

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR ARSÉNICO (AS) EN AGUA DE
POZOS PARA CONSUMO HUMANO, ANEXO COLLANA II, DISTRITO HUATA,
2021**

PRESENTADO POR:

NELIDA PERCCA NAIRA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO - PERÚ

2021

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TESIS

**EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR ARSÉNICO (As) EN AGUA
DE POZOS PARA CONSUMO HUMANO, ANEXO COLLANA II, DISTRITO
HUATA, 2021**

PRESENTADO POR:

NELIDA PERCCA NAIRA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE



MSc. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

PRIMER MIEMBRO



MSc. ELVIRA ANANI DURAND GOZQUETA

SEGUNDO MIEMBRO



Dr. SERGIO PAÚL GUTIÉRREZ CASTILLO

ASESOR DE TESIS



Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

Área: Ciencias Naturales

Disciplina: Oceanografía, Hidrografía y Recursos del Agua

Especialidad: Evaluaciones y Monitoreos Ambientales, Ecosistemas Acuáticos

Puno 06 de octubre del 2021.

DEDICATORIA

Al concluir una etapa hermosa de mi vida llena de alegría, amor y esperanza, dedico este proyecto, de manera muy especial a cada uno de mis seres queridos, que estuvieron a mi lado, ya que ellos son mis pilares para seguir adelante.

Así también agradecer a mis amigos por permitirme aprender más de la vida, que caminaron junto a mí, este proyecto es posible gracias a ustedes.

Dedico también a todas las personas que me prestaron ayuda para desarrollar esta tesis, gracias a sus sabios consejos. Y el apoyo profesional que me brindaron es que se logra este hermoso proyecto. ¡¡Gracias !!

Nelida Perceña Nava

AGRADECIMIENTO

A mi casa de estudios la Universidad Privada San Carlos de Puno, por darme la oportunidad de ser parte de la institución y participar como estudiante en las aulas durante los 5 años de mi carrera como estudiante que me mostraron el camino correcto a través de sus sabias enseñanzas y conocimientos a través de los docentes para que pueda prepararme así cumplir con mis metas y objetivos y prepararme y salir a competir en el mundo laboral.

A la facultad de Ingenierías por enseñarme los temas interesantes que se dictaron en las horas académicas en las aulas de la universidad. A la escuela Profesional de Ingenierías Ambiental donde nos enseñó a formarnos como buenos profesionales y buenos valores académicos a todos los docentes que tuvieron la paciencia para que logre ser un estudiante de primera con buenas actitudes y por exigirnos con todas las tareas asignadas.

A mis Distinguidos Jurados por ayudarme y explicarme y guiarme en mi proyecto de investigación realizado. A mi asesor Dr. Esteban Isidro León Apaza. Docentes de la Universidad Privada San Carlos por brindar sus conocimientos, experiencias, valores personales, enseñanza profesional acertada en la ejecución de la presente tesis, con lo cual me permite optar el título profesional de Ingeniero Ambiental, por otra parte agradecer a todo el personal que labora en la especialidad de ingenierías así mismo a todo el personal docente administrativo en especial la unidad de investigación de ingeniería que sin su apoyo no hubiera sido posible la realización del presente proyecto. Finalmente quiero expresar mi agradecimiento a todos por el apoyo.

Nelida Percca Naira

INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
INDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
INDICE DE ANEXOS	xi
INDICE DE FOTOGRAFIAS	xii
ACRÓNIMOS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1

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

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	5
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	5
	iii

1.2. ANTECEDENTES	5
1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL	5
1.2.2. A NIVEL NACIONAL	9
1.2.3. A NIVEL LOCAL	12
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	17
2.1.1. AGUA	17
2.1.2. CALIDAD DE AGUA	18
2.1.3. AGUAS SUBTERRÁNEAS	18
2.1.4. AGUA APTA PARA EL CONSUMO HUMANO	19
2.1.5. PARÁMETROS FISICOQUÍMICO DEL AGUA	19
2.1.5.1. TEMPERATURA (T°)	19
2.1.5.2. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)	19
2.1.5.3. TURBIEDAD (UNT)	20
2.1.5.4. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE)	20

2.1.5.5. SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (TDS)	20
2.1.5.6. DUREZA TOTAL	21
2.1.6. POZOS	21
2.1.7. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	22
2.1.8. CONTAMINACIÓN DEL AGUA	22
2.1.9. CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN EL AGUA	22
2.1.10. METALES PESADOS	23
2.1.11. METALOIDES	24
2.1.12. ARSÉNICO (As)	24
2.1.13. ARSÉNICO EN EL AGUA	24
2.1.14. ARSÉNICO POR CONTAMINACIÓN NATURAL	25
2.1.15. QUÍMICA DEL ARSÉNICO (As)	25
2.1.16. RIESGOS DEL ARSÉNICO	26
2.1.17. LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (LMP)	28
2.1.18. ESPECTROFOTOMETRÍA DE EMISIÓN ÓPTICA POR PLASMA (ICP-OES)	29
2.2. MARCO CONCEPTUAL	29
2.3. MARCO NORMATIVO	32
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	33

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	33
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	33
CAPÍTULO III	
METODOLOGIA DE INVESTIGACION	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	34
3.1.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	35
3.1.2. UBICACIÓN POLÍTICA	35
3.1.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL DISTRITO DE HUATA	35
3.1.4. LÍMITES EL ÁMBITO DE ESTUDIO	35
3.1.5. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO ANEXO COLLANA II	36
3.1.6. DELIMITACIÓN SOCIAL	38
3.1.7. TIPO DE INVESTIGACIÓN	38
3.1.8. PERIODO DE MUESTREO	38
3.2. TAMAÑO DE MUESTRA	38
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	39
3.3.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	39
3.3.1.1. EQUIPOS	39
3.3.1.2. MATERIALES DE MUESTREO	39
3.3.1.3. INDUMENTARIA	40
	vi

3.3.1.4. MOVILIDAD	40
3.4. METODOLOGÍA	40
3.4.1. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN AGUA DE POZOS	41
3.4.2.1. TOMA DE MUESTRAS DE AGUA EN POZOS	41
3.4.2.2. ANÁLISIS QUÍMICO DE MUESTRAS DE AGUA EN LABORATORIO.	42
3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	42
3.6. MÉTODO	43
3.6.1. DISEÑO ESTADÍSTICO	43

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN AGUA DE POZOS	44
4.1.1. RESULTADOS ESTADÍSTICOS	45
4.1.2.1. Parámetro Arsénico	45
4.1.2.2. Parámetro Dureza total	46
4.1.2.3. Parámetro potencial de hidrógeno (pH)	48
4.1.2.4. Parámetro Turbiedad	49
4.1.2.5. Parámetro Conductividad	50
4.1.2.6. Parámetro Sólidos totales disueltos	52

4.2. DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN RELACIÓN CON LOS PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS	53
4.2.1. Arsénico y Dureza total	53
4.2.2. Arsénico y Potencial de hidrógeno	54
4.2.3. Arsénico y turbiedad	55
4.2.4. Arsénico y conductividad eléctrica	56
4.2.5. Arsénico y Sólidos totales disueltos	58
4.3. GRÁFICOS PRUEBA ESTADÍSTICA R DE PEARSON	59
4.4. PRUEBA DE HIPÓTESIS	61
CONCLUSIONES	63
RECOMENDACIONES	65
BIBLIOGRAFÍA	67
ANEXOS	75
	80

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Descripción del elemento Arsénico.....	26
Tabla 02: Especies importantes de arsénico por su toxicidad	27
Tabla 03: Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos	28
Tabla 04: Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica	28
Tabla 05: Ubicación de puntos de muestreo.....	40
Tabla 06: Operalización de variables	42
Tabla 07: Resultados de laboratorio y campo (in situ)	44
Tabla 08: Comparación de la concentración de arsénico y dureza total	53
Tabla 09: Comparación de la concentración de arsénico y pH.....	54
Tabla 10: Comparación de la concentración de arsénico y la turbiedad	55
Tabla 11: Comparación de la concentración de arsénico y conductividad eléctrica	56
Tabla 12: Comparación de la concentración de arsénico y sólidos totales disueltos	58

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Ubicación de la zona de estudio.....	36
Figura 02: Ubicación de los puntos de Muestreo	37
Figura 03: Concentración de arsénico en agua de pozos.....	45
Figura 04: Concentración de dureza total en agua de pozos.....	46
Figura 05: Análisis de potencial de hidrógeno (pH) en agua de pozos	48
Figura 06: Análisis parámetros de campo Turbiedad en agua de pozos.....	49
Figura 07: Análisis parámetro conductividad eléctrica en agua de pozos	50
Figura 08: Análisis parámetro sólidos totales disueltos en agua de pozos.....	52
Figura 09: Comparación de Arsénico con la Dureza total.....	53
Figura 10: Comparación de Arsénico con potencial de Hidrógeno	55
Figura 11: Comparación de la concentración de arsénico con turbiedad.....	56
Figura 12: Comparación de Arsénico con la conductividad (CE) en agua.....	57
Figura 13: Comparación de Arsénico con Sólidos totales disueltos.....	58
Figura 14: Correlación de concentración de As, y dureza total.....	59
Figura 15: Correlación de Concentración de Arsénico y Conductividad Eléctrica.....	60

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia.....	76
Anexo 02: Reglamento Decreto Supremo 031-2010 SA.....	77
Anexo 03: Documento para acceder a información.....	79
Anexo 04: Hoja técnica de campo evaluación de parámetros de campo.....	80
Anexo 05: Cadena de custodia.....	81
Anexo 06: Documentos de Análisis de Laboratorio.....	82
Anexo 07: Plano topográfico zona de estudio.....	85
Anexo 08: Panel fotográfico.....	86

INDICE DE FOTOGRAFIAS

	Pág.
Fotografías 01: Equipos, materiales usados para trabajo de campo	86
Fotografías 02: Abastecimiento de agua potable mediante cisternas	87
Fotografías 03: Reconocimiento de la zona de estudio.....	88
Fotografías 04: Preparación de Equipos y materiales para trabajos de campo.....	89
Fotografías 05: Evaluación de los parámetros de campo.....	90
Fotografías 06 : Levantamiento de muestra para laboratorio	91
Fotografías 07: Trabajo conjunto con la población de la zona de estudio	92
Fotografías 08: Diferencia entre pozos de agua y evaluación de la (turbidez)	93

ACRÓNIMOS

As	:	Arsénico
As3, As5	:	Arsénico Trivalentes y Pentavalente
ATM	:	Área Técnica Municipal
CaCo3	:	Dureza total
EPA	:	Agencia de Protección Ambiental
D.S.	:	Decreto Supremo
IARC	:	International Agency for Research on Cancer
ICP	:	Plasma de acoplamiento inductivo
LMP	:	Límite Máximo Permisible
mg	:	Miligramo
mg/l	:	Miligramo por litro
µg/l	:	Microgramo por litro
µS/cm	:	Microsiemens por centímetro
NTU	:	Unidades Nefelométricas
OES	:	Espectrofotómetro de emisión óptico
OMS	:	Organismo Mundial de Salud
Ppm	:	Partes por Millón
pH	:	Potencial de Hidrógeno
TDS	:	Sólidos Totales Disueltos
US EPA	:	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
UTM	:	Universal Transverse Mercator

RESUMEN

La investigación se realizó en el distrito de Huata, región Puno en junio de 2021, con el objetivo de evaluar el grado de contaminación por Arsénico (As) en agua de pozos para consumo humano en el anexo Collana II, según los Límites Máximos Permisibles (LMP). El tipo de investigación es cuantitativo, con diseño de investigación comparativo descriptivo no experimental y método analítico de espectrofotometría de Plasma de Emisión Óptica (ICP) - OES para determinar la concentración de As, mientras que para determinar dureza total (CaCO_3) se determinó a través de procedimiento de laboratorio (SMEWW - APHA - AWWA - WEF Prt.2340 b, 22nd Ed. Hardness by calculation). La técnica de investigación es de acuerdo a la Norma Técnica Resolución Directoral 160-2015-DIGESA/SA. Los instrumentos aplicados fueron ficha técnica de campo y cadena de custodia. Entre los principales resultados se encontró que el As, tiene similitud de variaciones en cada pozo, en el sector Viscachani I, en el POZO 2, con una concentración de 0.0232 mg/l de As siendo la más alta, así también ocurre con la dureza total (CaCO_3) con un valor de 2719 mg/l, de la misma manera la conductividad eléctrica tiene un valor de 7700 $\mu\text{S}/\text{cm}$, datos que nos llevan a deducir según el coeficiente 0,954 de correlación de Pearson al 95% de confianza, siendo alta la posibilidad de ser de origen geológico sobre el As más no de origen antropogénico. Igualmente, de relevancia es el pH todos mayores a 7 siendo de tendencia alcalina, que indica la presencia de metales como es el As inorgánico, con estado de oxidación +3 trivalente (III) siendo de mayor toxicidad y comportándose como un metal en aguas subterráneas.

Palabras clave: Arsénico, Contaminación, Concentración, Evaluación, Parámetros.

ABSTRACT

The investigation was carried out in the district of Huata, Puno region on June 2021, with the objective of evaluating the degree of contamination by Arsenic (As) in water from wells for human consumption in the Collana II annex, according to the Maximum Permissible Limits (LMP). The type of research is applied quantitative approach. The research design is not-experimental descriptive comparative, the method used is Optical Emission Plasma Spectrophotometry (ICP) - OES. To determine the concentration of As, and process (CaCO₃) is SMEWW - APHA - AWWA - WEF Prt.2340 b, 22nd Ed. Hardness by calculation). The research technique is in accordance with the Technical Standard Directorial Resolution 160-2015-DIGESA / SA. The instruments applied are field technical sheet, and chain of custody. Among the main results it was found that: The As, has a similarity of variations in each well, in the Viscachani I sector, in well two (2), has a concentration of 0.0232 mg/l of As, being the highest, así también occurs with the total hardness (CaCo₃) with a value of 2719 mg/l as well as the electrical conductivity with a value of 7700 μ S/cm, which leads us to deduce according to the Pearson correlation coefficient at 95% confidence, a coefficient of 0.954 is obtained, as it is of geological origin it affects As, it shows that its presence is of geological origin, its contamination not being of anthropogenic origin. Likewise of relevance is the pH all greater than 7 being waters of alkaline tendency, observing that As, is inorganic, has a trivalent oxidation state +3 (III) being of greater toxicity and behaving like a metal in groundwater.

Keywords: Arsenic, Contamination, Concentration, Evaluation, Parameters,

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la presencia de Arsénico (As) en aguas para consumo humano constituye un problema de salud pública a nivel mundial, el valor máximo admisible recomendado por la Organización Mundial de Salud (OMS) es de 0.010 mg/l de As, y el consumo frecuente de agua contaminada con As, podría causar malestar, producir cáncer a la vejiga, pulmón, piel, riñón, hígado (Carabantes & Fernicola, 2003).

En el capítulo I, Presentamos el Planteamiento del problema de investigación, se aborda la contaminación por arsénico en pozos de agua para consumo humano en el anexo collana II del distrito de Huata, así como los antecedentes relacionados a la contaminación por arsénico donde también se identificó los objetivos de investigación.

En el capítulo II, presentamos el marco teórico donde citó autores e instituciones que hablan y argumentan sobre la contaminación por (As), información que es importante para relacionar las variables de investigación.

En el capítulo III, exponemos el método de investigación, se orienta la dirección de la investigación donde es clave el método, la técnica e instrumentos de investigación para la ejecución de esta tesis.

En el capítulo IV, exposición análisis de los resultados, se analiza e interpreta los resultados de la aplicación del proyecto de investigación, donde se profundiza las contaminaciones por arsénico (As) identificados en los pozos de agua del anexo Collana II del distrito de Huata región Puno, también se incluye la comparación con los parámetros físico químicos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad nuestro planeta vive una serie de cambios y transformaciones generadas por el avance tecnológico, industrial, económico y comercial. Los cuales merecen ser evaluados constantemente, pues estos indicadores hacen que la vida en la sociedad cambie cada día, ya que genera cambios en los ecosistemas, siendo una de sus consecuencias la contaminación del agua, frente a la cual nuestro país, en el marco de la protección de la persona, hace frente a este álgido problema según (Sánchez et al., 2019).

La disminución de la calidad del recurso hídrico no solo es un problema mundial, sino es un problema en todas partes del país. Hoy en día, constituye una gran dificultad hacer uso eficiente y adecuado de este recurso hídrico, el cual complica el suministro del mismo, tanto para el uso poblacional, la salud pública, como para las actividades productivas y la conservación de los ecosistemas acuáticos como terrestres así lo plantean (Avila & León, 2012).

Asimismo, la Constitución Política del Perú (1993) establece constitucionalmente el derecho a un ambiente sano, equilibrado para el desenvolvimiento del hombre; por consiguiente, todo peruano merece una protección efectiva e íntegra por parte del Estado, pues esta protección también corresponde el derecho de tener un ambiente sano y equilibrado donde todos podamos vivir en armonía con la naturaleza y todo nuestro medio ambiente.

En los últimos años, en el Perú el consumo de agua potable ha ido incrementándose rápidamente a medida que pasa el tiempo y aumenta la población. En los últimos 50 años, la extracción de agua de las fuentes naturales se ha incrementado cuatro a cinco veces más, teniendo en cuenta que sólo el 0.01% del agua existente en el planeta es posible usarlo directamente para la diversas actividades humanas, ya que el resto se encuentran en los océanos o en forma de nieve o hielo en los casquetes polares, según (Fernández, 2012).

El incremento del uso de agua en las ciudades es mayor, durante los últimos años la población en zonas urbanas del Perú se ha incrementado, a causa de la inmigración de la zonas rurales hacia las zonas urbanas lo que conlleva a la alteración del medio ambiente y la generación de aguas contaminadas, a falta de los servicios básicos en zonas periféricas del núcleo urbano de acuerdo con (Castillo et al., 2015).

La demanda de alimentos se ha ido incrementando en los últimos años, para satisfacer las necesidades de las poblaciones urbanas. Los residentes de zonas rurales se dedican a la agricultura para luego expender sus productos en ferias, en su mayoría los habitantes optan por tener una buena producción donde recurren a los agroquímicos (pesticidas,) provocando alteración e impactos en el ambiente, por la necesidad de incrementar ingresos económicos. Una parte de los moradores optan trabajar en la crianza de ganadería en las comunidades, así como menciona (Castillo et al., 2019).

La región de Puno cuenta con cuencas hidrográficas que abastecen a las poblaciones asentadas cercanas y aledañas a ellas. Sin embargo, estos recursos hídricos pueden verse alterados por actividades antrópicas y naturales, independientemente de las causas, debe conocerse el grado de afección de la calidad de agua, sobre todo para consumo humano así nos da a conocer. (Contreras et al., 2016).

La situación de alerta social y sanitaria que existe en la zona de Capachica, Huata y Coata, declarada en emergencia según. Decreto Supremo N° 092-2019-PCM, hacen necesaria

la realización de análisis de muestras medioambientales con el fin de aportar datos que contribuyan a un efectivo control de la contaminación ambiental antropogénica o aspectos geológicos en estas zonas.

El distrito de Huata cuenta con una población altamente dedicada al sector agropecuario, su sistema de abastecimiento de agua para sus actividades productivas y de consumo humano es por bombeo en su mayoría (INEI, 2017). No obstante, con la declaratoria de emergencia sanitaria merece conocerse hasta la fecha si existen o no cambios en la calidad de agua en sus fuentes de abastecimiento. Considerando que reciben agua de las cisternas de la Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento (EPS SEDA JULIACA S.A.) la misma que no es suficiente para su consumo, teniendo que recurrir a sus fuentes de agua presentes.

Esta situación en el distrito de Huata también puede afectar en cuestiones ambientales, reproducción y producción animal y agrícola, así como el valor que estos tienen para la protección de fauna y vida silvestre, sino se da la importancia adecuada. Se sabe, además, que en el distrito de Huata hay antecedentes de la presencia de Arsénico (As) en captaciones de sistemas de distribución de agua; sin embargo, no se tiene información acerca de los pozos contaminados por Arsénico (As), menos aún acerca del número de pozos que utilizan para consumo humano.

Si existiera la concentración de arsénico (As) que exceden los Límites Máximos Permisibles (LMP) dados por la norma, es decir, la exposición a niveles altos de concentración trae riesgos en la salud de la población expuesta tanto, fisiológica como intoxicación, afectación en la memoria de los niños, según (Reyes et al., 2016) entonces se estaría hablando de la presencia de contaminación en las aguas que consumen los pobladores del distrito de Huata de la región de Puno.

El Arsénico (As) es un metal pesado agente carcinogénico que ocasiona múltiples efectos negativos sobre la salud humana a corto y largo plazo. La exposición humana al arsénico se da principalmente por la ingesta de agua y alimentos. (Medina et al., 2018)

Por ello, surgen interrogantes sobre la presencia del Arsénico (As) en el agua de pozo destinado al consumo humano en las comunidades de Huata, como es el anexo Collana II, una comunidad que en tiempos de estiaje carece de abastecimiento de servicios de agua, tanto de su sistema de distribución de agua, como de SEDA Juliaca, lo que conlleva a la población del anexo de Collana II, a la necesidad de consumir agua de pozo. El As es un metaloide muy tóxico indica (Carabantes y Fernicola, 2003) que causa diferentes alteraciones en la salud del hombre con enfermedades cardiovasculares, gastrointestinales y efectos cancerígenos (pulmón, vejiga y piel)

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál será el grado de contaminación por Arsénico (As) en agua de pozos para consumo humano en el anexo Collana II, distrito de Huata, 2021?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es la concentración de Arsénico (As) en agua de pozos para consumo humano, de acuerdo al D.S. N° 031-2010 SA, en el anexo Collana II, distrito de Huata, 2021?
- ¿Qué relación habrá entre la concentración de Arsénico con los parámetros físico-químicos en agua de pozos para consumo humano en el anexo Collana II, del distrito de Huata, 2021?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL

Copier (2021), define en su investigación “Contaminación por arsénico geogénico de las aguas subterráneas en Chile”. El As, es un metaloide muy nocivo, donde los efectos de

contaminación crónica se asocian a varios tipos de enfermedades. presentes en el agua subterránea mediante disolución de minerales o meteorización química, con concentraciones generalmente inferiores a 10 $\mu\text{g/l}$. El estado de oxidación del As y su movilidad están controlados por las condiciones (potencial redox, y pH) siendo el As (III) el más tóxico de conocimiento sobre la contaminación geogénica por As en aguas subterráneas chilenas.

Altamirano et al (2020), mencionan sobre su investigación “Análisis del cabello humano para valorar la exposición a arsénico en usuarios de agua contaminada de la comunidad La Fuente en, La Paz Centro, León Nicaragua”. En un estudio previo se determinó As total en agua en un rango de 2.0 a 103.0 $\mu\text{g/L}$, reportándose el máximo valor en un manantial termal; en donde un 70% de los sitios monitoreados (24 pozos) presentan valores no aptos para consumo (mayor o igual a 10 $\mu\text{g/L}$). El As presente en el agua es absorbido por los tejidos, para posteriormente ser eliminado en la orina; pero cuando la ingesta es mayor que la excreción éste tiende a acumularse en cabello y uñas, al igual que en la orina y la sangre; siendo estos excelentes biomarcadores de exposición aguda y crónica a este metaloide. del total de muestras en cabello oscilaron entre 0,014 y 0,925 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$; siendo menores a 1,00 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, valor establecido como criterio de toxicidad por el Centro Toxicológico de Quebec (CTQ). Las mayores concentraciones de arsénico están asociadas a la persona de mayor edad (mujer de 90 años) probablemente debido al mayor tiempo de exposición.

Belisario et al (2019), afirman en su investigación “Determinación del contenido de fósforo y arsénico, y de otros metales contaminantes de las aguas superficiales del río coata, afluente del lago Titicaca, Perú”. Las concentraciones máximas determinadas fueron: aluminio 1.043 mg/L, hierro 0.856 mg/L, manganeso 0.460 mg/L, arsénico 0.029 mg/L y fósforo 10.287 mg/L, índices que exceden los límites permisibles establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental del Ministerio del Ambiente de Perú. La contaminación de las aguas fluviales tiene su origen en la descarga incontrolada y sin tratamiento de las aguas residuales y residuos sólidos de la ciudad de Juliaca, Puno, Perú.

Sánchez et al (2019), manifiestan en su investigación “Calidad del agua subterránea: acuífero sur de Quintana Roo, México 2002 y 2012”. En sus datos indica que excedieron el límite permisible de la NOM-127-SSA1-1994 fueron: STD (22% en 2002, y 42% en 2012); dureza total (60%); Na⁺ (9.8%); Cl⁻ (9.9%), y NO₃⁻ (3%, 2012). El ICA demostró que la calidad química del agua subterránea para consumo humano es aceptable para la mayoría de los sitios estudiados.

Solís et al (2018), en su estudio “Conductividad como parámetro predictivo de dureza en agua subterránea y agua de manantial de Costa Rica”. Los resultados indican que, la relación de la CE con la CaCo₃ del agua de los pozos se obtuvo un coeficiente de correlación (R²) de 0,9931 y en las nacientes de 0,9958. También, en el caso de la dureza de calcio se alcanzó un R² de 0,9922 y 0,9942 para pozos y nacientes respectivamente. La aplicación de las curvas de calibración obtenidas, utilizando el agua de 20 pozos y 20 nacientes muestreados en el 2016 y el 2017, logró comprobar y concluir que la conductividad (en situaciones normales) es buen indicador indirecto de las concentraciones de dureza total y dureza de calcio.

Alvarez et al (2017), plantean en su investigación “Caracterización hidrogeoquímica de la subcuenca mampostón Habana- Cuba”. El resultado obtenido en el análisis físico – geográfico, de que las rocas más comunes en el área de estudio son las calizas, calizas dolomitizadas y las calcarenitas, aunque pueden existir otras litologías que influyen en la composición de sus aguas, durante su recorrido subterráneo como la pirita que aporta el ión (SO₄ 2-) y la arenisca que aporta el ión sodio (Na⁺).

Bolaños (2016), plantea sobre la “Determinación de arsénico en agua potable, cuantifica los niveles de arsénico en el agua potable del cantón de Grecia, de la provincia de Alajuela”. Resultado, ninguna de las 26 nacientes analizadas supera el límite máximo permitido por el decreto costarricense 32327-S, de 0.01 mg/L. Se ofrece además, información sobre las implicaciones para la salud y de riesgo por ubicarse en las faldas del volcán Poás. La

ingesta de agua potable ofrecida por la Municipalidad y las ASADAS, no representan riesgo sobre esta problemática de salud.

Jiménez (2018), afirma en su investigación "Diagnóstico de la presencia y contaminación por arsénico en el suelo y agua de consumo en la parroquia Papallacta". Las concentraciones de arsénico en tres zonas ("Cabecera parroquial", Barrios "Baños", "Chalpi") superó el estándar ecuatoriano y la OMS del arsénico para agua potable (10 $\mu\text{g/L}$) con concentraciones promedio de 16,8 10,5 y 24 $\mu\text{g/L}$ respectivamente. Mientras que las de la zona "El Tambo" tiene bajas concentraciones de arsénico. La vertiente principal de la parroquia denominado "Punguyaku" tiene concentraciones de 14 $\mu\text{g/L}$. Los niveles de arsénico promedio en suelos agrícolas de las cuatro zonas estudiadas fluctúan entre 20,7 y 43,0 mg/kg, todos superan el límite permisible por la Legislación Ambiental Ecuatoriana (12 mg/kg). en los sedimentos de la laguna Papallacta en promedio 66.7 mg/km.

Mora et al (2012), en el estudio que realizaron la "Determinación de la concentración de arsénico total (AsT) y la presencia de coliformes totales y fecales en agua potable del municipio de Tecuala, Nayarit, México". Sus datos fueron, la concentración media de AsT en la cabecera municipal de Tecuala fue de 15.82 $\mu\text{g/L}$, en el ejido de Atotonilco de 19.88 $\mu\text{g/L}$, en Pajaritos de 21.49 $\mu\text{g/L}$, en Quimichis de 17.80 $\mu\text{g/L}$ y en Playas de Noviller o de 19.79 $\mu\text{g/L}$. Aunque las concentraciones de AsT en el agua potable del municipio de Tecuala, Nayarit, se encuentran dentro del límite establecido por las Normas Oficiales Mexicanas (25 $\mu\text{g/L}$), rebasan el límite establecido por la OMS que establece un máximo de 10 $\mu\text{g/L}$. La concentración de coliformes en el agua procedente de los pozos 1 y 3 fue de 180 NMP/100 mL y de 43 NMP/100 mL para el agua del pozo 2. La presencia de coliformes totales y fecales, sugiere la infiltración de aguas negras lo que podría incrementar los niveles de arsénico disuelto.

Briones y Razo (2008), definen en su estudio "Análisis de la contaminación de aguas naturales por arsénico asociado a la actividad minero - metalúrgica San Luis Potosí,

México". El tiempo de exposición a este contaminante con concentraciones de As en agua de 3200 $\mu\text{g/L}$. Consumir aguas con elevadas concentraciones de As, incrementa los casos de cáncer de piel y afecta a otros órganos, así como, la presencia de hiperpigmentación y queratosis. De acuerdo a la (OMS), la intoxicación crónica por As se manifiesta de forma característica a lo largo de un periodo de 5 a 20 años, por lo que, este organismo ha establecido 10 $\mu\text{g L}^{-1}$

Hernández (2008), menciona en su estudio "Evaluación de la contaminación por metales pesados y arsénico en sedimentos en embalses del estado de Chihuahua, México". Se encontró concentraciones de As y Pb en el sedimento no varió entre presas ($P > 0.05$). Mientras que los niveles de Cu y Zn variaron entre presas ($P < 0.05$) y las de Cu, Pb variaron entre temporadas ($P < 0.05$). Las máximas concentraciones medias de As ($15.65 \pm 2.4 \text{ mg kg}^{-1}$), Cu ($4.50 \pm 1.14 \text{ mg kg}^{-1}$) y Zn ($118.10 \pm 12.56 \text{ mg kg}^{-1}$) en las tres presas se encontraron por debajo de los límites permisibles.

1.2.2. A NIVEL NACIONAL

Delgado y Zavala (2021), argumentan sobre su investigación "Concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en agua para consumo humano en el departamento de Arequipa". El resultado: En la provincia de Arequipa encontramos, arsénico 0.0288 mg/L, cadmio 0.0002 mg/L, mercurio 0.0002 mg/L y plomo 0.005 mg/L. En la provincia de Camaná encontramos, arsénico 0.0170 mg/L, cadmio 0.0083 mg/L, plomo 0.056 mg/L. En la provincia de Caravelí encontramos mercurio 0.0699 mg/L. En la provincia de Castilla encontramos, arsénico 0.0003 mg/L, cadmio 0.00003 mg/L, mercurio 0.00005 mg/L y plomo 0.0001 mg/L. En la provincia de Condesuyos encontramos, arsénico 0.00128 mg/L, cadmio 0.00001 mg/L, mercurio 0.0005 mg/L y plomo 0.00035 mg/L. En la provincia de Islay encontramos, arsénico 0.10534 mg/L, cadmio 0.00081 mg/L, mercurio 0.00006 mg/L y plomo 0.00714 mg/L. Conclusiones: Se evaluó la concentración de metales pesados en 6 provincias del departamento de Arequipa, encontrándose que la mayoría de

resultados superan los límites máximos permisibles establecidos por el D.S. N°031 -2010-SA-MINSA y por la OMS.

Condori y Córdova (2020), señalan en su investigación “Concentración de arsénico en agua subterránea en el distrito de Sabandía, provincia de Arequipa”. Los resultados en agua para consumo humano de la fuente subterránea, el cual contiene concentración de arsénico de 0.049 mg/l que supera los LMP (0.010 mg/l) la concentración de arsénico, en tal sentido se realizó primeramente la caracterización fisicoquímica del agua subterránea de Sabandía, en donde se obtuvo una concentración de arsénico de 0.049 mg/l, siendo este parámetro constante durante los años 2018 y 2019, de igual forma se caracterizó la zeolita natural (clinoptilolita) impregnado con óxido de hierro mediante la técnica de AES-ICP a efecto de evaluar el posible efecto de la matriz de composición en el proceso de adsorción. El arsénico contenido en el recurso hídrico fue oxidado con hipoclorito de calcio a una concentración de 1.5 mg/l. El contenido de 0,049 mg/l de arsénico presente en el agua natural del subsuelo del pozo número 2 de Sabandía, se pudo remover al 100 % en los rangos de trabajo de pH: 5,46-6,62; Tiempo de contacto: 5-10 minutos; altura del lecho de adsorción de 40-60 cm., que fueron las variables y niveles de estudio.

Macha (2019), menciona en su estudio “Determinación de los metales pesados: cadmio, arsénico y plomo en las aguas de pozos del distrito de castillo Grande – Tingo María, Departamento de Huánuco Julio – septiembre 2019”. Por consiguiente, los metales investigados, el cadmio, se presentó como el metal de mayor cantidad generando una bioacumulación de este metal en el agua de pozo en perjuicio de la vida humana. El cadmio está clasificado como carcinógeno de tipo 1 para los seres humanos según la Agencia Internacional sobre el Cáncer. El cadmio se presenta en diversas formas biodisponibles en el agua como $CdCO_3$, $Cd(OH)_2$, CdS y otros compuestos inorgánicos insolubles unidos al cadmio que son altamente tóxicos para el hombre

Morales et al (2018), definen en su estudio “Riesgo ambiental por arsénico y boro en las cuencas hidrográficas Sama y Locumba de Perú”. El propósito del estudio fue determinar las concentraciones de arsénico total ante valores de pH en el agua superficial de la cuenca hidrográfica-Sama, Región Tacna-Perú. Durante agosto y noviembre del 2016 como abril y junio del 2017: Se obtuvo que los valores de arsénico en los respectivos meses fueron 0,0731; 0,29835; 0,287 y 0,711 mg.L⁻¹, lo que superó el LMP con (0,01 mg.L⁻¹); este incumplimiento fue similar en cuanto al boro, pues se hallaron concentraciones de 8,681 y 4,148 mg.L⁻¹, pero el valor máximo establecido es de 2,4 mg.L⁻¹.

Afán (2018), da a conocer en su estudio “Determinación por absorción atómica de plomo y arsénico en agua potable de viviendas del distrito Hualgayoc, Cajamarca – octubre 2017”. Los resultados nos indican que la concentración promedio de Arsénico en el agua potable es de 0.0060 mg/L. con cifras extremas: mínima de 0.0000 mg/L y máxima de 0.0213 mg/L, encontrándose que el 27% supera los LMP dados por la DIGESA, y la concentración promedio de plomo es de 0.0564 mg/L. con cifras extremas: mínima de 0.0105 mg/L y máxima de 0.1587 mg/L, encontrándose que el 100% superan las concentraciones del LMP dados por la DIGESA. Estos resultados evidencian un riesgo de intoxicación crónica y un grave problema de salud para la población.

Carmona (2017), menciona en su investigación “Determinación de plomo y la dureza cálcica en 21 muestras de agua de consumo humano, en la zona de caja de agua del distrito de San Juan de Lurigancho, febrero – marzo 2017”. La concentración de plomo en agua presenta 0,0046 mg Pb/L, con valores que oscilan entre 0,001 y 0,019 mg Pb/L. El 19,0% de las muestras analizadas superó el LMP (0,010 mg Pb/L), establecido para el plomo según la OMS y el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. La dureza cálcica promedio presenta 370,86 mg CaCO₃/L con valores que oscilan entre 104,25 y 1173,25 mg CaCO₃/L. El 28,57% de muestras analizadas superaron el límite máximo permisible (500 mg CaCO₃/L).

Morales et al (2017), mencionan en su investigación “Arsénico total ante valores de pH en el agua superficial de la cuenca hidrográfica-Sama, región Tacna-Perú”. las concentraciones promedio de arsénico total en cada mes (0.0731; 0,29835; 0,287 y 0.711 mg.L⁻¹) donde se superó el valor permisible por la norma ambiental de regulación utilizada (0,01 mg.L⁻¹). En el caso del pH, los valores se encontraron en el rango establecido y aunque fueron aceptados, debe limitarse el valor de uso sobre las aguas superficiales de la cuenca hidrográfica.

Castro et al (2012), en su estudio “Contaminación del agua potable con arsénico y frecuencia del cáncer en la ciudad de Tacna 2010-2011”. El arsénico medio en el agua potable de la ciudad de Tacna es de 0,056 mg/L. Los niveles más altos de arsénico en las piletas de agua potable fueron detectados en los distritos de Pocollay, Ciudad Nueva y Tacna Cercado. Las neoplasias malignas más frecuentes en EsSalud Tacna durante los años 2010-2011 han sido cáncer de piel (29%), cuello uterino (14%), mama (10%), estómago (8%), colon (6%), linfoma (5%), próstata (5%), pulmón (4%), vesícula (3%), ovario (3%) y otros (13%). Conclusiones: Existe un elevado nivel de contaminación del agua potable con arsénico más de cinco veces el valor permitido por OMS y la legislación peruana.

1.2.3. A NIVEL LOCAL

Paredes (2021), en su estudio de “Parámetros físico químicos y metales pesados en aguas del acuífero fisurado sedimentario y el acuífero poroso no consolidado alto de la ciudad de Juliaca”. Los resultados muestran que el pH se encontró en el rango permitido por la Organización Mundial de la Salud y que algunos valores obtenidos para la turbiedad y la conductividad eléctrica sobrepasan estos límites, mientras que; en cuanto a la concentración de metales pesados, el cadmio y plomo superan en grandes cantidades los límites recomendados, con medias aritméticas de 47.25 µg / L y 1346.87 µg / L respectivamente, por otro lado, se obtuvieron valores máximos de 0.30 mg Fe /L y 0.99 mg Mn / L; el arsénico no superó los 10 µg / L. Se concluye que no existen diferencias

significativas para los valores de los parámetros físico químicos, el arsénico y el manganeso en ambos acuíferos y épocas.

Huaracha y Quispe (2020), plantean en su investigación “Determinación de los niveles de concentración de arsénico en aguas subterráneas del distrito de Juliaca, en las salidas a Puno, Lampa y Arequipa”. Los resultados mostraron que en la salida a Puno fueron de 0.068, 0.081, 0.082 mg/L As para los puntos P3, P2, P1 respectivamente; en la salida Lampa fueron de 0.046, 0.057, 0.066, 0.069 mg/L As para los puntos P7, P5, P4, P6 respectivamente y en la salida a Arequipa fueron de 0.001, 0.005, 0.011 mg/L As para los puntos P9, P10, P8 respectivamente. Exceden los LMP establecido por las normativas nacionales e internacionales, considerada no apta para el consumo humano, mientras que en salida a Arequipa es aceptable porque el valor es ≤ 0.01 mg/L As

Mamani (2019), señala en su investigación. “Determinación de la concentración de Arsénico (As) total en las aguas subterráneas de pozos tubulares en el distrito de Juliaca” los resultados, señalan el valor más alto de concentración de As ($0,165 \text{ mg L}^{-1}$), con una media de ($0,089 \text{ mg L}^{-1}$). exceden las concentraciones de $0,01 \text{ mg/l}^{-1}$. establecidos por la OMS y el D.S.031-2010 SA. El límite de $0,05 \text{ mg L}^{-1}$ adoptado en Bangladesh. En cambio, el agua subterránea en la provincia de San Román no solo está considerablemente contaminada con (As), también con Pb ($0,041 \text{ mg L}^{-1}$) y otros metales traza. Los parámetros físicos (pH, CE, turbidez), los parámetros químicos (CO_3 , HCO_3 , Cl y, SO_4), dureza total como (CaCO_3), Ca y Mg se estimaron mediante el uso de técnicas analíticas. Igualmente se ensayaron a escala de laboratorio como medida de mitigación, se removieron los metales totales con carbón activado de lenteja de agua (*Lemna gibba*), As 24%, Ca 27% y Mn 68%, para un pH de 7,9 y tiempo de remoción 120 min. Se concluye que las aguas subterráneas en el área de estudio son químicamente inadecuadas para consumo humano, se recomienda llevar a cabo un programa de monitoreo continuo de los recursos de agua subterránea en la ciudad de Juliaca,

Huillca y Apaza (2019), enfatizan en su investigación “Evaluación de la concentración de arsénico en las aguas de consumo humano de origen subterráneo en la asociación de viviendas Nueva Jerusalén, Juliaca”. Los resultados de 8 muestras de los pozos subterráneos estudiados presentan una concentración de arsénico menor de <0.005 mg/L y la M8, M10 tiene concentraciones de 0.108 y 0.106 mg/L respectivamente. Los que indican aguas contaminadas porque sobrepasan los límites máximos permisibles de acuerdo al D. S. 031-2010 S.A establecido para aguas de consumo humano.

Navarro (2019), menciona en su investigación “Contaminación de las Aguas Subterráneas por Arsénico en el distrito de Juliaca – Perú”. En sus resultados encontró concentraciones de As con una media de $73.5 \mu\text{g L}^{-1}$; que supera el límite máximo de $10 \mu\text{g L}^{-1}$, establecido por la directriz de la OMS. Asimismo, se determinaron medias de parámetros fisicoquímicos como pH de 7.595, CE de $1238.539 \mu\text{S cm}^{-1}$ y concentraciones medias de turbiedad 5.250 NTU, CaCO_3 $454.692 \text{ mg L}^{-1}$, Ca^{2+} $115.659 \text{ mg L}^{-1}$, Mg^{2+} 33.383 mg L^{-1} , SO_4^{2-} 80.981 mg L^{-1} y Cl^- $146.037 \text{ mg L}^{-1}$; estos datos cumplen con lo establecido por las normativas.

Villa y Gastañaga (2018), describen en su estudio “Concentraciones de Arsénico urinario en Pobladores de dos Distritos de la Región Tacna Perú - 2017”. La concentración de As urinario en Cairani fue de $601,6 \mu\text{g/g}$ creatinina (RIC 407,3-847,1) y en Camilaca fue de $30,2 \mu\text{g/g}$ creatinina (RIC 21,4 - 39,7). El 100 % (103) de las muestras procedentes de Cairani y el 80,3 % (57) de las muestras de Camilaca sobrepasan los valores referenciales de su toxicidad. Asimismo, los pobladores de Cairani superan en 30 veces, y los de Camilaca en 1,5 veces, los valores de toxicidad para As. La población adulta de los distritos de Cairani y Camilaca de la provincia de Candarave, de la región Tacna, tiene concentraciones de As urinario superiores a los valores referenciales de toxicidad establecidos por la Organización Mundial de la Salud.

Calcina (2017), da a conocer en su investigación “procedencia, los factores de la movilidad y transporte de arsénico en aguas subterráneas de la subcuenca del río Callacame-

Desaguadero”. La concentración de arsénico en aguas es del orden de 1.4 a 446 $\mu\text{g/L}$; que es superior a los 10 $\mu\text{g/L}$ recomendados por la OMS. En sedimentos es del orden de 10.00 a 42.70 mg/kg y en rocas de 2 a 62 ppm, cuyos resultados son atribuidos a las formaciones de rocas volcánicas ácidas y sedimentarias circundantes a la cuenca y al afloramiento de alteración hidrotermal con mineralización de sulfuros de Ag-Pb-Zn. Las correlaciones entre sus constituyentes para ORP han demostrado ser positivos y negativos indicando que el arsénico en aguas subterráneas está en sus dos estados de oxidación (AsIII) y (AsV).

Panca (2014), manifiesta en su artículo “Contaminación natural por arsénico en aguas subterráneas de las localidades de Carancas y Huata en el departamento de Puno”. Las concentraciones de arsénico en las zonas evaluadas alcanzan hasta 500 $\mu\text{g/L}$ por encima de los límites aceptables considerados por la USEPA y normas nacionales de 10 $\mu\text{g/L}$. En la zona de Carancas, las aguas subterráneas de acuíferos confinados presentan concentraciones de arsénico por encima de 10 $\mu\text{g/L}$, cuya ocurrencia y mecanismo de transporte se atribuye a condiciones reductoras. Mientras que en la localidad de Huata el arsénico se presenta en aguas subterráneas poco profundas de acuífero libre, cuya ocurrencia y mecanismo de transporte se atribuye a condiciones oxidantes. Respecto a la procedencia de arsénico, no se ha determinado la fuente de donde proviene, sin embargo, puede estar vinculado a los terrenos volcánicos de la Cordillera Occidental de los Andes, donde el arsénico está presente en diferentes especies de minerales, éstas al ser meteorizadas y lixiviadas son transportadas por flujos de agua superficial y subterráneas sean en condiciones anóxicas u oxidantes.

Ramos (2012), argumenta en su investigación “Determinación del Potencial de Agua Subterránea en la Microcuenca Central Huayta- Lampa”. Los resultados, en el análisis físico químico, las aguas tienen un PH es 7.5, el CaCO_3 es 677.16 mg/l , el Cl^- es 208.36 mg/l , $\text{SO}_4 =$ es 200 mg/l , Ca^{++} es 169.40 mg/l , Mg^{++} es 61.12 mg/l , según la OMS son aguas aptas para riego y no para consumo humano. En el sondaje realizado se ubicaron tres puntos, se encontró depósitos clásticos superficiales, arenas, gravas y limos, con una

profundidad de 71.16 m. El volumen total infiltrado en la Microcuenca, es de 4075033.19 m³ al año, el volumen almacenado en la Microcuenca es de 8805.5352. m³ y el volumen total de descarga es de 4055498.525 m³.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el grado de contaminación por Arsénico (As) en agua de pozos para consumo humano en el anexo Collana II, distrito de Huata, 2021.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la concentración de Arsénico (As) respecto a los Límites Máximos Permisibles (LMP) en agua de pozo para consumo humano en el anexo Collana II, distrito de Huata, 2021.
- Determinar la concentración de Arsénico (As) en relación a los parámetros físico químicos en agua de pozo para consumo humano en el anexo Collana II, distrito de Huata 2021.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

El marco teórico está referido a los temas que son ejes centrales de esta investigación.

2.1.1. AGUA

El agua es un compuesto con características únicas de significancia para la vida el más abundante en la naturaleza cuya molécula está compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H_2O) así lo define (Martínez, 2006) el agua es un compuesto químico muy estable que componen los ecosistemas acuáticos, los cuales cubren un 70 % de la superficie terrestre y distribuida ampliamente en océanos, lagos, ríos, aire y en el suelo. Según la (OMS, 2006). El agua es parte fundamental para nuestra existencia de todo ser vivo, que contribuye a formar el planeta Tierra y regula el clima del mundo así lo define (García, 2009).

Citamos a (Fernández, 2012), donde indica que el agua se encuentra en tres estados de la materia, en estado líquido, está presente en el uso cotidiano de los seres humanos; en estado gaseoso está cercano a todo habitante de la tierra en forma de vapor de agua o humedad, que al condensarse forma nubes que flotan en la troposfera, y en estado sólido el agua conforma las enormes extensiones conocidas como cascos polares o criosfera, nevadas, en forma de granizo.

2.1.2. CALIDAD DE AGUA

Se puede entender la calidad, desde un punto de vista funcional, como la capacidad intrínseca que tiene el agua para responder a los usos que se podrían obtener de ella según (García, 2009). Es un conjunto de características químicas, físicas y biológicas, así como de sus valores de aceptación según las normativas (D.S. 030-2010 SA). Calidad del agua describir las características físicas-química y biológica del agua según la (OMS, 2006).

Ávila y León (2012), indican la buena calidad de agua, se considera cuando está exenta de sustancias y microorganismos que sean peligrosos para los consumidores, libres de sustancias que transmiten sensaciones desagradables para el consumo, como el olor, color, sabor o turbiedad. Así mismo (García, 2009) indica que la calidad del agua potable varía de un lugar a otro, pues depende de las condiciones en las que se encuentran las fuentes de donde proviene, así como del tratamiento que recibe. La calidad presenta variaciones espaciales y temporales debido a factores externos e internos al cuerpo de agua como plantea (Sierra, 2011).

2.1.3. AGUAS SUBTERRÁNEAS

Se considera al líquido que está dentro del subsuelo en la napa freática, que representa una fracción importante de la masa presente en territorios a nivel mundial. Así lo define (García, 2009). Se encuentra en los acuíferos bajo la superficie de la tierra. Es decir se encuentran en la napa freática entre las rocas y el subsuelo, (Ordóñez, 2012) menciona el agua se encuentra en formaciones geológicas porosas llamadas acuíferos, es un recurso importante para la vida en el planeta, pero en estos últimos tiempos sufre alteraciones, por su sensibilidad a la contaminación y el mal uso que se le da, la calidad puede ser afectada por los contaminantes que pueden filtrarse de la superficie de la tierra hacia la capa freática y fluir al punto de descarga, como señala (Ordóñez, 2012).

2.1.4. AGUA APTA PARA EL CONSUMO HUMANO

Es la que cumple con las características físicas, químicas y microbiológicas, de tal manera que no genera un riesgo para la salud así lo indica (Ordóñez, 2012). El agua debe ser transparente, sin color ni sabor, y no debe tener sólidos suspendidos, de tal manera que la población goce de buena salud así lo define (Marín, 2018) Donde se establecen criterios sanitarios de la calidad para uso y beneficio del que lo consume o el uso para sus actividades diarias como aseo personal, uso en el lavado de alimentos y preparación etc. Según (D.S. N° 03-2010 SA.)

2.1.5. PARÁMETROS FISICOQUÍMICO DEL AGUA

2.1.5.1. TEMPERATURA (T°)

Para (Durán, 2016) es la medida de energía cinética de las moléculas del agua, que influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas. en la definición de (Chapman, 1996) indica la temperatura elevada o anormal pueden dar lugar a la proliferación de plantas acuáticas y hongos en circunstancias naturales la temperatura del agua varía entre 0°C y 30°C.

2.1.5.2. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)

Es la concentración de iones de hidrógeno presentes en determinadas disoluciones el pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. Según (APHA, 1992) además la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC), el pH Indica la concentración de iones presentes en determinadas sustancias, es una medida estándar para evaluar la calidad del agua, este parámetro tiene como valor de referencia las siete unidades, aquellas aguas con valores menores a 6.5 se pueden considerar ácidas y por encima básicas, mientras que es neutro cuando el valor es 7, por encima se consideran aguas de tendencia alcalina y mayores a 8.5 son aguas alcalinas este indicador se realiza en todos los análisis de agua por su utilidad para evaluar la idoneidad de la misma,

2.1.5.3. TURBIEDAD (UNT)

Es producido por materias en suspensión tal como arcilla, sedimento, materia orgánica e inorgánica y presencia de microorganismos microscópicos. Donde el agua pierde su transparencia debido a la presencia de sólidos coloidales, los cuales hacen que tenga una apariencia brumosa. La turbidez suele asociarse a altos niveles de microorganismos como virus, parásitos y algunas bacterias según (Durán, 2016)

2.1.5.4. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE)

Para (Carvajal et al., 2010) lo definen como la capacidad para conducir una corriente eléctrica a través de los iones disueltos los más positivos son el sodio (Na^+), calcio (Ca^{+2}), potasio (K^+) y magnesio (Mg^{+2}). Los iones más negativos son cloruro (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), carbonato, bicarbonato. Asimismo, se ve afectada por la temperatura, cuanto más superior es la temperatura del agua superior es la CE; por esta razón, la conductividad se reporta como conductividad a 25°C . (EPA, 2015)

En las normas de calidad de agua potable de la EPA, CNA o de la Unión Europea, la conductividad del agua, no es un estándar primario (obligatorio), sino un estándar secundario (recomendado) (APHA, 1992). En la mayoría de soluciones acuosas entre mayor sea la cantidad de sales disueltas mayor será la conductividad, este efecto continúa, la solución está tan llena de iones que se restringe la libertad de movimiento y la conductividad puede disminuir esta va aumentar. (Hernández, 2009)

2.1.5.5. SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (TDS)

Chávez et al., (2000) su origen está interrelación con los suelos, la suspensión de partículas, de un tamaño muy pequeño, estos sólidos pueden hacer variar la coloración del agua natural expresado como turbidez, la cual puede provocar una respuesta fisiológica negativa en la persona. Por procesos de decantación no pueden precipitarse por poseer materiales muy pequeños según (Robles et al., 2013)

2.1.5.6. DUREZA TOTAL

Las fuentes naturales principales de la presencia de la dureza del agua provienen del suelo y las rocas sedimentarias, por percolación y escorrentía. El agua dura normalmente se origina en áreas donde la capa superior del suelo es gruesa y existen formaciones calcáreas. El agua subterránea, rica en ácido carbónico y oxígeno disuelto, suele poseer un alto potencial solubilizante, lo que va a provocar un mayor grado de erosión del suelo o de las rocas, las cuales contienen cantidades apreciables de minerales como la calcita (CaCO_3), yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$) y dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) lo que, en consecuencia, puede llegar a elevar los niveles de dureza en varios miligramos por litro así lo indica (Neira, 2006)

Las aguas subterráneas que atraviesan acuíferos carbonatados (calizas) son las que presentan mayor dureza y dichos acuíferos están formados por carbonatos de calcio y magnesio. Según (APHA – AWWA – WPCF, 1992).

Rodríguez(2010), menciona la dureza se presenta en las aguas naturales, es decir, debida a su contenido en iones HCO_3^- - en aguas subterráneas, que discurren por campos con formaciones de calcita son particularmente duras. Por el contrario, el agua de los grandes lagos suele ser relativamente blanda, puesto que las algas y las plantas superiores durante los procesos de asimilación (verano) sustraen CO_2 a los iones HCO_3^- con ello se puede producir la precipitación del carbonato cálcico (por inversión de la reacción anterior).

2.1.6. POZOS

Ordóñez (2012), define como una perforación, excavación o túnel vertical que se excava en la tierra, hasta una profundidad suficiente para alcanzar la napa freática donde exista reserva de agua en las profundidades, es una estructura hidráulica debidamente diseñada y construida que permite efectuar la extracción agua de una formación acuífera.

Para (Curasi, 2010) un pozo es un hoyo realizado por una excavación natural hecho por el hombre en el suelo que alcanza una fuente de agua o donde brota suficientemente como

surtidor, es el resultado de la perforación o excavación como una vertiente o el acuífero confinado cuyo nivel freático es superior al nivel del suelo.

2.1.7. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

En cuanto a teorías de contaminación ambiental nombramos a (Huayapa, 2014), indica que son sustancias nocivas en el ambiente, que alteran y afectan a la salud y el bienestar de la población expuesta. (Castillo et al., 2015) mencionan que existen varios tipos de contaminación ambiental, que están alterando y destruyendo la calidad de los principales elementos naturales como el aire, agua, suelo en flora y fauna. y una de ellas de mayor relevancia es la contaminación hídrica o contaminación del agua ya que es un recurso indispensable para la sobrevivencia de todo ser vivo.

2.1.8. CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Empleando la definición de (Contreras et al., 2016) afirman que la contaminación en agua es por la presencia de sustancias tóxicas, como derrame de fluidos en un sistema hídrico como (río, mar, cuenca, etc.) donde se altera la calidad del agua, y los parámetros físicos, químicos y biológicos. Causando daños a la salud y el ambiente.

En su definición (Sánchez et al., 2019) indica que la actividad económica en la producción agrícola y pecuaria, es la principal amenaza de contaminación en agua subterránea y manantiales de abastecimiento público, estas actividades generan niveles altos de contaminación debido al uso de plaguicidas, herbicidas (agroquímicos).

2.1.9. CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN EL AGUA

La contaminación por metales pesados y metaloides en el ambiente, así como en los recursos hídricos, suelos y aire son problemáticas que comprometen a la salud pública y la seguridad alimentaria a nivel global y local según la teoría de (Contreras et al., 2016).

De similar manera definen (Reyes et al., 2016), el problema de la contaminación por metales pesados como mercurio (Hg), Arsénico (As), Cadmio (Cd) y Plomo (Pb). Se

presenta generalmente en las fuentes de agua subterránea por el transporte de aguas contaminadas aguas arriba o también por el uso de agroquímicos en los suelos, por filtración llegando a la napa freática, la exposición a estos contaminantes es por ingesta, inhalación afectando a todo ser vivo producto del consumo de agua o alimentos contaminados. .

2.1.10. METALES PESADOS

Desde su punto de vista (Ledezma, 2009) define que los metales pesados son sustancias propias de la naturaleza de peso molecular alto, muy difundidos y en muchos casos muy útiles para las industrias, hablando de contaminación, los metales pesados tienen efectos adversos en la salud y afectan a diferentes órganos.

Así mismo (Abollino et al., 2002) consideran que los metales pesados se encuentran generalmente como componentes naturales de la corteza terrestre, son los siguientes: Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), (As) Arsénico Níquel (Ni), Plomo (Pb) y Zinc (Zn).

Los metales pesados tienen tendencia a formar asociaciones con sustancias minerales (Carbonatos, sulfatos etc.) en mayor grado son sustancias orgánicas mediante fenómenos de intercambio iónico, adsorción, quelación, formación de combinaciones químicas, etc. acumulándose en el medio ambiente en los sedimentos en ríos, lagos y mares según (Forstner y wittmann, 1981)

Según la definición de (Pineda, 2004) indica la presencia de metales pesados naturales, se presentan por desgastes de cerros, y erupciones volcánicas, constituyen una fuente de aportaciones importante de metales pesados al suelo. También las actividades antropogénicas como la industria minera, que está catalogada como una de las actividades industriales generadoras de metales pesados.

2.1.11. METALOIDES

En la opinión de (Álvarez et al., 2013) indican, son elementos químicos que tienen propiedades intermedias, son semiconductores de electricidad y forman óxidos anfóteros. En orden ascendente con base en el peso atómico, los elementos que se consideran metaloides: Son el boro(B), silicio (Si), germanio (Ge), arsénico (As), antimonio (Sb), telurio (Te) y polonio (Po). Por lo que son considerados metaloides aquellos elementos que presentan mayor peso atómico y se encuentran entre ser y no ser metal.

Para (Álvarez et al., 2013) Casi todos los metaloides se muestran sólidamente a temperatura ambiente, en cristales o en bloques opacos y quebradizos. Pero pueden presentar propiedades curiosas sobre la modificación de fases.

2.1.12. ARSÉNICO (As)

Para (Álvarez et al., 2013) el As es un elemento común en la corteza terrestre, y se moviliza a la superficie a través de combinación de presiones de **procesos naturales**, por su parte (Carabantes & Femicola, 2003) el metaloide se encuentra en la corteza terrestre en aguas naturales y en organismos y cuerpos inertes en disolución trivalente As (+3) y pentavalente (+5), donde As (+3) es el estado de más toxicidad. Además, refiere que la movilidad es por redox y el pH. En la definición de (Mejía et al., 2009) el As (+5) prevalece en las aguas superficiales oxigenadas. Contrariamente a las subterráneas.

2.1.13. ARSÉNICO EN EL AGUA

Según (US EPA et al., 2010) es por la disolución natural de minerales de depósitos geológicos, o causas de descarga de efluentes industriales la sedimentación atmosférica. La presencia de As en agua de superficie tiene alto contenido de oxígeno, del tipo pentavalente arsenato (As+5), usualmente en sedimentos de lagos, aguas subterráneas, está el arsenito, (As+3) esta se presenta así porque está en forma de ión mostrándose como metal alcalino. La toxicidad del arsénico es eliminada con la oxidación orgánica e inorgánica por su, por la pérdida de electrones y ser soluble según (Herrera et al., 2013) la

oxidación química del arsénico es lenta y los compuestos químicos utilizados, tales como cloro, hipoclorito de calcio, permanganato de potasio, pueden ocasionar o generar una contaminación secundaria y ser eficientes a bajas concentraciones de arsénico por lo que se prefiere el proceso biológico.

2.1.14. ARSÉNICO POR CONTAMINACIÓN NATURAL

Según la definición de (Herrera, 2013) el As es de origen geológico, presente en rocas y minerales. Es movilizado por la desintegración y lixiviación de rocas por procesos geoquímicos naturales, está liberado al ambiente, afecta las aguas subterráneas y superficial (Smedley y Kinniburgh, 2001), en las aguas subterráneas se disuelve el As, y a su vez por desorción generando óxidos metálicos en acuíferos en una condición de oxidación y depósitos de agua sin movimiento y todo ello ocasionado por la geoquímica e hidro química oxidativa, reducción de sulfatos, precipitación de piritas, cambios biológicos, intercambio iónico y fisicoquímica de adsorción/desorción.

Al respecto (Villalobos, 2011) hace referencia a la adsorción e intercambio iónico, están influidos con mayor preponderancia con As en concentraciones bajas y transporte del viento a otras zonas. Finalmente (Smedley y Kinniburgh, 2001) mencionan que el As es ocasionado por erosión, gases volcánicos, incendios forestales y otros procesos.

Contaminación de As, en procesos antropogénicos (actividad minera, uso de combustibles fósiles, pesticidas, herbicidas, desecantes, conservadores de la madera, aditivos de alimento de ganado, semiconductores, pigmentos, entre muchos otros (Carabantes & Fernicola, 2003)

2.1.15. QUÍMICA DEL ARSÉNICO (As)

Smedley y Kinniburgh (2001), define el As es un elemento químico de la tabla periódica cuyo símbolo es As, con número atómico 33 considerado como un metaloide está entre ser y no ser un metal, se presenta en forma orgánico e inorgánico. El de origen inorgánico, procede de los minerales, siendo más tóxico para los humanos. Y el orgánico lo

encontramos generalmente en el organismo vivo, que lo ha metabolizado lo podemos encontrar en la cadena trófica como un productor primario, es decir, haber empezado como en las raíces, hojas o semillas de una planta regada con aguas contaminadas con arsénico y que pudiera bioacumularlo, o bien, en partes viscerales, pelo y uñas de animales herbívoros o consumidores de aguas contaminadas. Según (Herrera et al., 2013).

Tabla 01: Descripción del elemento Arsénico

NOMBRE	Arsénico
SÍMBOLO	As
SERIE QUÍMICA	Metales
NÚMERO ATÓMICO	33
VALENCIA	+3, -3, 5
ESTADO DE OXIDACIÓN	+5
CONFIGURACIÓN ELECTRÓNICA	{Ar} 3d ¹⁰ 4s ² 4p ³
MASA ATÓMICA (g/mol)	74,922
DENSIDAD (g/ml)	5.72
PUNTO DE FUSIÓN	614 °C (sublima)
PUNTO DE EBULLICIÓN	817 °C (a 37 atm.)
ELECTRONEGATIVIDAD (Pauling)	2,18

Fuente: Enciclopedia de Química (2000)

2.1.16. RIESGOS DEL ARSÉNICO

La *International Agency for Research on Cancer (IARC)*, indica que el As es una sustancia carcinogénica en humanos según evaluaciones de epidemiología que relacionan la ingestión de As por consumo de agua relacionada con cáncer de piel y pulmón la arsenicosis (hidroarsenicismo) es una enfermedad que presenta elevadas concentraciones de As inorgánico presentando problemas de salud.

Para (Carabantes & Fernicola, 2003) el As inorgánico es más tóxico que el orgánico. y se absorben más rápidamente, las que se eliminan con facilidad tienden a ser menos tóxicas. Los arsenitos y los arseniatos son altamente solubles en agua en la tabla 02 se detallan a continuación.

Tabla 02: Especies importantes de arsénico por su toxicidad

Fórmula	Nombre	Tipo de compuesto	Estado de oxidación
AS(OH) ₃	Acido Arsenioso (Arsenito)	Inorgánico	3
H ₃ AsO ₄	Ácido Arsénico (Arsenato)	Inorgánico	5
AS ₂ O ₃	Trióxido de Arsénico	Inorgánico	3
	Ácido monometil arsénico		
CH ₃ -As(O)(OH) ₂	(MMAs+5)	Orgánico	5
	Ácido monometil arsénico		
CH ₃ -As(O)(OH)		Orgánico	3
	(MMAs+3)		
(CH ₃) ₂ -	Ácido dimetilarsínico	Orgánico	5
As(O)(OH) ₂	(DMAs+5)		
(CH ₃) ₂ -As(OH)	Ácido dimetil arsenioso	Orgánico	3
	(DMAs+3)		

Fuente: Enciclopedia de Química (2000)

2.1.17. LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (LMP)

El reglamento establece los Límites Máximos Permisibles de forma que no excedamos el límite, logrando proteger al fin supremo de la sociedad que es la persona establece el nivel de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en los efluentes o emisiones que se vierten o liberan al ambiente. Con los LMP se busca garantizar un control ambiental de las actividades económicas. y toda actividad industrial que genera contaminantes en aire, suelo y agua. Así lo indica el D.S. N° 03-2010 SA.

Tabla 03: Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos

	PARÁMETROS INORGÁNICOS	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
2.	Arsénico	mg As / L	0,010

Fuente: DS N° 0031-2010 SA. Reglamento de la calidad de agua para consumo humano

Tabla 04: Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica

N°	PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
4	Turbiedad	UNT	5
5	pH	Valor de pH	6.5 a 8.5
6	Conductividad	µmho/cm	1500
7	Sólidos totales disueltos	mg/l	1000
8	Dureza total	mg/l	500

Fuente: D.S. N° 0031-2010 SA. Reglamento de la calidad de agua para consumo humano

2.1.18. ESPECTROFOTOMETRÍA DE EMISIÓN ÓPTICA POR PLASMA (ICP-OES)

Según el Laboratorio De Sistemas De Monitoreo Ambiental Oficina De Investigación Y Desarrollo Agencia De Protección Ambiental De Los EE.UU. Menciona que la espectroscopia de emisión con plasma de acoplamiento inductivo posible determinar de forma cuantitativa la mayoría de los elementos de la tabla periódica a niveles de traza y ultratrazas, partiendo de muestras en disolución acuosa.

La muestra al ingresar al equipo, en forma líquida, es transportada por medio de una bomba peristáltica hasta el sistema nebulizador donde es transformada en aerosol gracias a la acción de gas argón. Dicho aerosol es conducido a la zona de ionización que consiste en un plasma generado al someter un flujo de gas argón a la acción de un campo magnético oscilante inducido por una corriente de alta frecuencia. En el interior del plasma se pueden llegar a alcanzar temperaturas de hasta 8000 K. En estas condiciones, los átomos presentes en la muestra son ionizados/excitados.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Agua de Consumo Humano: “Es el agua que se considera apta para el consumo humano que pasa por una serie de tratamientos una vez realizado ese proceso es apta para ser utilizada para el uso doméstico diario, incluida la higiene personal” Según lo que establece el Decreto Supremo N° 031-2010 SA.

Ambiente: “Es el lugar o la suma de todos los componentes vivos y los abióticos que rodean a un organismo o grupo de organismos. formado por un conjunto de factores externos (atmosféricos, climáticos, hidrológicos, geológicos y biológicos) en el cual se desenvuelven adecuadamente, de carácter natural o transformados” así plantea (Meza, 2021)

Antropogénico: “Está relacionado con las acciones del hombre, en la manipulación o alteración de los recursos naturales trayendo consigo impactos negativos” Según (Ávila & León, 2012)

Arsénico (As): “Es un elemento ampliamente distribuido en la atmósfera, en la hidrosfera y en la biosfera, el cual está presente en cuatro estados de oxidación: As(V), As(III), As(0) y As(-III)” así lo describen (Smedley y Kinniburgh, 2001).

Calidad del Agua: “Considerada como el agua inocua que cumpla con todos los requisitos de los parámetros físico-químicos, microbiológicos y parasitológicos, establecidos en el presente Reglamento” Decreto Supremo N° 031-2010 SA.

Concentración: “Es la cantidad de una sustancia presente en una determinada cantidad de solución” así lo indica (Castro, 2011)

Contaminación del agua: “Es la acumulación de sustancias tóxicas y el derrame de fluidos en un sistema hídrico que pueden ser ríos, mares, o cuencas, etc.” así lo plantean en el Decreto Supremo N° 031-2010 SA.

Contaminante: “Es toda materia o energía negativa que altera la calidad en el ambiente y la salud y el bienestar humano, asimismo ponen en peligro los ecosistemas” según el (MINAM, 2012).

Dureza: “La dureza del agua se presenta por la presencia de carbonatos de calcio por disolución de calcio y magnesio haciendo que el agua sea dura mostrándose como una sustancia dura o sarro en las ollas o también no haciendo espuma cuando se usa el jabón” así lo indica (APHA – AWWA – WPCF, 1992).

Evaluación: “Es un proceso que se usa para determinar, de manera sistemática, el mérito, el valor y el significado de un trabajo, de alguna capacidad intelectual o física, y los

principios sobre los que se afirmaba la evaluación” así lo indica el Decreto Supremo N° 031-2010 SA

Geológico: “Se dedica a la formación, composición y estructura interna y externa del planeta en que vivimos” así lo indica (Meza, 2021).

Inocuidad: “Garantiza el agua de calidad apropiada para el consumo del hombre, que no tengan afecto a la salud ” así lo menciona el Decreto Supremo N° 03-2010 SA.

Límite Máximo Permisible: “Es un documento donde está estipulado los LMP para regular los parámetros representativos del agua de forma que no excedamos el límite, logrando proteger al fin supremo de la sociedad que es la persona” así lo indica el Decreto Supremo N° 031-2010 SA.

Mercurio (Hg): “Es un metal líquido a temperatura ambiente, que además de encontrarse en su estado elemental, se puede hallar como derivados inorgánicos en pilas y laboratorios y derivados orgánicos, como en la corteza terrestre” así lo indican. (Sarmiento & Idrovo, 1999).

Monitoreo: “Es la acción de hacer seguimiento, vigilancia y verificación de los parámetros químicos, físico y microbiológico según el Reglamento” Decreto Supremo N° 031-2010 SA

Parámetros de Campo: “Es la evaluación llevada a cabo en el mismo lugar para poder obtener datos precisos para determinar los resultados obtenidos en un lugar en específico” de acuerdo con el Decreto Supremo N° 031-2010 SA.

Toxicidad: “Hace referencia a la capacidad de ocasionar daño a un organismo vivo y causar efectos adversos por la presencia de sustancia química por el tiempo de exposición” según el (MINAM, 2012).

2.3. MARCO NORMATIVO

Las Normas establecidas y aprobadas, así como políticas Nacionales, Regionales y Locales y de cada sector son relevantes para la ejecución de la investigación, se detallan a continuación:

- La Constitución Política del Perú del año 1993 indica en su Art. 02 inciso 22 establece el deber primordial del estado garantizar el derecho de toda persona a gozar de un ambiente saludable y equilibrado para el adecuado desenvolvimiento del hombre. Asimismo, el Art. 67 designan que el estado determina la política nacional del ambiente y promueve el uso sostenible de los recursos naturales.
- Mencionamos la Ley General del Ambiente. Número 28611 en su Art. 133^o está escrito sobre la Vigilancia y Monitoreo Ambiental en el Perú.
- Decreto Supremo N° 031-2010-SA. El reglamento y sus disposiciones generales de gestión de la calidad del agua para consumo humano, este decreto se realiza con el objetivo de salvaguardar la salud de la población (Anexo 02)
- Resolución Directoral 160-2015-DIGESA Protocolo de procedimiento para la toma de muestras, preservación, transporte, almacenamiento y recepción del agua para consumo humano.
- Ley de recursos hídricos N° 29338 y su reglamento, el propósito es difundir el marco normativo nacional sobre la gestión de recursos hídricos. Art. 36 Uso primario del agua utilización directa y efectiva de los recursos hídricos.

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Existe alto grado de contaminación por arsénico (As) en agua de pozos para consumo humano en el anexo Collana II, distrito de Huata, 2021.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La concentración de Arsénico (As) excede los Límites Máximos Permisibles (LMP) en agua de pozos para consumo humano en el anexo Collana II, distrito de Huata, 2021.
- No existe relación entre la concentración de Arsénico (As) con los parámetros físico químicos en agua de pozos para consumo humano en el anexo Collana II del distrito de Huata, 2021.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA DE INVESTIGACION

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La investigación se realizó en el distrito de Huata de la provincia de Puno, que se ubica a orillas del lago Titicaca a 3.880 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas de 15°36 '50" de Lat. sur, 69°58 '25" de longitud. oeste, al nor oeste de la ciudad de Puno, su clima frío-seco-ventoso, caen demasiada lluvia en verano en invierno, fuertes heladas su superficie tiene aproximadamente 130,4 Km² con una población total de 3302 habitantes, en distrito de Huata según él, (INEI, 2017). Además, se subdivide en cuatro anexos en el distrito de Huata como: Collana I, Collana II, Faon y Huata.

Geomorfología: En particular, el altiplano es el resultado del relleno de una fosa tectónica que puede ser localizada incluso en el cretáceo, que ha recibido grandes cantidades de materiales clásticos, en gran parte continentales y Vulcano – sedimentarios, acumulados en espesores fuertes y poco cementados. (ONERN, 1965)

Según Panca, (2014) indica en su investigación que al hacer muestras de suelos llevo a observar limos y arcillas calcáreas de baja conductividad hidráulica, en pequeñas áreas se localizó pequeños horizontes de arenas y gravas; de manera general es incipiente la formación de acuífero en toda el área. En zona resalta afloramientos de macizos rocosos de areniscas rojas del Grupo Puno y calizas grises de la Formación Ayabacas como un conjunto de cerros aislados. (Palacios et al., 1993)

3.1.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica en el departamento de Puno, al noreste de la ciudad de Puno y a 10 kilómetros de la carretera Puno–Juliaca.

3.1.2. UBICACIÓN POLÍTICA

Región : Puno

Provincia : Puno

Distrito : Huata

Localidad: Anexo Collana I, Anexo Collana II, Anexo Faón, Anexo Yasín)

3.1.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL DISTRITO DE HUATA

Geográficamente está ubicado en las siguientes coordenadas.

Latitud Sur : 15°36'50"

Long. Oeste : 69°58'25"

Altitud : 3820 msnm.

3.1.4. LÍMITES EL ÁMBITO DE ESTUDIO

Posee Los Sigüientes Límites:

Por el Norte : Distrito de Coata de la provincia de Puno.

Por el Sur : Distrito de Paucarcolla de la provincia de Puno

Por el Este : Lago Titicaca

Por el Oeste : Distrito de Caracoto de la provincia de San Román

MAPA DE UBICACIÓN

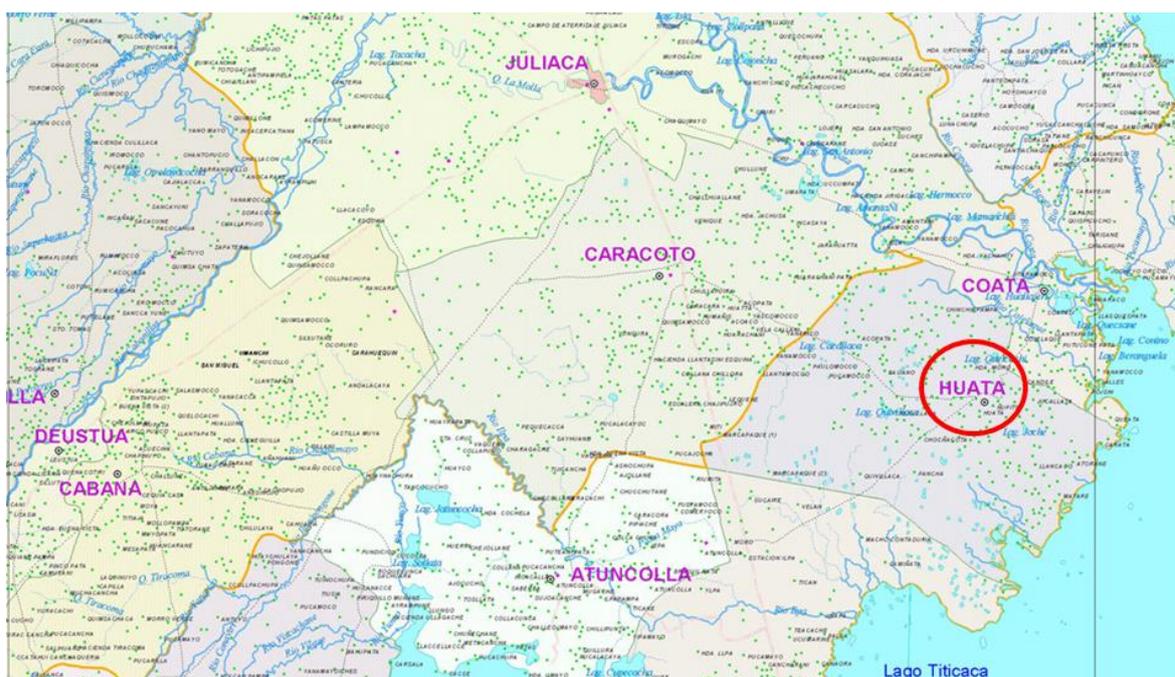


Figura 01: Ubicación de la zona de estudio

Fuente: Google earth

3.1.5. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO ANEXO COLLANA II

Los puntos muestreados se realizaron en base a la captación de agua del anexo Collana II, del distrito de Huata, a diferentes distancias y distintas profundidades se detallan a continuación.

Referencia: Captación de agua anexo collana II con coordenadas Este 394330 Norte:8273950 con una altura de 3826 msnm con una profundidad| aproximada de 40 metros.

Punto 1: La muestra de agua se tomó en el anexo Collana II en el sector Carcalla con coordenadas. Este: 394616 Norte: 8274682 con una altura de 3823 msnm. con una profundidad del pozo de 14 metros aproximadamente según propietario del pozo

Punto 2: La muestra de agua se tomó en el sector de Viscachani I cerca al cerro con las coordenadas Este: 394918 Norte: 8275388 con una altura de 3822 msnm con una profundidad de pozo de 8 metros según la propietaria

Punto 3: La muestra de agua se tomó en el sector Viscachani II alejado del cerro con coordenadas Este: 395628 Norte: 8275519 con una altura de 3815 msnm con una profundidad del pozo 7 metros según propietario

Punto 4: La muestra de agua se tomó en el sector Pukahuaru con coordenadas Este: 396772 Norte: 8275255 con una altura de 3816 msnm con una profundidad de 10 metros del pozo según propietario.

Punto 5: La muestra de agua se tomó en el sector Karcachuchupa con coordenadas Este: 396248 Norte: 8275104 con una altura de 3817 msnm con una profundidad de 12 metros del pozo según propietario.(ver anexo 07)

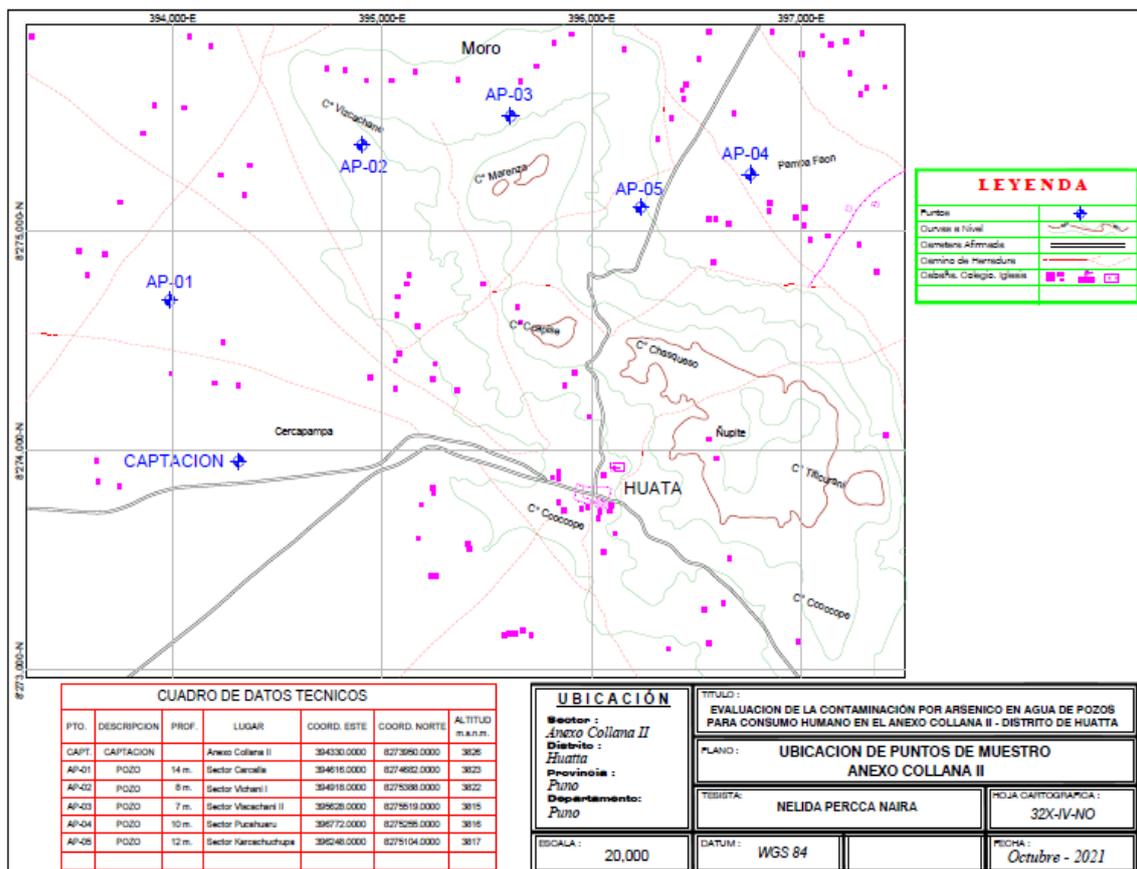


Figura 02: Ubicación de los puntos de Muestreo

3.1.6. DELIMITACIÓN SOCIAL

El presente estudio sirve para que las instituciones involucradas en la vigilancia sanitaria tomen mayor interés, por la salud pública en el anexo Collana II, del distrito de Huata. Finalmente, este trabajo de investigación busca alcanzar objetivos de relevancia, no solo para la salud, sino para áreas académicas y científicas dirigidos al sector medioambiental, información que permitirá estudiar y formular alternativas de solución.

3.1.7. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de tipo aplicada de enfoque cuantitativo. El diseño de investigación es no experimental, porque se tomaron muestras de agua en los pozos sin ninguna manipulación para que sean representativas de las condiciones que presentaron (in situ) para recabar información y analizar las variables, más no se manipulo las variables, el nivel de investigación es descriptivo porque se hace análisis de los datos para la investigación. (Sampieri et al., 2014)

3.1.8. PERIODO DE MUESTREO

Se recolectaron las muestras de agua en pozos de distintas profundidades (para que sean representativas) en el Anexo Collana II, del distrito Huata, la obtención de muestras fueron puntuales durante el mes de Junio del 2021 en tiempos de estiaje (invierno) (anexo 07)

- 23 de Junio 2021 de 6:30 am hasta 10:30 am

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

El muestreo es no probabilístico censal es decir un número por conveniencia de la zona afectada, a extremos de la captación de agua del anexo collana II, se tomaron muestras de agua en cinco (5) pozos de distintas profundidades, un total de cinco (5) muestras, los cuales se realizaron los parámetros físico químicos en campo (in situ) siguiendo el procedimiento de la Norma Técnica Resolución Directoral 160-2015-DIGESA/SA. (anexo 08, fotografías 06)

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- Mapa de ubicación de sitios de estudio del distrito de Huata
- Recopilación de Información Primaria y Secundaria (anexo 03)
- Hojas de recolección datos (anexo 04)
- Fichas de campo

3.3.1.1. EQUIPOS

- Laptop HP
- Cámara Digital
- Equipos de levantamiento de muestras
- Medidor Multiparamétrico
- Turbidímetro
- GPS

3.3.1.2. MATERIALES DE MUESTREO

- Tablero
- Fichas de campo
- Libreta de campo
- Etiqueta para rotular los frascos
- Papel secante
- Plumón indeleble
- Frascos de vidrio 500 ml de laboratorio
- Guantes descartables
- Pipeta
- Pizzetas
- Agua destilada
- Cooler

- Balde
- Soga

3.3.1.3. INDUMENTARIA

- Zapatos de Seguridad
- Gorro o Casco
- Chaleco

3.3.1.4. MOVILIDAD

- Vehículo motorizado (camioneta) para movilizarnos de un punto a otro.
- Transporte interdepartamental para el envío de las muestras
- Transporte urbano para llegar al terminal.

3.4. METODOLOGÍA

Se fijó cinco (5) puntos estratégicos de muestra con códigos de AP - 1 agua de pozos de distintas profundidades, alejadas entre ellas en el mes de Junio del 2021 periodo de estiaje (invierno) con el objetivo de determinar la situación de los parámetros fisicoquímicos y la concentración de arsénico y saber la calidad del agua debido a que se declaró en situación de emergencia por la presencia de arsénico en los pozos de agua de consumo humano. En la siguiente tabla 05 se detalla la ubicación de los puntos de muestreo.(anexo 08, fotografías 05)

Tabla 05: Ubicación de puntos de muestreo

PUNTO DE MUESTREO	ORIGEN DE MUESTRA	PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS UTM DATUM:		
				WGS84 ZONA: 19L		
				ESTE	NORTE	ALTITUD (m.s.n.m)
AP-01	Pozo	14 m.	Sector Carcalla	394616	8274682	3823

AP-02	Pozo	8 m.	Sector Viscachani I	394918	8275388	3822
AP-03	Pozo	7 m.	Sector Viscachani II	395628	8275519	3815
AP-04	Pozo	10 m.	Sector Pukahuaru	396772	8275255	3816
AP-05	Pozo	12 m.	Sector Karcachuchupa	396248	8275104	3817

3.4.1. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN AGUA DE POZOS

Son parámetros de control obligatorio para la vigilancia sanitaria y la calidad del agua para consumo humano (D.S.030-2010 SA.)

La turbiedad (NTU), potencial de hidrógeno (pH), temperatura(T), sólidos totales disueltos (TDS) y la conductividad eléctrica (CE) son parámetros que se realizaron en el mismo lugar de muestreo con un Multiparamétrico HI 98136 y un Turbidímetro HANNA HI93414. (anexo 08 fotografía 01) Tomada en cada punto de muestreo. Para tener datos reales se espera a que estabilice y se logre una lectura constante, luego se hacen apuntes de los valores en las fichas de campo, esta evaluación se realizó (in situ), en los cinco (5) pozos. (anexo 08 fotográfico 05)

3.4.2.1. TOMA DE MUESTRAS DE AGUA EN POZOS

Para la recolección de las muestras se siguió la metodología establecida en la Norma Técnica Peruana de Resolución Directoral 160-2015-DIGESA/SA “protocolo de procedimientos para la toma de muestras preservación, conservación, transporte Almacenamiento y recepción del agua para consumo humano” (anexo 02)

Las muestras de agua fueron tomadas en cinco (5) pozos. Las mismas que fueron recolectadas en envases de vidrio, de un solo uso con capacidad de 500 ml, previamente desinfectados y lavados, al cual no se le adiciona el reactivo que es el de ácido nítrico concentrado, para preservar las muestras de As. para la determinación de concentraciones

de arsénico (As), este procedimiento se aplicó para las cinco (5) muestras. (anexo 08 fotografías 06)

Las muestras fueron etiquetadas adecuadamente con las representaciones de AP, de todos los pozos de tal modo que el laboratorio analiza con los mismos códigos, fueron rotulados con los siguientes datos: **Cogido de muestreo, Hora de muestreo, fecha de muestreo, lugar de muestreo, nombre del muestreador, coordenadas y la altitud mediante un GPS. Finalmente se realizó la cadena de custodia.** (anexo 05)

3.4.2.2. ANÁLISIS QUÍMICO DE MUESTRAS DE AGUA EN LABORATORIO.

Los análisis de Arsénico y Dureza total se realizaron en el laboratorio acreditado por el INACAL. Este procedimiento se realizó mediante el método de Espectrofotometría de Emisión óptica por Plasma (ICP) - OES. (validado). Dureza Total (CaCO3) SMEWW - APHA - AWWA -WEF Prt.2340 b, 22nd Ed. Hardness. Hardness by calculation.(validado) En la empresa Laboratorios Analíticos del Sur E. I. R. Ltda. de la ciudad de Arequipa (anexo 06)

3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 06: Operalización de variables

INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICIÓN A ESCALA
CONTAMINACION POR ARSENICO	FÍSICO-QUÍMICO	T°	° C
		pH	
		Conductividad	µS/cm
		Turbiedad	NTU
		sólidos totales disueltos	mg/L
		Dureza total	mg/L

PARAMETROS INORGANICOS	METALOIDE	Arsénico (As)	mg/L
DEPENDIENTE			
CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO	LMP	Parámetros de control de la calidad de agua para consumo humano	Decreto Supremo N° 031- 2010 SA

3.6. MÉTODO

3.6.1. DISEÑO ESTADÍSTICO

Se aplicó instrumentos estadísticos para hacer análisis de los resultados de los puntos de muestreo se utilizó :

- Tablas de distribución de frecuencias, variables porcentuales y las correspondientes relaciones de los datos.
- Gráficos estadísticos, las tablas de resultados se grafican en barras para observar las frecuencias y su comportamiento.
- Para la correlación de la concentración de Arsénico con los parámetros físico químicos se aplicó el coeficiente de Pearson.

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN AGUA DE POZOS

Se describen los resultados de laboratorio (anexo 06) con cinco (5) puntos de muestreo realizados en el anexo Collana II, del distrito de Huata. Así mismo se indican los parámetros fisicoquímicos de campo (In-Situ), (ver anexo 04) los resultados se detallan en la siguiente Tabla 07: Resultados de laboratorio y campo (in situ)

PUNTO DE MEDICIÓN	DESCRIPCIÓN	TIPO DE POZO	RESULTADOS						
			pH		TURBIDEDAD	SÓLIDOS DISUELTOS	CONDUCTIVIDAD	ARSÉNICO	DUREZA TOTAL
			6.5 a 8.5	T°	(5) NTU	(1000) mg/l.	(1500) µS/cm	(0,010) mg/l	(500) mg/l.
AP-01	Pozo Sector Carcalla	Pozo artesanal	7,52	12,3	2,78	1048	2450	0,0057	576
AP-02	Pozo Sector Viscachani I	Pozo artesanal	7,93	12,6	1,8	1000	7700	0,0232	2719
AP-03	Pozo Sector Viscachani II	Pozo artesanal	7,12	13,1	2,22	1811	2420	0,0078	881
AP-04	Pozo Sector Pukahuaru	Pozo artesanal	7,82	12,6	4,62	620	1860	0,0093	361,1
AP-05	Pozo Sector Karcachuchupa	Pozo artesanal	7,73	15,2	0,72	509	1720	0,0028	255,7

Fuente: Resultados de laboratorio

4.1.1. RESULTADOS ESTADÍSTICOS

Resultados de laboratorio y parámetros de campo del anexo Collana II.

4.1.2.1. Parámetro Arsénico

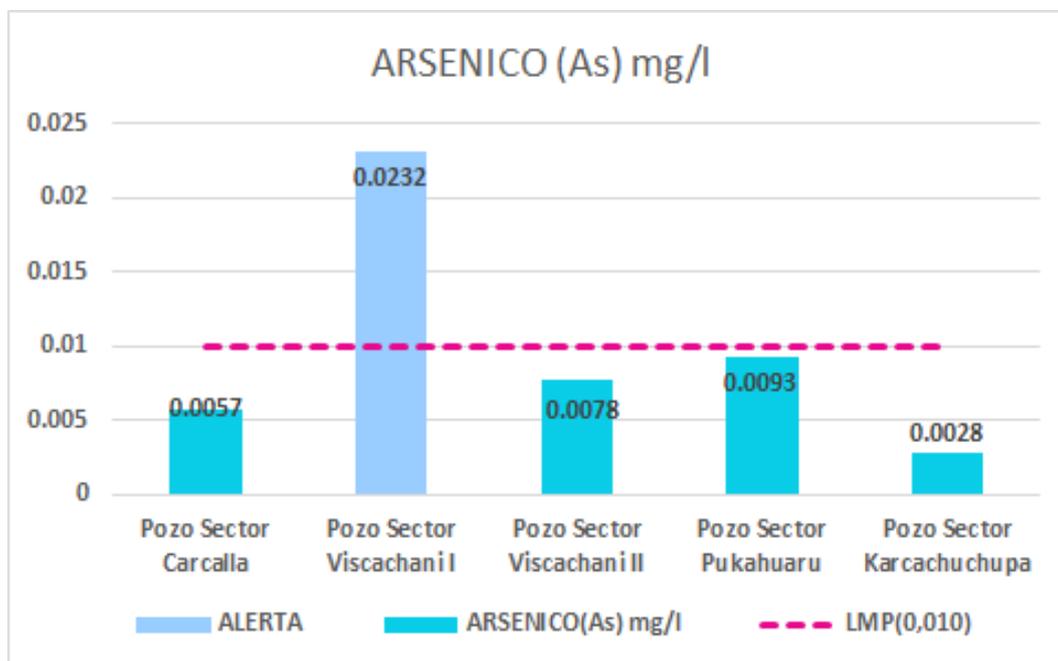


Figura 03: Concentración de arsénico en agua de pozos

En la figura 06: Se observa que, de todas las muestras analizadas en laboratorio, en el pozo 2 del sector Viscachani I, Sobrepasan los LMP con una concentración de 0,0232 mg/l. de As, según lo establecido por la normativa peruana mediante D.S N° 031 -2010-SA no debería exceder de 0,010 mg/l de concentración de As, así lo indica la Organización Mundial de la Salud (OMS)

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene (Altamirano et al., 2020) en su investigación “Análisis del cabello humano para valorar la exposición a arsénico en usuarios de agua contaminada de la comunidad La Fuente en, La Paz Centro, León Nicaragua.” determinó Arsénico en agua es de 2.0 a 103.0 µg/L, en un manantial termal; en (24 pozos) monitoreados reportándose el máximo valor en un manantial termal; en donde un 70% presentan valores no aptos para consumo (mayor o igual a 10 µg/L). Asimismo (Morales et al., 2018) en su investigación “Arsénico total ante valores de pH en

el agua superficial de la cuenca hidrográfica-Sama, región Tacna-Perú”. obtuvo valores de arsénico de 0,0731; 0,29835; 0,287 y 0,711 mg.L⁻¹, lo que superó el límite máximo permisible (0,01 mg.L⁻¹); sobre las aguas superficiales de la cuenca hidrográfica. También (Navarro, 2019), en su estudio “Contaminación de las Aguas Subterráneas por Arsénico en el distrito de Juliaca – Perú.” encontró en la ciudad de Juliaca, concentraciones de As de 73.5 µg L⁻¹; en las aguas subterráneas donde supera el límite máximo de 10 µg L⁻¹, establecido por la directriz de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Por otro lado citamos a (Panca, 2014) en su investigación “Contaminación natural por arsénico en aguas subterráneas de las localidades de Carancas y Huata en el departamento de Puno” Las concentraciones de arsénico en las zonas evaluadas Huata alcanzan hasta 500 µg/L por encima de los límites aceptables considerados por la USEPA y normas nacionales de 10µg/L. En la zona de Carancas, las aguas subterráneas de acuíferos confinados presentan concentraciones de arsénico por encima de 10µg/L,

4.1.2.2. Parámetro Dureza total

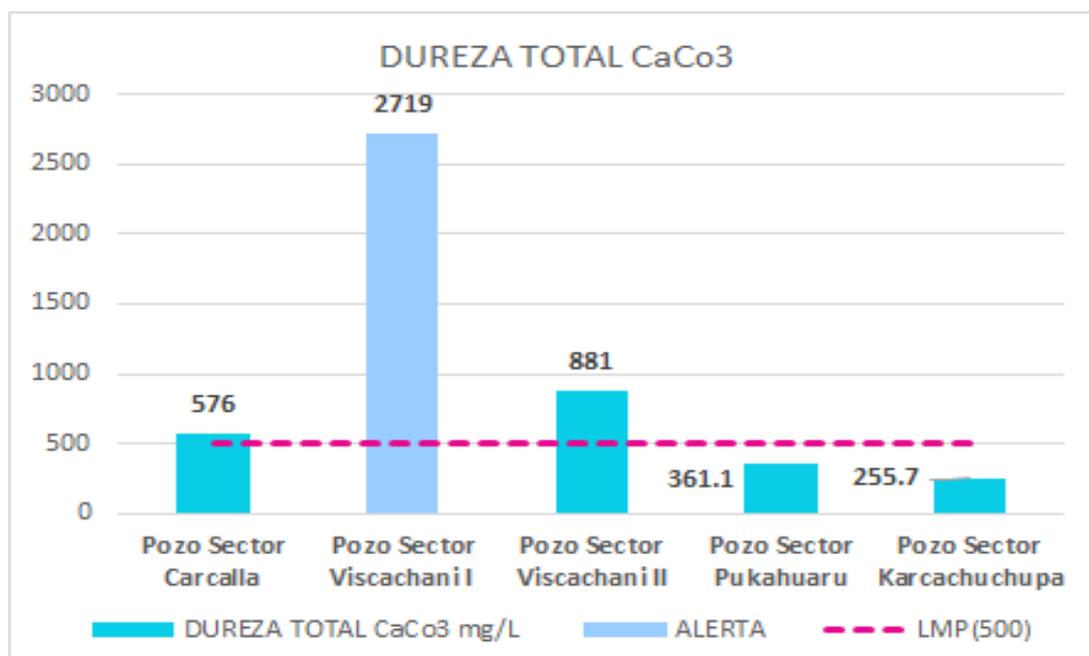


Figura 04: Concentración de dureza total en agua de pozos

En la figura 07: Se observa que, de todas las muestras analizadas en laboratorio están en el intervalo 2719 y 255.7 CaCO_3 mg/l. indicando que no están dentro de lo establecido por la norma peruana D.S N° 031-2010-SA. los cuales no deben sobrepasar 500 mg/l.

La dureza total es el resultado de las concentraciones de carbonato de calcio y magnesio en el agua, que se da generalmente en las zonas de material calcáreo o calizas como es el caso de la zona anexo collana II, distrito de Huata. Cuyos macizos rocosos son de este tipo, el comportamiento se aprecia en la figura 07: El pozo dos (2) del sector Viscachani I, presenta valores altos de dureza total con 2719 mg/l de concentración en agua siendo elevadísimo y no apta para el consumo humano de acuerdo con el D.S. 031-2010-SA

Estos resultados se relacionan con lo que sostiene (Sánchez et al., 2019) en su estudio “Calidad del agua subterránea acuífero sur de Quintana Roo, México” 2002 y 2012. Indica, es debido a la propia geología del lugar; que excedieron el límite permisible de la NOM-127-SSA1-1994 ; dureza total (60%); Na^+ (9.8%); Cl^- (9.9%), y NO_3^- (3%, 2012). asimismo (Carmona, 2017) en su estudio “Determinación de plomo y dureza cálcica en agua de consumo humano de Caja de Agua – San Juan de Lurigancho. Febrero – marzo 2017.” Encontró que la dureza cálcica promedio presenta 3708,6 mg CaCO_3/L con valores que oscilan entre 1042,5 y 1173,25 mg CaCO_3/L . El 2857% de muestras analizadas superaron el límite máximo permisible (500 mg CaCO_3/L), establecido para la dureza cálcica en agua de consumo humano según la OMS DS N° 031-2010-SA. de igual manera (Navarro, 2019), en su investigación “Contaminación de las Aguas Subterráneas por Arsénico en el distrito de Juliaca – Perú.” Encontró la concentración de la CaCO_3 454.692 mg L^{-1} , Ca^{2+} 115.659 mg L^{-1} , Mg^{2+} 33.383 mg L^{-1} , SO_4^{2-} 80.981 mg L^{-1} y Cl^- 146.037 mg L^{-1} ; estos valores se ubicaron dentro de los estándares nacionales e internacionales.

4.1.2.3. Parámetro potencial de hidrógeno (pH)

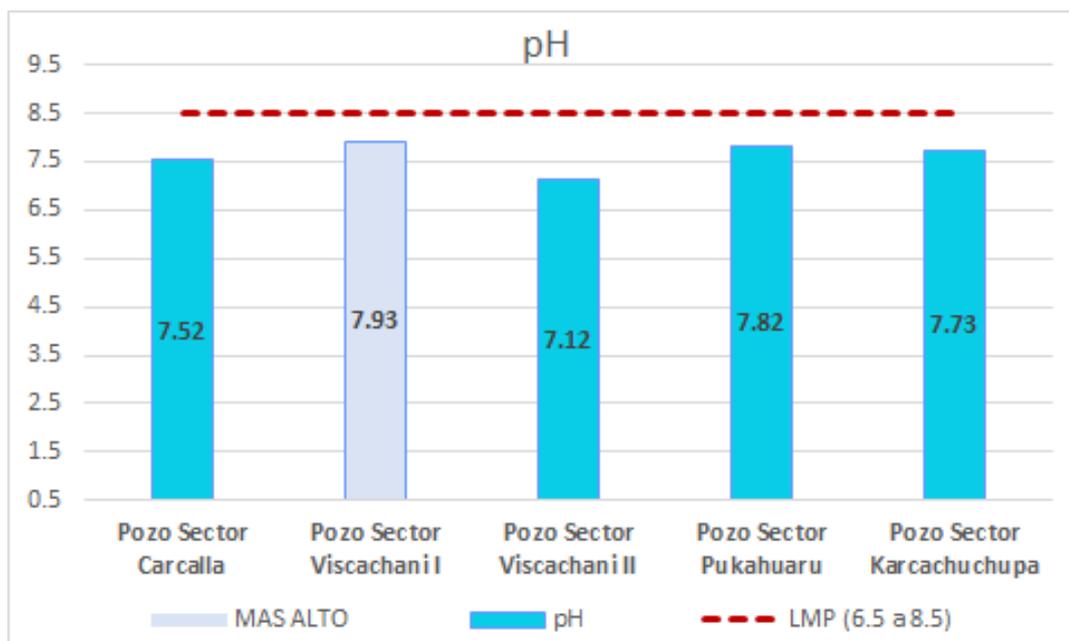


Figura 05: Análisis de potencial de hidrógeno (pH) en agua de pozos

En la figura 08: Se observa que, de todas las muestras analizadas en campo tenemos como valor máximo 7,93 pH, en el pozo Viscachani I, y el mínimo es de 7,12 pH en el pozo sector Viscachani II, siendo estas aguas de tendencia alcalina, están dentro de lo establecido por la normativa peruana D.S N° 031-2010-SA. Indica que debe de ser de pH (6,5 a 8.5),

El potencial de hidrógeno en el pozo número 2 en el sector Viscachani I, demuestra que este parámetro puede ser determinante como un indicador de la presencia de arsénico en agua, el pozo Viscachani I, el cual sobrepasa los LMP de arsénico es uno de los que tiene Mayor pH siendo de tendencia alcalinas por encima de 7.

Estos resultados tienen relación con (Paredes, 2021) en su investigación “Parámetros físico químicos y metales pesados en aguas del acuífero fisurado sedimentario y el acuífero poroso no consolidado alto de la ciudad de Juliaca” encontró el pH el más alto es en AP-03 un valor de 7.9 está dentro del rango permitido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) asimismo citamos a (Morales et al., 2018) en su estudio “Arsénico

total ante valores de pH en el agua superficial de la cuenca hidrográfica-Sama, región Tacna-Perú”. En sus resultados de parámetros físico-químicos el pH es de 8.55 con una concentración de As.0,29835 en noviembre siendo la concentración más alta de As. Así mismo (Navarro, 2019) en su estudio “Contaminación de las Aguas Subterráneas por Arsénico en el distrito de Juliaca – Perú”. encontró en los parámetros fisicoquímicos como pH de 7.595, estos valores se ubicaron dentro de los estándares nacionales e internacionales, según (APHA, 1992).

4.1.2.4. Parámetro Turbiedad

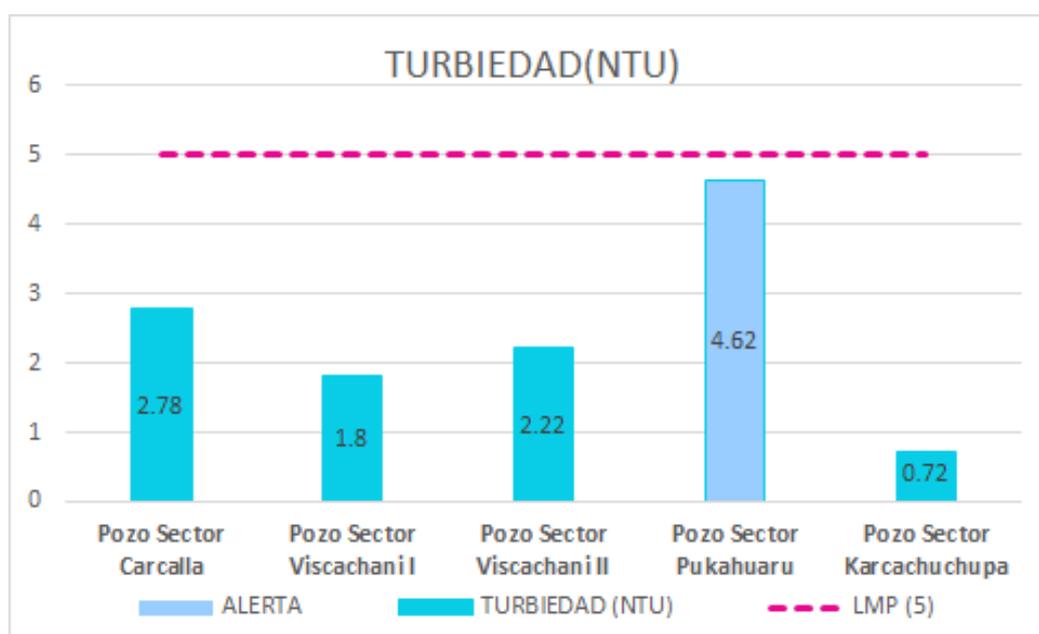


Figura 06: Análisis parámetros de campo Turbiedad en agua de pozos

En la figura 9: Se observa que, de todas las muestras analizadas están en el intervalo 0.72 y 4.62 unidades nefelométricas en campo, indicando que están dentro de lo establecido por la normativa peruana D.S N° 031-2010 SA. los cuales no deben sobrepasar 5 NTU.

La turbiedad que más se acerca a los LMP es el pozo número 4 en el sector Pukahuaru, lo que demuestra que este parámetro no es determinante como un indicador de la presencia de arsénico en agua de pozo ya que el pozo Viscachani I, el cual sobrepasa los LMP de arsénico es uno de los que tiene menor turbiedad como se muestra en el imagen

número (anexo 08 fotografías 08), Comparación de turbiedad de las muestras de agua de Viscachani y pukahuaru.

Estos resultados tienen relación con lo que sostiene (Navarro, 2019) en su investigación “Contaminación de las Aguas Subterráneas por Arsénico en el distrito de Juliaca – Perú”. encontró NTU turbiedad con valores de 5.250, estos valores se ubicaron dentro de los estándares nacionales e internacionales. Asimismo (Mamani, 2019) en su estudio “Determinación de la concentración de Arsénico (As) total en las aguas subterráneas de pozos tubulares en el distrito de Juliaca” encontró en su investigación el nivel más alto de 6,43 NTU estos valores se encuentran por encima de lo establecido por la normativa. También (Paredes, 2021) en su investigación “Parámetros físico químicos y metales pesados en aguas del acuífero fisurado sedimentario y el acuífero poroso no consolidado alto de la ciudad de Juliaca” en sus resultados de la turbiedad encontró valores de 1.29 NTU en AP-03 en épocas de estiaje el valor está dentro de la normativa D.S.031-2010 SA.

4.1.2.5. Parámetro Conductividad

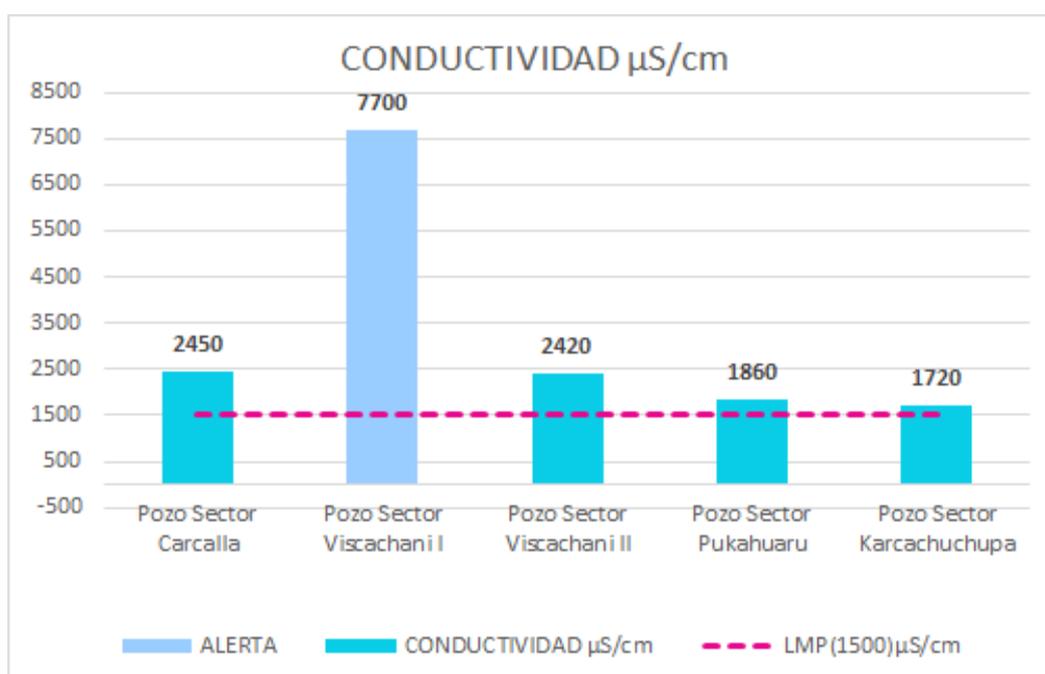


Figura 07: Análisis parámetro conductividad eléctrica en agua de pozos

En la figura 10: Se observa que, de todas las muestras analizadas en campo están en el intervalo de 1720 y 7700 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando que no están dentro de lo establecido por la normativa peruana D.S N° 031-2010-SA. las cuales sobrepasan los 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La conductividad sobrepasa los LMP en todos los pozos monitoreados en el pozo número 2 del sector Viscachani I, presenta valores elevados de 7700 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Lo que demuestra que este parámetro es un indicador de la presencia de iones y sales disueltas por eso la presencia de la conductividad eléctrica en las aguas de pozos que guardan relación con la del arsénico según los gráficos de comparación y del organoléptico, además con el manifiesto de, los pobladores de ese pozo.(anexo 8 fotografías 07)

Estos datos se relacionan con lo que menciona (Solís et al., 2018), mencionan en su estudio “Conductividad como parámetro predictivo de dureza en agua subterránea y agua de manantial de Costa Rica” encontró conductividad de 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 5490 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para pozos y de 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 499 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para nacientes no se encuentran dentro de lo establecido por la normativa. Así mismo (Navarro, 2019) en su investigación “Contaminación de las Aguas Subterráneas por Arsénico en el distrito de Juliaca – Perú” encontró Conductividad Eléctrica de 1238.539 $\mu\text{S}/\text{cm}$ estos valores se ubicaron dentro de los estándares nacionales e internacionales. de similar manera (Mamani, 2019) en su estudio “Determinación de la concentración de Arsénico (As) total en las aguas subterráneas de pozos tubulares en el distrito de Juliaca” en sus resultados encontró la Conductividad Eléctrica 2075,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sobrepasando los Límites Máximos Permisibles así mismo (Paredes, 2021) en su investigación “Parámetros físico químicos y metales pesados en aguas del acuífero fisurado sedimentario y el acuífero poroso no consolidado alto de la ciudad de Juliaca” encontró en sus resultados un valor de 2730 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en AP-06 en época de estiaje siendo el valor más alto que sobrepasa los establecido por el D.S.031-2010 SA.

4.1.2.6. Parámetro Sólidos totales disueltos

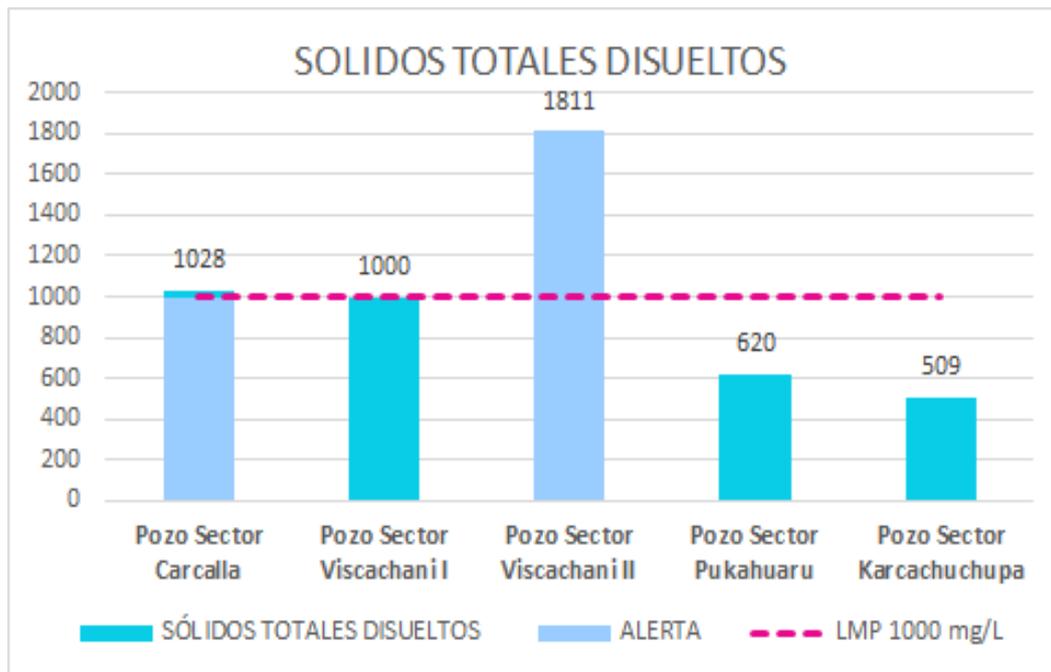


Figura 08: Análisis parámetro sólidos totales disueltos en agua de pozos

En la figura 11: Se observa que, de todas las muestras analizadas en campo están en el intervalo de 509 y 1811 mg/l indicando que no están dentro de lo establecido por la normativa peruana D.S.N° 031-2010-SA. Las cuales no deben sobrepasar los 1000 mg/l.

Los sólidos totales disueltos en agua tenemos como valor máximo, en pozo número 3 del sector Viscachani II, con un valor 1811 mg/L TDS los cuales sobrepasan LMP de 1000 mg/l. Así mismo en el pozo Carcalla tenemos 1028 mg/l. y en el pozo Viscachani I, tenemos 1000 mg/l. se encuentra dentro de lo establecido. Lo que demuestra que este parámetro pueda que no determine o sea un indicador de la presencia de arsénico en agua de pozo, en niveles elevados de TDS no existe valores altos de la presencia de arsénico en el agua a diferencia de los demás pozos evaluados se aprecia que los valores sobrepasan LMP.

En teoría (Robles et al., 2013) indica en su investigación “Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua del acuífero tepalcingo-axochiapan, morelos, méxico” su origen está

interrelación con los suelos, la suspensión de partículas, de un tamaño muy pequeño, estos sólidos pueden hacer variar la coloración del agua natural expresado como turbidez, la cual puede provocar una respuesta fisiológica negativa en la persona.

4.2. DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN RELACIÓN CON LOS PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS

4.2.1. Arsénico y Dureza total

Tabla 08: Comparación de la concentración de arsénico y dureza total

PUNTOS DE MUESTREO	POZO 1 CARCALLA	POZO 2 VISCACHANI I	POZO 3 VISCACHANI II	POZO 4 PUKAHUARU	POZO 5 KARCACHUCHUPA
Arsénico	0,0057	0,0232	0,0078	0,0093	0,0028
Dureza Total	576	2719	881	361,1	255,7

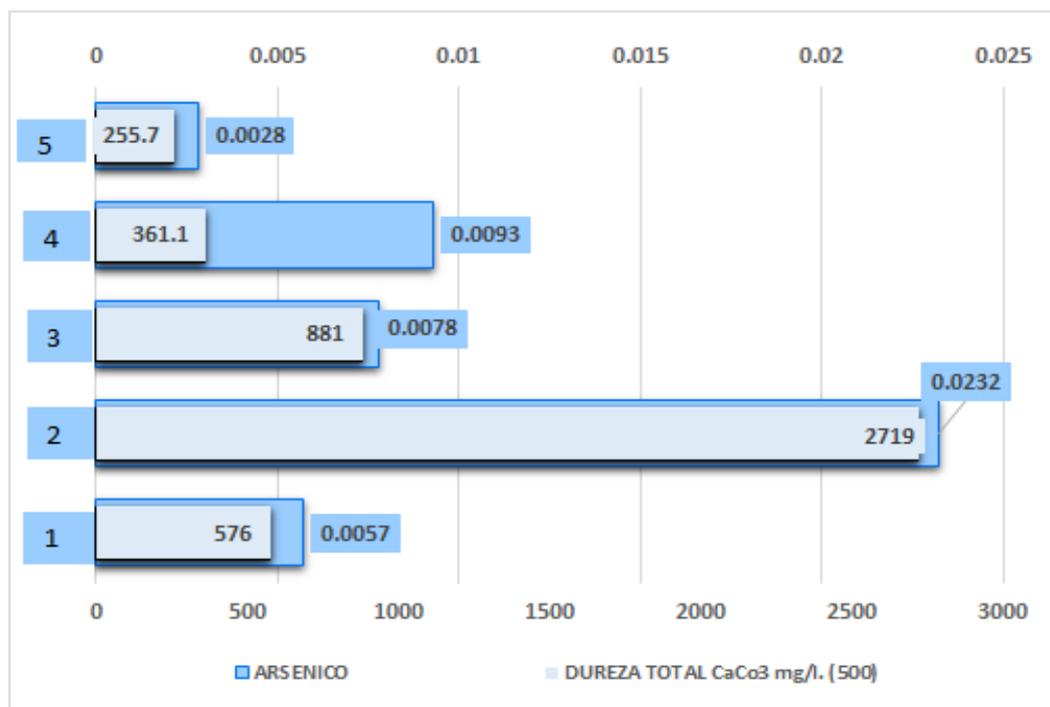


Figura 09: Comparación de Arsénico con la Dureza total

En relación al arsénico (As) de los análisis respectivos, los pozos respectivamente, guardan referencia con las concentraciones a la dureza total, es decir los pozos de menor dureza tienen también bajos contenidos de arsénico cada uno en su concentración respectiva así, por ejemplo. El pozo cinco (5) del sector Karcachuchupa, tiene valores de (As 0,0028 mg/l) con una dureza de (255.7mg/l.), el agua de este pozo cinco (5) es apta para el consumo humano con estos dos parámetros.

Por otro lado, el pozo dos (2) del sector Viscachani I, tiene elevadas concentraciones de (As 0,0232 mg/l.) y (CaCo₃, 2719 mg/l) haciendo del agua no apta para el consumo humano, por lo que se puede inferir que el As, presente en estas aguas pueden ser de origen geológico debido a que la dureza se presenta por la disolución de rocas calizas que existen en la zona de estudio, esto estaría demostrando ser de origen geológico de acuerdo a la figura 12: Ambos sobrepasan los valores establecidos por la norma.

4.2.2. Arsénico y Potencial de hidrógeno

Tabla 09: Comparación de la concentración de arsénico y pH

PUNTOS DE MUESTREO	POZO 1 CARCALLA	POZO 2 VISCACHANI I	POZO 3 VISCACHANI II	POZO 4 PUKAHUARU	POZO 5 KARCACHUCHUPA
Arsénico	0,0057	0,0232	0,0078	0,0093	0,0028
(pH)	7.52	7.93	7.12	7,82	7,73

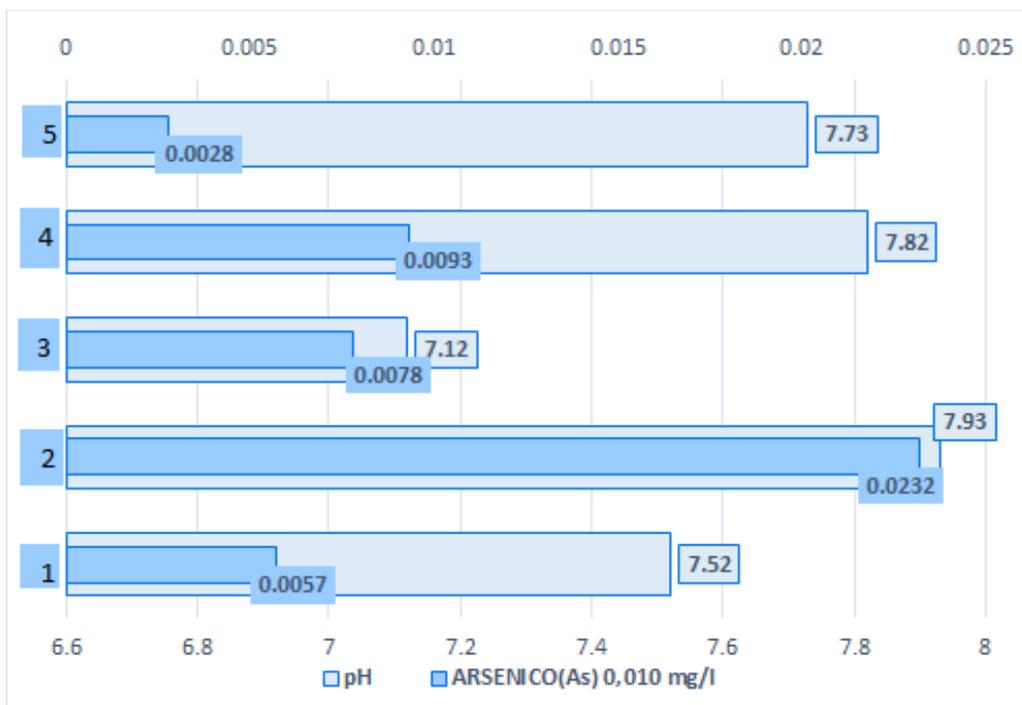


Figura 10: Comparación de Arsénico con potencial de Hidrógeno

El arsénico (As) tiene dos estados de oxidación como son el Arsénico pentavalente (+5) y el arsénico trivalente (+3) siendo más tóxico el (As)Trivalente (+3), este último está actuando como un metal y los metales por el bajo estado de oxidación se disuelven en el agua generando la alcalinidad lo que se observa en el la figura 13: El comportamiento del pH. todos por encima de 7 siendo de tendencia alcalina.

4.2.3. Arsénico y turbiedad

Tabla 10: Comparación de la concentración de arsénico y la turbiedad

PUNTOS DE MUESTREO	POZO 1 CARCALLA	POZO 2 VISCACHANI I	POZO 3 VISCACHANI II	POZO 4 PUKAHUARU	POZO 5 KARCACHUCHUPA
Arsénico					
mg/L	0,0057	0,0232	0,0078	0,0093	0,0028
Turbiedad					
(UNT)	2,78	1,8	2,22	4,62	0,72

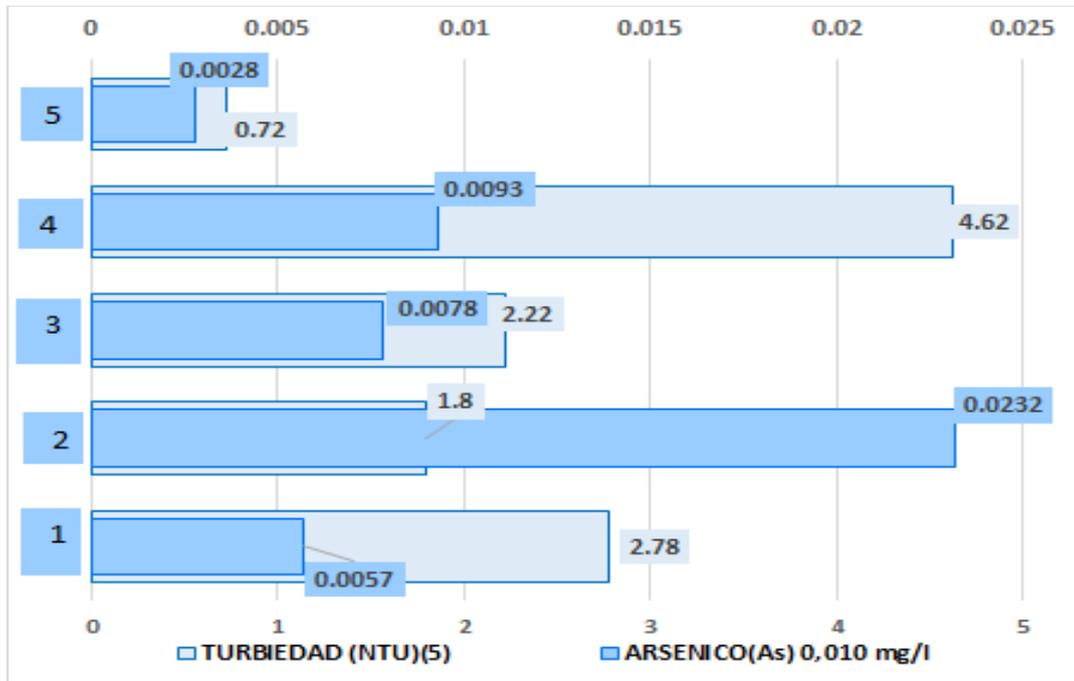


Figura 11: Comparación de la concentración de arsénico con turbiedad

Según la figura 14: La turbiedad no guarda relación con las concentraciones de As debido a que las partículas que fomentan la turbiedad son de mayor tamaño de $10^{-7}10^{-3}cm$. Por lo que no contribuye a las concentraciones de arsénico en el agua.

4.2.4. Arsénico y conductividad eléctrica

Tabla 11: Comparación de la concentración de arsénico y conductividad eléctrica

PUNTOS DE MUESTREO	POZO 1 CARCALLA	POZO 2 VISCACHANI I	POZO 3 VISCACHANI II	POZO 4 PUKAHUARU	POZO 5 KARCACHUCHUPA
Arsénico	0,0057	0,0232	0,0078	0,0093	0,0028
Conductividad Eléctrica	2450	7700	2420	1860	1720

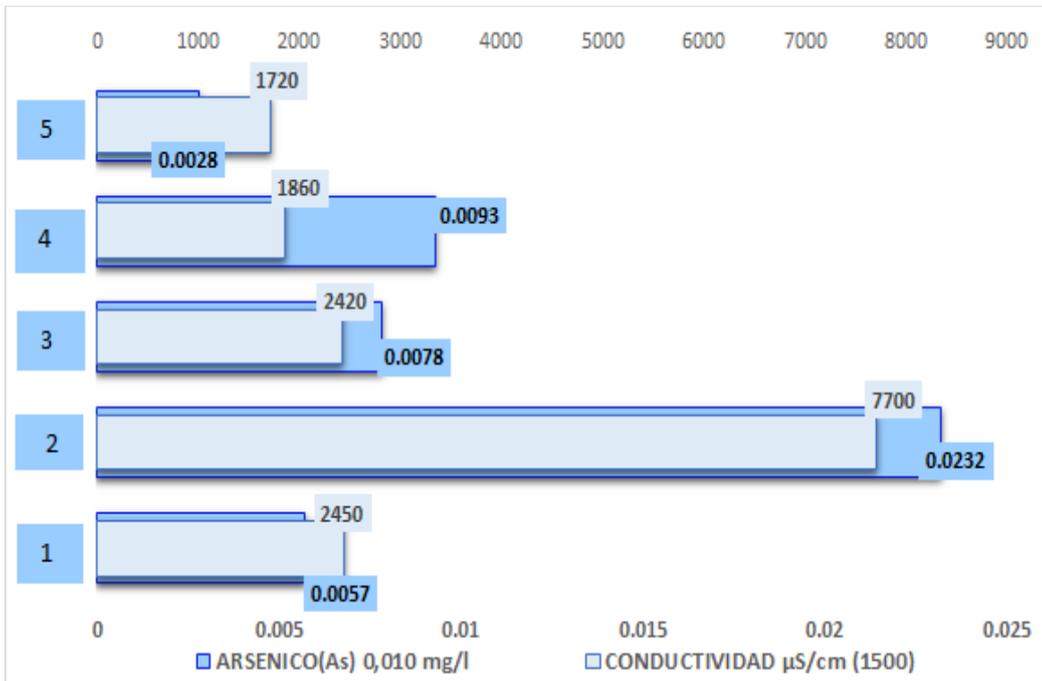


Figura 12: Comparación de Arsénico con la conductividad (CE) en agua.

En relación al arsénico (As) de los análisis de los pozos respectivamente, guardan relación, es decir los pozos de menor conductividad tienen también bajos contenidos de arsénico cada uno en su concentración respectiva así, por ejemplo, el pozo cinco (5) del sector Karcachuchupa, tiene valores (As 0,0028 mg/l) con una (CE 1720 µS/cm), el agua de este pozo cinco (5) contiene presencia de sales.

Por otro lado, el pozo dos (2) del sector Viscachani I, tiene elevadas concentraciones de (As, 0,0232 mg/l.) y (CE, 7700 µS/cm) haciendo del agua no apta para el consumo humano, por lo que se puede inferir que el As, presente en estas aguas pueden ser de origen geológico debido a que la CE en esta zona es por la disolución de sales es que aumenta la probabilidad de los iones de As. Trivalente (III) y las sales disueltas en agua (sodio) generan estas conductividades, así como se muestra en la figura 15: Ambos sobrepasan los valores establecidos por la norma.

4.2.5. Arsénico y Sólidos totales disueltos

Tabla 12: Comparación de la concentración de arsénico y sólidos totales disueltos

PUNTOS DE MUESTREO	POZO 1 CARCALLA	POZO 2 VISCACHANI I	POZO 3 VISCACHANI II	POZO 4 PUKAHUARU	POZO 5 KARCACHUCHUPA
Arsénico	0,0057	0,0232	0,0078	0,0093	0,0028
Sólidos totales disueltos	1048	1000	1811	620	509

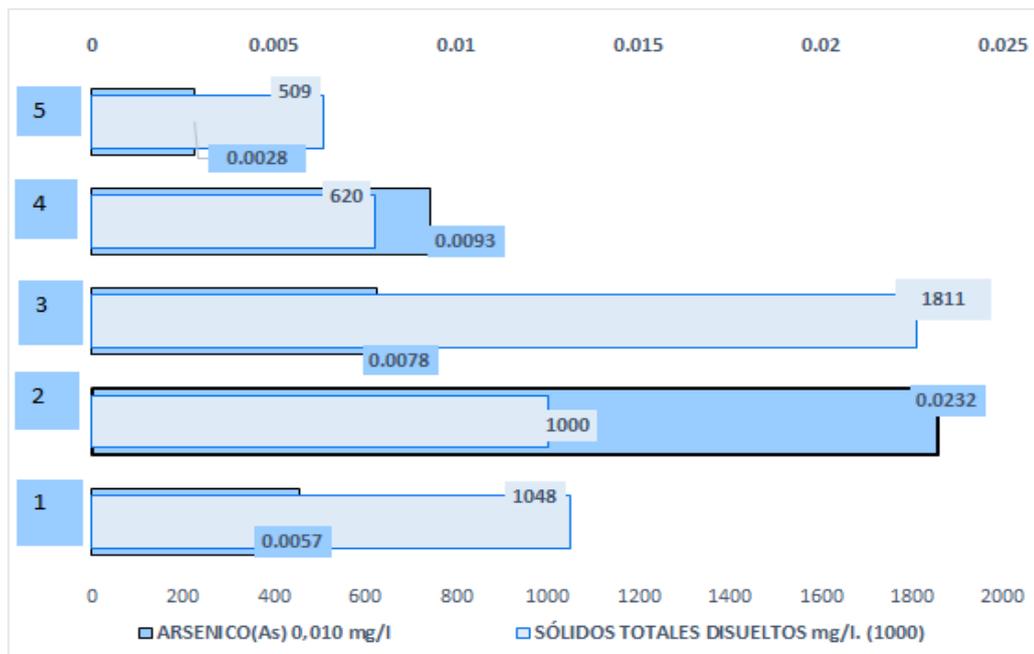


Figura 13: Comparación de Arsénico con Sólidos totales disueltos

Los sólidos totales disueltos son el resultado de los sólidos precipitables y no precipitables presentes en el agua, lo que nos indica que no tienen una relación directa con las concentraciones de Arsénico en el agua, no son influyentes así se demuestra con la figura 16: Pero se observa que sobrepasa los LMP en 3 pozos.

4.3. GRÁFICOS PRUEBA ESTADÍSTICA R DE PEARSON

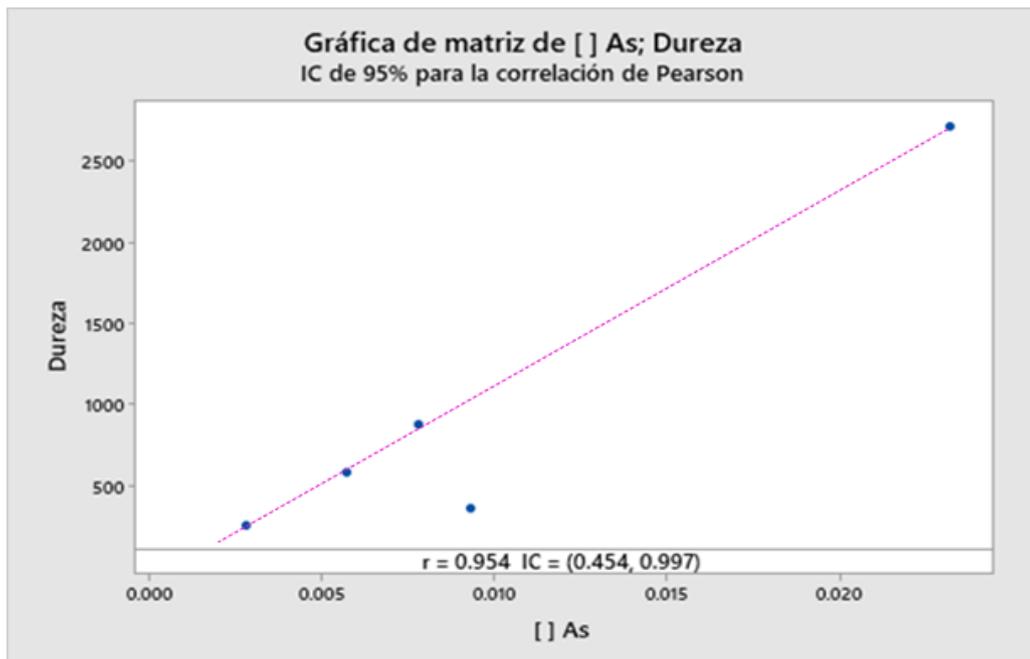


Figura 14: Correlación de concentración de As, y dureza total

En la figura 17: Se realizó la prueba de Pearson de los puntos monitoreados en orden respectivo, cuya ecuación está representada en la propia figura con su correspondiente r , este comportamiento es semejante al del arsénico y la dureza del mismo grado de ambos gráficos

Se concluye que los parámetros fisicoquímicos si tienen relación así como se observa en la figura 17: La dureza y la concentración de arsénico se relacionan con la dureza es el resultado de aguas con presencia de carbonatos de magnesio y calcio que se han formado por disolución de calizas por arrastre, infiltración de aguas precipitadas que forman la napa freática según (Álvarez et al., 2017) las cuales al ser semejante con la del arsénico muestra que este último puede ser de origen geológico.

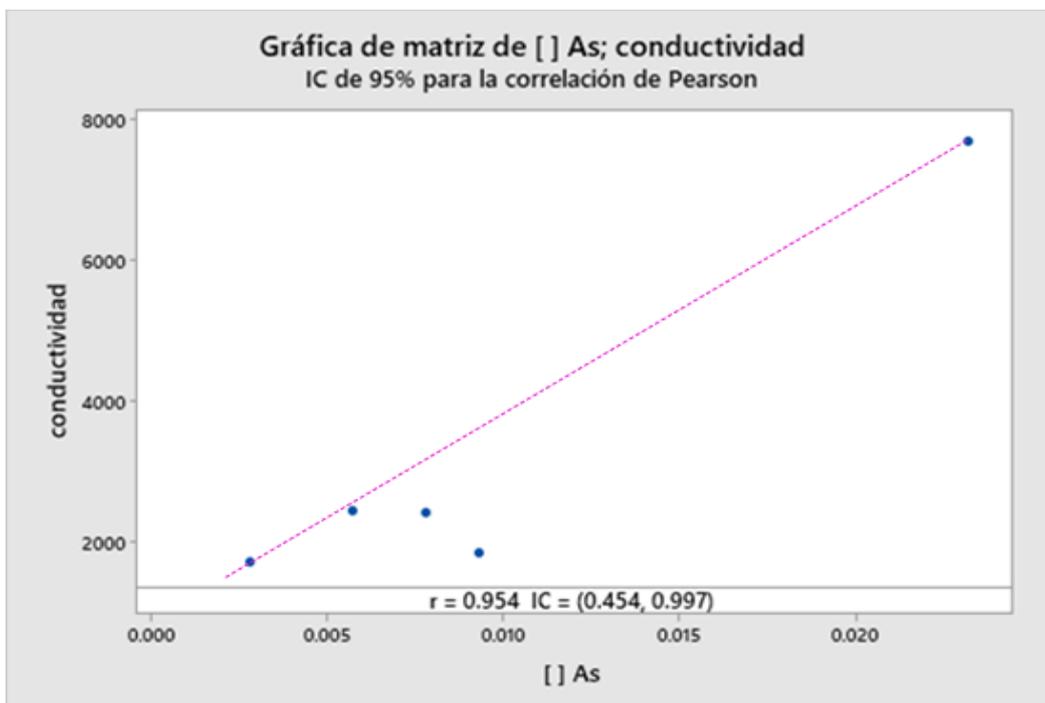


Figura 15: Correlación de Concentración de Arsénico y Conductividad Eléctrica.

Según la figura 18: Se realizó el ajuste de los puntos monitoreados en orden respectivo, cuya ecuación está representada en la propia figura con su correspondiente r , la conductividad eléctrica en lo que demuestra que este parámetro es un indicador de la presencia de iones y sales disueltas por eso la presencia de la conductividad eléctrica en agua de pozos que guardan relación con la del arsénico y de la evaluación organoléptico, además, con el manifiesto de los pobladores del pozo con presencia de As. Este comportamiento es semejante al correspondiente a la ecuación del arsénico la dureza y conductividad eléctrica.

Citamos (Neira, 2006) donde menciona que el agua adquiere la dureza cuando pasa a través de las formaciones geológicas que contienen los elementos minerales que la producen y por su poder solvente los disuelve e incorpora. El agua adquiere el poder solvente, debido a las condiciones ácidas que se desarrollan a su paso como la presencia de carbonatos calcio y magnesio, el hierro, estroncio, estas pueden contribuir también con la dureza. Así mismo Citamos a (Carvajal et al.,2010) en su investigación métodos analíticos para la evaluación de la calidad fisicoquímica del agua la conductividad es la

conducción de corriente eléctrica a través de los iones disueltos en el agua. Los iones más positivos son el sodio (Na^+), calcio (Ca^{+2}), potasio (K^+) y magnesio (Mg^{+2}). Los iones más negativos son cloruro (Cl^-), sulfato (SO_4^{-2}), conductividad eléctrica. La mayoría de los ácidos, bases y sales son inorgánicos.

4.4. PRUEBA DE HIPÓTESIS

HIPÓTESIS GENERAL

HIPÓTESIS ALTERNA H_a : Existe alto grado de contaminación por arsénico (As) en agua de pozos para consumo humano en el anexo Collana II, distrito de Huata, 2021.

$$H_a \geq \text{LMP Agua para consumo Humano}$$

la hipótesis alterna es aceptada de acuerdo a los resultados

HIPÓTESIS NULA H_0 : Existe alto grado de contaminación por arsénico (As) en agua de pozos para consumo humano en el anexo Collana II, distrito de Huata, 2021.

$$H_0 \leq \text{LMP Agua para consumo Humano}$$

De acuerdo al análisis realizado no se acepta la hipótesis nula

Por consiguiente, se acepta la hipótesis general

HIPÓTESIS ESPECÍFICAS 1

HIPÓTESIS ALTERNA H_a : La concentración de Arsénico (As) excede los Límites Máximos Permisibles (LMP) en agua de pozos para consumo humano en el anexo Collana II, distrito de Huata, 2021.

$$H_a \geq \text{LMP Agua para consumo Humano}$$

El exceso es 0,0232 mg/l la hipótesis alterna es aceptada de acuerdo a los resultados

HIPÓTESIS NULA H_0 : La concentración de Arsénico (As) no excede los Límites Máximos Permisibles (LMP) en agua de pozos para consumo humano en el anexo Collana II, distrito de Huata, 2021.

$$H_0 \leq \text{LMP Agua para consumo Humano}$$

De acuerdo al análisis realizado no se acepta la hipótesis nula

Por consiguiente, se acepta la hipótesis específica 1

HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2

HIPÓTESIS ALTERNA Ha: No existe relación en la concentración de Arsénico (As) con los parámetros físico químicos en agua de pozos para consumo humano en el anexo Collana II del distrito de Huata, 2021.

$$H_0 : H_A \neq H_{Ao} ; H_B \neq H_{Ao}$$

HAo: Arsénico

HA : Dureza

HB : Conductividad eléctrica

Según los resultados de coeficiente de correlación Pearson al 95% de confianza se obtiene un coeficiente $r = 0.954$ en relación a la dureza y a la conductividad eléctrica por consiguiente se rechaza la hipótesis alterna.

HIPÓTESIS NULA H₀: Existe relación en la concentración de Arsénico (As) con los parámetros físico químicos en agua de pozos para consumo humano en el anexo Collana II del distrito de Huata, 2021.

$$H_0 : H_A = H_{Ao} ; H_B = H_{Ao}$$

HAo: Arsénico

HA : Dureza

HB : Conductividad eléctrica

Según los resultados de coeficiente de correlación Pearson al 95% de confianza se obtiene $r = 0.954$ para la dureza y $r = 0,954$ respecto a la conductividad por consiguiente de acuerdo al análisis de los datos existe correlación. Por consiguiente, se acepta la hipótesis nula para agua de pozos de consumo humano en el nexa Collana II, distrito de Huata.

CONCLUSIONES

PRIMERA

El grado de contaminación por Arsénico (As) en agua de pozos para consumo humano en el anexo Collana II, distrito de Huata, 2021, excede en un (1) punto de monitoreo, en el POZO 2 (AP-02) del sector Viscachani I, con un valor de 0,0232 mg/l, el cual sobrepasa lo establecido por los LMP, que no debería exceder los 0,010 mg/l de As establecidos por el D.S.031-2010 SA; mientras que en los demás pozos se mantienen sus parámetros de As por debajo de los mencionados LMP.

SEGUNDA

De acuerdo al análisis de As respecto a los Límites Máximos Permisibles en agua de pozo para consumo humano en el Anexo Collana II, distrito de Huata, 2021, realizados en los cinco (5) pozos, monitoreados se ha encontrado la presencia de arsénico en el POZO 2, sector Viscachani I, con un valor de 0,0232 mg/l de concentración, con un exceso de 0,0132 mg/l, representando un 130% de concentración de As. Mientras que el As en el POZO 1 es de 0,0057 mg/l, en el POZO 3 es de 0,0078 mg/l, en el pozo 4 es de 0,0093 mg/l, y por último en el pozo 5 el As es de 0,0028 mg/l, los cuales no exceden los LMP, ya que sus concentraciones de As son mínimas.

TERCERA

Se determinó los resultados de los parámetros físico-químico de agua de pozo para consumo humano con As por encima de los LMP en el anexo Collana II, los cuales se obtuvieron en laboratorio y trabajos de campo, así como pruebas estadísticas (como el coeficiente de correlación Pearson al 95% de confianza), que nos da un coeficiente de $r=0.954$ en la correlación de As y CaCo_3 , As y CE. Se observa una semejanza de variaciones en cada pozo, en el sector Viscachani I, POZO 2 presenta una concentración de 0,0232 mg/l de As, la (CaCo_3) es de 2719 mg/l que nos lleva a deducir que la CaCo_3 es de origen geológico, el cual repercute sobre el As. Además, la CE es de 7700 $\mu\text{S}/\text{cm}$, su presencia de origen geológico, y no de origen antropogénico su contaminación. Otro parámetro de relevancia es el pH, de todos los pozos muestreados, todos son mayores de 7, siendo aguas de tendencia alcalina, que indica que existe presencia de metales como es el As inorgánico, con un estado de oxidación (+3) trivalente (III) siendo de mayor toxicidad y comportándose como un metal en aguas subterráneas.

RECOMENDACIONES

PRIMERA

Se sugiere al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento conjuntamente con el Área Técnica Municipal realizar análisis previos, de la presencia de metales pesados y no hacer pozos donde exista mayor presencia de carbonatos de calcio, para captar el agua y potabilizarla para asegurarnos que sea un agua que cumpla con los estándares de calidad del agua para dar un buen servicio a la población.

SEGUNDA

Se sugiere al Ministerio de Salud monitorear constantemente las fuentes de agua contaminadas por arsénico ya que es de su competencia hacer la vigilancia sanitaria y ver los daños que estarían causando a la población expuesta. Sugiero, hacer tratamiento de estas aguas con contenidos de minerales por encima de los LMP para así salvaguardar la salud de la población expuesta a estos contaminantes y brindarles la protección en el aspecto sanitario y ambiental.

TERCERA

Se sugiere a las entidades Gubernamentales realizar proyectos de inversión como las plantas de tratamiento de agua potable (PTAP), o también creando galerías de agua para almacenar las aguas para el consumo humano, y de sus animales ya que ningún ser vivo puede estar expuesto a estos contaminantes en las aguas de consumo

CUARTA

Se recomienda a los investigadores de la UPSC realizar estudios, investigaciones, relacionados en la concentración de arsénico como experimentos geológicos, estudios en rocas, suelos y sedimentos, etc. En el anexo Collana II sector Viscachani I (faldas del cerro Morenza) Para poder hacer una identificación más clara del origen de la contaminación del arsénico, en el distrito de Huata y en toda la región de Puno y a nivel nacional.

BIBLIOGRAFÍA

- Abollino, O., Aceto, M., Malandrino, M., Mentasti, E., Sarzanini, C., & Barberis, R. (2002). Distribution And Mobility Of Metals In Contaminated Sites. Chemometric Investigation Of Pollutant Profiles. *Environmental Pollution*, 119(2), 177-193. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00333-5](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00333-5)
- Ahsan, D. A. (2009). *Contaminación por arsénico y metales traza en suelos inundables de Bangladesh*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz. <https://rodin.uca.es/xmlui/handle/10498/15717>
- Alarcon, T. H., Llorens, E., & Poch, M. (2012). *Remoción de Arsénico en Agua de Consumo Humano en Latinoamérica: Vol. primera edición 2012* (500 ejemplares). Centro de Investigación en Materiales Avanzados. <https://1library.co/title/remocion-de-arsenico-en-agua-de-consumo-humano-en-latinoamerica>
- Altamirano, M., Delgado, V., & Huelva, S. F. (2020). *Cabello humano para valorar la exposición a arsénico en usuarios de agua contaminada de la comunidad La Fuente en, La Paz Centro, León*. *Revista Torreón Universitario*, 9(25), 94-109. <https://doi.org/10.5377/torreon.v9i25.9856>
- Álvarez, B. J., S Bolado Rodríguez, Carro, I. C., Revuelta, C. C. (2013). *Dinámica De Adsorción – Desorción De Arsénico (V) En Suelos De Cultivo En Castilla Y. 8*.
- Apaza, L. T. (2020). *Evaluación De Arsénico, Dureza, Coliformes Termotolerantes Y E. Coli En Aguas Subterráneas, De Las Urbanizaciones De Santa Adriana Y Niño San Salvador, Del Distrito De Juliaca, Puno 2019*. [Http://Repositorio.Upeu.Edu.Pe/Handle/Upeu/3526](http://Repositorio.Upeu.Edu.Pe/Handle/Upeu/3526)
- APHA – AWWA – WPCF. (1992). *Métodos normalizados para el análisis de agua potable y residual*. 17vo Edición. Editorial Díaz de Santos. Madrid – España. 1147 p.
- Astete, J., Cáceres, W., Gastañaga, M. Del C., Lucero, M., Sabastizagal, I., Oblitas, T., Pari, J., Rodríguez, F. (2009). *Intoxicación Por Plomo Y Otros Problemas De Salud En Niños De Poblaciones Aledañas A Relaves Mineros*. *Revista Peruana De* 67

- Medicina Experimental Y Salud Pública*, 26(1), 15-19.
- Avila, J. C. R., León, J. A. O. (2012). Análisis De La Calidad Del Agua Para Consumo Humano En El Área Urbana Del Distrito De Trujillo Departamento De La Libertad. *Universidad Nacional De Trujillo*. [Http://Dspace.Unitru.Edu.Pe/Handle/Unitru/3420](http://Dspace.Unitru.Edu.Pe/Handle/Unitru/3420)
- Belizario, G. Q., Capacoila Coila, J., Huaquisto Ramos, E., Cornejo Olarte, D. A., Chui Betancur3, H. N., Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica, Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Perú., Instituto de Investigación de Recursos Hídricos, universidad privada san carlos sac, puno, Perú. (2019). *determinación del contenido de fósforo y arsénico, y de otros metales contaminantes de las aguas superficiales del río Coata, afluente del lago Titicaca, Perú*. *Revista Boliviana de Química*, 36(5). <https://doi.org/10.34098/2078-3949.36.5.4>
- Bolaños, J. D. A. (2016). *Determinación de arsénico en agua potable del cantón de Grecia*. *InterSedes*, 17(35). <https://doi.org/10.15517/isucr.v17i35.25561>
- Briones, R. G., & Razo, I. S. (2008). *Contaminación De Aguas Naturales Por Arsénico Asociado A La Actividad Minero-metalúrgica: Caso De Estudio En San Luis Potosí, México*.
- Carabantes, A. G., Fernicola, N. A. G. G. De. (2003). Arsénico En El Agua De Bebida: Un Problema De Salud Pública. *Revista Brasileira De Ciências Farmacêuticas*, 39(4), 365-372. <https://doi.org/10.1590/S1516-93322003000400003>
- Carrillo Chávez, A., J. I. Drever, and M. Martínez. 2000. *Arsenic content and groundwater geochemistry of San Antonio-El Triunfo, Carrizal and Los Planes acuíferos in southernmost Baja California, México*. *Environ. Geol.* 39: 1295-1303.
- Carvajal, A. L., Gómez, G. I. G., Gallego, A. A. G., Serna, M. I. (2010). *Métodos Analíticos Para La Evaluación De La Calidad Físico-química Del Agua*. 149.
- Castillo, Bessy; Ruiz, Jose O.; Manrique, Manuel A.L. Y Pozo, Carlos (2020) *Contaminación Por Plaguicidas Agrícolas En Los Campos De Cultivos En Cañete (Perú)* *Revista Espacios* Issn 0798 1015 Vol. 41 (Nº 10) Año 2020. Pág. 11
- Castillo, J., Tisnado Llanps, J., Natividad Cerna, L., Panana Holgado, E. (2015). 68

- Crecimiento Económico Y Su Influencia En La Contaminación Del Ambiente Perú 2000-2014*. 31.
- Cha, Y., Y. M. Kim, J. W. Choi, S. Sthiannopkao, and K. H. Cho. 2015. *Bayesian modeling approach for characterizing groundwater arsenic contamination in the Mekong River basin*. Chemosphere DOI:10.1016/j.chemosphere.2015.02.045.
- Chapman, D. (1996). *Water quality assessments. A guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring* UNESCO/WHO/UNEP. Printed in Great Britain at the University Press, Cambridge.
- Condori, S., & Cordova, V. (2020). *Evaluación de la remoción de arsénico del agua subterránea del distrito de Sabandía, provincia de Arequipa, utilizando como adsorbente zeolita natural (clinoptilolita) acondicionada con óxido de hierro*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/12084>
- Contreras, E. G., Chang, M. G. A., & Yupari, G. I. M. (2016). *Aprende A Prevenir Los Efectos Del Mercurio Módulo 3: Agua Y Alimento*. 44.
- Copier, C. M. (2021). *Contaminación por arsénico geogénico de las aguas subterráneas en Chile*. <https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/48571>
- Curasi, L. (2010). Evaluación de la calidad de agua subterránea con fines de consumo doméstico de la ciudad de Puno. Tesis para optar el título profesional, Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional del Altiplano – Puno. Puno - Perú. 172 p
- Decreto Supremo Nº 031-2010-SA. *Reglamento De La Calidad Del Agua Para Consumo Humano*. Lima 2010. MINSA
- Delgado, T. M., & Zavala, P. C. (2021). *Estudio De La Concentración De Metales Pesados (Arsénico, Cadmio, Mercurio Y Plomo) En Agua Para Consumo Humano En El Departamento De Arequipa*. Repositorio Institucional - UMA. repositorio.uma.edu.pe/handle/UMA/417

- DIGESA, (2011). Reglamento De La Calidad Del Agua Para. Lima - Perú: J.B. Gráfico E.I.R.L. <https://doi.org/10.15359/Ru.33-2.6>
- Durán, L. E. G. (2016). Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros físico químicos y biológicos. *Dinámica ambiental*, 1, 83-102. <https://doi.org/10.18041/2590-6704/ambiental.1.2016.4593>
- EPA, U. (2015). *Water: Monitoring and Assessment, total solids*. EPA. United States Environmental Protection Agency.
- García, Torres, P., Cruz, C., Patiño, P.(2009). *Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano: una revisión crítica*. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, volumen 8, número 15, pp. 79-94. Medellín, Colombia.
- Gonzales, O., Aguirre, J., Saugar, G., Orosco, L., Álvarez, G., Palacios, K., Guevara, O. (2007). *Diagnóstico De La Calidad De Agua De Consumo En Las Comunidades Del Sector Rural Noreste Del Municipio De León, Nicaragua*. Universitas. Volumen 1. 90 P. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/12084>
- Guerrero, R. C. C. (2017). *Mejillón Mytella Guyanensis (Lamarck, . 64.)*
- Hernández, I. A. A. (2009). *el manejo de la conductividad eléctrica en fertirriego*. 48.
- Herrera, A. T., Miranda, S. S., Benavides, N. A., & Dominguez, M. I. (2013). *Arsénico en Agua Presencia, cuantificación analítica y mitigación* (Centro de Investigación en Materiales Avanzados Chihuahua, Chih., México).
- INEI, (2017), crecimiento y distribución de la población total al 2017 XII de la población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas
- Kim, G. M. M. (2009). Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) Estudios de Caso en Medicina Ambiental (CSEM) La toxicidad del arsénico. *Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades División de Toxicología y Medicina Ambiental Rama de Servicios Educativos en Medicina Ambiental*.

- Ledezma, R. (2009). *contaminación por metales pesados. Revista Científica Ciencia Médica*, 12(1), 45-46.
- Licon, S. P. V., Negrete, J. L. M. (2019). Mercurio, Metilmercurio Y Otros Metales Pesados En Peces De Colombia: Riesgo Por Ingesta. *Acta Biológica Colombiana*, 24(2), 232-242.
- Llop, S., Ibarlucea, J., Sunyer, J., Ballester, F. (2013). Estado Actual Sobre La Exposición Alimentaria Al Mercurio Durante El Embarazo Y La Infancia, Y Recomendaciones En Salud Pública. *Gaceta Sanitaria*, 27(3), 273-278.
<https://doi.org/10.1016/J.Gaceta.2012.09.002>
- Machuca, M. A. V., Equihua, J. L. P. (2012). Calidad Del Agua Potable En La Ciénaga De Chapala, Michoacán, México. *Tecnología Y Ciencias Del Agua*, 3(Extra 0 (Número Especial Tyca-retac)), 111-125.
- Marin, R. G. (2018). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos*. Diaz de santos; Capítulo I Dinámica fisicoquímica de aguas.
- Martínez, O. (2006). *Determinación de la calidad fisicoquímica del agua del canal de Chiquimulilla en la reserva de usos múltiples, monterrico*, (Tesis pregrado). Universidad de San Carlos, Guatemala.
- Mejía-Zamudio, F., Valenzuela-García, J. L., Aguayo-Salinas, S., & Meza-Figueroa, D. (2009). *Adsorción de arsénico en zeolita natural pretratada con óxidos de magnesio. Revista internacional de contaminación ambiental*, 25(4), 217-227.
- Meoño, J. F. L.-, Taranco, C. G., & Olivares, Y. M. (2015). *las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú*. 18.
- Meza, M. (2021). *Contaminación Ambiental: ¡Concepto, Tipo De Contaminantes, Causas Y Más!* <https://contaminacionambiental.net/contaminacion-ambiental/>
- Morales, D. C., Avendaño Cáceres, E., Zevallos Ramos, D., Fernández Prado, J., & Mendoza Rodas, Z. (2018). *Riesgo ambiental por arsénico y boro en las cuencas hidrográficas Sama y Locumba de Perú. MEDISAN*, 22(4), 406-414.
- Navarro, W. M. (2019). *Contaminación de las Aguas Subterráneas por Arsénico (As) el*

- caso del distrito de Juliaca – Perú. *Ñawpa Risun - Revista de Investigación Científica*, 1(4), Article 4. <http://unaj.edu.pe/revista/index.php/vpin/article/view/64>
- OMS, (2006), *Guías Para La Calidad Del Agua Potable*, Primer Apéndice A La Tercera Edición. Volumen 1. Suiza. Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua potable primer apéndice a la tercera edición Volumen 1.
- ONERN, 1965. *Programa De Inventario Y Evaluación De Los Recursos Naturales Del Departamento De Puno*. Lima – Perú. 225 pág.
- Ordóñez, J. J. (2012). *Cartilla técnica: Aguas subterráneas-acuíferos*. Sociedad Geográfica de Lima : Foro Peruano para el Agua.
- Palacios, O. M., De la Cruz Wetzell, J. S., De la Cruz Bustamante, N. S., Klinck, B. A., Ellison, R. A., & Hawkins, M. P. (1993). *Geología de la Cordillera Occidental y Altiplano al Oeste del Lago Titicaca Sur del Perú (Proyecto Integrado del Sur)*. Hojas: [Boletín A 42]. *Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET*. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/162>
- Panca, R. A. (2014). Contaminación natural de aguas subterráneas por arsénico en la zona de carancas y huata. *Revista Investigaciones Altoandinas*, 16(1), 51-58.
- Paredes, D. L. C., & Wilman, D. (2021). *Parámetros físico químicos y metales pesados en aguas del acuífero fisurado sedimentario y el acuífero poroso no consolidado alto de la ciudad de Juliaca*. *Universidad Nacional de Juliaca*. <http://localhost:8080/xmlui/handle/UNAJ/132>
- Perú, P. (1993). *Constitución política del Perú*. *Allpanchis*, 34(59/60), 245-253. <https://doi.org/10.36901/allpanchis.v34i59/60.570>
- Pineda, H. R. (2004). *Biblioteca Virtual*. Biblioteca Virtual. <Http://Bvirtual.Ucol.Mx>
- Ponce, G. L. F. (2018). Evaluación Físico-química De Metales Tóxicos En El Río Grande, Ananea - Crucero Puno. *Revista De Investigaciones: Escuela De Posgrado De La Universidad Nacional Del Altiplano De Puno*, 7(2), 5.

- Rakib, M. A. and M. Bhuiyan. 2014. Arsenic contamination: Food toxicity and local perception. *Int. J. Sci. Res. Environ. Sci.* 2: 1-7.
- Ramirez, S., & Corelia, E. (2020). *Evaluación De La Calidad Del Agua Para Consumo Humano De La Laguna De Punrun- Provincia De Pasco-2019. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.*
<http://Repositorio.Undac.Edu.Pe/Handle/Undac/2151>
- Rangel, E. A. M., Montañez Hernández, L. E., Luévanos Escareño, M. P., Nagamani Balagurusamy, Rangel Montoya, E. A., Montañez Hernández, L. E., Luévanos Escareño, M. P., & Balagurusamy, N. (2015). Impacto del arsénico en el ambiente y su transformación por microorganismos. *Terra Latinoamericana*, 33(2), 103-118.
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Lagos, M. D., & Jimenez, E. E. G. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Ingeniería Investigación y Desarrollo: I2+D*, 16(2), 66-77.
- Robles, E. S., Ramírez, E., Durán, Á., Martínez, M. E., & González, M. E. (2013). Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua del acuífero tepalcingo-axochiapan, Morelos, México. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 11.
- Sampieri, H., Fernandes, C., & Baptista, P. (2014). *metodología de investigación (derechos reservados © 1991, respecto a la primera edición por mcgraw-hill interamericana de méxico, s.a. de c.v. Atlacomulco 499-501, fracc. ind. san andrés atoto, 53500 naucalpan de juárez, edo. de méxico miembro de la cámara nacional de la industria editorial, reg. núm. 1890).*
- Sánchez, (2019) A. F.-, Madrigal-solís, H., Núñez-solís, C., Calderón-sánchez, H., Moraga-lópez, G., Gómez-cruz, A., Fonseca-sánchez, A., Madrigal-solís, H., Núñez-solís, C., Calderón-sánchez, H., Moraga-lópez, G., & Gómez-cruz, A. *Evaluación De La Amenaza De Contaminación Al Agua Subterránea Y Áreas De Protección A Manantiales En Las Subcuencas Maravilla-chiz Y Quebrada Honda, Cartago, Costa Rica. Uniciencia*, 33(2), 76-97.
- Sánchez, A. (2005). *Proceso de análisis de aguas subterráneas del municipio de Mixco*,

- para el abastecimiento de agua potable*. Tesis para optar al grado de Ingeniero. Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Landívar. Guatemala. 47 p.
<https://doi.org/10.15359/ru.33-2.6>
- Sarmiento, M. I., Idrovo, Á. J. (1999). *Evaluación Del Impacto De La Contaminación Del Embalse Del Muña Sobre La Salud Humana*. *Revista De Salud Pública*, 13.
- Sierra, R. (2011). *Calidad de agua*. Primera Edición. Editorial Ediciones De La U. Bogotá – Colombia, 457 P.
- Smedley, P. L., & Kinniburgh, D. G. (2001). *Review A Review Of The Source, Behaviour And Distribution Of Arsenic In Natural Waters*.
- UNESCO (2006). *2.º informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo*. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas.
- USEPA. (7 de septiembre de 2010). *Arsenic in drinking water*. Recuperado el 20 de septiembre de 2010, de EPA:
<http://water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/arsenic/index.cfm>
- Villalobos, H; Hidalgo J. 2011. *Arsénico en el Agua Potable*. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Subgerencia de Ambiente, Investigación y Desarrollo. San José, Costa Rica.
- Yamamura, S. and S. Amachi. 2014. *Microbiology of inorganic arsenic: From metabolism to bioremediation*. J. Biosci. Bioengineer. 118: 1-9.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR ARSÉNICO (As) EN AGUA DE POZOS PARA CONSUMO HUMANO, ANEXO COLLANA II, DISTRITO HUATA, 2021

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA	TECNICAS DE RECOLECCION DE DATOS
<p>P. GENERAL ¿Cuál será el grado de contaminación por Arsénico (As) en agua de pozos para consumo humano en el anexo Collana II, distrito de Huata, 2021?</p>	<p>H. GENERAL Existe alto grado de contaminación por arsénico (As) en agua de pozos para consumo humano en el anexo Collana II, distrito de Huata, 2021.</p>	<p>O. GENERAL Evaluar el grado de contaminación por Arsénico (As) en agua de pozos para consumo humano en el anexo Collana II, distrito de Huata, 2021.</p>		<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN N Enfoque Cuantitativo</p>	<p>INSTRUMENTO -Recopilación de información Primaria y secundaria</p>
<p>P. ESPECÍFICO 1 ¿Cuáles son las concentraciones de Arsénico (As) en agua de pozos para consumo humano, de acuerdo al D.S. N° 031-2010 SA, en el anexo Collana II, distrito de Huata, 2021?</p>	<p>H. ESPECÍFICO 1 La concentración de Arsénico (As) excede los Límites Máximos Permisibles (LMP) en agua de pozos para consumo humano en el anexo Collana II, distrito de Huata, 2021.</p>	<p>O. ESPECÍFICA 1 Analizar la concentración de Arsénico (As) respecto a los Límites Máximos Permisibles (LMP) en agua de pozo para consumo humano en el anexo Collana II, distrito de Huata, 2021.</p>	<p>Variable independiente contaminación por arsénico (As)</p>	<p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN N No Experimental</p>	<p>-Hoja técnica de campo -Multiparámetro (INSITU)</p>
<p>P. ESPECÍFICO 2 ¿Qué relación habrá en la concentración de Arsénico con los parámetros físico-químicos en agua de pozos para consumo humano en el anexo Collana II, del distrito de Huata, 2021?</p>	<p>H. ESPECÍFICO 2 No existe relación entre la concentración de Arsénico (As) con los parámetros físico-químicos en agua de pozos para consumo humano en el anexo Collana II del distrito de Huata, 2021.</p>	<p>O. ESPECÍFICA 2 Determinar la concentración de Arsénico (As) en relación a los parámetros físico-químicos en agua de pozo para consumo humano en el anexo Collana II, distrito de Huata 2021.</p>	<p>Variable dependiente Agua para consumo humano</p>	<p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN N Descriptivo</p>	<p>- GPS -Equipos de levantamiento de muestras</p>
				<p>POBLACIÓN Pozos del anexo Collana II del distrito de Huata.</p>	<p>-Norma Técnica Resolución Directoral 160-2015-DIGESA/SA protocolo de procedimientos para la toma de muestras preservación, conservación, transporte Almacenamiento y recepción del agua para consumo humano.</p>
				<p>MUESTRA No probabilístico por conveniencia</p>	

Anexo 02: Reglamento Decreto Supremo 031-2010 SA.

MINISTERIO DE SALUD

No. 031-2010-SA



Decreto Supremo

APRUEBAN REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2º concordante con el artículo 7º de la Constitución Política del Perú, establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida, teniendo derecho a la protección de su salud, la del medio familiar y la de la comunidad, así como el deber de contribuir a su promoción y defensa;



Que, el artículo 107º de la Ley Nº 26842, Ley General de Salud, establece que el abastecimiento del agua para consumo humano queda sujeto a las disposiciones que dicte la Autoridad de Salud competente, la que vigilará su cumplimiento;



Que, la Décima Primera Disposición Complementaria, Transitoria y Final de la Ley Nº 26330, Ley General de Servicios de Saneamiento, dispone que el Ministerio de Salud, continuará teniendo competencia en los aspectos de saneamiento ambiental, debiendo formular las políticas y dictar los normas de calidad sanitaria del agua y de protección del ambiente;



Que, mediante Resolución Suprema del 17 de diciembre de 1946, se aprobó el "Reglamento de los requisitos oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables", el cual se encuentra desactualizado y obsoleto en el contexto actual.



Que, resulta necesario establecer un nuevo marco normativo para la gestión de la calidad del agua para consumo humano, sustentado en un enfoque de análisis de riesgo, que proporcione a la Autoridad de Salud instrumentos de gestión modernos y eficaces para conducir la política y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano;



De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118º de la Constitución Política del Perú, la Ley Nº 26642 – Ley General de Salud, y la Ley Nº 29158 – Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1º- Aprobación

Apruébese el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, que consta de diez (10) títulos, ochenta y un (81) artículos, doce (12) disposiciones complementarias, transitorias y finales, y cinco (05) anexos, cuyos textos forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

El presente Decreto Supremo con el texto del Reglamento y sus anexos deberán ser publicados en el Portal Institucional del Ministerio de Salud (<http://www.minsa.gob.pe>) el mismo día de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.



M. ALICE R.

Artículo 2º- Derogación

A la entrada en vigencia del presente dispositivo legal, quedará derogada la Resolución Suprema del 17 de diciembre de 1946 que aprobó el "Reglamento de los requisitos oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables", así como toda aquella disposición que se le oponga.



E. CRUZ S.

Artículo 3º- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro de Salud y de Vivienda, Construcción y Saneamiento.



W. OLIVERA A.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veinticuatro días del mes de septiembre del año dos mil diez.



D. LIMA G.

[Handwritten signature of Alan García Pérez]

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

[Handwritten signature of Oscar Ugarte Urbiluz]
OSCAR UGARTE URBILUZ
Ministro de Salud

JUAN SARMENTO SOTO
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento



Anexo 03: Documento para acceder a información

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

SOLICITO: Acceso a la información

SEÑOR ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE HUATA

Wilmer Ulises Colquehuanca Vilca

CON ATENCIÓN AL AREA TÉCNICO MUNICIPAL



Yo, Nelida Percca Naira, identificada con DNI 42058735, egresada de la E.P. Ing. Ambiental de la Universidad Privada San Carlos Puno, con dirección en la Av. El Ejército S/N, de la ciudad de Puno, ante usted, con el debido respeto Me presento y digo:

Que, teniendo la necesidad de elaborar y ejecutar mi proyecto de investigación acerca de la presencia de metales pesados en la jurisdicción que usted dirige, es que le solicito pueda facilitarme información acerca de las fuentes de agua para consumo humano u otros usos que realizan la población de las comunidades rurales del distrito de Huata, ya sean pozos de agua o sistemas de abastecimiento de agua, que probablemente cuente su Área Técnico Municipal. Dicha información me será muy útil en mi proyecto de investigación para posteriormente conocer la presencia u ausencia de algún metal pesado en la zona focalizada.

Por lo expuesto.

Ruego a usted Accedes a mi solicitud.

Puno, 04 de Mayo del 2021.

Bach. Nelida Percca Naira
42058735

Anexo 04: Hoja técnica de campo evaluación de parámetros de campo

FICHA DE DATOS DE CAMPO															
FICHA DE DATOS DE CAMPO		NOMBRE DE RED DE SALUD		NOMBRE DE LA MICRO RED DE SALUD		NOMBRE DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE		OBLACION DE LA LOCALIDAD Poblacion Servida							
NOMBRE DEL PROGRAMA DE MONITOREO		DISPONE DE SISTEMA DE AGUA POTABLE		SI		NO									
DEPARTAMENTO		DISTRITO		NOMBRE EE.SS		FECHA DE REPORTE (mm, dd,aa)		FIRMA							
PROVINCIA		LOCALIDAD		DNI											
MUESTREADOR				42058735											
CODIGO DE CAMPO	FECHA DE MUESTREO (dd,mm,aa)	HORA DE MUESTREO (dd,mm,aa)	MATRIZ	ORIGEN DE LA MUESTRA	PUNTO DE MUESTREO	PH	TURBIEDAD (UNT)	SOLIDOS TOTALES (TDS) pmm	CLORO RESIDUAL	MICROBIOLOGICO	FISICO QUIMICO	METALES PESADOS	TIPO DE FUENTE HIDRICA	COORDENADAS DEL PUNTO DE MUESTREO ZONA UTM 19 L	
														ESTE	NORTE
AP-01	23/06/21	7:48 am	AMT	Pozo caracalla	S.C.a 14m de P.	7.52	2.78	1048	-	-	✓	-	Pozo	394616	8274682
AP-02	23/06/21	8:24 am	AMT	Pozo Viscachani I	S.V.a 7m de P.	7.93	1.8	1000	-	-	✓	-	Pozo	394918	8275388
AP-03	23/06/21	8:50 am	AMT	Pozo Viscachani II	S.V a 8m. P.	7.12	2.22	1811	-	-	✓	-	Pozo	395628	8275519
AP-04	23/06/21	9:22 am	AMT	Pozo Pukahuay	10m de profundidad	7.82	4.62	620	-	-	✓	-	Pozo	396772	8275255
AP-05	23/06/21	10:02 am	AMT	Pozo Karacachay	12m de Profundidad	7.73	0.72	509	-	-	✓	-	Pozo	396248	8275104
OBSERVACIONES:															


 RESPONSABLE DEL MONITOREO
 NOMBRE Y APELLIDO

Anexo 05: Cadena de custodia

LAS **Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.Ltda.**
 Parq. Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado Arequipa
 Telef. (054) 443254 Fax (054) 444532
 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

H.C.C. N°: **CADENA DE CUSTODIA - AGUA**

HOJA: de
 Código Reg: F-010-02 Versión: 01
 Aprob por: Fecha Rev: 16/10/2019
 Jefe Monitoreo de Aguas

Proyector/ Pro **Señores: Nelida Percca Naira**
 Dirección: **Jr. Mariscal Nieto 125 - Puno**
 Atención: **Nelida Percca Naira**
 Responsable del muestreo: **Nelida Percca Naira**

RUC: 42058735 Teléfono: 929489403 e-mail: oymavancaira@gmail.com
 Consultas: **Gerencia de Operaciones**
 e-mail: las@laboratoriosanaliticosdelsur.com

Codigo LAS <small>(campo para ser llenado solo por el laboratorio)</small>	Fecha	Hora	Matr ²	Codigo de campo	Nombre de la Muestra	Lugar de muestreo		Punto de muestreo y/o coordenadas UTM		N° frascos		Volumen total (L)
						Zona, Urb, AAHH / Dist. / Prov. / Depart.		Plastic	Vidrio			
	23/06/21	7:48 am	AMÉ 01		Agua de Pozo anexo colina II	Pozo Sector Carcalla - collana II / Huata	E: 394616 N: 8274602		X		500 m	
	23/06/21	8:24 am	AMÉ 02		Agua de Pozo collana II	Pozo Sector Viscachani - collana II / Huata	E: 394918 N: 8275388		X		500 m	
	23/06/21	8:50 am	AMÉ 03		Agua de Pozo collana II	Pozo Sector Viscachani - collana II / Huata	E: 395628 N: 8275519		X		500 m	
	23/06/21	9:22 am	AMÉ 04		Agua de Pozo collana II	Pozo Fuyahuaru - collana II / Huata	E: 396772 N: 8275255		X		500 m	
	23/06/21	10:02 am	AMÉ 05		Agua de Pozo collana II	Pozo Karcachuchupa collana II / Huata	E: 396248 N: 8274104		X		500 m	

Los datos de muestreo proporcionado por el cliente, tiene valor de declaración jurada. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por el muestreo, ni por la información relacionada cuando la muestra es proporcionada por el cliente.
 NOTA: Colocar el nombre de la muestra de acuerdo a como desea que aparezca en el informe de ensayo. Campos para llenarse cuando se recepcionan las muestras en LAS

Observaciones:

Recipiente(s) adecuado(s):	SI	NO
Muestras recibidas intactas:		
Conservación de muestras:		
Condiciones transporte:		

Fecha de recepción: _____
 Hora de recepción: _____
 Temperatura CV: _____

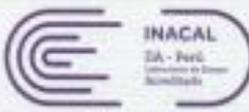
Firma **Nelida Percca Naira**
 Repres. cliente: **Nelida Percca Naira**

Firma _____
 Recibido a LAS: _____

Anexo 06: Documentos de Análisis de Laboratorio



Laboratorios Analíticos del Sur
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



INACAL
IA - Perú
Instituto de Acreditación

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00283 Página 1 de 3

Fecha de emisión: 5/07/2021 Clave generada : 3557AC5D

Señora : NELIDA PERCCA NARRA
 Dirección : JR. MARISCAL NIETO 125 PUNO
 Atención : NELIDA PERCCA NARRA
 Proyecto : EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR ARSÉNICO (As) EN AGUA DE POZOS PARA CONSUMO HUMANO, ANEXO COLLANA II, DISTRITO HUATA, 2021

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : NELIDA PERCCA NARRA Fecha de recepción : 24/06/2021
 Registro de muestreo : Cadena de custodia N° 192-21 Fecha de ensayo : 24/06/2021
 Pta de muestreo : Muestreado por el cliente
 Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente Nro de muestras : 5

(a) Cód. Interno L.A.S.	(b) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(d) Zona, Urb. Anexo/Dist/Prov/Depart.	(e) Punto de muestreo y/o coordenadas	(f) Fecha de inicio de muestreo	(g) Hora de inicio de muestreo
AG2100489	AGUA DE POZO COLLANA II	Agua Natural - Subterránea - Agua de Manantial	POZO SECTOR CANCELILLA - COLLANA II / HUATA / PUNO	E:304918 N: 8274980	23/06/2021	7:48
AG2100497	AGUA DE POZO COLLANA II	Agua Natural - Subterránea - Agua de Manantial	POZO SECTOR VISCACHANI - COLLANA II / HUATA / PUNO	E:304918 N: 8275388	23/06/2021	8:29
AG2100488	AGUA DE POZO COLLANA II	Agua Natural - Subterránea - Agua de Manantial	POZO SECTOR VISCACHANI - COLLANA II / HUATA / PUNO	E:305028 N: 8275519	23/06/2021	8:50
AG2100489	AGUA DE POZO COLLANA II	Agua Natural - Subterránea - Agua de Manantial	POZO PUKARJARI - COLLANA II / HUATA / PUNO	E:305772 N: 8275255	23/06/2021	9:22
AG2100520	AGUA DE POZO COLLANA II	Agua Natural - Subterránea - Agua de Manantial	POZO KARCACHUJURA - COLLANA II / HUATA / PUNO	E:305248 N: 8274104	23/06/2021	10:02

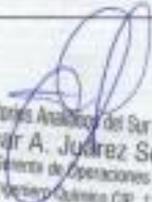
(*) Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Condiciones de recepción de la muestra

Contenedor no refrigerado

Observación

-



Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
 Gerente de Operaciones
 M.Sc. Ingeniero Químico CP 114426

*Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e IAC.

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

=Valor numérico*=Límite de detección del método. *=Valor Numérico*=Límite de cuantificación del método

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. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier emenda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra con la que se realizó



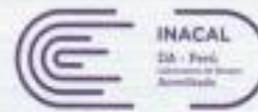
Web: <http://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Int. Río Seco C-1 C. Colón-Arequipa-Perú (054)443204 - (054)



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° 12-000

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00283

Fecha de emisión: 5/07/2021

Página 2 de 3

Clave generada: 3857AC50

RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	Ti96	938
		As	Dureza Total CaCO3
		mg/L	mg/L
AG21000496	AGUA DE POZO COLLANA E	0.0057	578
AG21000487	AGUA DE POZO COLLANA E	0.0232	2719
AG21000488	AGUA DE POZO COLLANA E	0.0078	981
AG21000489	AGUA DE POZO COLLANA E	0.0093	381.1
AG21000500	AGUA DE POZO COLLANA E	0.0036	265.7

(Firma)
 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
 Omar A. Juárez Soto
 Gerente de Operaciones
 M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(") Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL/DA.

"Valor numérico"=Límite de detección del método, "Valor Numérico"=Límite de cuantificación del método

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. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Esta herramienta prohíbe la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier emienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

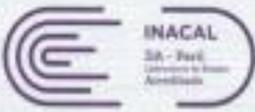
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdel.com> | Parícuti Int. P.O. 0000 G-1 E. Ciudad Panguajay Pinar del Río 10443204 - 004444562





Laboratorios Analíticos del Sur
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL INACAL CON REGISTRO N° LE-050



INACAL
S.A. - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-21-00283
Fecha de emisión: 5/07/2021

Página 3 de 3
Clave generada : 3857AC50

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango de método analítico
798	SPH 2207 Determinación de metales pesados y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP-OES. Revisión 04 MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO	1 - 15 mg/L
806	DURAS 1001 CLASIFICACIÓN DE SUELOS - Método - Método - WSP Part 1240 & 1200 Ed. Part 1240 Method - Method by Calculation (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	0-0.1 - 100 mg/L

* - Límite de detección * - Límite de cuantificación

----- Fin del informe -----



Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
C/ S. Ingeniero Germán CP 114426

Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAC y IAC.

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

*=Valor numérico=Límite de detección del método, * =Valor Numérico=Límite de cuantificación del método

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. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmendá o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

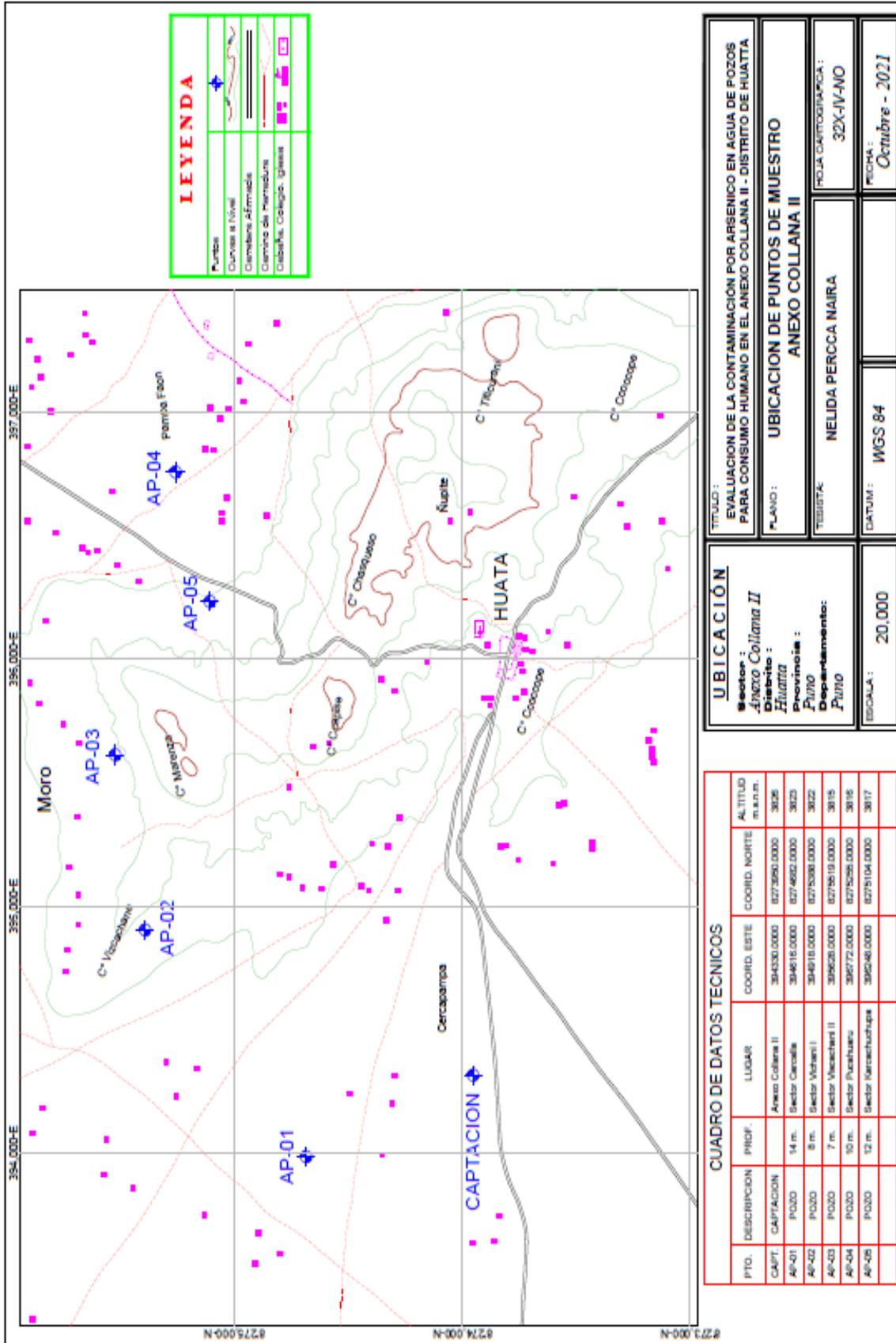
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Verificar el código QR



Web: <https://www.igobn.com/sancharlosdelosrios.com> Parque Mú. Río Sábado C-1 C. C/01330-Ayacucho-Perú 0940443264 - 0940444982

Anexo 07: Plano topográfico zona de estudio



Anexo 08: Panel fotográfico



Equipos: Multiparámetro, turbidímetro y GPS



Materiales de monitoreo



Movilidad (camioneta)



Datos estabilizados

Fotografías 01: Equipos, materiales usados para trabajo de campo

	
<p>Camión Cisterna de agua potable</p>	<p>Transporte de agua potable</p>
	
<p>Contenedores de agua</p>	<p>Geología de la zona de estudio (rocas calizas)</p>

Fotografías 02: Abastecimiento de agua potable mediante cisternas

	
<p>Captación de agua anexo Collana II, distrito de Huata</p>	<p>Pozos por bombeo (motor)</p>
	
<p>Profundidad de pozos y escasez de agua (invierno)</p>	<p>Pozos artesanales sacando agua de forma manual (soga y balde)</p>

Fotografías 03: Reconocimiento de la zona de estudio

	
<p>Preparación de equipos y materiales para levantamiento de muestras</p>	<p>Manipulación del equipo Multiparámetro</p>
	
<p>Manipulación del turbidímetro</p>	<p>Pizzeta, usada para desinfectar</p>

Fotografías 04: Preparación de Equipos y materiales para trabajos de campo

	
<p>Esperando a que establezca el equipo</p>	<p>Usando la pipeta</p>
	
<p>Medida de agua para la turbidez</p>	<p>Toma de datos in situ</p>

Fotografías 05: Evaluación de los parámetros de campo

	
<p>Cumpliendo con el protocolo para levantar las muestras</p>	<p>llenado de las muestras de agua</p>
	
<p>Muestras rotuladas</p>	<p>Registro de datos (Hoja técnica de campo)</p>

Fotografías 06 : Levantamiento de muestra para laboratorio



Fotografías 07: Trabajo conjunto con la población de la zona de estudio



Fotografías 08: Diferencia entre pozos de agua y evaluación de la (turbidez)