               |
| Timpure                          | 255209                   | 8169488 | 3484               |
| Candabaya                        | 250986                   | 8160318 | 3208               |
| Alto Hornillos                   | 244062                   | 8163467 | 3207               |
| Conguillo                        | 245668                   | 8163811 | 3157               |
| Hacienda C.                      | 247114                   | 8164656 | 3124               |
| Rumillo                          | 247073                   | 8164828 | 3129               |

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura se puede apreciar las ubicaciones de los afloramientos de agua subterránea en el distrito.

**Ilustración 1** Afloraciones de agua subterránea (Google Earth 2021)



### 3.3.2. Muestra

Los criterios que se tomó en cuenta para la elección de las zonas de muestreo fueron que son los más cercanos al poblado y son de acceso fácil para la toma de muestra en cada punto.

Como menciona (Hernández, 2014) la muestra es un subgrupo del universo o población del cual se recolectan los datos y que debe ser representativo de ésta, se utiliza por economía de tiempo y de recursos. (p. 173)

**Tabla 3.** *Coordenadas de ubicación de los puntos de muestreo*

| Puntos de Muestreo |         |                          |         |                    |
|--------------------|---------|--------------------------|---------|--------------------|
| Nombre             | Muestra | Coordenadas UTM (WGS 84) |         | Altitud (m.s.n.m.) |
|                    |         | Este                     | Norte   |                    |
| Hacienda C.        | M-01    | 247114                   | 8164656 | 3124               |
| Rumillo            | M-02    | 247073                   | 8164828 | 3129               |
| Conguillo          | M-03    | 245668                   | 8163811 | 3157               |

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura se puede apreciar las ubicaciones de los puntos de muestreo de afloramientos de agua subterránea

**Ilustración 2** *Afloraciones de agua subterránea (Google Earth 2021)*



La toma de muestras se realizó e realizó según la Guía para la Realización de Monitoreo Ambiental en el Sector Agrario, y de los protocolos del laboratorio CERPER PERÚ SAC, el cual cuenta con las certificaciones vigentes por parte de INACAL para realizar el análisis de Metales Totales mediante el método de espectrometría de masa de plasma debido a que cuenta con un intervalo de lectura más amplio que otros métodos utilizados.

El contenedor con los frascos de muestreo con 3 frascos inertes que tienen que llenarse en cada uno de los puntos de muestreo: tres botellas de plástico de 180 ml. para análisis de metales (barrido de metales totales). El muestreo de agua consiste en enjuagar la botella en la misma fuente de agua, llenar la muestra de acuerdo con la metodología descrita en la Guía para la Realización de Monitoreo Ambiental en el Sector Agrario.

Procedimiento de toma de muestras

Se rotulo el recipiente, se enjuagó tres veces con el agua de la fuente, se llenó dejando espacio para la adición del preservante (HNO<sub>3</sub>).

El almacenamiento fue en un contenedor con ice pack y se envió al laboratorio para su posterior análisis.

### **3.3.3. Muestreo**

En la investigación se utilizó el muestreo no probabilístico.

Muestreo por conveniencia

Se define como muestreo como una técnica y proceso de selección de un número de individuos representativo de un grupo, facilita el trabajo de investigación ahorrando recursos. (Ñaupas , et al., s.f., p. 183)

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Las técnicas que se utilizaron en esta investigación fueron la observación directa, Protocolo de Monitoreo de Calidad de los

Recursos Hídricos – Ministerio de Agricultura y Riego - Autoridad Nacional del Agua (2016).

técnicas de investigación de campo, análisis de contenido y análisis documental.

Los instrumentos fueron diarios de campo, cámara fotográfica y de video, libreta de notas para lograr la observación estructurada de la investigación.

### **3.5. Método de análisis de datos**

Trabajo de campo: Para iniciar el trabajo de campo, se estableció un cronograma de actividades detallado, contar con los recursos logísticos necesarios (movilidad, cámara fotográfica), contar con cartografía de la zona y equipos GPS con información.

Durante la identificación y selección de puntos de evaluación se estableció tres puntos de monitoreo con el fin de evaluar el riesgo a la salud por metales pesados en agua subterránea del distrito de Polobaya

Para el garantizar el análisis de laboratorio es necesario que sean realizados por un laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

Trabajo de Gabinete: Determinación coeficiente de peligro e índice de riesgo.

La determinación del riesgo no cancerígeno para la salud humana de elementos ecotóxicos en aguas subterráneas del distrito de Polobaya, se realizaron utilizando el método sugerido por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA, 1999). La Dosis promedio diaria (ADD) de un elemento ecotóxico a través de la exposición ingestiva para niños y adultos se calculó mediante la ecuación. (USEPA 1999; Li et al.2016; Wu y Sun 2016; Zhang et al.2018):

$$CDI = \frac{Cw * IRW * EF * ED}{BW * AT} \quad (1)$$

Donde:

- *CDI* es la dosis de exposición a través de la ingesta de suelo o sedimento (mg / kg por día).
- *Cw* es la concentración de contaminantes en el agua superficial (mg / L).
- *IRW* es la tasa de ingestión de agua (L / día, *IRW* = 2 L / día para adultos y 1 L / día para niños).
- *EF* es la frecuencia de exposición (días / año, *EF* = 365 días / año).
- *ED* es la duración de la exposición (años, *ED* = 70 años para adultos y 6 años para niños).
- *BW* es peso corporal (kg, *BW* = 70 kg para adultos y 15 kg para niños).
- *AT* es el tiempo de exposición promedio para efectos no cancerígenos (días, *AT* = 25,550 días para adultos y 2190 días para niños) (Bortey-Sam et al.2015; Duggal et al. al.2017; Barzegar et al.2018).

Las evaluaciones del riesgo a la salud por metales en el agua que ingresan al cuerpo humano por ingesta y/o contacto dérmico (en este caso tomaremos la vía oral) nos permiten determinar el grado de impacto no cancerígeno a la salud el cual se puede predecir mediante modelos matemáticos empíricos. (Proshad, et al., 2020, p. 5)

El coeficiente de peligro (HQ) se calculó por la ecuación 2 (Li et al.2016; Zhang et al.2018):

$$HQ = \frac{CDI}{RfD} \quad (2)$$

Donde:

- RfD es la dosis de referencia de un elemento específico (mg / kg por día) y se considera como Fe (0.7), Al (1.0), Cr (1.5), Mn (0.046), As (0.0003), Zn (0.3), Pb (0.0035), Cu (0.04) y Ni (0.02) (mg / kg / día) (Duggal et al.2017; Barzegar et al.2018).

La suma de los valores HQ de los elementos ecotóxicos nos dará el índice de peligro (HI), según la ecuación 3. HI se determinará para cada muestra de agua subterránea:

$$HI = \sum HQ \quad (3)$$

**Tabla 4.** Clasificación de riesgo no cancerígeno

| NIVEL DE RIESGO | HQ     | RIESGO NO CANCERIGENO |
|-----------------|--------|-----------------------|
| 1               | <0.1   | Despreciable          |
| 2               | ≥0.1<1 | Bajo                  |
| 3               | ≥1<4   | Medio                 |
| 4               | ≥4     | Alto                  |

Fuente: USEPA

### 3.6. Aspectos éticos

El presente trabajo fue realizado con fuentes de información regionales, nacionales e internacionales como artículos de revistas científicas, tesis de pre y posgrado, método e índices internacionales verificados que fueron correctamente citadas respetando el origen de sus fuentes durante el desarrollo de esta tesis, con el compromiso de respetar y garantizar la veracidad de los resultados obtenidos. También resaltar el aporte de la investigación propia y de profesionales capacitados.



## **IV. RESULTADOS**

Se presentan los resultados de las muestras de agua, la cual, se interpretaron de manera analítica.

#### 4.1 Determinación de la concentración de elementos ecotóxicos

Parámetros Inorgánicos del agua subterránea

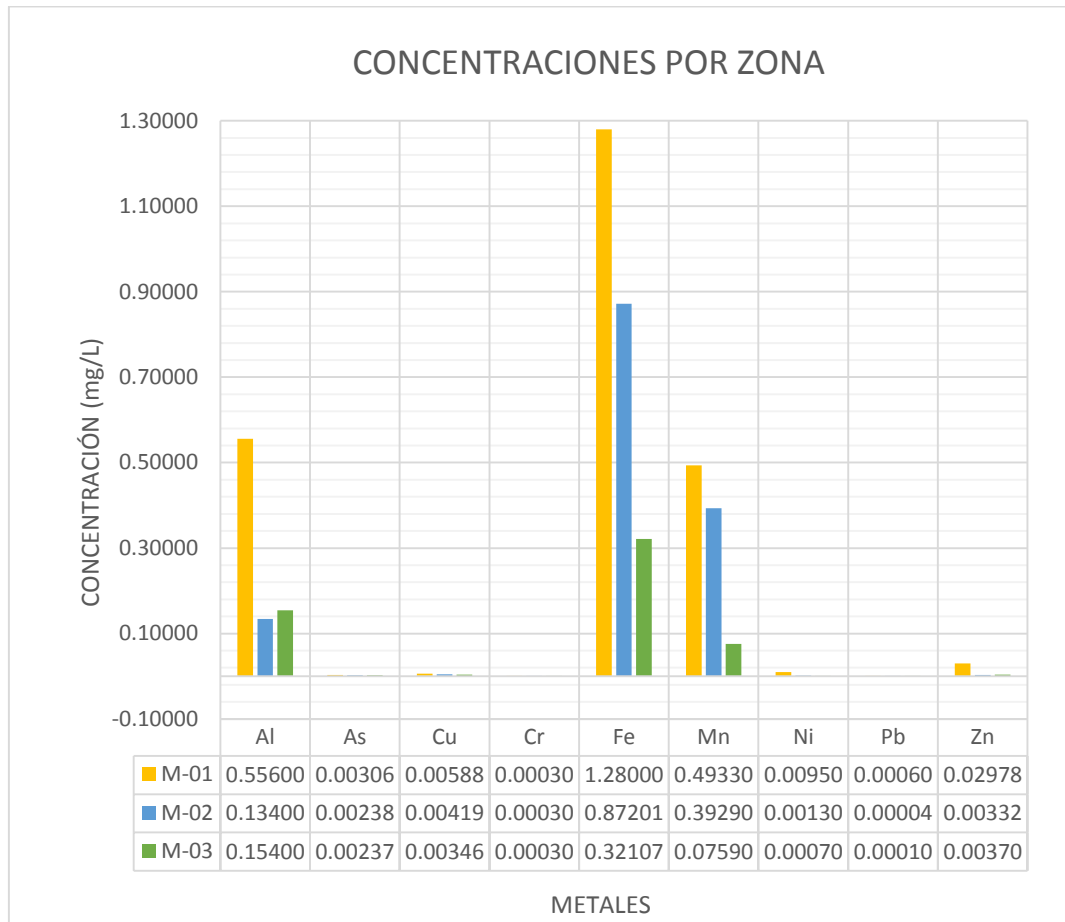
**Tabla 5.** Concentraciones de los elementos ecotóxicos

| Elementos | Puntos de Muestreo |            |            |
|-----------|--------------------|------------|------------|
|           | M-01               | M-02       | M-03       |
|           | CC ( mg/L)         | CC ( mg/L) | CC ( mg/L) |
| Al        | 0.55600            | 0.13400    | 0.15400    |
| As        | 0.00306            | 0.00238    | 0.00237    |
| Cu        | 0.00588            | 0.00419    | 0.00346    |
| Cr        | <0.00030           | <0.00030   | <0.00030   |
| Fe        | 1.28000            | 0.87201    | 0.32107    |
| Mn        | 0.49330            | 0.39290    | 0.07590    |
| Ni        | 0.00950            | 0.00130    | 0.00070    |
| Pb        | 0.00060            | <0.00004   | 0.00010    |
| Zn        | 0.02978            | 0.00332    | 0.00370    |

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar los resultados del análisis de metales totales en las zonas M-01, M-02 y M-03 por parte del laboratorio CERPER PERÚ SAC, las concentraciones de los metales Al, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn que son menores a 0.01 mg/L, a excepción de Fe con 1.28 mg/L(M-01), 0.872 mg/L(M-02), 0.321 mg/L (m-03), Mn con 0.493 mg/L (m-01), 0.392 mg/L(M-02) y Zn con 0.297 mg/L (M-01).

**Ilustración 3 : Concentraciones de los elementos ecotóxicos**



Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar las concentraciones de los metales evaluados contrastándolos con los resultados de las tres zonas de muestreo. A simple vista resalta que en caso del Al, Fe y Mn.

#### **4.2 Determinación del coeficiente de peligro (HQ)**

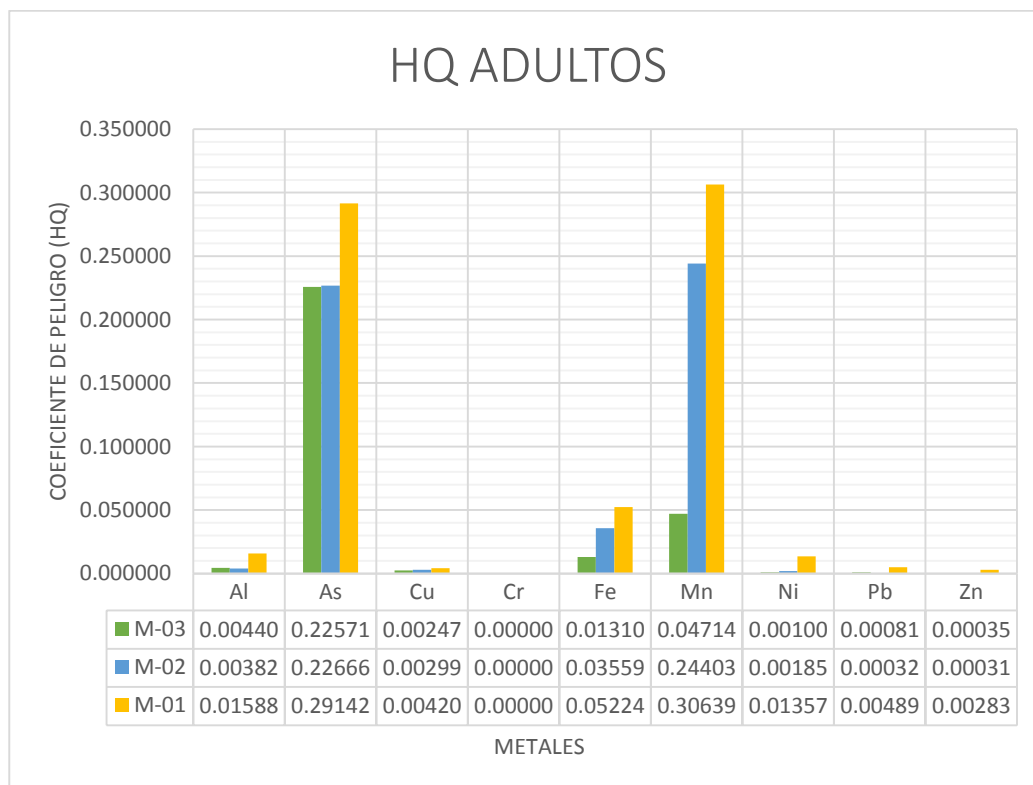
Para determinar el coeficiente de peligro (HQ) se usó la fórmula matemática presentada en el ítem 3.5 en cual es método estandarizado internacionalmente por USEPA.

**Tabla 6.** Determinación del coeficiente de peligro en adultos (HQ)

| METAL | HQ ADULTOS |          |          |
|-------|------------|----------|----------|
|       | M-01       | M-02     | M-03     |
| Al    | 0.015886   | 0.003829 | 0.004400 |
| As    | 0.291429   | 0.226667 | 0.225714 |
| Cu    | 0.004200   | 0.002993 | 0.002471 |
| Cr    | 0.000006   | 0.000006 | 0.000006 |
| Fe    | 0.052245   | 0.035592 | 0.013105 |
| Mn    | 0.306398   | 0.244037 | 0.047143 |
| Ni    | 0.013571   | 0.001857 | 0.001000 |
| Pb    | 0.004898   | 0.000327 | 0.000816 |
| Zn    | 0.002836   | 0.000316 | 0.000352 |

Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 4 :** Determinación del coeficiente de peligro en adultos (HQ)



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en el gráfico, los valores de HQ de los metales Cu, Cr, Pb y Zn tienen valores menores a 0.01 mientras que Al 0.0158 mg/L (M-1), As 0.291 mg/L (M-1), 0.226 mg/L (M-2), 0.225 mg/L (M-3), Fe 0.052 mg/L

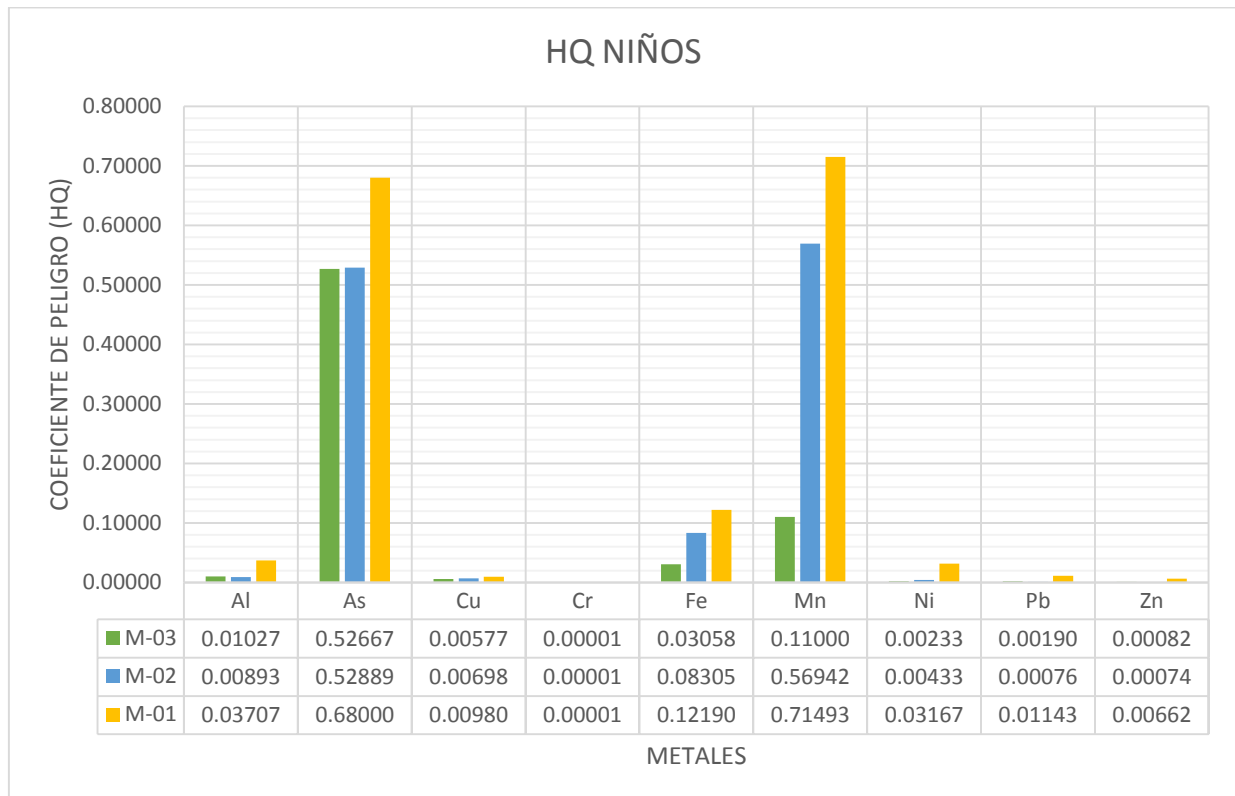
(M-1), 0.035 mg/L (M-2), 0.0131 mg/L (M-3), Mn 0.306mg/L (M-1), 0.244 mg/L (M-2), 0.047 mg/L (M-3) y Ni 0.0135 mg/L (M-1),

**Tabla 7.** Determinación del coeficiente de peligro en niños (HQ)

| METAL | HQ NIÑOS |         |         |
|-------|----------|---------|---------|
|       | M-01     | M-02    | M-03    |
| Al    | 0.03707  | 0.00893 | 0.01027 |
| As    | 0.68000  | 0.52889 | 0.52667 |
| Cu    | 0.00980  | 0.00698 | 0.00577 |
| Cr    | 0.00001  | 0.00001 | 0.00001 |
| Fe    | 0.12190  | 0.08305 | 0.03058 |
| Mn    | 0.71493  | 0.56942 | 0.11000 |
| Ni    | 0.03167  | 0.00433 | 0.00233 |
| Pb    | 0.01143  | 0.00076 | 0.00190 |
| Zn    | 0.00662  | 0.00074 | 0.00082 |

Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 5 :** Determinación del coeficiente de peligro en niños (HQ)



Fuente: Elaboración propia.

El grafico muestra que los valores de HQ de los metales Cu, Cr, y Zn son menores a 0.01 mientras que Al 0.037mg/L (M-1), As 0.68mg/L (M-1), 0.528mg/L (M-2), 0.526mg/L (M-3), Fe 0.121mg/L (M-1), 0.083mg/L (M-2), 0.305mg/L (M-3), Mn 0.714mg/L (M-1), 0.569mg/L (M-2), 0.11mg/L (M-3) , Ni 0.031mg/L (M-1) y Pb 0.011mg/L (M-1)

#### 4.3 Determinación de índice de peligro y evaluación del riesgo a la salud

##### 4.3.1 Evaluación del riesgo a la salud en adultos

**Tabla 8.** Nivel de riesgo no cancerígeno en adultos en Hacienda M-01

| METAL | M-01     | NIVEL DE RIESGO | HQ     | RIESGO NO CANCERIGENO |
|-------|----------|-----------------|--------|-----------------------|
| Al    | 0.015886 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| As    | 0.291429 | 2               | ≥0.1<1 | Bajo                  |
| Cu    | 0.004200 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Cr    | 0.000006 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Fe    | 0.052245 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Mn    | 0.306398 | 2               | ≥0.1<1 | Bajo                  |
| Ni    | 0.013571 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Pb    | 0.004898 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Zn    | 0.002836 | 1               | <0.1   | Despreciable          |

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla 5 se aprecia que en la muestra M-01 en el caso de As y Mn el nivel de riesgo en la población adulta es 2 considerado riesgo no cancerígeno bajo y en los demás los metales el nivel de riesgo es 1 considerado riesgo no cancerígeno despreciable.

**Tabla 9.** Nivel de riesgo no cancerígeno en adultos en Rumillo M-02

| METAL | M-02     | NIVEL DE RIESGO | HQ     | RIESGO NO CANCERIGENO |
|-------|----------|-----------------|--------|-----------------------|
| Al    | 0.003829 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| As    | 0.226667 | 2               | ≥0.1<1 | Bajo                  |
| Cu    | 0.002993 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Cr    | 0.000006 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Fe    | 0.035592 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Mn    | 0.244037 | 2               | ≥0.1<1 | Bajo                  |
| Ni    | 0.001857 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Pb    | 0.000327 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Zn    | 0.000316 | 1               | <0.1   | Despreciable          |

Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia que en la muestra M-02 en el caso de As y Mn el nivel de riesgo en la población adulta es 2 considerado riesgo no cancerígeno bajo y en los demás los metales el nivel de riesgo es 1 considerado riesgo no cancerígeno despreciable.

**Tabla 10.** Nivel de riesgo no cancerígeno en adultos en Conguillo M-03

| METAL | M-03     | NIVEL DE RIESGO | HQ     | RIESGO NO CANCERIGENO |
|-------|----------|-----------------|--------|-----------------------|
| Al    | 0.004400 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| As    | 0.225714 | 2               | ≥0.1<1 | Bajo                  |
| Cu    | 0.002471 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Cr    | 0.000006 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Fe    | 0.013105 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Mn    | 0.047143 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Ni    | 0.001000 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Pb    | 0.000816 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Zn    | 0.000352 | 1               | <0.1   | Despreciable          |

Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia que en la muestra M-03 en el caso de As el nivel de riesgo en la población adulta es 2 considerado riesgo no cancerígeno bajo y en los demás los metales el nivel de riesgo es 1 considerado riesgo no cancerígeno despreciable.

#### 4.3.2 Evaluación del riesgo a la salud en niños

**Tabla 11.** Nivel de riesgo no cancerígeno en niños en Hacienda M-01

| METAL | M-01    | NIVEL DE RIESGO | HQ     | RIESGO NO CANCERIGENO |
|-------|---------|-----------------|--------|-----------------------|
| Al    | 0.03707 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| As    | 0.68000 | 2               | ≥0.1<1 | Bajo                  |
| Cu    | 0.00980 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Cr    | 0.00001 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Fe    | 0.12190 | 2               | ≥0.1<1 | Bajo                  |
| Mn    | 0.71493 | 2               | ≥0.1<1 | Bajo                  |
| Ni    | 0.03167 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Pb    | 0.01143 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Zn    | 0.00662 | 1               | <0.1   | Despreciable          |

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla 9 Se aprecia que en la muestra M-01 en el caso de As, Fe, y Mn el nivel de riesgo en la población infantil es 2 considerado riesgo no cancerígeno bajo y en los demás los metales el nivel de riesgo es 1 considerado riesgo no cancerígeno despreciable.

**Tabla 12.** Nivel de riesgo no cancerígeno en niños en Rumillo M-02

| METAL | M-02    | NIVEL DE RIESGO | HQ     | RIESGO NO CANCERIGENO |
|-------|---------|-----------------|--------|-----------------------|
| Al    | 0.00893 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| As    | 0.52889 | 2               | ≥0.1<1 | Bajo                  |
| Cu    | 0.00698 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Cr    | 0.00001 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Fe    | 0.08305 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Mn    | 0.56942 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Ni    | 0.00433 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Pb    | 0.00076 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Zn    | 0.00074 | 1               | <0.1   | Despreciable          |

Fuente: Elaboración propia.



Se aprecia que en la muestra M-02 en el caso de As el nivel de riesgo en la población infantil es 2 considerado riesgo no cancerígeno bajo y en los demás los metales el nivel de riesgo es 1 considerado riesgo no cancerígeno despreciable.

**Tabla 13.** Nivel de riesgo no cancerígeno en niños en Rumillo M-03

| METAL | M-03    | NIVEL DE RIESGO | HQ     | RIESGO NO CANCERIGENO |
|-------|---------|-----------------|--------|-----------------------|
| Al    | 0.01027 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| As    | 0.52667 | 2               | ≥0.1<1 | Bajo                  |
| Cu    | 0.00577 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Cr    | 0.00001 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Fe    | 0.03058 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Mn    | 0.11000 | 2               | ≥0.1<1 | Bajo                  |
| Ni    | 0.00233 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Pb    | 0.00190 | 1               | <0.1   | Despreciable          |
| Zn    | 0.00082 | 1               | <0.1   | Despreciable          |

Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia que en la muestra M-03 en el caso de As y Mn el nivel de riesgo en la población infantil es 2 considerado riesgo no cancerígeno bajo y en los demás los metales el nivel de riesgo es 1 considerado riesgo no cancerígeno despreciable.

## **V. DISCUSIÓN**

En esta investigación se aportó datos de las concentraciones de los metales gracias al análisis de metales totales en un laboratorio acreditado, en tres muestras distintas M-01 ,M-02 y M-03 del distrito de Polobaya para luego compararlos entre sí, también analizarlos y mediante modelos matemáticos empíricos como CDI, HQ y HI que anteriormente se usaron en investigaciones y artículos científicos de revistas como en Reseñas de Toxinas (Proshad, et al., 2020) en el cual se determinó la toxicidad de ecotoxicos en agua del rio local y determino el riesgo a la salud humana en Bangladesh en este caso específico el HQ de Pb tuvo de 6.58, Cr 8.45,y Cd 7.23 en población adulta (p. 14)

De acuerdo a las concentraciones que se obtuvieron se puede notar que de los nueve elementos analizados Al, Fe y Mn tienen concentraciones más altas, sin embargo, no significas que en esos casos el HQ sean más altos debido a que cada elemento cuenta con distinto RfD que es indirectamente proporcional al HQ.

Con los datos obtenidos se procedió a determinar el CDI (dosis de exposición a través de ingesta) y HQ (Coeficiente de peligro) para luego comparar resultados con la tabla de clasificación de riesgo no cancerígeno, donde As y Mn obtuvieron valores superiores a los demás elementos, no obstante, son considerados de nivel de riesgo no cancerígeno bajo.

Por otro lado, dentro de los antecedentes locales se encuentra una tesis de (Apucusi, 2019) en el cual se realizó una caracterización hidrológica y uno de los distritos caracterizados fue Polobaya aprovechando esos datos de concentración  $Pb < Al < Cr < Ni < Cu < Mn < Zn < Fe < As$  (0.05793 mg/L),se halló el HQ de los mismos elementos donde según los resultados muestran que en la población adulta el As con HQ 5.517 considerado nivel 4 (alto) y en la población infantil el As con HQ 12.87 igualmente que el anterior considerado nivel 4 (alto). (p. 191)

## **VI. CONCLUSIONES**

De acuerdo a los objetivos establecidos y los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

**Primero.** Según los resultados obtenidos, se concluye que las concentraciones de elementos ecotóxicos como As, Mn y Fe influyen para que el nivel de riesgo a la salud sea 2 considerado bajo, para los demás elementos es considerado nivel 1, despreciable.

**Segundo.** Las concentraciones de los metales analizados fueron en Hacienda M-01 Cr < Pb < As < Cu < Ni < Zn < Mn (0.4933 mg/L) < Al (0. mg/L) < Fe (0. mg/L), en Rumillo M-02 Pb < Cr < Ni < As < Zn < Cu < Al (0.134 mg/L) < Mn (0.392 mg/L) < Fe (0.872 mg/L) y en Conguillo M-03 Pb < Cr < Ni < As < Cu < Zn < Mn < Al (0.154 mg/L) < Fe (0.321 mg/L).

**Tercero.** Se evaluó el ICD (Ingesta Diaria Crónica) para hallar el coeficiente de peligro (HQ) obteniendo como valores más altos en caso de la población adulta HQ de As 0.291, Mn 0.306 en M-01, As 0.226, Mn 0.244 en M-02 y As 0.225 en M-03 en caso de población infantil HQ de As 0.68, Fe 0.121, Mn 0.714 en M-01, As 0.528 en M-02 y As 0.526, Mn 0.11 en M-03.

Con la evaluación del riesgo no cancerígeno según la clasificación de riesgos de USEPA se obtuvo en caso de la población adulta un nivel 1 (bajo) en M-01 y M-02 por As y Mn mientras en M-03 por As, en caso de la población infantil riesgo bajo por As, Fe y Mn en M-01, por As en M-02 y por As, Mn en M-03 mientras que en los demás elementos el nivel de riesgo fue calificado como 1 que es considerado riesgo no cancerígeno despreciable.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Realizar más estudios sobre los problemas de riesgo a la salud por causa de elementos ecotóxicos, realizar monitoreos en el distrito y zonas aledañas para poder ampliar la magnitud del riesgo a la salud de sus pobladores.

Dentro de las discusiones se analizó resultados de otra investigación que muestra el riesgo no cancerígeno alto en otra zona más alejada del distrito por lo cual se recomienda realizar análisis en más puntos del distrito para determinar las posibles fuentes de contaminación.

Aunque el resultado de esta investigación no muestra una realidad preocupante, los análisis de otros cuerpos de agua de la zona por parte de otras investigaciones mostrarían otra realidad por lo cual Es necesario evaluar el desarrollo de obras de saneamiento en el lugar debido a que en la zona no hay el servicio de distribución de agua potable.

## **REFERENCIAS**



- Acuña, A. y otros, 2003. *Conceptos Básicos sobre Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable*. Buenos Aires: s.n.
- Anon., 2012.
- Apucusi, C., 2019. *Caracterización físico química, hidrológica y ecologica de las aguas subterráneas de los distritos de Characato, Polobaya, Quequeña, Mollebaya, Pocsi, Yarabamba y Sabandia*, Arequipa: s.n.
- Arias, F. G., 2012. *El Proyecto de Investigación 6ta Edición*, s.l.: Episteme.
- Costilla, R., 2010. *Evaluación de Riesgo en Salud en dos sitios contaminados por Bifenilos Policlorados (PCBS) y metales pesados*, s.l.: s.n.
- Cusi, M. & Vilca, Y., 2017. *Evaluación ecotoxicológica y tratamiento de la vertiente de Urasqui para su potabilización en el centro poblado de Secocha*, Arequipa: s.n.
- Daphnia, 1999. *Daphnia* , Issue 20.
- Galetovic Carabantes, A. & Fernicola, N., 2003. *Arsénico en el agua de bebida: un problema de salud pública*, s.l.: s.n.
- Hernández, A. & Hansen, A., 2011. *Uso de plaguicidas en dos zonas agrícolas de México y Evaluación de la contaminación de agua y sedimentos*, s.l.: s.n.
- Hernández, R., 2014. *Metodología de la Investigación*. s.l.:s.n.
- Ibárcena, L., 2011. *Estudio de la Contaminación por Metales Ecotóxicos*, s.l.: s.n.
- INEI, 2018. s.l.: s.n.
- Lars, J., 2003. *Peligros de la contaminación por metales pesados*, s.l.: s.n.
- MINAGRI, 2011. *Guía para la realización de monitoreo ambiental en el sector agrario*, s.l.: s.n.
- MINAM, 2013. *Glosario de Terminos Ambientales*. En: s.l.:s.n.
- MINAM, 2015. *Guía para la elaboración de estudios de evaluación de riesgos a la salud y el ambiente (ERSA) en sitios contaminados.*, s.l.: s.n.
- Montenegro, A. & Vilchez, G., 2018. *Evaluación del Riesgo en la Salud en los Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable del Centro Poblado San José de Yarinacocha*, s.l.: s.n.
- Montoro, Y., Moreno, R., Gomero, L. & Reyes, M., 2009. *Características de Uso de Plaguicidas Químicos y Riesgos para la Salud en Agricultores de La Sierra Central del Perú*, s.l.: s.n.
- Nuñez, C. & Villanueva, B., 2019. *Determinación y Evaluación de la Calidad físico-química del agua y su Riesgo a la Salud en la microcuenca de Ucriamayó mediante la metodología de ICA-PE e índices de peligro (HI) en la provincia de Caylloma*, Arequipa: s.n.
- Ñaupas , H., Mejía, E., Novoa , E. & Villagómez, A., s.f. *Metodología de la Investigación Científica y Asesoramiento de Tesis*. s.l.:s.n.

- Oblitas, L., 2010. *Servicios de agua potable y saneamiento en el Perú*, s.l.: s.n.
- Prieto Méndez, J., González Ramírez, C., Román Gutiérrez, A. & Prieto García, F., 2009. *Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua*. s.l.:s.n.
- Priti, S. & Biswajit, P., 2018. *Assessment of heavy metal toxicity related*, s.l.: s.n.
- Proshad, . R. y otros, 2020. *Appraisal of heavy metal toxicity in surface water with human health risk by a novel approach*, Bangladesh: s.n.
- Quispe , N. M., 2019. “ *Evaluación del riesgo de toxicidad a través de contaminantes en cultivos agrícolas de tallo corto en la cuenca media Quilca-Vítor-Chili, Los Tunales Tiabaya* ”, Arequipa: s.n.
- Rodríguez García, R. y otros, 2003. *Calidad del agua de fuentes de manantial en la zona básica de salud de Sigüenza*, s.l.: s.n.
- Rodriguez, C., 2012. *Efectos toxicológicos por metales pesados en los seres vivos*, Trujillo: s.n.
- Rodríguez, M. & Mendivelso, F., 2018. *DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE CORTE TRANSVERSAL*, s.l.: s.n.
- Tchounwou, Yedjou, Patlolla & Sutton, 2012. *Heavy Metal Toxicity and the Environment*, s.l.: Springer, Basilea.
- Zegarra, E., 2014. *Economía del agua: conceptos y aplicaciones para una mejor gestión*. GRADE ed. s.l.:s.n.

# **ANEXOS**

Anexo 1: Matriz de consistencia

| MATRIZ DE CONSISTENCIA   |   |   |  |  |  |   |  |  |
|--|---|---|--|--|--|---|--|--|
| Presencia de elementos ecotóxicos en agua subterránea y el riesgo a la salud de la población del distrito de Polobaya.   |   |   |  |  |  |   |  |  |
| Problema General   | Objetivo General  | Hipótesis General   | Variables  | Definición conceptual  | Definición operativa   | Dimensiones   | Indicadores                                | Escala de medida   |
| ¿En qué medida la presencia de elementos ecotóxicos en agua subterránea influye en el nivel de riesgo a la salud de la población del distrito de Polobaya?   | Determinar si la presencia de elementos ecotóxicos en agua subterránea influyen en el nivel de riesgo a la salud de la población del distrito de Polobaya.  | Las presencias de elementos ecotóxicos en agua subterránea incrementan significativamente el riesgo en la salud de la población del distrito de Polobaya. | Variable independiente:<br>Presencia de elementos ecotóxicos | Es un elemento químico que presenta densidad alta y es generalmente tóxico para los seres humanos  | Los metales pesados se encuentran libres y de forma natural en algunos ecosistemas y pueden variar en  | Características Físico - químicas                     | Concentración de metales pesados           | -mg/L  |
| <b>Problemas Específicos</b>   | <b>Objetivos Específicos</b>  |   | Variable dependiente:<br>Riesgo en la salud                  | Cuantificación del daño toxicológico producido por efectos de un contaminante, que llega a un potencial receptor a través de diversas vías de migración y exposición (US. Environmental Protection Agency, 1989) | la estimación de riesgo ecológico es una herramienta utilizada para realizar diagnóstico cuantitativo de sensibilidad ambiental basado en el análisis de concentraciones de contaminantes (mercurio) en el sitio de estudio y su afectación al medio en que está presente (Hakanson, 1980) | IDC (Ingesta diaria crónica)<br><br>Índice de peligro | Dosis de exposición<br><br>Nivel de riesgo | mg / kg / día<br><br>1 (Despreciable)<br>2 (Bajo)<br>3 (Medio)<br>4 (Alto) |
| 1. ¿Cuál será la concentración de elementos ecotóxicos presentes en el agua subterránea del distrito de Polobaya?<br>2. ¿Cuál será el coeficiente de peligro (HQ) y el nivel de riesgo por los elementos ecotóxicos presentes en el agua subterránea del distrito de Polobaya? | 1. Cuantificar la concentración de elementos ecotóxicos en agua subterránea del distrito de Polobaya.<br>2. Determinar el coeficiente de peligro (HQ) y nivel de riesgo por los elementos ecotóxicos presentes en el agua subterránea del distrito de Polobaya. |   |  |  |  |   |  |  |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables

| OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES   |  |  |   |  |  |
|-----------------------------------|--|--|---|--|--|
| VARIABLE INDEPENDIENTE            | DEFINICIÓN CONCEPTUAL  | DEFINICIÓN OPERACIONAL   | DIMENSIONES   | INDICADORES  | UNIDADES   |
| Presencia de elementos ecotóxicos | Es un elemento químico que presenta densidad alta y es generalmente toxico para los seres humanos  | Los metales pesados se encuentran libres y de forma natural en algunos ecosistemas y pueden variar en su concentración   | Características Físico - químicas                     | Concentración de Metales : Fe Al Cr, Mn As Zn,Pb Cu y Ni | mg/L   |
| VARIABLE DEPENDIENTE              | DEFINICIÓN CONCEPTUAL  | DEFINICIÓN OPERACIONAL   | DIMENSIÓN   | INDICADORES  | UNIDADES   |
| Riesgo a la salud                 | Cuantificación del daño toxicológico producido por efectos de un contaminante, que llega a un potencial receptor a través de diversas vías de migración y exposición (US. Environmental Protection Agency, 1989) | La estimación de riesgo ecológico es una herramienta utilizada para realizar diagnóstico cuantitativo de sensibilidad ambiental basado en el análisis de concentraciones de contaminantes (mercurio) en el sitio de estudio y su afectación al medio en que está presente (Hakanson, 1980) | IDC (Ingesta diaria crónica)<br><br>Índice de peligro | Dosis de exposición<br><br>Nivel de riesgo               | mg / kg / día<br><br>1 (Despreciable)<br>2 (Bajo)<br>3 (Medio)<br>4 (Alto) |

Fuente: *Elaboración propia*

### Anexo 3: Glosario de términos

| GLOSARIO  |  |
|---|--|
| A continuación, se darán a conocer los conceptos básicos de términos utilizados en el presente trabajo para su mayor entendimiento. |  |
| Acuífero  | Cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectados entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo. (MINAM, 2013, p. 3) |
| Agente  | Cualquier entidad biológica, química o física que puede producir un efecto adverso. (MINAM, 2013, p. 3)  |
| Cadena de custodia  | Procedimiento documentado de la obtención de muestras, su transporte, conservación y entrega de éstas al laboratorio para la realización de pruebas de análisis físico-químico, realizado por el personal responsable. (MINAM, 2013, p. 6)   |
| Cálculo del riesgo  | Cuantificación de la probabilidad de que ocurran efectos adversos específicos en un organismo, sistema o población por la exposición actual o futura a un contaminante. (MINAM, 2013, p. 6)  |
| Concentración   | La relación de una sustancia disuelta o contenida en una cantidad dada de otra sustancia. (MINAM, 2013, p. 6)  |
| Contaminante  | Cualquier sustancia química que no pertenece a la naturaleza del suelo o cuya concentración excede la del nivel de fondo susceptible de causar efectos nocivos para la salud de las personas o el ambiente. (MINAM, 2013, p. 7)  |
| Dosis de Exposición (DE)  | Cantidad de sustancia a la que se expone el organismo y el tiempo durante el que estuvo expuesto. La dosis de exposición determina el tipo y magnitud de la respuesta biológica. (MINAM, 2013, p. 7)   |
| Dosis de referencia (DdR)   | Es el índice de toxicidad que más se utiliza en la evaluación de riesgos por exposición a sustancias no-cancerígenas. Es el nivel de exposición diaria que no produce un riesgo apreciable de daño en poblaciones humanas, incluyendo las subpoblaciones sensibles. (MINAM, 2013, p. 7)  |
| Efecto tóxico o respuesta tóxica  | Cualquier desviación del funcionamiento normal del organismo que ha sido producida por la exposición a sustancias tóxicas. (MINAM, 2013, p. 7)   |
| Exposición  | Co-ocurrencia del contacto entre el agente estresante y el componente ecológico. (MINAM, 2013, p. 9)   |
| Índice de peligro   | Es la relación entre la concentración de exposición y un valor de referencia. (MINAM, 2013, p. 10)   |
| Ingestión   | Situación en la cual las sustancias químicas pueden ser ingeridas en el alimento o bebida. Luego de la ingestión, las sustancias químicas pueden ser absorbidas en la sangre y distribuidas en todas partes del cuerpo. (MINAM, 2013, p. 10)   |

|                   |   |
|-------------------|---|
| Peligro           | Capacidad inherente de un agente de causar efectos adversos cuando el hombre, sistemas o poblaciones están expuestos a él. (MINAM, 2013, p. 13)   |
| Riesgo            | Probabilidad o posibilidad de que un contaminante pueda ocasionar efectos adversos a la salud humana o en los organismos que constituyen los ecosistemas. (MINAM, 2013, p. 15)                                      |
| Toxicidad         | La propiedad de una sustancia o mezcla de sustancias de provocar efectos adversos en la salud o en los ecosistemas. (MINAM, 2013, p. 16)  |
| Vía de exposición | Proceso por el cual el contaminante entra en contacto directo con el cuerpo, tejidos o barreras de intercambio del organismo receptor, por ejemplo, ingestión, inhalación y absorción dérmica. (MINAM, 2013, p. 17) |

## Anexo 4: Resultados del análisis del laboratorio



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE 003



### INFORME DE ENSAYO N° 2-00352/21

Página 1/4

Solicitante : RAMIREZ ALARCON, ANDREA KELLY  
Domicilio legal : URB. LAS BUGANVILLAS H1- CERRO COLORADO AREQUIPA – AREQUIPA  
Producto declarado : AGUA SUBTERRÁNEA  
Lugar de Muestreo : POLOBAYA - AREQUIPA  
Fecha de Muestreo : 2021-02-12  
Cantidad de Muestras para el Ensayo : 0.4 Litros  
Muestra proporcionada por el solicitante  
Forma de Presentación : En Frasco de Plástico, Cerrado, Refrigerado Y Preservado  
Identificación de la muestra : Según se indica  
Fecha de recepción : 2021-02-12  
Fecha de inicio del ensayo : 2021-02-13  
Fecha de término del ensayo : 2021-02-23  
Ensayo realizado en : Laboratorio Ambiental Arequipa  
Identificado con : HS 21001541 (EXMA-01756-2021)  
Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita

Proyecto: "PRESENCIA DE ELEMENTOS ECOTÓXICOS EN AGUA SUBTERRÁNEA Y EL RIESGO A LA SALUD DE LA POBLACIÓN DEL DISTRITO DE POLOBAYA"

| Puntos de muestreo | Coordenadas UTM<br>WGS 84 |         | Descripción de la Estación de<br>Monitoreo | Observaciones |
|--------------------|---------------------------|---------|--|---------------|
|                    | ESTE                      | NORTE   |  |               |
| HACIENDA M-01      | 247114                    | 8164656 | ---  | ---           |
| RUMILLO M-02       | 247073                    | 8164828 | ---  | ---           |
| CONGUILLO M-03     | 245668                    | 8163811 | ---  | ---           |



AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores - Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"



**INFORME DE ENSAYO N° 2-00352/21**

Página 2/4

**RESULTADOS**

| Parámetro                         | Límite de Detección      | Unidad                   | Estación de Muestreo     |                  |                  |                  |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|------------------|------------------|
|                                   |                          |                          | HACIENDA M-01            | RUMILLO M-02     | CONGUILLO M-03   |                  |
|                                   |                          |                          | Fecha y Hora de Muestreo | 2021-02-12 12:40 | 2021-02-12 13:28 | 2021-02-12 14:40 |
| Tipo de Muestra                   | Agua Natural Subterránea | Agua Natural Subterránea | Agua Natural Subterránea | Resultados       | Resultados       | Resultados       |
| <b>Metales Totales por ICP-MS</b> |                          |                          |                          |                  |                  |                  |
| Aluminio (Al)                     | 0,00300                  | mg/L                     | 0,566                    | 0,134            | 0,154            |                  |
| Antimonio (Sb)                    | 0,00007                  | mg/L                     | <0,00007                 | <0,00007         | <0,00007         |                  |
| Arsénico (As)                     | 0,00003                  | mg/L                     | 0,00306                  | 0,00238          | 0,00237          |                  |
| Bario (Ba)                        | 0,00007                  | mg/L                     | 0,10474                  | 0,11254          | 0,11359          |                  |
| Berilio (Be)                      | 0,00001                  | mg/L                     | <0,00001                 | <0,00001         | <0,00001         |                  |
| Bismuto (Bi)                      | 0,00005                  | mg/L                     | <0,00005                 | <0,00005         | <0,00005         |                  |
| Boro (B)                          | 0,002                    | mg/L                     | 0,154                    | 0,160            | 0,126            |                  |
| Cadmio (Cd)                       | 0,00005                  | mg/L                     | <0,00005                 | <0,00005         | <0,00005         |                  |
| Calcio (Ca)                       | 0,020                    | mg/L                     | 24,50                    | 21,00            | 42,80            |                  |
| Cobalto (Co)                      | 0,00004                  | mg/L                     | 0,00114                  | 0,00228          | 0,00029          |                  |
| Cobre (Cu)                        | 0,00004                  | mg/L                     | 0,00588                  | 0,00419          | 0,00346          |                  |
| Cromo (Cr)                        | 0,00030                  | mg/L                     | <0,0003                  | <0,0003          | <0,0003          |                  |
| Estaño (Sn)                       | 0,00003                  | mg/L                     | <0,00003                 | <0,00003         | <0,00003         |                  |
| Estroncio (Sr)                    | 0,00005                  | mg/L                     | 0,24985                  | 0,22129          | 0,40521          |                  |
| Fósforo (P)                       | 0,020                    | mg/L                     | 0,06                     | <0,02            | <0,02            |                  |
| Hierro (Fe)                       | 0,00009                  | mg/L                     | 1,28000                  | 0,87201          | 0,32107          |                  |
| Litio (Li)                        | 0,00005                  | mg/L                     | <0,00005                 | 0,00183          | 0,00246          |                  |
| Magnesio (Mg)                     | 0,002                    | mg/L                     | 10,400                   | 9,660            | 14,700           |                  |
| Manganeso (Mn)                    | 0,00006                  | mg/L                     | 0,4933                   | 0,3929           | 0,0759           |                  |
| Mercurio (Hg)                     | 0,000003                 | mg/L                     | <0,000003                | <0,000003        | <0,000003        |                  |
| Molibdeno (Mo)                    | 0,00004                  | mg/L                     | 0,00109                  | 0,00107          | 0,00163          |                  |
| Níquel (Ni)                       | 0,00002                  | mg/L                     | 0,0095                   | 0,0013           | 0,0007           |                  |
| Plata (Ag)                        | 0,00004                  | mg/L                     | <0,00004                 | 0,0001           | <0,00004         |                  |
| Plomo (Pb)                        | 0,00004                  | mg/L                     | 0,0006                   | <0,00004         | 0,0001           |                  |
| Potasio (K)                       | 0,0200                   | mg/L                     | 7,17                     | 7,00             | 6,95             |                  |
| Selenio (Se)                      | 0,00006                  | mg/L                     | 0,00127                  | 0,00085          | 0,00090          |                  |
| Silicio (Si)                      | 0,050                    | mg/L                     | 19,70                    | 19,20            | 17,50            |                  |
| Sodio (Na)                        | 0,003                    | mg/L                     | 18,40                    | 17,80            | 22,40            |                  |
| Talio (Tl)                        | 0,00003                  | mg/L                     | <0,00003                 | <0,00003         | <0,00003         |                  |
| Telurio (Te)                      | 0,00006                  | mg/L                     | <0,00006                 | <0,00006         | <0,00006         |                  |
| Titanio (Ti)                      | 0,00010                  | mg/L                     | 0,0149                   | 0,0036           | 0,0059           |                  |
| Uranio (U)                        | 0,00004                  | mg/L                     | 0,0003                   | 0,0001           | 0,0013           |                  |
| Vanadio (V)                       | 0,00003                  | mg/L                     | 0,00449                  | 0,00395          | 0,00332          |                  |
| Wolframio (W)                     | 0,00004                  | mg/L                     | <0,00004                 | <0,00004         | <0,00004         |                  |
| Zinc (Zn)                         | 0,00004                  | mg/L                     | 0,02978                  | 0,00332          | 0,00337          |                  |



AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores - Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

**INFORME DE ENSAYO N° 2-00352/21**

Página 3/4

**CONTROLES DE CALIDAD**

Metales por ICP-MS

| Ensayos        | BM                 |         | Criterio de aceptación | LFM  | LFMD | RPD  | Criterio de aceptación |
|----------------|--------------------|---------|------------------------|------|------|------|------------------------|
|                | < Limite Detección | LFB     |                        |      |      |      |                        |
| Aluminio (Al)  | < 0,00300          | 104,83% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Antimonio (Sb) | < 0,00007          | 103,45% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Arsénico (As)  | < 0,00003          | 101,34% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Bario (Ba)     | < 0,00007          | 99,93%  | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Berilio (Be)   | < 0,00001          | 102,64% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Bismuto (Bi)   | < 0,00005          | 101,06% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Boro (B)       | < 0,002            | 106,33% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Cadmio (Cd)    | < 0,00005          | 102,57% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Calcio (Ca)    | < 0,020            | 99,94%  | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Cobalto (Co)   | < 0,00004          | 104,10% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Cobre (Cu)     | < 0,00004          | 102,37% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Cromo (Cr)     | < 0,00030          | 101,79% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Estaño (Sn)    | < 0,00003          | 102,26% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Estroncio (Sr) | < 0,00005          | 101,15% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Fosforo (P)    | < 0,020            | 102,15% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Hierro (Fe)    | < 0,00009          | 101,44% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Litio (Li)     | < 0,00005          | 98,46%  | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Magnesio (Mg)  | < 0,002            | 101,40% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Manganeso (Mn) | < 0,00006          | 101,34% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Mercurio (Hg)  | < 0,000003         | 92,26%  | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Molibdeno (Mo) | < 0,00004          | 100,57% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Niquel (Ni)    | < 0,00002          | 102,46% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Plata (Ag)     | < 0,00004          | 103,34% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Plomo (Pb)     | < 0,00004          | 101,43% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Potasio (K)    | < 0,0200           | 102,39% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Selenio (Se)   | < 0,00006          | 102,39% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Silicio (Si)   | < 0,050            | 107,51% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Sodio (Na)     | < 0,003            | 103,62% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Talio (Tl)     | < 0,00003          | 102,34% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Telurio (Te)   | < 0,00006          | 101,84% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Titanio (Ti)   | < 0,00010          | 101,95% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Uranio (u)     | < 0,00004          | 101,68% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Vanadio (V)    | < 0,00003          | 101,73% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Wolframio (W)  | < 0,00004          | 100,60% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |
| Zinc (Zn)      | < 0,00004          | 101,79% | 70-130%                | N.A. | N.A. | N.A. | ≤ 20%                  |

BM: Blanco del Método  
LFB: Blanco Fortificado de Laboratorio  
LFM: Matriz Fortificada de Laboratorio.  
LFMD: Duplicado de Matriz Fortificada de Laboratorio  
% RPD: Diferencia Porcentual Relativa



AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores - Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE 003



INFORME DE ENSAYO N° 2-00352/21

Página 4/4

MÉTODOS

Metales Totales por ICP-MS: ISO 17294-2: 2016. Water quality – Application of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) – Part 2: Determination of selected elements including uranium isotopes


OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Arequipa, 24 de febrero de 2021

CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A.

  
Lic. Eddie Mendoza Mamani  
C.Q.P. N° 776  
JEFE DE LABORATORIO AREQUIPA

AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores - Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com

“EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”



**Certificado**

**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Acreditación

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

**CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A. - CERPER**

En su sede ubicada en: Calle Teniente Rodríguez N° 1415, distrito de Miraflores, provincia de Arequipa y departamento de Arequipa.  
Laboratorio de Ensayo  
Con base en la norma

**NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración\***  
Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 03 de junio de 2019  
Fecha de Vencimiento: 02 de junio de 2023

 Firmado digitalmente por RODRIGUEZ ALEGRÍA  
Alejandra FAU 20600283015 soft  
Fecha: 2021-01-13 19:34:40  
Motivo: Soy el Autor del Documento

**ALEJANDRA RODRÍGUEZ ALEGRÍA**  
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 0640-2019/INACAL-DA  
Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación  
N°025-2015/INDECOP-SMA  
Registro N° : LE-003

Fecha de emisión: 12 de enero de 2021

\*La acreditación con la NTP-ISO/IEC 17025:2017, inicia a partir del 30 de diciembre de 2020 según Oficiu de Notificación N° 574-2020-INACAL/DA.  
El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web [www.inacal.gob.pe/acreditacion/cate\\_goria/acreditados](http://www.inacal.gob.pe/acreditacion/cate_goria/acreditados) al momento de hacer uso del presente certificado.  
La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MRA) de Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mútuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-01P-02M1Ve\_02

Anexo 7: Imágenes del muestreo

|   |  |
|---|--|
| <p>1er punto de muestreo<br/>HACIENDA –M-01</p>                                     | <p>2do punto de muestreo<br/>RUMILLO –M-02</p>                                       |
|   |   |
| <p>3er punto de muestreo<br/>CONGUILLO –M-02</p>                                    | <p>Frascos de muestreo ( muestra de agua<br/>subterránea más preservante )</p>       |
|  |  |



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**


**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

### **Declaratoria de Originalidad del Autor / Autores**

Yo, ANDREA KELLY RAMIREZ ALARCÓN estudiante(s) de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA, Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, declaro (declaramos) bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado: "PRESENCIA DE ELEMENTOS ECOTÓXICOS EN AGUA SUBTERRÁNEA Y EL RIESGO A LA SALUD DE LA POBLACIÓN DEL DISTRITO DE POLOBAYA – AREQUIPA 2021", es de mi (nuestra) autoría, por lo tanto, declaro (declaramos) que el Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He (Hemos) mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo (asumimos) la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

| <b>Apellidos y Nombres del Autor</b>   | <b>Firma</b>  |
|--|---|
| RAMIREZ ALARCÓN, ANDREA KELLY<br><br>DNI: 47862715<br><br>ORCID: 0000-0001-9921-1219 |  |