

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



TESIS

**GRADO DE CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS DE LAS AGUAS
DEL CENTRO POBLADO DE HUACANI POMATA - 2020.**

PRESENTADO POR:

RONY HAROLD LEÓN ESCOBAR

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2020

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**FACULTAD DE INGENIERÍAS****ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL****TESIS****GRADO DE CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS DE LAS
AGUAS DEL CENTRO POBLADO DE HUACANI POMATA - 2020.****PRESENTADO POR:****RONY HAROLD LEÓN ESCOBAR****PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:****INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE



MG. ELVIRA ANANI DURAND GOYZUETA

PRIMER MIEMBRO



DR. ÁNGEL AMADOR MELÉNDEZ HUISA

SEGUNDO MIEMBRO



DR. LUIS ALBERTO SUÑO QUISPE

ASESOR DE TESIS



M. SC. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área : Ciencias Naturales.

Disciplina: Oceanografía, Hidrología y Recursos del Agua.

Especialidad: Contaminación y Prevención de la Contaminación de Aguas.

Puno, 11 de diciembre de 2020

DEDICATORIA

La presente tesis, en primer lugar la dedico a Dios, por darme la oportunidad de vivir, por ser mi guía en todo momento y por darme la sabiduría para triunfar en la vida.

A mis apreciados padres Néstor G. LEÓN CHILE y Delia ESCOBAR AGUILAR, por su apoyo incondicional y por ser mi ejemplo de vida y superación.

A mis hermanos Fredy Norberto, Sulmar y Lizbeth Yemira, por estar siempre a mi lado en los momentos difíciles, por brindarme su apoyo y orientación.

“Rony Harold LEÓN ESCOBAR

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Privada San Carlos por brindarme la oportunidad de formarme como un buen profesional.
- A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, a los docentes y asesores quienes me transmitieron sus conocimientos y experiencias durante mi periodo de formación académica.
- Al Dr. Mario Tito Soto Godoy, Mg. Elvira Anani Durand Goyzueta, Dr. Valentín Fernández Valdivia por sus grandiosas orientaciones en la elaboración de mi proyecto de investigación.
- Al Dr. Ángel Amador Meléndez Huisa, M. Sc. Luis Alberto Supo Quispe, Ing. Juan Samanez Lira por sus sugerencias y aportes en la elaboración de mi proyecto de investigación.
- Al M. Sc. Julio Wilfredo Cano Ojeda por su asesoramiento y brindarme su experiencia, conocimientos para la elaboración y culminación de mi tesis.
- A mi familia y amigos, quienes me brindaron su apoyo incondicional durante la elaboración de mi investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	5
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	5
1.2. ANTECEDENTES	5

1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL	5
1.2.2. A NIVEL NACIONAL	7
1.2.3. A NIVEL REGIONAL	8
1.3. OBJETIVOS	11
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	11
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS

2.1. MARCO TEÓRICO	12
2.1.1. AGUA	12
2.1.2. CALIDAD DE AGUA	13
2.1.2.1. Calidad de agua para consumo humano:	14
2.1.2.2. Calidad de agua para bebida de animales:	14
2.1.2.3. Calidad de agua para riego:	15
2.1.3. CONTAMINACIÓN HÍDRICA	15
2.1.4. CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES	16
2.1.5. CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	17
2.1.6. ALTERACIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA	17
2.1.7. PARÁMETROS FÍSICOS:	17

2.1.7.1. Temperatura:	17
2.1.7.2. Potencial de hidrógeno (pH):	18
2.1.7.3. Conductividad eléctrica:	19
2.1.8. METALES PESADOS	20
2.1.9. TOXICIDAD DE METALES PESADOS:	21
2.1.10. EFECTOS EN LA SALUD HUMANA:	21
2.1.11. CONTAMINACIÓN DE AGUA POR METALES PESADOS	22
2.1.12. PLOMO (Pb)	23
2.1.12.1. Efectos del Pb al medio ambiente	23
2.1.12.2. Efectos del Pb en la salud	24
2.1.13. CADMIO (Cd)	24
2.1.13.1. Efectos del Cd al medio ambiente	24
2.1.13.2. Efectos del Cd en la salud	25
2.1.14. ARSÉNICO (As)	26
2.1.14.1. Efectos del As al medio ambiente	26
2.1.14.2. Efectos del As en la salud	27
2.1.15. MERCURIO (Hg)	27
2.1.15.1. Efectos del Hg al medio ambiente	28
2.1.15.2. Efectos del Hg en la salud	28
2.1.16. ALUMINIO (Al)	29

2.1.17. BORO (B)	29
2.1.18. BARIO (Ba)	30
2.1.19. BERILIO (Be)	30
2.1.20. COBALTO (Co)	30
2.1.21. CROMO (Cr)	31
2.1.22. COBRE (Cu)	31
2.1.23. HIERRO (Fe)	32
2.1.24. LITIO (Li)	32
2.1.25. MAGNESIO (Mg)	33
2.1.26. MANGANESO (Mn)	33
2.1.27. MOLIBDENO (Mo)	34
2.1.28. NÍQUEL (Ni)	34
2.1.29. ANTIMONIO (Sb)	35
2.1.30. SELENIO (Se)	36
2.1.31. ZINC(Zn)	36
2.1.32. ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA	37
2.1.32.1. Categorías de los ECA para agua	37
2.1.33. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGUA	39
2.1.34. NORMATIVIDAD	39
2.1.35. FITORREMEDIACIÓN PARA DESCONTAMINACIÓN	40

2.1.36. LA TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)	41
2.2. MARCO CONCEPTUAL	42
2.3. HIPÓTESIS	48
2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL	48
2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	48
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	49
3.1.1. PUNTOS DE MUESTREO	50
3.1.1.1. Criterios de selección de puntos de muestreo:	52
3.1.2. TIPO DE ESTUDIO	52
3.1.3. POBLACIÓN	52
3.2. TAMAÑO DE MUESTRA	53
3.2.1. TIEMPO DE MUESTREO	53
3.2.2. MATERIALES GENERALES	53
3.2.3. EQUIPOS	54
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	54
3.3.1. RECOLECCIÓN DE DATOS	54
3.3.1.1. Determinación de parámetros In Situ:	54
3.3.1.2. Determinación de parámetros químicos:	55

3.3.1.2.1. Técnicas de muestreo:	55
3.3.1.3. Análisis de concentración para metales pesados en agua:	55
3.3.1.3.1. Método y técnicas de análisis:	56
3.3.1.4. Presentación de resultados:	56
3.3.1.4.1. Técnicas:	56
3.3.1.5. Análisis e interpretación de los resultados:	57
3.3.1.5.1. Técnicas:	57
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	57
3.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE:	57
3.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE:	57
3.4.3. OPERALIZACIÓN DE VARIABLES:	58
3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	59
3.5.1. MEDIA ARITMÉTICA.	59

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS “IN SITU”	60
4.1.1. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH):	60
4.1.1. TEMPERATURA (°T)	61
4.1.1. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CV):	62
4.2. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS - METALES PESADOS	64

4.2.1. ARSÉNICO (As)	64
4.2.2. MERCURIO (Hg):	65
4.2.3. ALUMINIO (Al):	66
4.2.4. BORO (B):	68
4.2.5. BARIO (Ba):	69
4.2.6. BERILIO (Be):	70
4.2.7. CADMIO (Cd):	71
4.2.8. COBALTO (Co):	72
4.2.9. CROMO (Cr):	73
4.2.10. COBRE (Cu):	74
4.2.11. HIERRO (Fe):	75
4.2.12. LITIO (Li):	76
4.2.13. MAGNESIO (Mg):	78
4.2.14. MANGANESO (Mn):	79
4.2.15. MOLIBDENO (Mo):	80
4.2.16. NÍQUEL (Ni):	81
4.2.17. PLOMO (Pb):	82
4.2.18. ANTIMONIO (Sb):	83
4.2.19. SELENIO (Se):	84
4.2.20. ZINC (Zn):	85

4.3.COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS PRESENTES EN MANANTES DE AGUA CON MUESTRA DE AGUA DONDE HABITA EL SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS (totora) DEL CENTRO POBLADO DE HUACANI POMATA.	87
CONCLUSIONES	90
RECOMENDACIONES	92
BIBLIOGRAFÍA	93
ANEXOS	110

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Tipos de Fitorremediación	41
Tabla 02: Coordenadas UTM de la zona de estudio	50
Tabla 03: Coordenadas de los puntos de muestreo	51
Tabla 04: Distancias entre los puntos de muestreo	52
Tabla 05: Tamaño de muestra	53
Tabla 06: Operalización de variables	58
Tabla 07: Datos de medición de pH	60
Tabla 08: Datos de medición de Temperatura °C	62
Tabla 09: Datos de medición de Conductividad Eléctrica (Cv)	63
Tabla 10: Comparación de datos de análisis de muestras de agua (Ojos de agua y/o manantes de agua/Schoenoplectus Californicus)	87
Tabla 11: Estándares de calidad para agua	112

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Ubicación de la zona de estudio	50
Figura 02: Ubicación de los puntos de muestreo	51
Figura 03: Resultados del análisis de As en agua	64
Figura 04: Resultados del análisis de Hg en agua	65
Figura 05: Resultados del análisis de Al en agua	67
Figura 06: Resultados del análisis de B en agua	68
Figura 07: Resultados del análisis de Ba en agua	69
Figura 08: Resultados del análisis de Be en agua	70
Figura 09: Resultados del análisis de Cd en agua	71
Figura 10: Resultados del análisis de Co en agua	72
Figura 11: Resultados del análisis de Cr en agua	73
Figura 12: Resultados del análisis de Cu en agua	74
Figura 13: Resultados del análisis de Fe en agua	75
Figura 14: Resultados del análisis de Li en agua	77
Figura 15: Resultados del análisis de Mg en agua	78
Figura 16: Resultados del análisis de Mn en agua	79

Figura 17: Resultados del análisis de Mo en agua	80
Figura 18: Resultados del análisis de Ni en agua	81
Figura 19: Resultados del análisis de Pb en agua	82
Figura 20: Resultados del análisis de Sb en agua	83
Figura 21: Resultados del análisis de Se en agua	84
Figura 22: Resultados del análisis de Zn en agua	85
Figura 23: Muestreo para el análisis de metales pesados	127
Figura 24: Obtención de muestra de agua en frascos	127
Figura 25: Etiquetado y rotulado de las muestras	128
Figura 26: Refrigerado y envío a "LAS" de las muestras	128
Figura 27: Materiales utilizados para medición In Situ	129
Figura 28: Medición In Situ en el punto 3	129
Figura 29: Punto de muestreo 3 (ojo y/o manante de agua)	130
Figura 30: Punto de muestreo 5 (Schoenoplectus Californicus)	130

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Estándar de Calidad Ambiental Nacional para agua – parámetros físicos In Situ	111
Anexo 02: Estándar de Calidad Ambiental para agua – metales pesados	111
Anexo 03: Resultados del análisis de agua en “Laboratorios Analíticos del Sur” – metales pesados	113
Anexo 04: Cadena de custodia	125
Anexo 05: Instructivo para la toma de muestras “LAS”	126
Anexo 06: Imágenes de la investigación	127

RESUMEN

La investigación tiene por objetivo determinar el grado de contaminación por metales pesados de las aguas del Centro Poblado de Huacani Pomata, para evaluar su calidad y aptitud según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA): D. S. N° 004-2017-MINAM, Organización Mundial de la Salud OMS -1995 y Agencia para la Protección Ambiental EPA 816-F 2003 para consumo humano, riego y bebida de animales. Se recogieron cinco muestras de agua: tres de manantes de agua, una de un hogar representativo y una de un manante donde habita la especie *Schoenoplectus Californicus* (totora). El tipo de estudio es no experimental. La metodología aplicada es EPA 200.7 "determinación de metales totales y elementos traza en agua y aguas residuales por espectrometría de emisión con fuente de ionización (ICP- OES)". Los valores del análisis fisicoquímico por muestra en promedio son: pH, 7.69, 7.70, 8.02, 8.03 y 7.48, temperatura, 15.5 °C, 15.3 °C, 14.2 °C, 15.2 °C y 14.7 °C, y conductividad eléctrica, 240.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 280.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 442.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 450.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 270.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente. Los valores del análisis de metales pesados por muestra en promedio son: arsénico 0.00232 mg/l, mercurio <0.00041, aluminio <0.029, boro <0.0053, bario 0.029026, berilio 0.0002578, cadmio <0.00011, cobalto <0.000094, cromo <0.00039, cobre <0.002, hierro 0.4442, litio 0.00537, magnesio 3.4822, manganeso 0.046942, molibdeno <0.00038, níquel <0.00051, plomo <0.0026, antimonio 0.001488, selenio <0.002, zinc <0.0031. los resultados del análisis fisicoquímico, no superan los Estándares de Calidad Ambiental del D. S. N° 004-2017-MINAM, OMS-1995 y EPA 816-F 2003, tanto para consumo humano, riego y bebida de animales. En conclusión, la calidad de las aguas del Centro Poblado de Huacani, es apta para consumo humano, riego y bebida de animales.

PALABRAS CLAVE: Contaminación, Metales pesados, Calidad, Aptitud.

ABSTRACT

The objective of the research is to determine the degree of contamination by heavy metals in the waters of the Huacani Pomata town center, to evaluate its quality and suitability according to the Environmental Quality Standards (E. Q. S.): D. S. N° 004-2017-MINAM, World Health Organization WHO -1995 and Environmental Protection Agency EPA 816-F 2003 for human consumption, irrigation and animal drinking. Five water samples were collected: three from water springs, one from a representative home and one from a spring inhabited by the species *Schoenoplectus Californicus* (cattail). The type of study is non-experimental. The methodology applied is EPA 200.7 "Determination of total metals and trace elements in water and wastewater by ionization source emission spectrometry (ICP-OES)". The average values of the physicochemical analysis per sample are: pH, 7.69, 7.70, 8.02, 8.03 and 7.48, temperature, 15.5 °C, 15.3 °C, 14.2 °C, 15.2 °C and 14.7 °C, and electrical conductivity, 240.7 µS/cm, 280.4 µS/cm, 442.5 µS/cm, 450.6 µS/cm and 270.4 µS/cm respectively. The average heavy metal analysis values per sample are: arsenic 0.00232 mg/l, mercury <0.00041, aluminum <0.029, boron <0.0053, barium 0.029026, beryllium 0.0002578, cadmium <0.00011, cobalt <0.000094, chromium <0.00039, copper <0.002, iron 0.4442, lithium 0.00537, magnesium 3.4822, manganese 0.046942, molybdenum <0.00038, nickel <0.00051, lead <0.0026, antimony 0.001488, selenium <0.002, zinc <0.0031. The results of the physicochemical analysis do not exceed the Environmental Quality Standards of D. S. N° 004-2017-MINAM, WHO-1995 and EPA 816-F 2003, for human consumption, irrigation and animal drinking. In conclusion, the quality of the water in the Huacani Village is suitable for human consumption, irrigation and animal drinking.

KEY WORDS: Contamination, Heavy metals, Quality, Suitability

INTRODUCCIÓN

El recurso hídrico es tan maravilloso y primordial, que permite la vida y desarrollo en el planeta y que a su vez es de vital necesidad para todos los seres vivos. La demanda hídrica se ha incrementado por lo que se le ha considerado como un recurso reducido, insuficiente y muy frágil.

En los últimos años, la contaminación hídrica ha tomado gran importancia debido a las actividades del hombre en la utilización irracional del recurso hídrico según estudios, el incremento de la contaminación hídrica es mayor debido a las actividades del hombre, y en pocas ocasiones es debido a causas naturales. La presencia de metales pesados en el medio ambiente, en concentraciones variables, trae consigo efectos negativos en la salud de las personas, animales y plantas.

En la región Puno, específicamente en el Centro Poblado de Huacani Pomata, el recurso hídrico, viene siendo utilizado para fines de agua potable y/o consumo humano, bebida de animales y riego, a partir de fuentes de agua como son: ojos de agua y/o manantes de agua que al unirse aguas abajo, forman el río Huacani, pero estas fuentes de aguas, no están libres en presencia de actividades del hombre, tales como el lavado de ropas, agricultura, ganadería, entre otras, las cuales causan diversas alteraciones fisicoquímicas en estos cuerpos de agua. De igual manera estas fuentes de agua principales del Centro Poblado de Huacani, no están inmersas en el proceso de degradación geológica, lo que ocasiona un incremento más en la concentración de algunos parámetros fisicoquímicos en general, metales pesados.

Por lo manifestado, esta investigación evalúa el grado de concentración de metales pesados y determina la calidad y aptitud de las aguas del Centro Poblado de Huacani según los Estándares de Calidad Ambiental: D. S. 004-2017-MINAM, OMS - 1995 y EPA 816-F 2003, para consumo humano, riego y bebida de animales.

Según los resultados obtenidos, se plantea una alternativa de solución fitorremediadora con *Schoenoplectus Californicus* (totora) para disminuir la concentración de metales pesados en las fuentes de agua (manantes).

Esta investigación contribuirá a que los pobladores del Centro Poblado de Huacani, conozcan la calidad del agua que vienen consumiendo, y utilizando para bebida de animales y riego, con la finalidad de sensibilizar la necesidad del uso, el manejo racional y sostenible de este recurso tan valioso. La presente investigación servirá como un referente teórico y antecedente para futuras investigaciones similares.

La investigación consta de cuatro capítulos:

Capítulo I: planteamiento del problema, antecedentes y objetivos de la investigación.

Capítulo II: marco teórico, conceptual e hipótesis.

Capítulo III: metodología de la investigación.

Capítulo IV: exposición y análisis de resultados.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los problemas relevantes que afronta la actualidad mundial, es el rápido proceso de deterioro de los recursos naturales y la contaminación ambiental; resaltando la contaminación del agua por presencia de metales pesados, derrame de efluentes residuales, y las malas prácticas en la agricultura (Izquierdo, 2010; Richters, 1995). La contaminación por metales pesados, es uno de los problemas de mayor importancia en la actualidad, presenta cambios en los ecosistemas, alteración de la cadena trófica y problemas en la salud de las personas, plantas y animales. Los metales pesados no son biodegradables, por lo que su presencia en ecosistemas acuáticos es permanente (Murray, 1996). Las aguas naturales albergan una gran presencia de metales pesados, tienen un proceder acumulativo, son muy contaminantes, y padecen un ciclo global eco biológico. (Moalla et al., 1998).

Según (PNUD, 2009), el Perú es uno de los países más ricos en recursos hídricos. Consta de 159 unidades hidrográficas y 53 unidades hidrográficas transfronterizas (ANA, 2012). Las cuencas hidrográficas, gracias al ciclo hidrológico, son las

principales fuentes de recipiente y dotación de agua (USDA, 2017). Su principal característica es la de facilitar servicios eco sistémicos, y ser soporte a otros recursos y potencialidades rentables para ser usados racionalmente (PNUD, 2009).

La Cuenca del Lago Titicaca ubicada en la Región de Puno, debido a actividades mineras e industriales, ha sido seriamente impactada a causa de los vertimientos residuales que se emiten, específicamente por las cuencas del Rio Ramis y Suches con mayores concentraciones de metales pesados y aguas residuales de mercurio, también estas cuencas son vertidos con aguas residuales domésticas sin tratamiento alguno provenientes de poblaciones aledañas a estas cuencas (Palacios D., 2016).

El Centro Poblado de Huacani del Distrito de Pomata, se encuentra ligado a importantes recursos naturales tales como el suelo, biota, y sobre todo el recurso hídrico, siendo este último el recurso más fundamental que abastece el consumo humano, bebida de animales y riego en la zona. En las aguas del Centro Poblado de Huacani del Distrito de Pomata, viendo in situ, se puede observar algunas características físicas alteradas, se puede suponer que existe alguna incidencia física y química por metales pesados, tales que se puede observar un color de mineral ferroso amarillento que cubre las paredes de la superficie de algunos manantiales y/o ojos de agua, y que produce un olor desagradable. De ser así, el recurso hídrico del Centro Poblado de Huacani, según la cantidad de concentración de metales pesados, podría no ser apto para usos específicos y que esto a su vez, a largo tiempo, podría ocasionar daños en la salud de los pobladores, daños en estos ecosistemas acuáticos, y puede incidir en la cadena trófica. Por lo que, en esta investigación, se tendrá que determinar el grado de contaminación, causada por metales pesados.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Cuál será el grado de concentración de metales pesados en las aguas del Centro Poblado de Huacani Pomata según los Estándares de Calidad Ambiental para agua?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Los parámetros fisicoquímicos de las aguas del Centro Poblado de Huacani Pomata, cumplirán con los valores establecidos de acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua: D. S. 004-2017-MINAM, Organización Mundial de la Salud (OMS) -1995 y Agencia para la Protección Ambiental (EPA) 816-F 2003 para consumo humano, riego y bebida de animales?
- ¿La calidad de las aguas del Centro Poblado de Huacani, cumplirán con los requisitos establecidos para consumo humano, riego y bebida de animales?
- ¿Cuál será la concentración de metales pesados presentes en las aguas del Centro Poblado de Huacani donde habita el *Schoenoplectus Californicus* (totora) a comparación con los manantiales de agua?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL

Andrade & Ponce (2016) en su investigación "Determinación de los niveles de metales pesados en la microcuenca del Río Carrizal del Cantón Bolívar, provincia de Manabí". Concluye que los resultados de Cadmio, Mercurio y Plomo detectados en las muestras fueron de 0.00 ppm debido a que se encuentran debajo de los límites de detección del equipo que es <0.01 ppm, en el mes de

octubre: Cd <0.014 mg/l, Hg <0.09 mg/l y Pb <0.035 mg/l. Por lo tanto los valores no exceden los límites máximos de la normativa nacional.

Robles et al. (2016) en su investigación "Evaluación de la contaminación del agua subterránea por metales pesados en un acuífero somero". En conclusión, obtuvo valores de pH desde 6.80 a 7.70 con un promedio de 7.24; demostrando la neutralidad de las aguas de la zona de estudio. Resultados de metales pesados: para plomo (Pb) y mercurio (Hg) no se obtuvieron valores, Hierro (Fe) valores < 0.0008 mg/l y valor > 0.0046 mg/l, zinc (Zn) 0.0053 y 1.551 mg/l valores mínimos y máximos, los valores obtenidos cumplen con la normativa de Mexico en salud y ambiente (NOM-127- SAA1-1994).

Mancilla et al. (2012) en su trabajo de investigación "Metales pesados totales y arsénico en el agua para riego de Puebla y Veracruz, México". Concluye que el contenido de metales pesados en los ríos, embalses y manantiales de Puebla y Veracruz está por debajo de los límites máximos permisibles por la NOM-001-ECOL-1996. Con base en los resultados se recomienda su uso sin restricciones para riego agrícola y uso urbano, con excepción de 3,26 % de las muestras de agua que excedan la concentración de Hg de 0.01 mg L⁻¹ y se restringe su uso para riego agrícola. El 1, 30, 15 y 20 % de estos cuerpos de agua analizados, superan las concentraciones de arsénico, plomo, cadmio y mercurio según los Estándares de Calidad de la EPA. La presencia de Cd, Hg y Pb Entre 50, 20 y 2 % de las muestras analizadas sobrepasan los límites máximos permisibles para consumo humano. El Hg presentó valores muy altos y en el caso del As presentó los valores más bajos del estudio.

Albaluz et al. (2016) en su investigación "Implementación de un sistema de fitorremediación en zona aledaña a reserva forestal protectora el Malmo, Boyacá,

Colombia”. Concluye que el sistema de fitorremediación con totora es eficiente y facilitó con el cumplimiento de objetivos para el tratamiento de aguas residuales en el ecosistema aledaño al predio donde se instaló. Como recomendación indica el uso de humedales artificiales de flujo subsuperficial como método de tratamiento secundario, previo acoplamiento con un pre tratamiento de sedimentación secundaria. Señala que los biofiltros son un tipo de sistema perfecto para tratar zonas descentralizadas o rurales, tienen un bajo costo de instalación, se implementa muy fácil y no requiere un mantenimiento.

1.2.2. A NIVEL NACIONAL

Izquierdo & Verástegui (2016) en su trabajo de investigación “Concentración de metales pesados (As, Cd, Cr, Hg y Pb) en el agua de la cuenca baja del Río Jequetepeque, en relación a los estándares de calidad del agua - categoría 3, Cajamarca – 2016”. Obtuvo los siguientes resultados: para As en el P5: 0.003 mg/L en el mes de mayo, y en los puntos P1: 0.004 mg/L, P3: 0,005 mg/L y P4: 0.006 mg/L en noviembre. Para Cd el P2, P3, P4, P5 y P6 hubo una misma concentración de 0.001mg/L en mayo. Para Pb en los puntos P3: 0.004mg/L y P6: 0.007mg/L en mayo, y en el mes de noviembre en los puntos P3: 0.003mg/L y P6: 0.004mg/L. En cuanto a los valores obtenidos de la concentración de metales pesados (As, Cd, Cr, Hg y Pb) de la cuenca baja del río Jequetepeque, se encuentran por debajo de los estándares de calidad del agua establecidos en el D. S. N°015-2015 - MINAM para agua categoría 3. Para As, el punto con una más concentración P4:0.006mg/L en época de estiaje. Para Cd, los puntos P2, P3, P4, P5 y P6: 0.001mg/L en época de lluvia. Pb, mayor concentración en el P6:0.007mg/L en época de lluvia.

Vega (2012) en su tesis de maestro “Nivel de contaminación por metales pesados (Pb, Cu, Hg, As y Fe) en el Río el Toro, distrito de Huamachuco de la provincia de Sánchez Carrión durante año 2009 - 2010”. Concluyó que la concentración de metales pesados de Pb, Cu, Hg, As y Fe, en el río el Toro no sobrepasa los Límites máximos permisibles a excepción del hierro comparando con la Ley General de Aguas DL. 17762 para agua clase III, en setiembre del 2009 - 2010. El Fe sobrepasa los LMP (1 ppm) de la ley general de aguas clase III, en la Estación N° 03 y 04, en los meses de mayo 1.122 ppm, julio 1.153 ppm y setiembre 1.172 ppm de 2010, y Estación N° 04 en los meses de mayo 1.171 ppm, julio 1.187 ppm y setiembre 1.252 ppm del 2010. Concluye que el agua es aceptable para riego y consumo de animales.

Núñez del Carpio (2015) en su investigación “Contaminación del agua por metales pesados en el distrito Mariscal Cáceres – San José en la provincia de Camaná - Arequipa”. Los resultados en promedio fueron los siguientes: arsénico (As) 0.017 mg L⁻¹, fierro (Fe) 0.9835 mgL⁻¹ y manganeso (Mn) 0.8455 mgL⁻¹, los resultados obtenidos, se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles según el D. S. N° 031-2010-SA agua para consumo humano. Por lo tanto, el agua no es apta para consumo humano en el C. P. de San José, Mariscal Cáceres de Camaná.

1.2.3. A NIVEL REGIONAL

Chata (2015) en su trabajo de investigación “Presencia de metales pesados (Hg, As, Pb y Cd) en agua y leche en la cuenca del Río Coata 2015”. Los resultados obtenidos fueron: Hg <0.00020mg/l, As 0.048mg/l, Pb 0.014mg/l y Cd <0.00050mg/l. Concluye que las muestras analizadas no superan los estándares nacionales de calidad ambiental para bebida de animales y riego de vegetales o establecidos por el MINAM.

Checaño (2018) en su tesis "Determinación de metales tóxicos en el Río Crucero – Puno". Concluye que el nivel de Fe supera los niveles máximos permisibles para efluentes mineros metalúrgicos en la época de estiaje con una concentración de 7.96 mg/L; 2.75 mg/L; 1.83 mg/L y en la temporada de precipitación los resultados para fierro (Fe) fueron de 1.65 mg/L, 2.69 mg/L, 5.42 mg/L, 3.39 mg/L, mercurio (Hg) en temporada de precipitación 0.00680 mg/L, 0.00193 mg/L, 0.00722 mg/L. Los valores de arsénico, cadmio, cromo, plomo, cobre y zinc se encuentran por debajo de los valores máximos para la descarga de efluentes líquidos para actividades mineras. Establecido mediante el D.S N° 010- 2010-MINAM. El pH con un valor promedio de 8.95 y 9.25, temperatura valores en promedio en época de estiaje y precipitación 13.60 °C; 15.08 °C y la conductividad de agua promedio de 274.17 $\mu\text{S/cm}$; 289.33 $\mu\text{S/cm}$.

Pari (2016) en su proyecto de tesis "Determinación de la calidad de agua del Río llave, zona urbana del distrito de llave, Puno - 2016". Los resultados obtenidos indican que en época de secano lluvioso, el pH tiende a la alcalinidad, una alta DBO5 y DQO, con el oxígeno en nivel óptimo y una alta concentración de fosfato. Lo que indica que el río llave presenta niveles de contaminación. Existe gran presencia de microorganismos patógenos, Coliformes fecales, con 3200 NMP/100 ml., este resultado es muy superior a los ECA en la categoría III para aguas, aceptando la hipótesis planteada.

Flores (2018) en su artículo de investigación "Evaluación Físico - Química De Metales Tóxicos En El Río Grande, Ananea - Crucero Puno" concluye que los resultados del análisis de aguas indican que los valores de los metales tóxicos Al, Pb, As, Fe en los puntos 1 y 2, Fe en el punto 5 y Ni en el punto 3, se encuentran por encima de los estándares de calidad ambiental de aguas. El pH es

ligeramente ácido por lo cual solubiliza y moviliza metales tóxicos como el Pb, As, Al y Ni lo que refleja un aumento en la conductividad eléctrica.

Escobar (2019) en su trabajo de tesis “Determinación de parámetros físico-químicos y niveles de metales pesados en agua y sedimentos en la zona de crianza de truchas (*oncorhynchus mykiss*), Bahía de Puno del Lago Titicaca” concluye que la concentración de metales pesados en agua superficiales y sedimentos de la zona de producción de truchas en jaulas no sobrepasa la normativa nacional para agua. El arsénico (As) se encuentra por encima del límite de tolerancia pero no excede los Estándares de Calidad Ambiental..

Llavilla (2018) en su tesis “Evaluación de metales pesados en el agua de los ríos de Pataqueña y Chacapalca del distrito de Ocuvi, Lampa – Puno” concluye que en el río Pataqueña (aguas arriba) el pH promedio fue 9.75, en el río Chacapalca (aguas abajo) el pH promedio es de 6.6, por disolución; mientras los parámetros de conductividad y temperatura se encuentran dentro de los ECA para agua de categoría 3. La presencia de metales pesados en los ríos de Pataqueña y Chacapalca, fueron: río Pataqueña; Al 0.021 mg/l, As 0.115 mg/l, Cd <0.00003 mg/l, Cr <0.0003 mg/l, Fe 0.096 mg/l, Mn 0.011 mg/l, Hg <0.00009 mg/l y Pb 0.001 mg/l. Río Chacapalca fueron: Al 14.368 mg/l, As 0.082 mg/l, Cd 0.014 mg/l, Cr 0.006 mg/l, Fe 18.288 mg/l, Mn 0.558 mg/l, Hg <0.00009 mg/l, y Pb 0.002 mg/l. En conclusión en el río Pataqueña el As, sobrepasa los ECA para agua de categoría 3 para riego de vegetales. En el río Chacapalca el Cd sobrepasa los ECA para agua de categoría 3, siendo no aptos para el riego de vegetales, concluyendo que la calidad del agua del río Chacapalca no son aptas para el riego de vegetales y bebida de animales.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar el grado de concentración de metales pesados en las aguas del Centro Poblado de Huacani Pomata, en base a los Estándares de Calidad Ambiental para agua.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los valores fisicoquímicos en base a temperatura, pH, conductividad eléctrica y metales pesados, para evaluar su calidad y aptitud según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua: D. S. 004-2017-MINAM, Organización Mundial de la Salud (OMS) -1995 y Agencia para la Protección Ambiental (EPA) 816-F 2003 para consumo humano, riego y bebida de animales.
- Evaluar la calidad de las aguas del Centro Poblado de Huacani para fines de consumo humano, riego y bebida de animales.
- Determinar y comparar la concentración de metales pesados presentes en las aguas del Centro Poblado de Huacani donde habita el *Schoenoplectus Californicus* (totora), con los manantiales de agua.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. AGUA

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2011), indica que el recurso hídrico, es la más abundante en la superficie terrestre y se puede encontrar en los tres diferentes estados de la materia. El agua es un recurso fundamental para el crecimiento económico, social y ambiental, y que además constituye uno de los cuatro pilares de recursos básicos más importantes para el desarrollo y fortalecimiento de la vida (Reyes C., 2012). En tal sentido (Mazari H., 2003) indica que el recurso hídrico, es muy valorado y entrañado por todas las sociedades precisamente por las diferentes culturas y economías existentes, y que se ha vuelto a crear mucha más conciencia a nivel mundial de que el agua es un recurso limitado y muy importante a manejar. Durante la investigación, (UNESCO, 1998) determina que menos del 1% del agua existente a nivel mundial es agua dulce, y que esto a su vez representa el 2% del agua total del planeta, y que es aprovechable para el ser humano.

2.1.2. CALIDAD DE AGUA

La calidad de agua, está enfocada en la concentración de sustancias orgánicas e inorgánicas y en el estado de la composición de la biota encontrada en el cuerpo de agua. (Gómez, 2003, p. 48). La calidad del agua desde el punto de vista histórico, se ha comprendido como la cualidad de satisfacer diferentes usos de acuerdo a sus características fisicoquímicas y biológicas de aguas subterráneas y superficiales, que definen la existencia de diversos ecosistemas (Cuenca P. & Pazuña G., 2011). También se puede definir en función de su uso. (Acosta de Armas & Montilla, 2011).

La calidad del recurso hídrico, depende de la concentración de diferentes sustancias originadas por procesos naturales y antropogénicos. (Varsavsky, 2008). La dependencia de la calidad de agua se basa directamente en la variedad de agua que se utiliza para disolver, diluir y transportar sustancias; pueden ser sustancias beneficiosas o nocivas para la vida de los seres vivos. (Braga et al., 2005). En su estado normal, la calidad del agua, está determinada mediante la concentración de sales que puedan contener. Mediante un análisis de la cantidad de aniones (cloruros, sulfatos, bicarbonatos y nitratos) y cationes (Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio y otros constituyentes menores como el Boro, Litio, Selenio y metales pesados) existentes en el agua, se puede determinar la calidad. (Benítez 2002). La calidad del agua se puede determinar con un monitoreo de evaluación de indicadores o parámetros físicos, químicos y biológicos, aplicando métodos y estándares o protocolos de evaluación. Las evaluaciones cualitativas y cuantitativas permiten precisar el estado actual de la calidad de aguas. Con un buen método de evaluación se podrá determinar una buena evaluación y confiabilidad de la calidad de agua. (Li et al., 2019).

La calidad y cantidad del agua es afectada directamente por variables naturales y antropogénicas. Su influencia es más afectada cuando el recurso hídrico disponible es menor, y la utilización del recurso es mayor e irracional. (Bartram J. & Ballance R., 1996)

2.1.2.1. Calidad de agua para consumo humano:

El agua que se utiliza para consumo humano, consiste en la extracción del agua de una fuente a través de un sistema de captación, para su posterior tratamiento y distribución, con la finalidad de satisfacer necesidades humanas básicas. Esta agua extraída para consumo humano, debe ser debidamente tratada sin importar su categoría. (MINAGRI & ANA, 2018).

La Agencia de Protección Ambiental (EPA), para aguas de consumo humano, determina un nivel máximo permisible de un valor de 0,005 mg/L. y la Organización Mundial de la Salud (OMS) indica un nivel máximo permisible de 0,003 mg/L. Debido a la capacidad bioacumulativa del cadmio (Cd), se recomienda una concentración menor del mismo en aguas para consumo humano. (Basualdo L. & Yacila F., 2015)

2.1.2.2. Calidad de agua para bebida de animales:

La calidad de agua para bebida de animales tiene una gran importancia e influencia similar a la calidad de agua para consumo humano, debido a que la calidad de agua afecta directamente a la alimentación, y las aguas que no son de buena calidad normalmente la demanda del mismo es menor y en consecuencia, la alimentación y la producción disminuyen. Las sales disminuyen el buen sabor de las aguas dulces, y en algunos casos estas sales pueden ser tóxicas. Los nitratos, el fluoruro y metales pesados, tienen un gran efecto sobre la calidad de agua para bebida de animales. Otro parámetro que altera el sabor

del agua y convertirlas en no aptas, son los parámetros biológicos como: bacterias, protozoarios, hongos, algas. Los hidrocarburos y otras sustancias oleosas, plaguicidas y muchos productos químicos industriales contaminan y afectan en gran valor la calidad de las aguas para bebida de animales. (Church, Pond W. & Pond K., 2006)

2.1.2.3. Calidad de agua para riego:

Las condiciones de agua que se utiliza para riego, debe ser similar a la concentración de parámetros fisicoquímicos presentes en agua para bebida de animales, es decir, debe ser tratado; para este caso, no es necesario que sea agua limpia, estas aguas serán mucho mejor cuando contengan materia orgánica en suspensión, debido a que estas materias orgánicas, aumentan las propiedades físicas de las tierras, al igual que el limo que se utiliza para incrementar la fertilidad y el mejoramiento de los suelos. (Ruiz, 2003, p.59). Dependiendo de la calidad del agua para riego, se determina el tipo de cultivo a sembrar y el manejo adecuado de estos suelos cultivados (Cieza. 2014).

Aguas no potabilizadas, hasta un determinado punto pueden ser utilizadas para riego, en algunos casos los suelos, suelen requerir un incremento de sales para neutralizar algunas propiedades opuestas, y es necesario proporcionar estas sustancias para mejorarlos y adecuarlos (Ruiz, 2003, p.59).

2.1.3. CONTAMINACIÓN HÍDRICA

La Organización Mundial de la Salud (OMS) explica que cuando un agua está contaminada, esta cambia su composición de tal manera que no cumple las condiciones necesarias para un fin determinado, al que se le destina en su estado natural. Las aguas que provienen por escorrentia superficial y subterráneo de rios, lagos son afectadas por las actividades del hombre lo que provoca una ligera

contaminación. (OMS, 2001). El recurso hídrico, en muy pocos casos se han hallado como agua pura, la presencia de un organismo, compuesto químico o mineral, y cuya concentración impide el uso benéfico del agua se denomina como contaminante (Sagardoy, 1994).

Los derrames, vertimientos, desechos y depósitos directos o indirectos de toda clase de materiales provocan un incremento del proceso de degradación de la calidad del recurso hídrico, y que modifica sus caracteres físicos, químicos y biológicos, es denominado como contaminación hídrica. Su origen se desprende con la actividad del hombre, debido a que la flora y fauna silvestre, no emiten componentes que puedan alterar la calidad del recurso hídrico. La eutrofización es considerada también como un factor que deteriora la calidad del agua. Los ácidos, metales pesados entre otras sustancias o productos químicos, intervienen en la composición del agua lo que ocasiona un deterioro o envenenamiento. (Segura, 2007).

Estas sustancias químicas (ácidos, metales pesados tóxicos) hacen que el recurso hídrico sea prohibido para su consumo, debido a que pueden causar la mortalidad (Torres. 2009). Las actividades industriales, domésticas, o agrícolas son también fuentes de contaminación ya que producen desechos de residuos industriales, alcantarillado, detergentes y pesticidas y que estas, se encuentran presentes en suelos y agua (Lenntech, 2006).

2.1.4. CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES

El recurso hídrico, coadyuva con el bienestar general de todas las actividades antropogénicas, el agua que proviene de fuentes superficiales como lagos, lagunas y ríos se encuentran sujetas a una contaminación diaria, producto de las diversas actividades del ser humano y actividades naturales; puesto que esta

agrega al agua elementos distantes a su composición, modificando su calidad (Rondón, 2012).

2.1.5. CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Las fuentes de contaminación de aguas subterráneas, son causadas por factores antrópicos y naturales. Dentro de los factores antrópicos, la contaminación de las aguas subterráneas que altera la composición química, puede tener procedencia de diversas fuentes como por ejemplo: en campos agrícolas con la aplicación de fertilizantes y plaguicidas, y lugares inadecuados de disposición final de residuos sólidos. La contaminación natural de las aguas subterráneas se da mediante: el gradiente hidrológico, periodo de permanencia del agua en un acuífero, y contaminación causada por la mano del hombre con interacciones hidrogeológicas que ocurren debajo de la superficie. (Kouping C. & et al., 2007; Singhal & Gupta, 2010).

2.1.6. ALTERACIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA

Los cambios en los parámetros de salinidad, Potencial de Hidrogenión y del potencial redox de las corrientes de agua, conducen a la movilización y re suspensión de sustancias químicas acumuladas en los sedimentos, incrementando su potencial tóxico, en el caso de los metales pesados (Herrera et al., 2012).

2.1.7. PARÁMETROS FÍSICOS:

2.1.7.1. Temperatura:

La temperatura determina la relación entre el oxígeno disuelto (OD) y los cambios de metabolismo en los organismos que interactúan en los sistemas acuáticos. A mayor temperatura, se reduce el oxígeno y existe un incremento de

sales. La temperatura, en condiciones naturales varía entre 0°C y 30°C (Chapman, 1996). Influye de manera muy notable en la calidad del agua, provoca la pérdida de oxígeno y de igual manera, a temperaturas superiores aumenta el proceso de putrefacción (Orozco et al., 2011).

La temperatura tiene una gran influencia sobre las características biológicas, físicas, químicas, afecta en la demanda de oxígeno disuelto en el agua, acelera la velocidad de fotosíntesis de las plantas en general, aumenta la velocidad metabólica de los organismos, y la sensibilidad de organismos a desechos parásitos, tóxicos, enfermedades (Mitchell. 1998). Algunos estudios realizados, revelan que la temperatura tiene relación directa con la toxicidad, concluyendo que a mayor temperatura hay una mayor toxicidad de metales pesados. (DELGADO, 2012)

2.1.7.2. Potencial de hidrógeno (pH):

El potencial de hidrógeno, determina la acidez o la alcalinidad de una determinada sustancia en un rango de 0-14 (González, 2004). Es un parámetro de suma importancia tanto en aguas naturales como en aguas residuales. La alcalinidad y acidez, toman control sobre la capacidad para neutralizar fluctuaciones de pH provocadas por la inserción de ácidos o bases (EPA, 1992). Las aguas naturales superficiales, comprenden un rango de 6.0 a 8.0 de pH. El valor de pH mayor de 8 se pueden encontrar en algunas aguas alcalinas, y valores menores a 4.5, son las aguas que contienen ácidos minerales libres (Reyes C., 2012).

El decrecimiento del oxígeno disuelto, se presenta cuando existe una disminución del pH, y que está a su vez afecta directamente al potencial redox (Yang et al., 2012). Para metales liberados por desechos mineros en condiciones

adversas, no es necesario establecer un pH bajo porque, en las aproximaciones a un Ph neutro (6 o 7) se han establecido para algunos parámetros inorgánicos (metales pesados) como: Zn, Cd y As (INECAR, 2000; Lenntech, 2004).

2.1.7.3. Conductividad eléctrica:

La conductividad " σ " es definida como la capacidad de transportar energía eléctrica de una determinada sustancia. La estructura atómica y molecular de las sustancias son determinantes para conducir electricidad. Los metales pesados transportan electrones pero dependen de varios factores de los materiales y sobre todo la temperatura. La conductividad de un agua pura por lo general es muy baja (Guo et al., 2017). La conductividad también es considerada como la medida de sólidos disueltos, mediante un factor de conversión de unidades. Las aguas que contienen una alta conductividad eléctrica, son aguas muy corrosivas (Jiménez, 2000). Los iones en disolución conforman las aguas naturales, por lo tanto su conductividad es mayor, es por eso que se utiliza los datos de conductividad como un índice de concentración de soluto. La temperatura es un factor muy importante para determinar la conductividad en el agua, los análisis generalmente se hacen a una temperatura aproximada de 20 °C. Debido a la presencia de compuestos ionizables, las aguas superficiales presentan valores de conductividad mayores (Liu et al., 2001). A mayor conductividad, la cantidad de sólidos disueltos será mayor y estas aguas con mayor conductividad ya no son convenientes para el consumo directo sin realizar antes un tratamiento previo (EPA, 1992). En disoluciones acuosas, cuando la temperatura disminuye su viscosidad, aumenta la facilidad de transporte iónico o conductividad cuando se incrementa la temperatura (Delgado & Casanova, 2005)

(DIGESA 2000), indica que la conductividad eléctrica es expresada numéricamente la capacidad de las soluciones de transportar corriente eléctrica.

2.1.8. METALES PESADOS

Se denomina metal pesado a cualquier elemento o sustancia metálica que posee una densidad relativamente alta y que sea tóxico o venenoso, aún en muy bajas proporciones o concentraciones (Lenntech, 2004). Según (Farlex, 2005), indica que un metal pesado no tiene mucha interacción con su densidad, pero sí con sus propiedades químicas, estos Metales Pesados incluyen al plomo (Pb), cadmio (Cd), zinc (Zn), mercurio (Hg), arsénico (As), plata (Ag), cromo (Cr), cobre (Cu), hierro (Fe) y el grupo de elementos del platino.

La utilización continua de fertilizantes y agroquímicos en suelos agrícolas, con el transcurrir del tiempo, la concentración de metales pesados potencialmente tóxicos se incrementa en los diferentes niveles. La movilización y disponibilidad de lixiviados de los suelos agrícolas contaminados, depende de los factores como: pH, calidad y tipo de suelo, Potencial Redox. (Wong Suluk, Chotpantarat, & Robson, 2013).

La movilidad natural de los metales pesados en los suelos es a causa de la actividad antropogénica, de las interacciones hidrogeológicas y de los procesos hidrológicos (Bourg, 1995). La concentración de metales pesados en el ambiente natural, generalmente se encuentran en muy bajas cantidades, debido a las actividades antropogénicas sus niveles de concentración de metales se han incrementado. (Lesaca, 1997). El impacto ambiental que causan estos metales en el recurso suelo y agua dependen de las reacciones y respuestas a las condiciones fisicoquímicas y biológicas donde se ubiquen estas mismas (Chambi et al., 2012).

2.1.9. TOXICIDAD DE METALES PESADOS:

La toxicidad de los metales pesados depende de los niveles de concentraciones en las que se encuentren, cuando las concentraciones son elevadas, pueden causar daños y/o problemas en la salud de las personas y en el medio ambiente. Los metales pesados cumplen con una función en especial y se aglomeran en la salud y en el medio ambiente. Dentro de los metales pesados más peligrosos dependiendo de su nivel de concentración se tiene al plomo, en concentraciones altas en personas, el plomo afecta directamente al sistema nervioso central dañando a las neuronas, en cantidades excedentes, produce alteraciones en las plantas, degradan el suelo disminuyendo su productividad, en casos extremos pueden producir desertificación ; en el caso del cadmio, en personas puede producir insuficiencia renal cuando se acumula en el riñón; en el medio ambiente, se producen daños en periodos prolongados de tiempo en ecosistemas acuáticos y terrestres (Elosegi & Sabater, 2009).

2.1.10. EFECTOS EN LA SALUD HUMANA:

El Cr, Fe, Se, V, Cu, Co, Ni, Cd, Hg, As, Pb y Zn, son metales que están considerados como potencialmente tóxicos para el ser humano. En condiciones ambientales, los metales pesados presentes en sedimentos de la biota, se acumulan y causan graves daños al medio ambiente y a la salud humana dando como resultado la producción de diferentes enfermedades (Granada & Escobar, 2012). La naturaleza del compuesto, ruta de exposición, cantidad de exposición y el periodo de exposición determinan los efectos que tienen los metales pesados sobre la salud de las personas. La exposición a metales pesados puede darse mediante la inhalación, ingesta, bebida de agua contaminada, medicamentos, o por contacto directo con la piel. En la actualidad la bebida de aguas contaminadas

es una de las rutas más importantes para la exposición de metales pesados (IARC, 2012).

Los organismos mayormente absorben sales solubles en agua de los metales pesados (Pb, Cd, Hg) estos son muy tóxicos y se acumulan en el organismo, esta fuente de contaminación se presenta en la cadena alimenticia alterando la misma. El Hg, Pb, Cd, al estar presentes en el cuerpo humano, provocan: ceguera, amnesia, raquitismo, astenia y mortalidad (Anónimo, 1993). Los efectos de que los metales pesados puedan producir cáncer han sido estudiados durante mucho tiempo. Según la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC), se clasifican dependiendo de su condición cancerígeno en: Grupo 1A (carcinógeno humano) y Grupo 2A (probable carcinógeno humano). (IARC, 2012).

2.1.11. CONTAMINACIÓN DE AGUA POR METALES PESADOS

La contaminación por metales pesados, pueden ser causadas de manera natural o antrópica (Varsavsky, 2008). La contaminación afecta a todos los ecosistemas acuáticos todo esto debido a su interacción y persistencia en el medio ambiente. El pH del medio puede ser un factor importante para la infiltración de estos contaminantes o del propio vertido, y mediante la escorrentía puede alcanzar diversos ecosistemas acuáticos. El uso de estos sistemas acuáticos o aguas, va a depender mucho según la concentración existente de estos metales pesados (Vílchez, 2005). De manera concreta, la contaminación del agua por estos metales pesados ocasionada por factores antrópicos y naturales, está afectando drásticamente la seguridad alimentaria y salud pública (EFSA, 2015; Huang et. al., 2014).

2.1.12. PLOMO (Pb)

El Pb como metal pesado, posee una densidad de 11,34 gr.cm⁻³ a 20°C y su masa atómica es de 207,19 gr.mol⁻¹, y se puede encontrar de manera natural en la “corteza terrestre” (Badillo, 1992). El Pb, se concentra en ecosistemas acuáticos y organismos del suelo dando resultados efectos en su salud, puesto que altera los procesos bioquímicos del organismo, al adherirse con las proteínas altera la estructura y función de la misma. La especies de flora y fauna pueden bioacumular en su organismo, pero no se ha observado su biomagnificación en la cadena trófica (Matte, 2003; Ramírez, 2002; Rodríguez B., 2013).

2.1.12.1. Efectos del Pb al medio ambiente

El Pb se libera mediante interacciones electrostáticas de sedimentos y suelos, específicamente de limos, arcillas y óxidos de manganeso y hierro (Rodríguez B., 2013). Cuando el Pb es liberado al medio, puede ser transportado a largas distancias por la velocidad y dirección del viento, para luego parar y depositarse en la superficie terrestre, posterior a ello a causa de precipitaciones pluviales y mediante la escorrentía, puede ser transportada y depositada acumulándose en diferentes fuentes y ojos de agua, para luego ser absorbido por la vegetación e insertarse en la cadena alimentaria. El Pb como elemento, no se disuelve en agua, pero, sus formaciones orgánicas si se pueden disolver al contacto con el agua, dando como resultado que el Pb que proviene desde la minería y el Pb residual (calles, tuberías y suelos), puedan llegar a concentrar y contaminar el recurso hídrico que tenga fines de consumo humano, riego y bebida de animales (Philp, 2001; Siavichay L., 2013).

2.1.12.2. Efectos del Pb en la salud

El Pb que se encuentra disperso en el aire, es absorbido mediante la piel, inhalación e ingestión (Bayona C., 2009; Nava R. & Méndez ., 2011). Tiende a ordenarse en distintas partes del organismo (órganos, tejidos, huesos y dientes), que se acumula con el transcurrir del tiempo (Sanín et al., 1998). Este metal puede causar distintos efectos negativos en la Salud como: Alteraciones de la biosíntesis de hemoglobina y anemia, aumento de la tensión sanguínea, deterioro en los riñones, abortos sutiles, perturbaciones y daño en el sistema nervioso reducción de la fertilidad masculina, disminución en el aprendizaje y cambios perturbadores en el comportamiento de los niños (Lenntech, 2017).

2.1.13. CADMIO (Cd)

El Cd, es un elemento metálico de número atómico 48 y peso atómico 112,40; en su forma pura, es un metal blando de color blanco plateado. El cadmio se encuentra presente en el ambiente como un mineral mezclado con otros elementos (ATSDR, 1999a; NTP, 2005). Mediante la refinación de metales y fabricación de abonos, se produce el cadmio como un subproducto, y la principal fuente de exposición a este metal es el tabaco y la dieta (ATSDR, 2008). El Cd se puede encontrar en la superficie terrestre en una cantidad de 0,1 ppm, su colocación química como catión divalente hace que se encuentre junto a otros compuestos, dando como resultado que no se encuentre alejado de manera natural (Bernhoft R., 2013).

2.1.13.1. Efectos del Cd al medio ambiente

La asistencia del Cd en el medio se debe a fuentes naturales como: actividades volcánicas, erosión de las rocas e incendios forestales (Madeddu, 2005). La contaminación por Cd en los diferentes ecosistemas, se evalúa mediante

mediciones en suelos, agua, sedimentos. Este metal, tiene la propiedad de absorberse a valores de pH alcalino o neutro, esto en el caso de sedimentos y suelos (Bonilla C., Garcia O., & Castillo P., 1991).

2.1.13.2. Efectos del Cd en la salud

Para todas las personas en general expuestas al Cd, el primer órgano en padecer los efectos tóxicos de este metal, es el riñón (Ramírez, 2002). Al estar en contacto directo con el Cd o de manera indirecta, ya sea ambiental o laboral, ha permitido el hallazgo de diversas perturbaciones, que admite detallar los siguientes síndromes: proteinuria, disfunción glomerular, calciuria y el aumento de los niveles de urea en el sistema renal; en los pulmones se aprecia irritaciones en las vías respiratorias, enfisema pulmonar, y fibrosis pulmonar; en los huesos se puede apreciar el síndrome itai-itai, de igual manera efectos inmunitarios, hipertensivos, carcinogénesis y mutagénesis; pero sus resultados no se definen en su totalidad (Calla L., 2010).

Las personas en general están expuestas al metal por distintas vías como por ejemplo por la vía oral, mediante la bebida de agua y alimentarse de comida contaminada por Cd (Nava R. & Méndez A., 2011). El Cd que ingresa mediante la vía respiratoria o por vía oral, esta es transportada por los glóbulos rojos, y se acumula en el hígado y el riñón. El cadmio aun en concentraciones pequeñas, tiende a dañar estos órganos (hígado y riñón). La permanencia del Cd en estos órganos puede ser en largos periodos de tiempo. De esta manera, el tiempo de vida media de una persona contaminada por cadmio en los riñones e hígado, puede alcanzar los 30 años de vida. (Bose & Chakraborty, 1957).

2.1.14. ARSÉNICO (As)

El As se posiciona en el lugar número 20 de los elementos que más abundan en la tierra y esta se puede encontrar en rocas y suelos, en fuentes de agua natural y en concentraciones mínimas, en los seres vivos. En el agua, el As puede estar presente de manera natural y tiene un alto potencial de toxicidad para el ser humano. En el agua se puede encontrar concentraciones menores a 10 µg/L. Pero en lugares donde abunda la industria minera se puede encontrar en 0,2 y 1 g/L (Basualdo L. & Yacila F., 2015). El As está distribuido en gran variedad total en la atmósfera, en la hidrosfera y en la biosfera, y se puede encontrar en cuatro diferentes estados de oxidación: As (V), As (III), As (0) y As (-III). El As (III) proviene de la disminución biológica del As (V), e interactúa en zonas cercanas a industrias con efluentes ricos en As (III), como en ambientes reductores y aguas geotermales (Smedley & Kinniburgh, 2002).

2.1.14.1. Efectos del As al medio ambiente

En la cordillera de los Andes de la mayoría de los países latinoamericanos se ha detectado una gran presencia de Arsénico en el agua (Bundschuh et al., 2011). El As es un metal no apto para las plantas. En altas concentraciones puede interferir en los procesos metabólicos de las plantas, afectando el crecimiento y producirles la mortalidad. Aunque los cultivos se desarrollen en zonas contaminadas, la concentración de este metal en vegetales, granos y otros cultivos alimenticios son en baja cantidad. El As en la superficie se puede encontrar en un rango de pH de 7- 9. En las plantas se encuentran concentrados en el siguiente orden: raíz, tallo y hojas (Gutiérrez, 2000).

2.1.14.2. Efectos del As en la salud

Aún se desconoce los efectos toxicológicos del As y se estima un sistema de transferencia en las personas (D'Ambrosio, 2005). Cuando existe elevadas concentraciones de As inorgánico, puede producir enfermedades como la arsenicosis o hidroarsenicismo crónico y dando resultados como enfermedades gastrointestinales, cardiovasculares, problemas respiratorios, y efectos cancerígenos (pulmón, vejiga y piel) entre otras (Morán C. et al., 1993). Si se encuentra expuesta al Arsénico en tiempos prolongados puede producir alteraciones en la piel como dilatación de irritación de los órganos del aparato respiratorio, capilares cutáneos, gastrointestinal, y hematopoyético; También existe una concentración en huesos, músculos, piel, faneras y en mínima concentración en el hígado (cirrosis hepática) y riñones (nefritis crónica); también deja en evidencia el cáncer de la vejiga, pulmón, piel, renal, fosas nasales, hígado, y próstata (Flores E. & Peres B., 2009).

2.1.15. MERCURIO (Hg)

“El Hg, es un metal noble de color plateado que a temperatura ambiente se encuentra en estado líquido” (Kao, Dault, & Pichay, 2004). Se conoce que el Hg proviene de manera natural, sin embargo, la contaminación mayor por Mercurio en las fuentes de agua, proviene de industrias mineras y las industrias de la pulpa, papel y pintura causadas por la mano del hombre (Mittra, 1986). El uso del Hg se da en procesos de amalgamado, según datos estadísticos, un dentista produce un promedio anual de un kilogramo de residuos de Hg, donde estos residuos de Hg son vertidos a las alcantarillas municipales y llegan a parar en desembocaduras a fuentes de aguas naturales, lo que incrementa su concentración en agua, también es utilizado en la minería de extracción de oro en los procesos de amalgamado,

existiendo una pérdida cercana a un gramo de Hg en el ambiente por gramo de oro; de igual manera se puede encontrar en la elaboración de termómetros, en vacunas, preservantes, cosméticos, fungicidas, insecticidas, productos de limpieza, industria del papel, componentes electrónicos diversos, etc. (Baird C., 2014).

2.1.15.1. Efectos del Hg al medio ambiente

Los organismos microscópicos que encuentran Hg en suelos y aguas superficiales, estas pueden convertirlos fácilmente en metilmercurio. El metilmercurio es una sustancia que puede ser absorbida por cualquier organismo con mucha facilidad, trayendo consigo problemas en su sistema nervioso. En los animales, el Hg puede producir daño a los riñones e intestinos, alteración en el Ácido Desoxirribonucleico (ADN), trastornos en el estómago y fallos en la etapa de reproducción. (ECODES, 2005). La contaminación por Hg también se puede apreciar en ambientes acuáticos por causas antrópicas y el mercurio es bioacumulado mediante la cadena alimenticia en forma de metilmercurio (García-Hernández et al., 2007).

2.1.15.2. Efectos del Hg en la salud

En la salud de las personas, la presencia de Hg en diferentes niveles de concentración, puede producir diversas enfermedades, entre ellas: agravio en el sistema nervioso, detrimento a las funciones del cerebro, daño a los cromosomas y ADN, irritación de la piel, dolores de cabeza, alergias, cansancio, daño a las células reproductivas, defectos en nacimientos, y producir abortos (Lenntech, 2017).

El Hg elemental no es muy soluble, y al ingerirlo, existirá una mínima toxicidad, sin embargo al estar presente en cualquier temperatura, produce vapores muy

tóxicos y al estar en contacto e inhalarlas, puede causar intoxicaciones agudas o crónicas (Bayona C., 2009; Sarmiento et al., 1999)

2.1.16. ALUMINIO (Al)

Al Al, se le conoce por ser el tercer elemento que más abunda en la tierra, está presente en minerales, rocas y arcillas, y su presencia en el recurso hídrico es frecuente como sal soluble, o compuestos que son insolubles (Jiménez, 2005).

La vegetación que contiene una gran concentración de Al puede producir problemas en la salud de los animales que lo consumen, las consecuencias para las aves que consumen peces con concentraciones de Al, como efecto nacen con diminuto peso. (Peris, 2006). Las personas se ingestan con Al, al consumir alimentos con metales presentes naturalmente, bebida de agua sin tratamiento, y el uso de alimentos (ATSDR, 2008).

2.1.17. BORO (B)

La presencia de B en la corteza terrestre, mayormente se da por factores naturales. Las aguas que son potabilizadas, en muy pocas ocasiones exceden de 1 mg/l, para aguas que se usan en riego, los 2 mg/l de B, son muy dañinos, la concentración de B en plantas, generalmente afecta a especies cítricas. Concentraciones mayores a 30 mg/l causan efectos en la salud de las personas, afecta directamente al sistema nervioso central (Jiménez, 2005).

El uso de plaguicidas y fertilizantes es una de las causas de presencia de B y Zn en suelos receptores, que luego por el ciclo hidrológico, pasan a formar parte de ríos, manantiales, lagos, en épocas de lluvia o a través de riego. La presencia de B en ecosistemas, puede darse también mediante procesos geológicos naturales como la erosión de suelos y rocas (ATSDR, 1992; ATSDR, 2005).

2.1.18. BARIO (Ba)

La presencia de Ba en el medio ambiente puede darse mediante cauces contaminados con desechos sólidos, las llantas y frascos de vidrio, pueden ser factores de presencia en cantidades pequeñas de Ba en masas de agua luego según el pH existente, precipitan como sulfatos y carbonatos que luego se incorporan en sedimentos (ATSDR1, 2007).

2.1.19. BERILIO (Be)

El Be, desde concentraciones bajas es muy tóxico. (Santos Et al., 2012)

El Be, no cumple con una función fisiológica que sea conocida, según las concentraciones que presente, causas graves efectos sobre la salud de las personas, animales y plantas y por ello es recomendable distanciarnos (Concón, 2009)

2.1.20. COBALTO (Co)

El Co, se presenta de forma natural en el medio ambiente: aire, agua, suelo, biota. El viento y el polvo son factores de deposición de Co, en superficies de cuerpos de agua y suelos, que mediante la escorrentía pueden ser depositados en grandes masas de agua o manantiales, se encuentra disperso en el medio y el 0.001 % de las rocas ígneas en la tierra, poseen concentraciones de Co (Lenntech, B, 2014)

El Co, es esencial para la salud de los seres humanos y animales, por lo que es necesario que los alimentos contengan cantidades adecuadas de Co. La ingesta elevada de Co para el tratamiento de la anemia, es un factor estimulante para la producción de hematíes 7, y está relacionado directamente con el desarrollo del bocio (Moreno, 2003). Es muy tóxico en un aproximado de 300 mg/l y puede causar toxicidad miocárdica, bocio (Nordberg et al., 2014) en estas

concentraciones elevadas de Co también puede causar atrofia del nervio óptico (Paustenbach et al., 2014).

2.1.21. CROMO (Cr)

El Cr, en condiciones naturales se presenta generalmente en forma de trivalente y las actividades antropogénicas generan el Cr hexavalente (Doménech, 1995). En cuerpos de aguas naturales, las concentraciones de Cr es muy baja, las actividades antropogénicas como actividades mineras e industriales producen elevadas concentraciones por lo que el Cr, es un metal tóxico para la salud humana” (ANA, 2018).

Cuando la presencia de Cr III es elevada puede ocasionar graves problemas a la salud de las personas como es el caso de la erupción cutánea. Altas concentraciones de Cr VI trae consigo consecuencias negativas en la salud humana como: erupciones cutáneas, malestar de estómago y úlceras, problemas respiratorios y debilitamiento del sistema inmune (IARC; Instituto de Ciencia y Tecnología de Materiales, 2017).

Estudios realizados en seres humanos, demuestran que se ha encontrado una ligera acumulación de Cr en los pulmones. Concentraciones en menores cantidades de Cr en el ser humano, produce: incremento de la glucosa, colesterol y triglicéridos, y otros (Anderson, 1987).

2.1.22. COBRE (Cu)

El Cu, se encuentra distribuido en la mayoría de las cuencas hidrográficas, los minerales de cobre en la mayoría de los casos son insolubles puesto que el Cu es absorbido en estado sólido, la presencia de Cu en aguas naturales es relativamente baja. Con la presencia de sulfuros, el Cu es menos soluble en

ambientes con ausencia de oxígeno. Al encontrarse mayores concentraciones de Cu en aguas superficiales, se atribuye a las actividades antropogénicas (ANA, 2018).

Según la OMS (2003), el Cu es un nutriente muy esencial para la vida, pero a la vez un contaminante de mucha importancia en la salud (OMS, 2003). Los fungicidas, plaguicidas, insecticidas y conservantes de madera, contienen grandes concentraciones de compuestos de Cu, de igual manera se utilizan como aditivo de alimentos y en fertilizantes (OMS, 2004).

Algunos problemas en la salud humana a causa de la exposición al Cu, en el caso de polvo de Cu, puede provocar problemas como: irritaciones, dolor de cabeza, mareos, náusea y diarrea. Cuando es consumido puede provocar náuseas, vómito, calambre estomacal, también daños hepáticos y renales hasta la mortalidad. Las investigaciones realizadas, no comprueban un efecto cancerígeno en las (ASTDR, 2004).

2.1.23. HIERRO (Fe)

El Fe, es un elemento muy abundante en la tierra, en aguas naturales se pueden encontrar en concentraciones muy bajas. El pH y el potencial redox en gran medida, son factores importantes en la acumulación de Fe en aguas naturales. La propia naturaleza del agua, aportan con la concentración de Fe (ANA, 2018).

El Fe es abundante en la corteza terrestre, pero su forma y solubilidad en cuerpos de agua, dependen del pH y del potencial redox. (GORE, 2012)

2.1.24. LITIO (Li)

El Li, como compuesto, se puede encontrar mayormente en subcuencas (Laqui Vilca, 2019). Cuando hay una reducción en la depuración de Li del cuerpo,

produce insuficiencia hepatocelular, insuficiencia renal crónica o aguda. Cuando el Li persiste mucho tiempo en el cuerpo, representa un daño mucho mayor y puede presentar en muchos casos complicaciones (Moran et al., 2011)

2.1.25. MAGNESIO (Mg)

El Mg, representa un constituyente muy primordial en la sangre, está presente en el plasma sanguíneo, fluidos corporales y en fluidos celulares. Está presente en la dieta de infantes, hasta adultos, tanto varones y mujeres, los requerimientos más altos se dan en mujeres embarazadas y madres lactantes (Holum, 1983).

La dureza del agua está constituida por los sulfatos de Ca y Mg que producen una dureza permanente. El sulfato de Mg produce en el agua un sabor muy amargo (Amachi O., 2017).

2.1.26. MANGANESO (Mn)

El Mn, es un elemento abundante en la corteza terrestre, se puede encontrar en diferentes tipos de rocas. El Mn, es un elemento que no posee un olor ni sabor en particular, es un metal de color plateado y en el ambiente no se puede encontrar en forma pura. Algunos compuestos de Mn, se disuelven en arroyos, lagos y en general en el océano. El Mn, es un compuesto que se puede invertir mediante procesos naturales o antropogénicos, no se degrada ni desaparece en el medio ambiente (ATSDR, 2000).

El Mn, se puede encontrar comúnmente en rocas y suelos, en forma de óxidos e hidróxidos. La evaluación de Mn en agua es de suma importancia para controlar concentraciones de diversos metales traza potencialmente tóxica que se encuentran en aguas naturales. El análisis de Mn, es para comprobar si su presencia en el agua es natural (ANA, 2018). El Mn que se encuentra en

sedimentos, es debido a suelos volcánicos y principalmente a los procesos naturales geológicos: erosión de rocas y material parental (Wilcke et al., 2000).

2.1.27. MOLIBDENO (Mo)

El Mo, es un elemento muy esencial para los seres humanos y animales. La función principal del Mo en el cuerpo es nivelar los óxidos de xantina mediante las molibdo flavoproteínas.

La toxicidad del Mo en animales, es más significativa para los rumiantes. En ovinos, este metal podemos encontrarlo en varios órganos internos como en el hígado, pulmones y riñones (Grace & Martinson, 1985).

La toxicidad del Mo en el ser humano es poco común. El Mo se asocia en suelos como materia orgánica e inorgánica y comúnmente como óxido. Las plantas requieren frecuentemente de Mo para su formación y producción de enzimas. La deficiencia de este metal en plantas, puede traer consigo, malformaciones en la necrosis, en las hojas y en la clorosis (Romheld & Marschner, 1991). Uno de los efectos causados por la ausencia de Mo en plantas, es la destrucción del embrión. Las concentraciones de Mo en las plantas, varían entre 0,03 y 0,15 mg kg⁻¹ (Epstein, 2002).

2.1.28. NÍQUEL (Ni)

El Ni, es un elemento fundamental tanto para las personas, plantas y animales. Para las plantas, el Ni en concentraciones muy bajas representa toxicidad y en personas y animales no representa ningún tipo de problema, lo que representa una problemática en la aplicación de biosólidos en suelos, debido a que cuando las concentraciones de Ni son elevadas representan un peligro negativo en el crecimiento de las plantas. En la mayoría de los suelos el Ni se encuentra en

concentraciones muy variables, debido a que depende de algunos componentes y características físico químicas del suelo (Cast, 1976). Para las personas y plantas, en concentraciones pequeñas el Ni es esencial pero cuando las concentraciones son elevadas trae consigo problemas graves en la salud de las personas y animales (Rodriguez B., 2013).

La toxicidad del Ni también se da en la vida acuática, dependiendo de su forma química y su biodisponibilidad (OMS, 2005). El Ni es moderadamente tóxico para la vida acuática, pero no representa problemas en peces ni invertebrados. La descarga de aguas residuales y actividades antropogénicas en cuerpos acuáticos, incrementa las concentraciones de Ni (Denton, et al., 2001).

2.1.29. ANTIMONIO (Sb)

El Sb, se puede encontrar en la corteza terrestre en valores de 1.0 g/g. Las concentraciones más bajas se pueden encontrar en aguas superficiales, que proceden de la erosión de rocas y minerales sulfurosos y se asocia a minerales de sales de arsénico (Adriano, 1986; Marín, 1996; Prieto, 1998).

La industria metalúrgica utiliza el Sb como un elemento aditivo para provocar mayor dureza y rigidez en aleaciones con plomo, como en el mejoramiento de resistencia en corrosión. El Sb también se utiliza en tintes de los tejidos y en la producción de pigmentos blancos (Adriano, 1986; Vega, 1990).

El comportamiento del Sb es similar al As, y se encuentra asociado comúnmente con depósitos no ferrosos, por lo que en la explotación de los mismos es emitido al medio ambiente en el proceso de la explotación de estos yacimientos (Crecelius et al., 1975; Adriano, 1986).

2.1.30. SELENIO (Se)

El Se, tiene una importancia en la dieta humana debido a que tiene un gran valor nutricional. Funciona conjuntamente con la vitamina E produciendo inmunidad y enzimas que funcionan como defensores de los peróxidos que nos perjudican. En concentraciones menores en el ser humano, estos son más propensos a contraer cáncer, trastornos cardíacos, cataratas, enfermedades respiratorias, y envejecimiento prematuro. Las personas que presentan una baja concentración en el nivel de Se en la sangre e hígado, son más propensos a padecer enfermedades crónicas hepáticas. Los cambios en los estados de ánimo, angustia y desgaste de energía, está relacionada por la deficiencia y/o carencia de Se en el cuerpo. (CAST, 1976).

En el desarrollo de la vida, el Se interviene en los procesos bioquímicos a través de una cascada de sistemas enzimáticos (CLM, 1998). El Se conforma el grupo de los metales más tóxicos, su toxicidad es menor para las plantas, en cambio para los seres humanos y animales puede ser muy perjudicial y riesgoso (Loayza, 2008).

2.1.31. ZINC(Zn)

El Zn, abunda en las rocas y minerales, debido a su baja solubilidad no se presentan en concentraciones altas en aguas naturales. En aguas superficiales se encuentra en cantidades traza, y en aguas ácidas su concentración es mucho más elevada. Es esencial para la nutrición de las personas cuando se encuentran en concentraciones moderadas, cuando existe variación en su concentración, es tóxico para los organismos acuáticos (ANA, 2018). Representa un elemento esencial para los seres humanos masculinos, debido a que balancea el Cu en el

cuerpo, como la actividad reproductiva (Nolan, 2003). Sirve de cofactor para las enzimas di hidrogenadas y en anhídrido carbónico (Holum, 1983).

Las investigaciones realizadas en 1934, concluyeron y demostraron que el Zn es esencial para el desarrollo y crecimiento normal en los animales (Prasad, 1979; ATSDR, 2005).

2.1.32. ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) son definidos como el grado de concentración de los parámetros físicos, químicos y biológicos en cuerpos de agua como receptores, y que no representa riesgo alguno en la salud de las personas ni en el medio ambiente. El ECA aplica en el diseño y aplicación de normativas legales, políticas e instrumentos de gestión ambiental. (Reyes C., 2012)

En el Perú, existen parámetros y valores establecidos en el ECA para agua (D.S. 004-2017-MINAM). La aprobación de los ECA nacional para agua, tiene el objetivo de establecer el grado de concentración de sustancias, elementos, o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en cuerpos de agua, en condición de cuerpos receptores. El ECA Nacional para agua, aplica a todos los cuerpos de agua a nivel nacional, y que se encuentren en su estado natural. (ANA, 2018, p. 14).

2.1.32.1. Categorías de los ECA para agua

Según MINAGRI y ANA (2018), dentro del ECA Nacional para agua D. S. 004-2017-MINAM, se consideran 3 categorías importantes:

- Categoría 1 – subcategoría A2: aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

- Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales.
- Categoría 4: conservación del ambiente acuático.

La presente investigación toma en cuenta las siguientes categorías:

Categoría 1: Poblacional y recreacional

a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Las aguas que al realizarse un previo tratamiento, estas son destinadas para consumo humano:

❖ A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

Son aguas que con simple desinfección y de acuerdo a sus características de calidad, son abastecidas y destinadas para consumo humano.

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

a) Subcategoría D1: Riego de vegetales

Son las aguas que se utilizan para el riego de cultivos vegetales en tierras agrícolas.

- **Agua para riego no restringido**

Aguas destinadas para el riego de cultivos alimenticios que se consumen crudos, cultivo de árboles o arbustos frutales, parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, etc.

- **Agua para riego restringido**

De acuerdo a sus características de calidad estas aguas son destinadas para el riego de cultivos alimenticios que se consumen cocidos, cultivos de tallo alto, cultivos industriales no comestibles, y cultivos forestales.

b) Subcategoría D2: Bebida de animales

Estas aguas son destinadas directamente para la bebida de animales como: ganado vacuno, ovino, porcino, equino, cuyes, caprinos, aves y conejos.

2.1.33. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGUA

Los países establecen normas y criterios de calidad de aguas de acuerdo a la utilización que se le hace a los cuerpos de agua existentes en sus territorios. Estas normativas de calidad, son un reflejo de la variedad de sus usos, manteniendo la vida acuática, potabilización de agua, recreación, y usos industriales (EPA, 2017).

2.1.34. NORMATIVIDAD

A nivel mundial, existen diversas normas que regulan los valores de la concentración de metales pesados en agua, siendo la más importantes y utilizadas en la presente investigación, las siguientes: D. S. 004-2017.MINAM, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD “OMS-1995” y AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL “EPA 816-F 2003”.

2.1.35. FITORREMEDIACIÓN PARA DESCONTAMINACIÓN

Se refiere al empleo de plantas para transferir, remover, estabilizar, concentrar y destruir contaminantes para la recuperación de suelos, aguas o aire que han sido afectados por algún tipo de contaminante orgánico e inorgánico, y su aplicación se puede dar In Situ como en Ex Situ. Algunos procesos de fitorremediación pueden ser: fitoextracción, rizo degradación, fitoestabilización y la fitodegradación (Van Deuren y Hutchinson, 2001).

- **Aplicaciones:** Se puede aplicar en suelos contaminados por tolueno, benceno, etilbenceno y xilenos; HAPs; solventes clorados; agroquímicos clorados,

nitrotolueno y organofosforados; y suelos contaminados por parámetros inorgánicos por Cd, Cr (VI), Cu, Co, Ni, Pb, Zn y Se (Sellers, 1999).

- **Ventajas:** Se utiliza como bombas extractoras de bajo costo, necesarios en la depuración de aguas y suelos contaminados, como también en la descontaminación de superficies grandes.
- **Limitaciones:** Los factores que limitan el proceso de captación están determinadas por las aguas poco profundas, la profundidad en la que se desarrolla la raíz, tiempos de largo plazo, y la biodisponibilidad de metales (Volke y Velasco, 2002).

Tabla 01: Tipos de Fitorremediación

Tipo Proceso Involucrado	Proceso Involucrado	Contaminación Tratada
Fitoextracción	Las plantas se usan para concentrar metales en las partes cosechables (hojas y raíces)	Cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo selenio, zinc plomo,
Rizofiltración	Las raíces de las plantas se usan para absorber, precipitar y concentrar metales pesados a partir de efluentes líquidos contaminados y degradar compuestos orgánicos	Cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo selenio, plomo, zinc isótopos radioactivos, compuestos fenólicos
Fitoestabilización	Las plantas tolerantes a metales se usan para reducir la movilidad de los mismos y evitar el pasaje a napas subterráneas o al aire.	Lagunas de deshecho de yacimientos mineros. Propuesto para fenólicos y compuestos clorados.
Fitoestimulación	Se usan los exudados radiculares para promover el desarrollo de microorganismos degradativos (bacterias y hongos)	Hidrocarburos derivados del petróleo y poliaromáticos, benceno, tolueno, atrazina, etc.
Fitovolatilización	Las plantas captan y modifican metales pesados o compuestos orgánicos y los liberan a la atmósfera con la transpiración.	Mercurio, selenio y solventes clorados (tetraclorometano triclorometano) y Fitodegradación.
Fitodegradación	Las plantas acuáticas captan, almacenan y degradan compuestos orgánicos para dar subproductos menos tóxicos o no tóxicos.	Municiones RDX, (TNT, DNT, nitrobenzeno, nitrotolueno), atrazina, solventes clorados, DDT, pesticidas fosfatados, fenoles y nitrilos, etc.

Fuente: (www.medioambiente.gob.mx, 2008).

2.1.36. LA TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)

Como es conocida comúnmente, crecen e interactúan en ambientes salobres y húmedos y crecen hasta una profundidad de 5cm a 3m. Las temperaturas de 16-27°C son deseables y adecuadas para su desarrollo con un pH de 4 a 9 (Biofiltro, 2013). Esta especie suele desarrollarse en el periodo de un año, y en algunos casos en menos de un año. Sus raíces penetran aproximadamente 0,6m para el caso de las gravas es por eso que se usan mucho en los humedales (Regmurcia,

2013). La totora tiene probablemente como centro de origen el Altiplano de Atacama y el Titicaca. Y no solo tiene distribución y abundancia en el lago Titicaca, sino también en el lago Poopó o Aullagas en el departamento de Oruro, Bolivia, que tiene su lecho de origen en las cercanías de la extensa región, hoy gran desierto de Atacama. La totora se caracteriza por su sociabilidad y su distribución cosmopolita, es considerada un recurso natural de gran importancia en la economía de las comunidades ribereñas del lago Titicaca (Goyzueta et al., 2009).

Existen proyectos de investigación de universidades que tratan acerca de la totora, debido a que es una planta muy interesante que sirve para mudar contaminantes, se obtuvieron excelentes resultados, como muestra de lo mencionado se presenta una comparación de dos estudios elaborados de las cuales se resalta la eficiencia del 85% y la remoción de nitrógeno a 23 %; PO4 a 30%; fósforo al 20%; Coliformes y bacterias al 99.9% (INFOANDINA, 2013).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Agua: Cuerpo formado por la combinación de un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, dispuestos en un ángulo de 105° , con el oxígeno en el vértice, de fórmula H_2O . Es un líquido inodoro e insípido, en pequeña cantidad es incoloro, y verdoso o azul en grandes masas; que refracta la luz, disuelve muchas sustancias, se solidifica por el frío, siendo el único elemento en la tierra que, tanto al congelarse o al calentarse se dilata; se evapora por el calor y, más o menos puro, forma la lluvia, los manantiales, los ríos y los mares.

Agua cruda: Son aguas (superficiales o subterráneas) que se encuentran en estado natural. sin haber sido alterada su composición química por alguna incidencia antrópica y/o natural.

Agua dulce: Agua que generalmente contiene menos de 1 gramo por litro de sólidos disueltos. Recurso natural finito, componente esencial de la hidrosfera de la Tierra y parte indispensable de todos los ecosistemas terrestres.

Agua mineral: Agua de manantial que contiene sales minerales o gases que, por tanto, puede tener efectos diferentes, sobre el cuerpo humano, que el agua corriente. Las aguas minerales se han empleado como remedio desde la más remota antigüedad, y eran familiares para los antiguos griegos o romanos. Acostumbran clasificarse en alcalinas, salinas, ferruginosas, sulfurosas, aciduladas y arseniosas.

Agua potable: Que es apta para el consumo humano y cuya ingestión no tendrá efectos nocivos para la salud. En cada país, las autoridades establecen las especificaciones que debe cumplir este tipo de agua. La Organización Mundial de la Salud (OMS) hace periódicamente recomendaciones al respecto. Agua que desde el punto de vista fisiológico y organoléptico es inocua al ser humano y puede ser usada para beber con absoluta seguridad.

Agua subterránea: Agua existente bajo la superficie terrestre en una zona de saturación llenando los espacios vacíos del suelo y del subsuelo, procedente de la infiltración por precipitaciones y escorrentías, y en ocasiones de aguas juveniles y magmáticas. El agua infiltrada circula por el subsuelo hasta llegar a una zona de acumulación limitada por capas impermeables, formando un manto, denominado acuífero que abastece pozos y manantiales.

Agua superficial: Calificativo dado a aquellas aguas que se encuentran transitoriamente discurriendo, o en reposo, sobre un suelo, otro cuerpo de agua u otro material. Estas aguas provienen de las precipitaciones pluviales, por lo que no se infiltran ni regresan a la atmósfera por el proceso de evaporación.

Agua, calidad: Carácter está definido por la composición y características físico-químicas, adquiridas a través de los diferentes procesos naturales y antropogénicos. La calidad del agua y su variación en el tiempo y el espacio se modifica por el influjo de múltiples actividades socioeconómicas y naturales, expresada en términos de variables medibles y relacionadas con el uso para el cual se requiere dicha agua.

Agua, contaminación: Adición nociva de material extraño, que deteriora su calidad, el cual podrá ser materia inerte, como los desechos industriales o materia viva, como la de los microorganismos transmisores. Encontramos vertidos, derrames, desechos y depósitos directos o indirectos de toda clase de materiales que son susceptibles de provocar un incremento en la degradación de las aguas, modificando sus características físicas, químicas, biológicas o bacteriológicas.

Agua, criterios de calidad: Valores establecidos para algunas características del agua, con el fin de conceptualizar sobre su calidad e iniciar investigación sanitaria cuando las circunstancias lo ameriten. Los niveles específicos de calidad deseable para diferentes usos identificados como benéficos, son llamados “criterios de la calidad de agua”

Agua, muestra instantánea: Muestra tomada en un lugar representativo, en un determinado momento.

Agua, uso agrícola: Estas aguas se emplean para el riego de cultivos y otras actividades agrícolas.

Agua, norma de calidad: Admisible o deseado, establecido para algunas variables requeridas en el agua, con el fin de determinar su calidad y contribuir a preservar y mantener la salud humana.

Agua, uso pecuario: La empleada para consumo de animales en sus diferentes especies, así como para otras actividades complementarias y conexas del sistema pecuario.

Aguas naturales: Aquellas cuyas propiedades originales no han sido modificadas por la actividad humana; y se clasifican en: aguas superficiales, subterráneas y aguas meteóricas o atmosféricas.

Conductividad: Magnitud que indica la capacidad de circulación de la corriente eléctrica a través de un material.

Condiciones medioambientales: Todos los factores que condicionan la estructura y forma de vida en un espacio definido, tanto físico como biológico.

Contaminación del agua: Definición del estado del agua que ha modificado sus condiciones naturales, físicas, químicas o bacteriológicas, requeridas para el proceso para lo cual se ha destinado originalmente. Por ejemplo en agua que no se considera contaminada para el uso de una caldera, pueden usarlo para el consumo animal o humano.

Contaminación agrícola: Desechos sólidos, volátiles o líquidos, producido por todo tipo de explotaciones agrícolas, incluyendo los derivados de los pesticidas, fertilizantes y sobrantes de forrajes; erosión y suciedad del arado, abono animal, esqueletos y residuos de las cosechas y escombros. Las escorrentías y los vientos, son los procesos naturales que con mayor frecuencia, incrementan y propagan los contaminantes agrícolas, y sus efectos hacia hábitats distantes.

Contaminación de la salud humana y animal: Contacto de un agente patógeno, o elemento nocivo de concentraciones no habituales en el medio, con un sujeto vivo, extrañando o no a un afección al organismo expuesto.

Contaminantes antropogénicos: Son producidos por actividades humanas.

Degradación: Término aplicado a cualquier proceso de transformación de un sistema, orden, estructura o sustancia compleja, a un nivel inferior. Así tenemos la degradación geológica, biológica, química o entrópica. En términos generales es el proceso de descomposición de la materia, por medios físicos, químicos o biológicos.

Degradación de rocas: Proceso de disgregación sufrido por las rocas, generalmente en un ambiente superficial. Es debida a tres factores fundamentales:

- a) acción física provocada por el choque de materiales transportados por el viento o el agua.
- b) acción química causada por las aguas y los gases.
- c) acción de los organismos vivos, por lo general de naturaleza bioquímica.

Desarrollo sostenible: Es un desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad y manejo racional de los recursos naturales.

Metal pesado: Son elementos químicos metálicos que poseen un peso atómico elevado, muchos de estos metales son tóxicos para la salud y el ambiente cuando se encuentran en niveles elevados de concentración.

pH: Es la medida de la acidez o alcalinidad de una sustancia, el cual se representa sobre una escala que va de 0 a 14. Concentración de los iones hidrógeno (H^+) de una solución, expresada por conveniencia con el cologaritmo, o logaritmo negativo, en base 10, de la propia concentración. El pH indica el grado de acidez o se basicidad de una solución; una solución es neutra si tiene un valor de pH equivalente a 7, ácida por debajo de ese valor y básica por encima del mismo.

Grado: En términos generales, es el estado, valor o calidad que, en relación de mayor a menor, puede tener una cosa que puede ser buena o malo para un fin determinado.

Concentración: Cantidad de una sustancia dada en una unidad específica de una mezcla. En general, es la proporción de medida de una cosa, sustancia o población, en función de su cantidad. Puede expresarse por medio de tantos por uno o por ciento, fracciones molares, molaridad, molalidad, etc.

Micrófilo: Se les conoce a todas aquellas plantas que pueden vivir en terrenos inundados durante toda su vida, o encharcadas durante largos periodos de tiempo

Temperatura: Estado del ambiente que se manifiesta en el aire y en los cuerpos en forma de calor, en una gradación que fluctúa entre dos extremos que, convencionalmente, se denominan caliente y frío. En observaciones de la superficie, se refiere principalmente al aire o temperatura ambiental cerca a la superficie de la tierra.

Toxicidad: Propiedad que tiene una sustancia, elemento o compuesto, de causar daños en la salud humana o la muerte de un organismo vivo. El grado de toxicidad de una sustancia es directamente proporcional a la concentración y al tiempo de exposición de esta. Esta relación varía con la etapa de desarrollo del organismo.

Fito remediación: Se refiere al empleo de plantas para transferir, remover, estabilizar, concentrar y destruir contaminantes para la recuperación de suelos, aguas o aire.

Estándar de Calidad Ambiental - ECA: Se refiere a la medida de o el grado de parámetros fisicoquímicos y biológicos presentes en componentes de la atmósfera

(agua, aire, suelo, o en un cuerpo receptor) que no presenta riesgo de contaminación en el ambiente ni en la salud de las personas.

2.3. HIPÓTESIS

2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

- El grado de concentración de metales pesados en las aguas del Centro Poblado de Huacani, superan los valores permitidos según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua.

2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Los valores de los parámetros fisicoquímicos (Temperatura, pH, conductividad eléctrica y metales pesados) evaluados en las aguas del Centro Poblado de Huacani Pomata, superan los valores permitidos según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua: D. S. 004-2017-MINAM, Organización Mundial de la Salud (OMS) -1995 y Agencia para la Protección Ambiental (EPA) 816-F 2003 siendo no aptas para consumo humano, riego y bebida de animales.
- La calidad de las aguas del Centro Poblado de Huacani, no es recomendable para consumo humano, riego y bebida de animales.
- La concentración de metales pesados presentes en las aguas del Centro Poblado de Huacani, donde habita el *Schoenoplectus Californicus* (totora), está por debajo, a comparación con los manantiales de agua.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

Antecedentes históricos: El Distrito de Pomata, se ubica al Sur de la Provincia de Chucuito en el a una distancia de 105.5 Km. de la ciudad de Puno, cuenta con 18 comunidades y centros poblados: CC Ampatiri, CC Batalla. CP Chatuma, CP Collini, centro poblado de Huacani, CP Huapaca San Miguel, CC Huapaca Santiago, CC Sicuani, CC Lampa Chico, CP Lampa Grande, CP Llaquepa, CC Sajo, CC Sisipa Challacollo, CC Tambillo, CP Ticaraya, CP Tuquina, CC Villa Santiago, CP Buena Vista Chacachaca y CP Chimbo. Con una población aproximada de 16 783 habitantes.

- Ubicación política:

Políticamente limita por el este con los Distritos de Zepita y Cuturapi, por el Oeste con el Distrito de Juli, por el Norte con el Lago Titicaca, por el Sur con el Distrito de Huacullani.

El Centro Poblado de Huacani del distrito de Pomata se encuentra a un aproximado de 3853 msnm que comprende desde el nivel del Lago, existiendo predominancia de pampas, llanuras, bofedales, macrófitas, y sobre todo recurso

hídrico, con relativa pendiente y una muy buena condición para la producción de cultivos y ganadería. Cuenta con un aproximado de 900 habitantes ubicados en 8 sectores diferentes: Sector Huaripujo, Achoccallani, Sajsuyo, Lucuma, Totoroma A, Totoroma B, Chaccallapi y Japurani.

Las coordenadas UTM: WGS84, Zona 19 S. que aproximan la ubicación de la zona de estudio son:

Tabla 02: Coordenadas UTM de la zona de estudio

ESTE (UTM X)	NORTE (UTM Y)
465320	8201005.2

- Ubicación Geográfica:

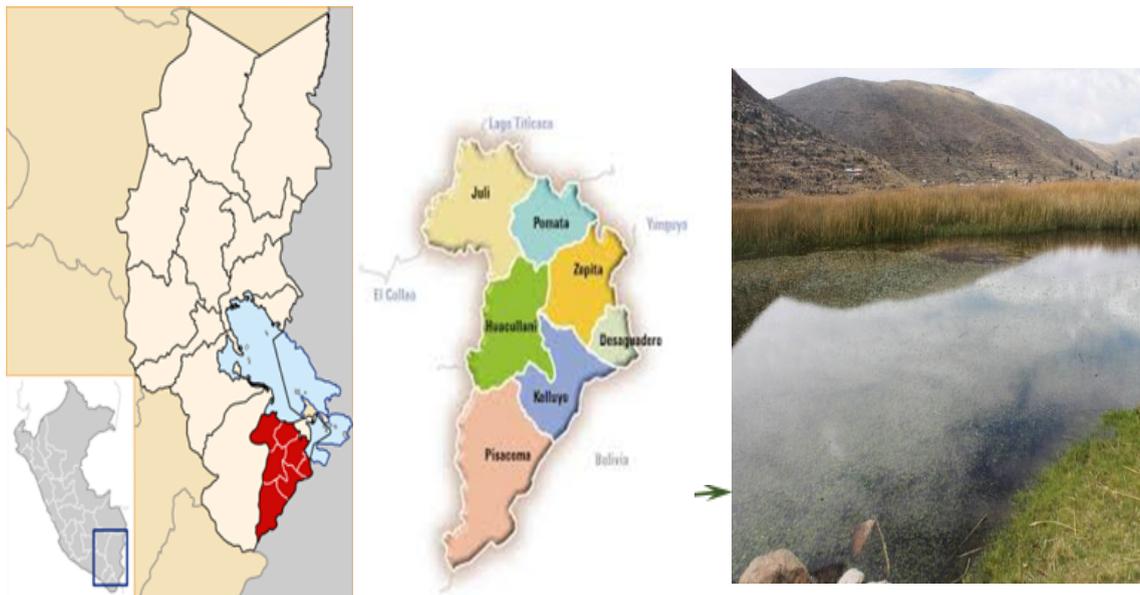


Figura 01: Ubicación de la zona de estudio
Fuente: Google earth

3.1.1. PUNTOS DE MUESTREO

Como se puede ver en la Fig. 02, en la zona de estudio se cuenta con 5 puntos de muestreo ubicados dentro del Centro Poblado de Huacani Pomata.



Figura 02: Ubicación de los puntos de muestreo
Fuente: Google earth

Según la Fig. 02, las coordenadas UTM: WGS84, Zona 19 S. que aproximan la ubicación de los puntos de muestreo son:

Tabla 03: Coordenadas de los puntos de muestreo

PUNTOS DE MUESTREO	ESTE (UTM X)	NORTE (UTM Y)
P. 1	464642.3	8199255.1
P. 2	464762.5	8198505.2
P. 3	464313.9	8199546.5
P. 4	465365.6	8200703.2
P. 5	466579	8202401

Las distancias que aproximan de un punto de muestreo al otro según la Fig. 01 son las siguientes:

Tabla 04: Distancias entre los puntos de muestreo

PUNTOS DE MUESTREO	DISTANCIA (m)
Punto: 1-2	775
Punto: 2-3	1.150
Punto: 3-4	1.565
Punto: 4-5	2.119
Punto: 5-1	3.729
TOTAL:	8303

3.1.1.1. Criterios de selección de puntos de muestreo:

- Influencia en la población.
- Uso primordial.
- Uso constante de la población para agua potable, riego y bebida de animales.

3.1.2. TIPO DE ESTUDIO

El tipo de estudio es no experimental debido a que no afecta el ambiente y no se emplea ninguna de las variables. (Hernández et. al. 2014)

3.1.3. POBLACIÓN

Conformada por tres muestras de ojos de agua y/o manantiales como son: Achocallani, Castell Pujo y Sajsuyo, 1 muestra representativa de un hogar del Centro Poblado de Huacani elegida aleatoriamente, y 1 muestra extraída de las aguas donde interactúa el *Schoenoplectus californicus* (totora).

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

Se tomaron un total de 1500 ml de muestra. 500 ml de muestra de agua en frascos estériles, por cada punto de muestreo (**Ver Fig. 01**).

Tabla 05: Tamaño de muestra

PUNTOS DE MUESTREO	UNIDAD	TAMAÑO DE MUESTRA
P. 1	ml	500
P. 2	ml	500
P. 3	ml	500
P. 4	ml	500
P. 5	ml	500
TOTAL:		2500

3.2.1. TIEMPO DE MUESTREO

Las muestras se recolectaron en temporada de secano, debido a que en esta temporada, la población demanda más del uso del recurso hídrico, para riego, bebida de animales y agua potable.

- ✓ Mes de muestreo: octubre
- ✓ Fecha de muestreo: 01-20 de octubre del 2019.

3.2.2. MATERIALES GENERALES

Para realizar la investigación, se han empleado los siguientes materiales:

- | | |
|---------------------------------|--|
| Material cartográfico. Tablero. | Fichas de registro de campo. |
| Libreta de campo. | Etiquetas para la identificación de frascos. |
| Cadena de custodia. | Plástico transparente. |
| Papel secante (tissue). | Cinta adhesiva. |
| Plumón indeleble. | EPP. |

Frascos de 500 ml para las respectivas muestras.

Cooler.

Hielo.

3.2.3. EQUIPOS

Para realizar la investigación, se han empleado los siguientes equipos:

- GPS.
- Multiparámetro (fase de campo).
- Cámara fotográfica.
- Linterna de mano.
- Cronómetro.
- Cinta métrica.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1.1. Determinación de parámetros In Situ:

Los parámetros determinados In Situ en los 5 puntos de muestreo son: temperatura ($^{\circ}\text{C}$), potencial de hidrógeno (pH) y conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

La medición de estos parámetros, se realizó en tres horarios diferentes durante el día: 7:00 a.m.; 1:00 p.m. y 5:00 p.m. Para la medición de estos parámetros In Situ, se tuvo la necesidad del uso de equipos como: multiparametro y GPS para localizar los puntos respectivos. La medición se realizó con el adecuado EPP.

Los datos obtenidos por el multiparámetro, se anotaron en una libreta de notas para su posterior trabajo de gabinete.

3.3.1.2. Determinación de parámetros químicos:

3.3.1.2.1. Técnicas de muestreo:

Tomando en cuenta la metodología para la toma de muestras establecida en el “protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales”, aprobado mediante resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, y especificaciones para muestreo enviadas por parte del Laboratorios Analíticos del Sur, se procedió con la respectiva toma de muestras.

- ✓ Previa coordinación con “Laboratorios Analíticos del Sur” ubicado en el Departamento de Arequipa, para solicitar frascos, materiales e indicaciones necesarias para la adecuada recolección de muestras.
- ✓ Con el uso de EPP y siguiendo el procedimiento adecuado para la toma de muestras, se recolectó una cantidad total de 2500 ml de muestra de agua en frascos de 500 ml, en cada uno de los 5 puntos de muestreo correspondientes.
- ✓ Las muestras de agua recolectadas, se colocaron en un cooler con hielo para mantener las muestras de agua a una temperatura constante de -6 °C.
- ✓ Al recolectarse todas las muestras, se enviaron a “Laboratorios Analíticos del Sur” antes de las 48 horas según especificación del laboratorio, para el respectivo análisis de concentración de metales pesados presentes en las muestras de agua.

3.3.1.3. Análisis de concentración para metales pesados en agua:

Las muestras de agua se enviaron a “LABORATORIOS ANALÍTICOS DEL SUR”, es un laboratorio de ensayo acreditado bajo la Norma NTP ISO/IEC 17025.2006

ubicado en el Departamento de Arequipa, aplicando procedimientos estándar con lo cual se pueda tener precisión y exactitud en los resultados.

3.3.1.3.1. Método y técnicas de análisis:

Las metodologías aplicadas por parte de “Laboratorios Analíticos del Sur”, para determinar la concentración de metales pesados en las muestras de agua son:

- ❖ EPA 200.7 Determinación de metales Totales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP-OES, Revisión 4.4. (método de ensayo acreditado), Cr, Sr, Ti, Mo, Na, Ni, P, Sb, Se, SiO₂, V, K, Li, Fe, Cu, Ca, Be, Ag, Zn, Cd, B, Al, Mg, Mn, Sn, Tl, Co, Ba, Pb.
- ❖ EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Mercurio (método de ensayo acreditado)
- ❖ EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Arsénico (método de ensayo acreditado).

3.3.1.4. Presentación de resultados:

3.3.1.4.1. Técnicas:

Para el procesamiento de resultados se realizó mediante la técnica de tabulación en el programa Excel, de los datos obtenidos de los parámetros fisicoquímicos en cada punto de muestreo, los cuales facilitan la observación de resultados a través de tablas y gráficos. Estas técnicas facilitan diversificar y captar los datos presentados con mayor facilidad.

3.3.1.5. Análisis e interpretación de los resultados:

3.3.1.5.1. Técnicas:

Mediante tablas y gráficos de Poisson, se realiza la interpretación de resultados de los parámetros fisicoquímicos obtenidos en cada uno de los cinco puntos de muestreo correspondientes. Los datos de los resultados obtenidos, se agrupan en tablas, luego se procede al análisis de los datos estadísticamente utilizando la Media Aritmética como se muestra en el Ítem 3.5. Y por último se procede con la realización de gráficos de Poisson para la interpretación de metales pesados.

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

3.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE:

✓ Parámetros Físicos:

- Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$).
- pH.
- Temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

✓ Metales pesados en el agua

- As, Hg, Ag, Al, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, SiO_2 , Sn, Sr, Ti, Tl, V, Zn.

Unidad: mg/l.

3.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE:

Calidad del agua:

- ECAs (D. S. 004-2017-MINAM).
- OMS - 1995.
- EPA 816-F 2003.

3.4.3. OPERALIZACIÓN DE VARIABLES:

Tabla 06: Operalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICIÓN O ESCALA
INDEPENDIENTE	Físicos	Temperatura.	°C
	Parámetros físico químicos	Potencial de Hidrogeno	pH
	Parámetros inorgánicos	Conductividad eléctrica	µS/cm
	Metales Pesados	As, Hg, Ag, Al, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, SiO ₂ , Sn, Sr, Ti, Tl, V, Zn	mg/l
DEPENDIENTE	ECAs	Valores de estándares de clasificación de aguas.	Categoría 1: Poblacional y Recreacional
	D. S. 004-2017-MINAM		A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección
			Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales
	- Calidad del agua	Valores de estándares de clasificación de aguas	D1: Riego de vegetales D2: Bebida de animales
		Organización Mundial de la Salud	OMS
	Agencia para la Protección Ambiental	EPA 816-F	Valores Guia Estándares de calidad de agua potable 2003

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

Para la evaluación del grado de concentración por metales pesados de las aguas del Centro Poblado de Huacani, se hizo un análisis estadístico descriptivo analítico, con el resultado de los datos obtenidos en los 5 puntos de muestreo, mediante tablas de comparación, como herramientas de sistematización y presentación para su interpretación y análisis correspondiente (tablas gráficos y figuras) entre los datos del análisis de aguas obtenidos y los valores máximos establecidos por el Estándar de calidad ambiental nacional (D. S. 004-2017-MINAM), OMS y EPA.

3.5.1. MEDIA ARITMÉTICA

Fórmula:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n xi}{n}$$

Dónde:

Xi = clase.

n = número de clases.

Σ = Sumatoria.

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico en los 5 puntos de muestreo, se detallan a continuación:

4.1. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS “IN SITU”

4.1.1. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH):

Tabla 07: Datos de medición de pH

PUNTOS DE MUESTREO	UNIDAD	HORA			PROMEDIO
		07:00 a.m.	01:00 p.m.	05:00 p.m.	
P. 1	Unidad de pH	7.69	7.65	7.72	7.69
P. 2	Unidad de pH	7.7	7.72	7.69	7.70
P. 3	Unidad de pH	8.01	8.03	8.01	8.02
P. 4	Unidad de pH	8.04	8.05	8.01	8.03
P. 5	Unidad de pH	7.47	7.52	7.45	7.48

La tabla 07, muestra los resultados que se obtuvieron de la medición de Potencial de Hidrógeno (pH) en los 5 puntos de muestreo, muestran un valor mínimo de 7.45 ubicado en el punto 5, punto donde habita el *Schoenoplectus Californicus* (totora), y

un valor máximo de 8.05 ubicado en el punto 4, punto ubicado en un hogar del Centro Poblado de Huacani elegida aleatoriamente. Los valores promedios de pH en los 5 puntos de muestreo, muestran valores mínimos y máximos de 7.48 en el punto 5 y 8.03 en el punto 4.

Estos resultados según del Anexo 01, se encuentran dentro del Estándar de Calidad Ambiental Nacional "ECA" para agua, D. S. 004-2017-MINAM tanto para la categoría 1-A1 agua para consumo humano, y categoría 3 – D1, D2 agua para bebida de animales y riego de vegetales. Reyes C. (2012) indica que el pH de aguas superficiales comprende de un rango de 6.0 a 8.0. y que el valor de pH mayor de 8 se puede encontrar en algunas aguas alcalinas, y valores menores a 4.5, son las aguas que contienen ácidos minerales libres.

Los resultados obtenidos, tienen relación con los estudios realizados por Robles et al. (2016), que obtuvo valores que varían desde 6.80 a 7.70 con un promedio de 7.24, demostrando que el agua subterránea de la zona de estudio es generalmente neutra. De igual manera, Pari (2016), en su investigación obtuvo un valor máximo de 8.14 y un mínimo de 7.43 en el río llave, debido a la dilución de rocas que contienen carbonatos. Así mismo Checaño (2018) en su investigación obtuvo valores promedio de 8.95 y 9.25 en temporada de estiaje y precipitación, superando el ECA Nacional para agua.

4.1.1. TEMPERATURA (°C)

Tabla 08: Datos de medición de Temperatura °C

PUNTOS DE MUESTREO	UNIDAD	HORA			PROMEDIO
		07:00 a.m.	01:00 p.m.	05:00 p.m.	
P. 1	°C	12.3	16.4	17.8	15.5
P. 2	°C	13.5	15.7	16.8	15.3
P. 3	°C	12.8	14.6	15.2	14.2
P. 4	°C	13.7	15.3	16.7	15.2
P. 5	°C	12.6	14.6	16.8	14.7

La tabla 08, muestra los resultados que se obtuvieron de la medición de temperatura (°C) en los 5 puntos de muestreo, muestran un valor mínimo de 12.3 °C en horas de la mañana (07:00 am) ubicado en el punto 1, punto donde se ubica uno de los ojos y/o manantes de agua; y un valor máximo de 17.8 °C ubicado también en el punto 1 en horas de la tarde (5:00 pm), punto ubicado en un hogar del Centro Poblado de Huacani elegida aleatoriamente. Los valores promedios de temperatura en los 5 puntos de muestreo, muestran valores mínimos y máximos de 15.3 °C en el punto 2 y 15.5 °C en el punto 1.

Estos resultados según del Anexo 01, se encuentran dentro del ECA Nacional para agua, D. S. 004-2017-MINAM tanto para la categoría 1-A1 agua para consumo humano, y categoría 3 – D1, D2 agua para bebida de animales y riego de vegetales. Según Chapman (1996), indica que la temperatura, en condiciones naturales varía entre 0°C y 30°C. Delgado (2012), indica que en algunos estudios realizados, se revela que la temperatura tiene relación directa con la toxicidad, concluyendo que a mayor temperatura hay una mayor toxicidad de metales pesados.

Estos resultados guardan relación con los estudios realizados por Checaño (2018), que determinó los siguientes valores en promedio en época de estiaje y

precipitación pluvial 13,60 °C; 15,08 °C de temperatura correspondientemente. De igual manera Llavilla (2018), en su investigación encontró valores promedio de 12.5 °C y 12.2 °C de los ríos de Pataqueña y Chacapalca.

4.1.1. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CV):

Tabla 09: Datos de medición de Conductividad Eléctrica (Cv)

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA					
PUNTOS DE MUESTREO	UNIDAD	HORA			PROMEDIO
		07:00 a.m.	01:00 p.m.	05:00 p.m.	
P. 1	μS/cm	260.9	240.7	220.5	240.7
P. 2	μS/cm	270.8	280.4	290	280.4
P. 3	μS/cm	431.4	450.8	445.2	442.5
P. 4	μS/cm	450.9	450.6	450.3	450.6
P. 5	μS/cm	280.5	300.5	230.2	270.4

La tabla 09, muestra los resultados que se obtuvieron de la medición de conductividad eléctrica (Cv) en los 5 puntos de muestreo, muestran un valor mínimo de 220.5 μS/cm ubicado en el punto 1, punto donde se ubica uno de los ojos y/o manantes de agua; y un valor máximo de 450.9 μS/cm ubicado en el punto 4, punto ubicado en un hogar del Centro Poblado de Huacani elegida aleatoriamente. Los valores promedios de conductividad eléctrica en los 5 puntos de muestreo, muestran valores mínimos y máximos de 240.7 μS/cm en el punto 1 y 450.6 μS/cm en el punto 4.

Estos resultados según del Anexo N° 1, se encuentran dentro del ECA Nacional para agua, D. S. 004-2017-MINAM tanto para la categoría 1-A1 agua para consumo humano, y categoría 3 – D1, D2 agua para bebida de animales y riego de

vegetales. Guo et al. (2017), indica que la conductividad de un agua pura por lo general es muy baja.

Investigaciones similares realizadas por Checaño (2018), obtuvo valores promedios de 274.17 $\mu\text{S}/\text{cm}$; 289.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indica que es el resultado del agua que discurre por terrenos graníticos y son generalmente menores a 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Así mismo Llavilla (2018), obtuvo valores promedio de 1450 y 2017 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en los ríos de Pataqueña y Chacapalca.

4.2. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS - METALES PESADOS

4.2.1. ARSÉNICO (As)

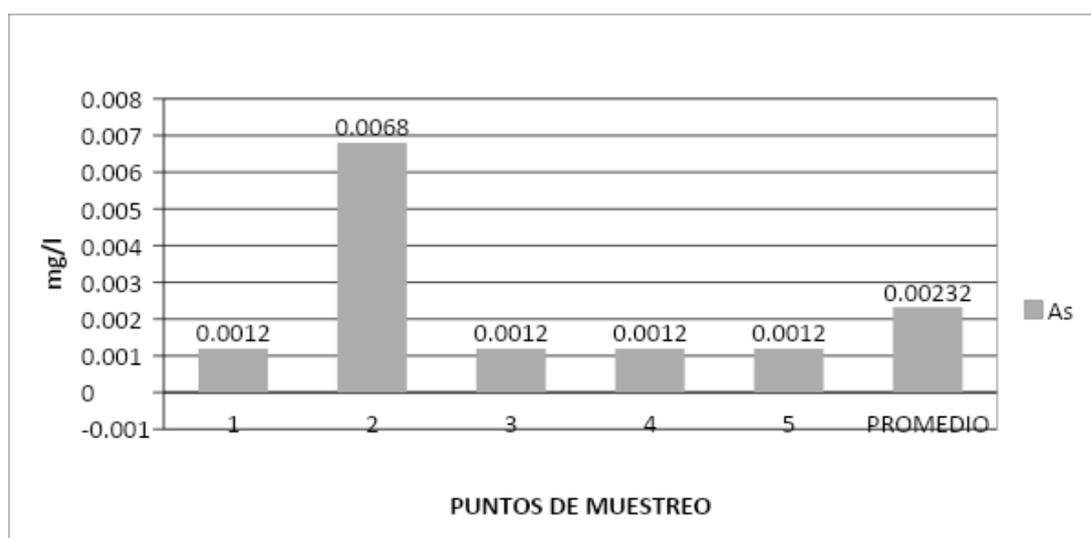


Figura 03: Resultados del análisis de As en agua

La figura 03, muestra los resultados que se obtuvieron en el análisis de Arsénico (As) realizado por Laboratorios Analíticos del Sur "LAS", en muestras de agua de los 5 puntos de muestreo. Los valores obtenidos en las muestras de agua varían entre un valor máximo de 0.0068mg/l ubicado en el punto 2, punto de ubicación de un ojo y/o manante de agua; y valores mínimos a 0.0012 mg/l en los puntos 1, 3, 4 y 5, con un promedio de 0.00232 mg/l.

Estos valores obtenidos, según el anexo 02 cumplen con el Estándar de Calidad Ambiental Nacional “ECA” para agua: D. S. 004-2017-MINAM tanto para la categoría 1-A1 agua para consumo humano, y categoría 3 – D1, D2 agua para riego de vegetales y bebida de animales; de igual manera, cumplen con los estándares de calidad de agua emitidos por la Organización Mundial de la Salud “OMS” y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos “EPA 816 – F, 2003” para consumo humano y/o agua potable. La presencia de As según las concentraciones mínimas es a causa de la contaminación natural (meteorización de minerales) y en el punto 2 donde la concentración de As es un poco más alta, es debido al vertimiento de aguas residuales de criaderos de trucha ubicado en dicho punto, donde también se vierten aguas residuales utilizadas para el curtido de pieles y pigmentos textiles.

Investigaciones realizadas por Checaño (2018), indica que se encontraron elementos como: As, Cd, Cr, Pb, Cu y Zn que están por debajo de los niveles máximos permisibles. Así mismo un estudio similar realizado por Chata (2015), determinó una concentración promedio de arsénico de 0,048mg/l.

4.2.2. MERCURIO (Hg):

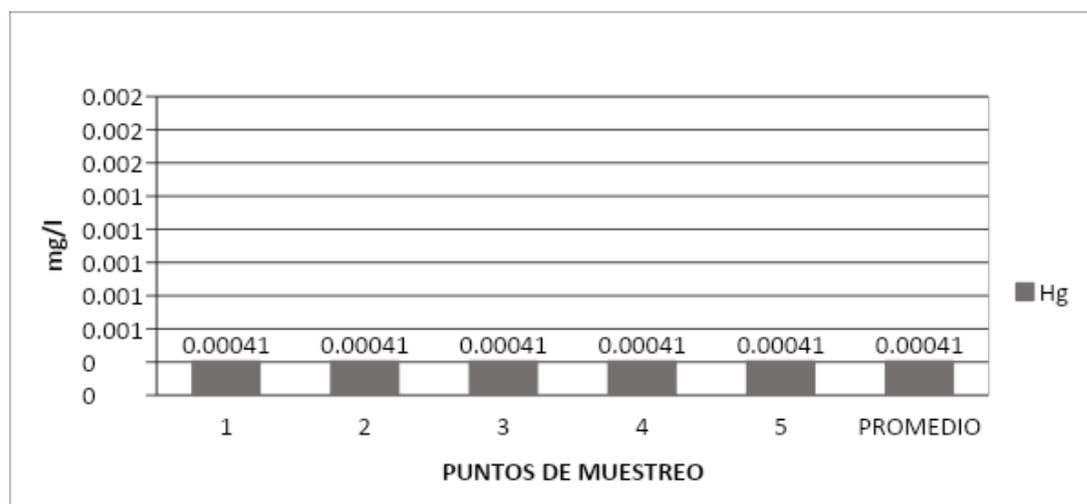


Figura 04: Resultados del análisis de Hg en agua

La figura 04, muestra los resultados que se obtuvieron en el análisis de mercurio (Hg) realizado por "LAS", en muestras de agua de los 5 puntos de muestreo. Los valores obtenidos, son inferiores a 0.00041 mg/l en todos los puntos de muestreo, por ende, al presentar concentraciones mínimas, según el anexo 02 cumplen con el ECA Nacional para agua: D. S. 004-2017-MINAM tanto para la categoría 1-A1 agua para consumo humano, y categoría 3 – D1, D2 agua para riego de vegetales y bebida de animales; de igual manera, cumplen con los estándares de calidad emitidos por la OMS y EPA 816 – F, 2003 para consumo humano y/o agua potable. Según Mitra (2016), señala que el Hg proviene de forma natural, sin embargo, la contaminación mayor en fuentes de agua, se da por industrias mineras e industrias de la pulpa.

Investigaciones realizadas por Andrade & Ponce (2016), encontraron valores de Hg <0.09 superando el ECA. Así mismo, Mancilla et al. (2012) determinó concentraciones de Hg de 0.01 mg L⁻¹ restringiendo su uso para riego agrícola. Estudio similar realizado por Izquierdo & Verástegui (2016), determinaron que la concentración de metales pesados (As, Cd, Cr, Hg y Pb) de la cuenca baja del río Jequetepeque, se encuentran por debajo de los estándares de calidad del agua establecidos en el D. S. N°015-2015 - MINAM para agua categoría 3.

4.2.3. ALUMINIO (Al):

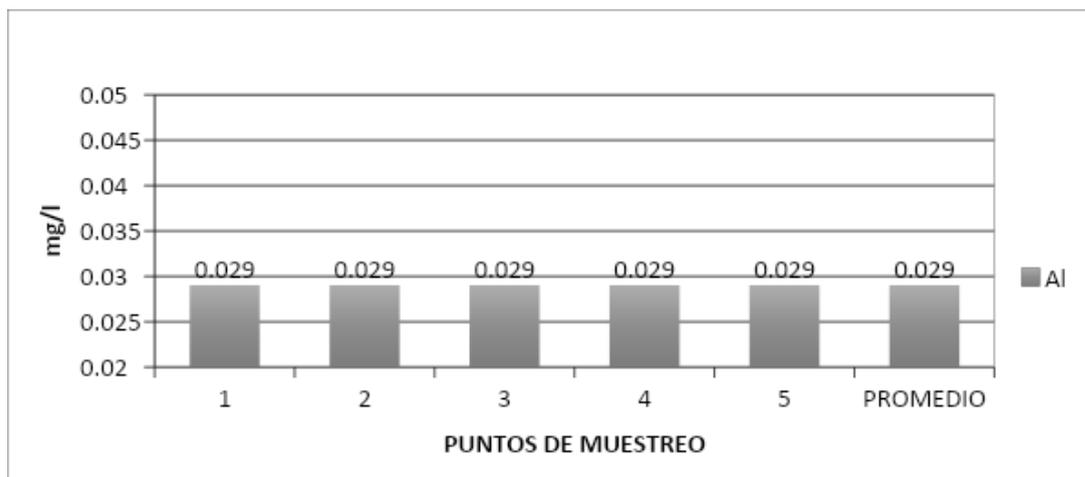


Figura 05: Resultados del análisis de Al en agua

La figura 05, muestra los resultados que se obtuvieron en el análisis de aluminio (Al) realizado por "LAS", en muestras de agua de los 5 puntos de muestreo. Los valores obtenidos, son inferiores a 0.029 mg/l en todos los puntos de muestreo, por ende, al presentar concentraciones mínimas, según el anexo 02 cumplen con el ECA Nacional para agua: D. S. 004-2017-MINAM para la categoría 1-A1 agua para consumo humano. No existen estándares definidos para aluminio (Al) en riego de vegetales y bebida de animales; de igual manera, no existen Estándares de Calidad establecidos para Al por la OMS y EPA 816 – F, 2003 para consumo humano y/o agua potable. La presencia de Al en concentraciones mínimas en las aguas del C. P. de Huacani se debe principalmente a procesos naturales y a emisión de aguas residuales.

Investigaciones similares realizadas por Llavilla (2018), determinaron una concentración de Al de 0.021 mg/l en los ríos de Pataqueña y Chacapalca. Andrade & Ponce (2016), encontraron valores de Hg <0.09 superando el ECA. Así mismo, Mancilla et al. (2012) determinó concentraciones de Hg de 0.01 mg L⁻¹ restringiendo su uso para riego agrícola. Estudio similar realizado por Izquierdo &

Verástegui (2016), determinaron que la concentración de metales pesados (As, Cd, Cr, Hg y Pb) de la cuenca baja del río Jequetepeque, se encuentran por debajo de los estándares de calidad del agua establecidos en el D. S. N°015-2015 - MINAM para agua categoría 3.

4.2.4. BORO (B):

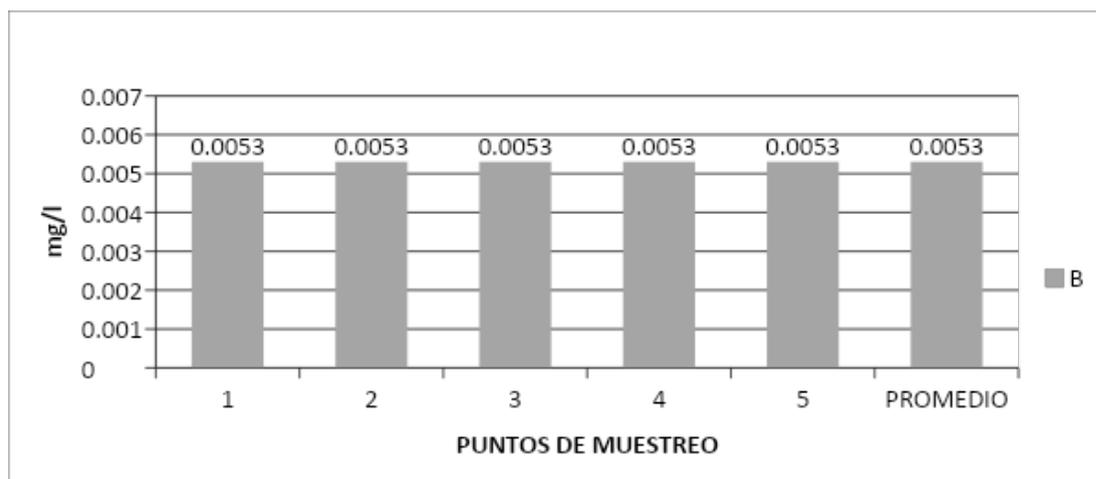


Figura 06: Resultados del análisis de B en agua

La figura 06, muestra los resultados que se obtuvieron en el análisis de boro (B) realizado por "LAS", en muestras de agua de los 5 puntos de muestreo. Los valores obtenidos, son inferiores a 0.0053 mg/l en todos los puntos de muestreo, por ende, al presentar estas concentraciones mínimas, según el anexo 02 (**ver Anexo 02**) cumplen con el ECA Nacional para agua: D. S. 004-2017-MINAM tanto para la categoría 1-A1 agua para consumo humano, y categoría 3 – D1, D2 agua para riego de vegetales y bebida de animales; de igual manera, cumplen con los estándares de calidad emitidos por la OMS para agua potable y en la EPA 816 – F, 2003 no existen parámetros establecidos. Jiménez (2005), indica que en aguas potabilizadas, en muy pocas ocasiones exceden de 1 mg/l, para aguas de riego, los 2 mg/l de boro (B) son muy dañinos, y la concentración de boro (B) en plantas, generalmente afecta a especies cítricas. Concentraciones mayores a 30 mg/l

causan efectos en la salud de las personas, afecta directamente al sistema nervioso central.

Investigaciones realizadas por la ATSDR (1992, 2005) mencionan que la presencia de B en bajas concentraciones en estos ecosistemas acuáticos, puede darse mediante procesos geológicos naturales como la erosión de suelos y rocas.

4.2.5. BARIO (Ba):

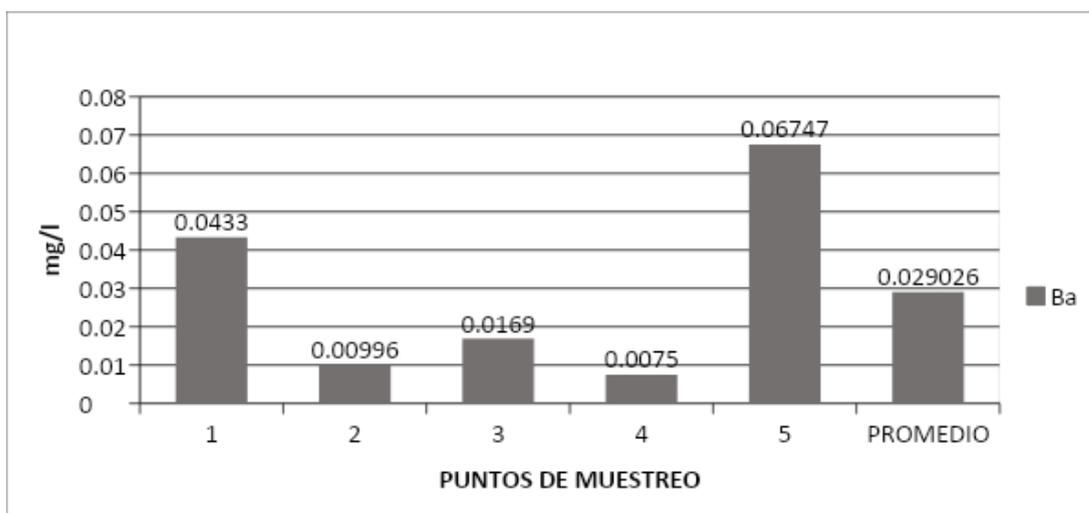


Figura 07: Resultados del análisis de Ba en agua

La figura 07, muestra los resultados que se obtuvieron en el análisis de Bario (Ba) realizado por “LAS”, en muestras de agua de los 5 puntos de muestreo. Los valores obtenidos varían entre un valor máximo de 0.06747 mg/l ubicado en el punto 5, punto donde interactúa el *Schoenoplectus Californicus*; y un valor mínimo de 0.0075 mg/l ubicado en el punto 4, punto de un hogar del C. P. de Huacani elegida aleatoriamente, con un promedio de 0.029026 mg/l.

Estas concentraciones, según el anexo 02 cumplen con el ECA Nacional para agua: D. S. 004-2017-MINAM para la categoría 1-A1 agua para consumo humano, y categoría 3 – D riego de vegetales y para bebida de animales no se han establecido

estándares de calidad; cumplen con los estándares de calidad de agua emitidos por la OMS y EPA 816 – F, 2003 para consumo humano y/o agua potable.

Investigaciones realizadas por la ATSDR1 (2007), menciona que la presencia en cantidades pequeñas de Ba en masas de agua se manifiestan de acuerdo al pH, posterior se precipitan como sulfatos y carbonatos que luego se incorporan en sedimentos.

4.2.6. BERILIO (Be):

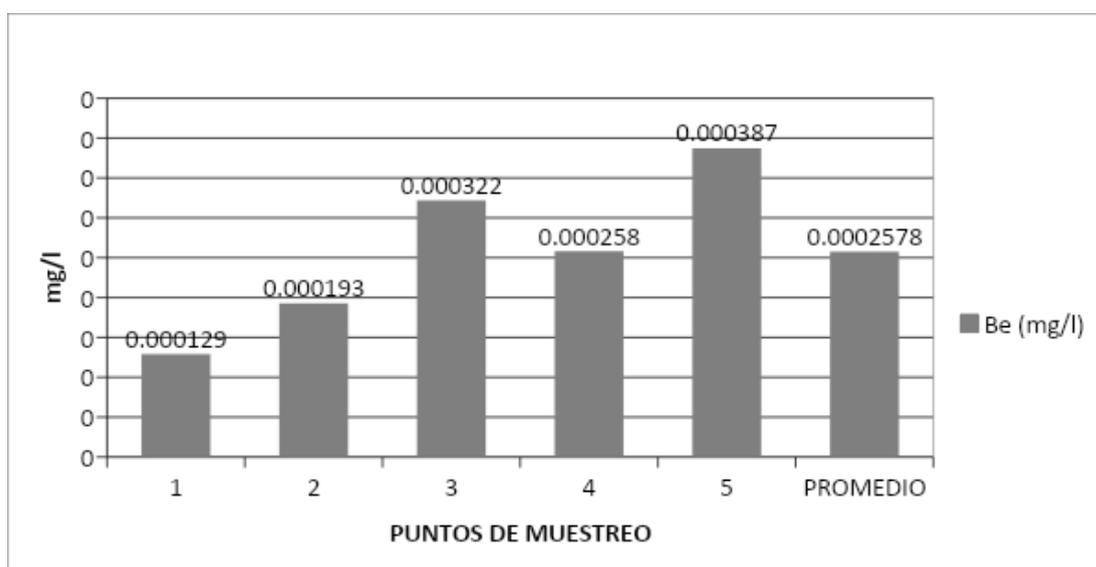


Figura 08: Resultados del análisis de Be en agua

La figura 08, muestra los resultados que se obtuvieron en el análisis de berilio (Be) realizado por "LAS", en muestras de agua de los 5 puntos de muestreo. Los valores obtenidos muestra un valor máximo de 0.000387 mg/l en el punto 5, punto donde interactúa el *Schoenoplectus Californicus*; y un valor mínimo de 0.000129 en el punto 1, punto ubicado en un ojo y/o manante de agua, con un promedio de 0.0002578.

Estas concentraciones, según el anexo 02 cumplen con el ECA Nacional para agua: D. S. 004-2017-MINAM tanto para la categoría 1-A1 agua para consumo humano, y

categoría 3 – D1, D2 agua para riego de vegetales y bebida de animales; no se han establecido estándares de calidad de agua por la OMS y EPA 816 – F, 2003 para el Be. Santos et al. (2012), alude que el (Be), desde concentraciones bajas es muy tóxico.

En su investigación Concón (2009), indica que el Be, no cumple con una función fisiológica y dependiendo de las concentraciones, causa graves efectos sobre la salud de las personas, animales y plantas por lo que recomienda distanciarlos.

4.2.7. CADMIO (Cd):

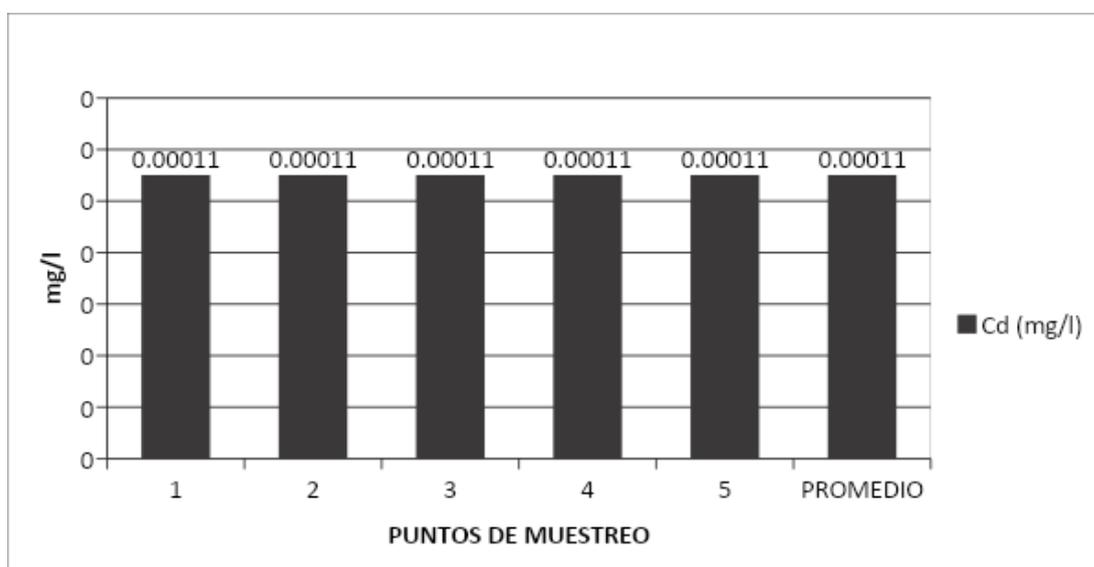


Figura 09: Resultados del análisis de Cd en agua

La figura 09, muestra los resultados que se obtuvieron en el análisis de cadmio (Cd) realizado por “LAS”, en muestras de agua de los 5 puntos de muestreo. Los valores obtenidos, son inferiores a 0.00011 mg/l en todos los puntos de muestreo, por lo tanto, al presentar estas concentraciones mínimas, según el anexo 02 cumplen con el ECA Nacional para agua: D. S. 004-2017-MINAM tanto para la categoría 1-A1 agua para consumo humano, y categoría 3 – D1, D2 agua para riego de vegetales y bebida de animales; de igual manera, cumplen con los estándares de calidad

emitidos por la OMS y EPA 816 – F, 2003 para consumo humano y/o agua potable. Bernhoft R. (2013), menciona que el Cd se puede encontrar en la superficie terrestre en una cantidad de 0.1 ppm, y que su colocación química como catión divalente hace que se encuentre junto a otros compuestos, de tal modo que se pueda encontrar de manera natural.

Investigación similar realizada por Andrade & Ponce (2016), encontraron valores menores a 0.014 mg/l. Así mismo Checaño (2018), menciona que los valores encontrados de Cd, están por debajo del ECA nacional para agua. Llavilla (2018), determinó una concentración de Cd <0.00003 mg/l en los ríos de Pataqueña y Chacapalca.

4.2.8. COBALTO (Co):

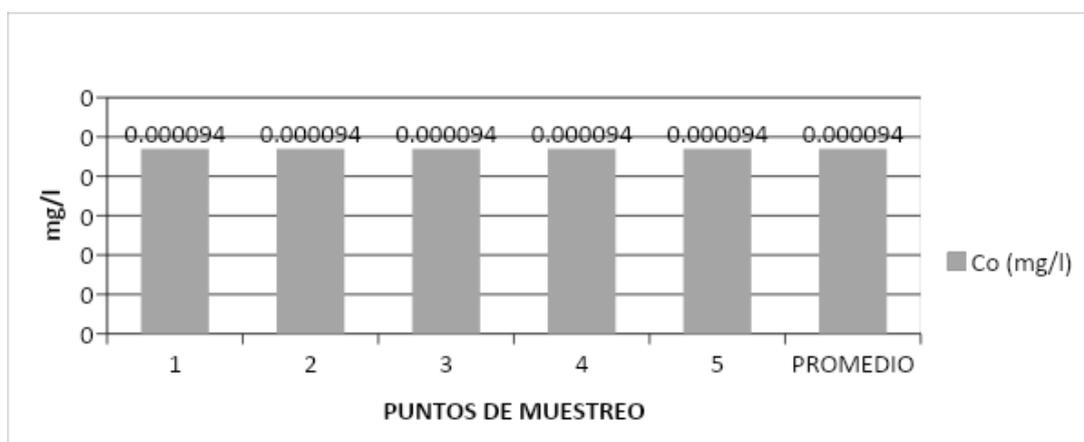


Figura 10: Resultados del análisis de Co en agua

La figura 10, muestra los resultados que se obtuvieron en el análisis de cobalto (Co) realizado por "LAS", en muestras de agua de los 5 puntos de muestreo. Los valores obtenidos, son inferiores a 0.000094 mg/l en todos los puntos de muestreo, por lo tanto, al presentar estas concentraciones mínimas, según el anexo 02 cumplen con el ECA Nacional para agua: D. S. 004-2017-MINAM para la categoría 3 – D1, D2

agua para riego de vegetales y bebida de animales, no se han establecido estándares de calidad para consumo humano; de igual manera no se han establecido estándares de calidad de agua por la OMS y EPA 816 – F, 2003 para el Co. Lenntech B. (2014), menciona que el Co se presenta de forma natural en el medio ambiente.

Estudio realizado por Nordberg et al. (2014), menciona que el Co, es muy tóxico en un aproximado de 300 mg/l y puede causar toxicidad miocardio, y está relacionado con el bocio.

4.2.9. CROMO (Cr):

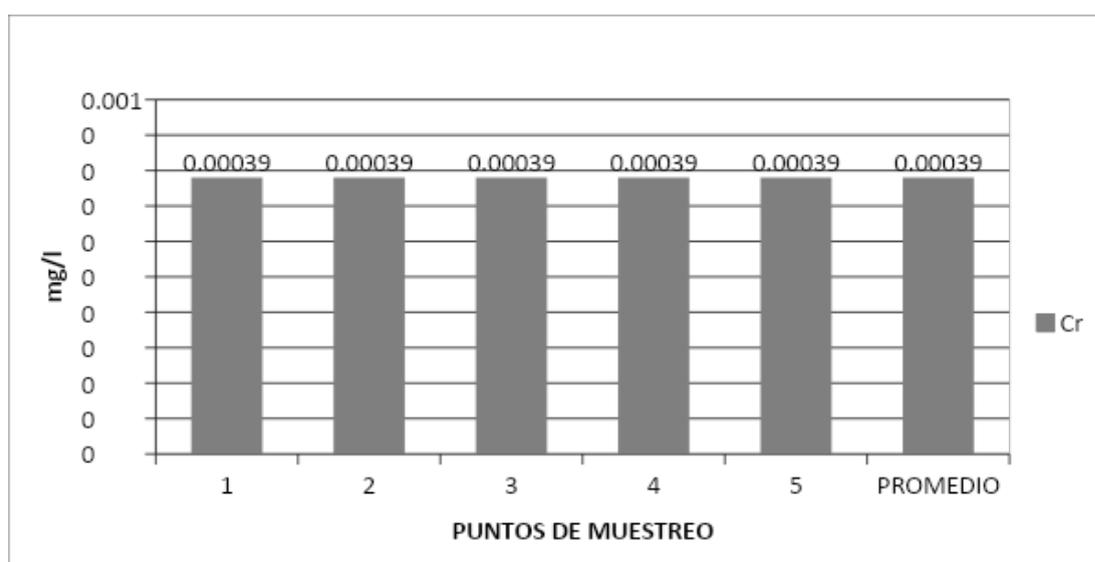


Figura 11: Resultados del análisis de Cr en agua

La figura 11, muestra los resultados que se obtuvieron en el análisis de cromo (Cr) realizado por “LAS”, en muestras de agua de los 5 puntos de muestreo. Los valores obtenidos, son inferiores a 0.00039 mg/l en todos los puntos de muestreo, por lo tanto, al presentar concentraciones mínimas, según el anexo 02 cumplen con el ECA Nacional para agua: D. S. 004-2017-MINAM tanto para la categoría 1-A1 agua para consumo humano, y categoría 3 – D1, D2 agua para riego de vegetales y

bebida de animales; de igual manera, cumplen con los estándares de calidad emitidos por la OMS y EPA 816 – F, 2003 para consumo humano y/o agua potable. ANA (2018), indica que en cuerpos de aguas naturales, las concentraciones de Cr es muy baja.

Estudios similares realizados por Llavilla (2018), encontraron valores de Cr, menores a 0.0003 mg/l. Así, investigaciones de Izquierdo & Verástegui (2016), indica que los valores de Cr, se encuentran por debajo de los estándares de calidad del agua establecidos en el D. S. N°015-2015 - MINAM para agua categoría 3. Como también, Checaño (2018), en su investigación, indica que los valores encontrados para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero metalúrgicas, para el caso del Cr, se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles según la normativa.

4.2.10. COBRE (Cu):

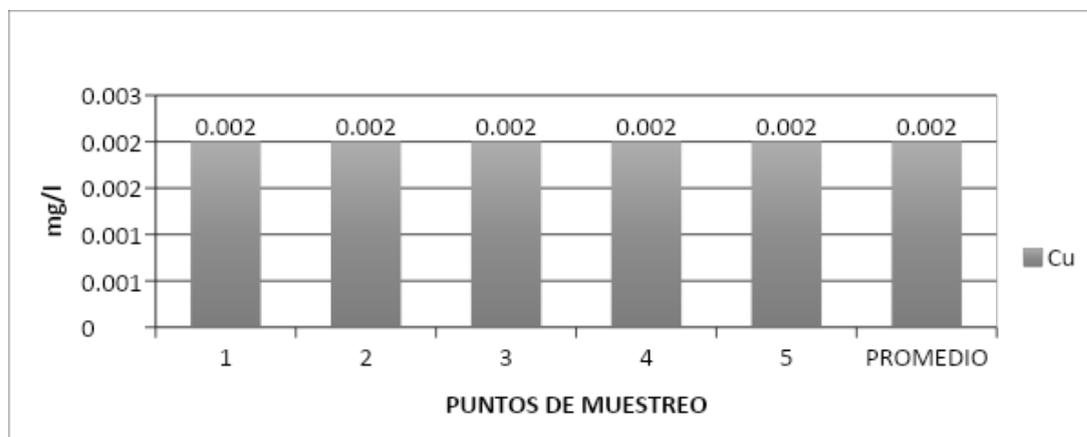


Figura 12: Resultados del análisis de Cu en agua

La figura 12, muestra los resultados que se obtuvieron en el análisis de cobre (Cu) realizado por "LAS", en muestras de agua de los 5 puntos de muestreo. Los valores obtenidos, son inferiores a 0.002 mg/l en todos los puntos de muestreo, por lo tanto, al presentar concentraciones mínimas, según el anexo 02 cumplen con el ECA

Nacional para agua: D. S. 004-2017-MINAM tanto para la categoría 1-A1 agua para consumo humano, y categoría 3 – D1, D2 agua para riego de vegetales y bebida de animales; de igual manera, cumplen con los estándares de calidad emitidos por la OMS y EPA 816 – F, 2003 para consumo humano y/o agua potable. ANA (2018), indica que los valores de Cu en aguas naturales es muy bajo.

Investigación realizada por Checaño (2018), resalta que, para el caso del Cu, los valores encontrados se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles según la normativa nacional, esto para la descarga de efluentes de las actividades minero metalúrgicos.

4.2.11. HIERRO (Fe)

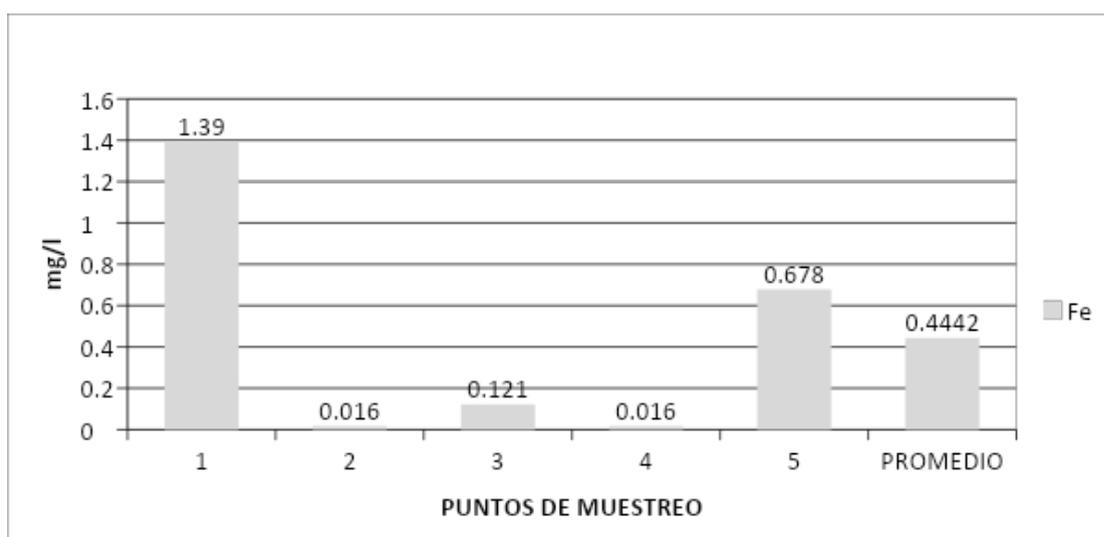


Figura 13: Resultados del análisis de Fe en agua

La figura 13, muestra los resultados que se obtuvieron en el análisis de Hierro (Fe) realizado por “LAS”, en muestras de agua de los 5 puntos de muestreo. Los valores obtenidos varían entre un valor máximo de 1.39 mg/l ubicado en el punto 1, punto ubicado en un ojo y/o manante de agua; y valores mínimos de 0.016 mg/l ubicados en el punto 2 y 4, puntos donde se ubican un ojo y/o manante de agua y un hogar del C. P. de Huacani elegida aleatoriamente, con un promedio de 0.4442 mg/l.

Estas concentraciones, según el anexo 02 los puntos 2, 3 y 4 cumplen con el ECA Nacional para agua: D. S. 004-2017-MINAM para la categoría 1-A1 agua para consumo humano, y categoría 3 – D1 riego de vegetales, no se han establecido estándares para bebida de animales; de igual manera, no se han establecido estándares de calidad de agua por la OMS y EPA 816 – F, 2003 para el Fe. En los puntos 1 y 5, los valores de Fe, superan el ECA Nacional para agua en el caso de consumo humano y riego de vegetales. GORE (2012), menciona que la presencia de Fe es abundante en la corteza terrestre, pero su forma y solubilidad en cuerpos de agua, dependen del pH y del potencial redox.

Investigaciones realizadas por Robles et al. (2016), obtuvo un valor mínimo de 0,0008 mg/l para dos aprovechamientos y un máximo de 0.0046 mg/l para un aprovechamiento. Así mismo investigación realizada por Vega (2012), encontró valores de Fe que sobrepasa los LMP (1 ppm) de la ley general de aguas clase III, en la Estación N° 03 y 04, en los meses de mayo (1.122 ppm), julio (1.153 ppm) y setiembre (1.172 ppm) de 2010, y Estación N° 04 en los meses de mayo (1.171 ppm), julio (1.187 ppm) y setiembre (1.252 ppm) del 2010. Una investigación similar realizada por Núñez del Carpio (2015), encontró valores de 0.300 mg L-1 de Fe. Llavilla (2018), encontró valores de 0.096 mg/l de Fe.

4.2.12. LITIO (Li):

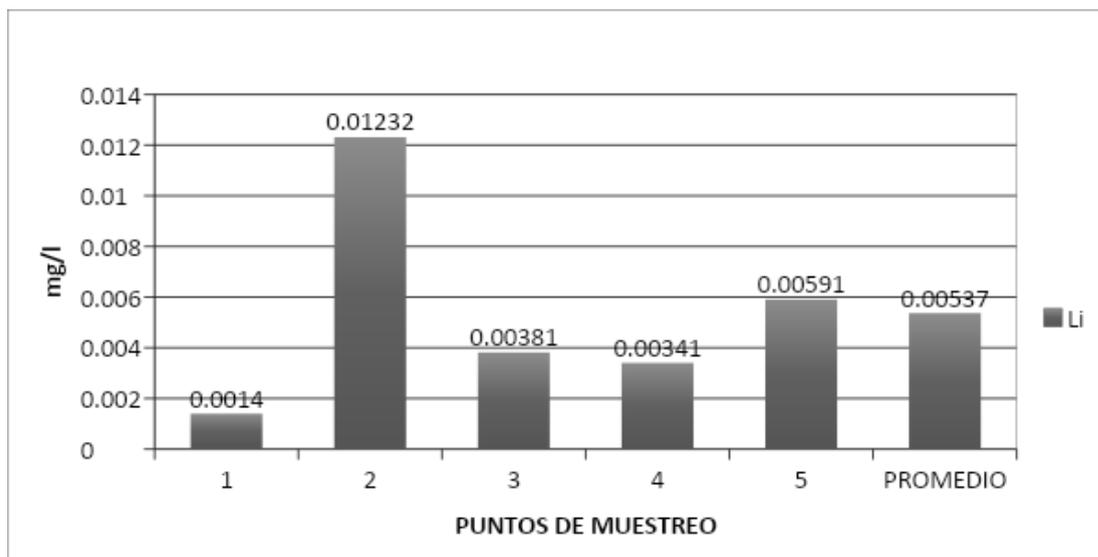


Figura 14: Resultados del análisis de Li en agua

La figura 14, muestra los resultados que se obtuvieron en el análisis de litio (Li) realizado por "LAS", en muestras de agua de los 5 puntos de muestreo. Los valores obtenidos varían entre un valor máximo de 0.01232 mg/l ubicado en el punto 2, punto ubicado en un ojo y/o manante de agua; y un valor mínimo de 0.0014 mg/l ubicado en el punto 1, punto ubicado de un ojo y/o manante de agua, con un promedio de 0.00537 mg/l.

Estas concentraciones, según el anexo 02 cumplen con el ECA Nacional para agua: D. S. 004-2017-MINAM para la categoría 3 – D1, D2 riego de vegetales y bebida de animales, no se han establecido estándares de calidad para consumo humano; de igual manera, no se han establecido estándares de calidad de agua por la OMS y EPA 816 – F, 2003 para el Li.

Estudios realizados por Laqui (2019), menciona que el Li, como compuesto, se puede encontrar mayormente en subcuencas. De igual manera Moran et al. (2011),

indica que cuando hay una reducción en la depuración de Li en el cuerpo, produce insuficiencia hepatocelular, insuficiencia renal crónica o aguda.

4.2.13. MAGNESIO (Mg):

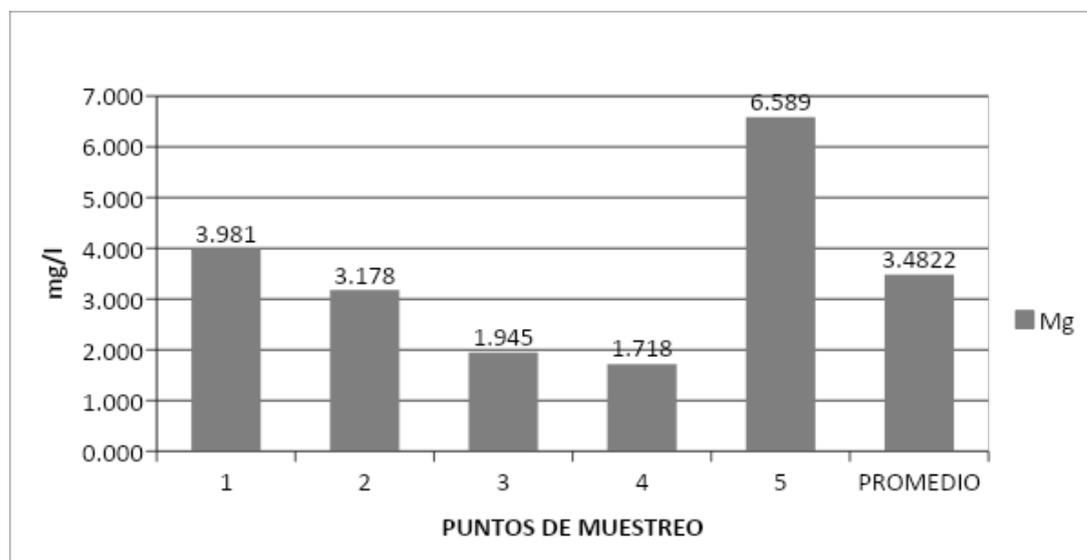


Figura 15: Resultados del análisis de Mg en agua

La figura 15, muestra los resultados que se obtuvieron en el análisis de magnesio (Mg) realizado por "LAS", en muestras de agua de los 5 puntos de muestreo. Los valores obtenidos varían entre un valor máximo de 6.589 mg/l ubicado en el punto 5, punto donde interactúa el *Schoenoplectus Californicus*; y un valor mínimo de 1.718 mg/l ubicado en el punto 4, punto ubicado en un hogar del C. P. de Huacani elegida aleatoriamente, con un promedio de 3.4822 mg/l.

Estas concentraciones, según el anexo 02 cumplen con el ECA Nacional para agua: D. S. 004-2017-MINAM para la categoría 3 – D2 bebida de animales, no se han establecido estándares para consumo humano y riego de vegetales; de igual manera, no se han establecido estándares de calidad de agua por la OMS y EPA 816 – F, 2003 para el Mg.

Estudio realizado por Amachi O. (2017), menciona que la dureza del agua está constituida por los sulfatos de Ca y Mg que producen una dureza permanente. El sulfato de Mg produce en el agua un sabor muy amargo.

4.2.14. MANGANESO (Mn):

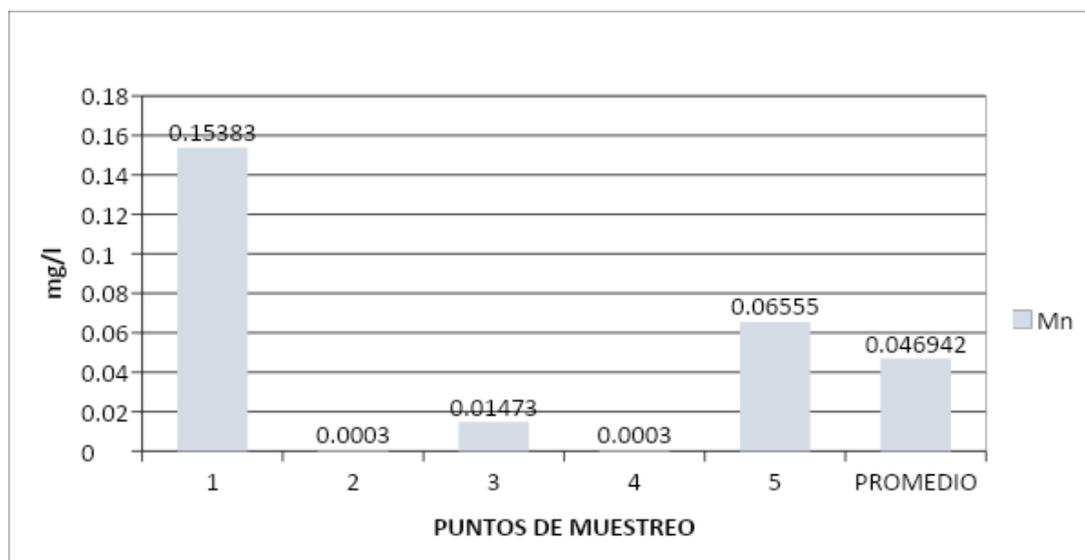


Figura 16: Resultados del análisis de Mn en agua

La figura 16, muestra los resultados que se obtuvieron en el análisis de manganeso (Mn) realizado por "LAS", en muestras de agua de los 5 puntos de muestreo. Los valores obtenidos varían entre un valor máximo de 0.15383 mg/l ubicado en el punto 1, punto ubicado de un ojo y/o manante de agua; valores mínimos de 0.0003 mg/l ubicados en los puntos 2 y 4, puntos ubicados en un ojo y/o manante de agua y un hogar del C. P. de Huacani elegida aleatoriamente, con un promedio de 0.046942 mg/l.

Estas concentraciones, según el anexo 02 cumplen con el ECA Nacional para agua: D. S. 004-2017-MINAM tanto para la categoría 1-A1 agua para consumo humano, y categoría 3 – D1, D2 agua para riego de vegetales y bebida de animales; de igual manera, cumplen con los estándares de calidad emitidos por la OMS y EPA 816 – F, 2003 para consumo humano y/o agua potable. ATSDR (2000),

indica que el Mn, es un elemento abundante en la corteza terrestre, y se puede encontrar en diferentes tipos de rocas.

Investigaciones realizadas por Núñez del Carpio (2015), encontraron valores de 0,400 mgL⁻¹ de Mn. De igual manera Llavilla (2018), encontró valores promedios de 0.011 mg/l en los ríos de Pataqueña y Chacapalca.

4.2.15. MOLIBDENO (Mo):

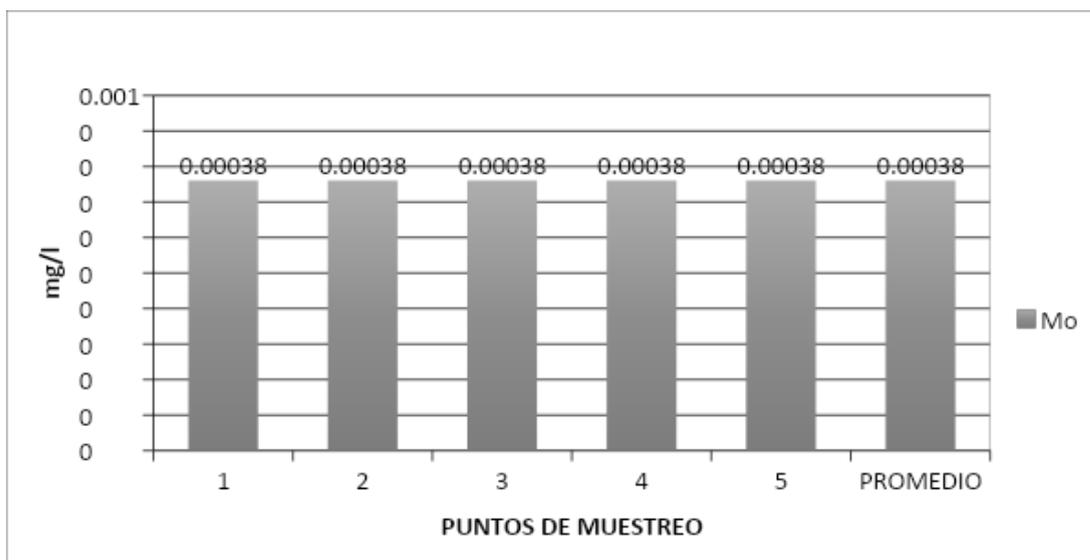


Figura 17: Resultados del análisis de Mo en agua

La figura 17, muestra los resultados que se obtuvieron en el análisis de cobre (Cu) realizado por "LAS", en muestras de agua de los 5 puntos de muestreo. Los valores obtenidos, son inferiores a 0.00038 mg/l en todos los puntos de muestreo, por lo tanto, al presentar concentraciones mínimas, según el anexo 02 cumplen con el ECA Nacional para agua: D. S. 004-2017-MINAM tanto para la categoría 1-A1 agua para consumo humano, no se han establecido estándares de calidad de agua para riego de vegetales y bebida de animales; cumplen con los estándares de calidad emitidos por la OMS para consumo humano y/o agua potable, no se han establecido estándares de calidad de agua por la EPA 816 – F, 2003 para el Mo.

Estudios realizados por Grace & Martinson (1985), mencionan que el Mo, es tóxico para los animales, especialmente para los rumiantes. Así mismo Romheld & Marschner (1991), indican que cuando existe una deficiencia de este metal en plantas, puede traer consigo, malformaciones en la necrosis, en las hojas y en la clorosis.

4.2.16. NÍQUEL (Ni):

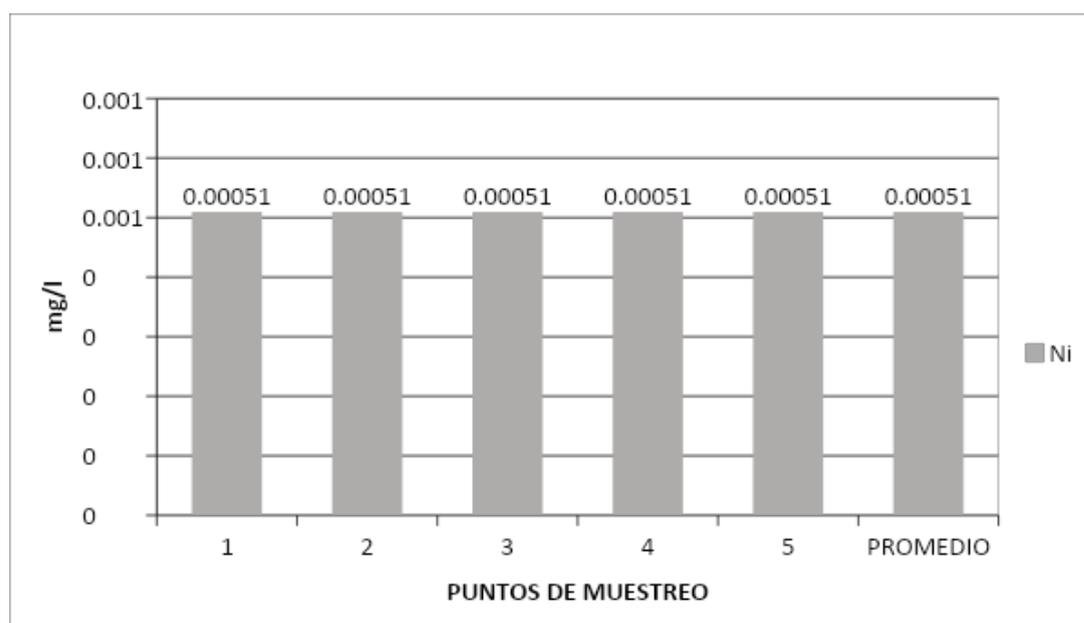


Figura 18: Resultados del análisis de Ni en agua

La figura 18, muestra los resultados que se obtuvieron en el análisis de níquel (Ni) realizado por “LAS”, en muestras de agua de los 5 puntos de muestreo. Los valores obtenidos, son inferiores a 0.00051 mg/l en todos los puntos de muestreo, por lo tanto, al presentar concentraciones mínimas, según el anexo 02 cumplen con el ECA Nacional para agua: D. S. 004-2017-MINAM tanto para la categoría 1-A1 agua para consumo humano, y categoría 3 – D1, D2 agua para riego de vegetales y bebida de animales; de igual manera, cumplen con los estándares de calidad emitidos por la OMS para consumo humano y/o agua potable, no se han establecido estándares de calidad de agua por la EPA 816 – F, 2003 para el Ni.

Cast (1976), menciona que en la mayoría de los suelos el Ni se encuentra en concentraciones muy variables, debido a que depende de algunos componentes y características físico químicas del suelo.

En su investigación Flores (2018), menciona que el pH es ligeramente ácido por lo cual solubiliza y moviliza el Ni, y es arrastrado río abajo lo que refleja el incremento de la conductividad.

4.2.17. PLOMO (Pb):

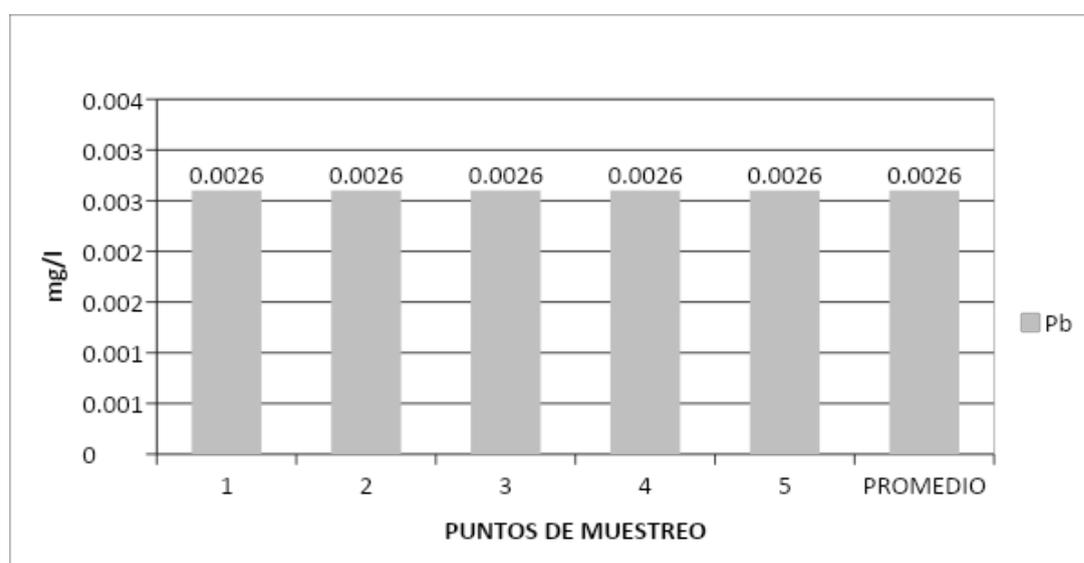


Figura 19: Resultados del análisis de Pb en agua

La figura 19, muestra los resultados que se obtuvieron en el análisis de plomo (Pb) realizado por "LAS", en muestras de agua de los 5 puntos de muestreo. Los valores obtenidos, son inferiores a 0.0026 mg/l en todos los puntos de muestreo, por lo tanto, al presentar concentraciones mínimas, según el anexo 02 cumplen con el ECA Nacional para agua: D. S. 004-2017-MINAM tanto para la categoría 1-A1 agua para consumo humano, y categoría 3 – D1, D2 agua para riego de vegetales y bebida de animales; de igual manera, cumplen con los estándares de calidad emitidos por la OMS y EPA 816 – F, 2003 para consumo humano y/o agua potable.

Badillo (1992), menciona que el Pb se puede encontrar de manera natural en la tierra.

Investigaciones similares realizadas por Andrade & Ponce (2016), encontraron valores menores a 0,035 mg/l de Pb. Así mismo Izquierdo & Verástegui (2016), encontraron valores en los puntos de muestreo P3: 0.004mg/L y P6: 0.007mg/L durante el mes de mayo, en el mes de noviembre en los puntos P3: 0.003mg/L y P6: 0.004mg/L. Chata (2015), encontró valores promedio de 0.014mg/l. Como también Llavilla (2018), encontró valores promedio de 0.001 mg/l en los ríos de Pataqueña y Chacapalca.

4.2.18. ANTIMONIO (Sb):

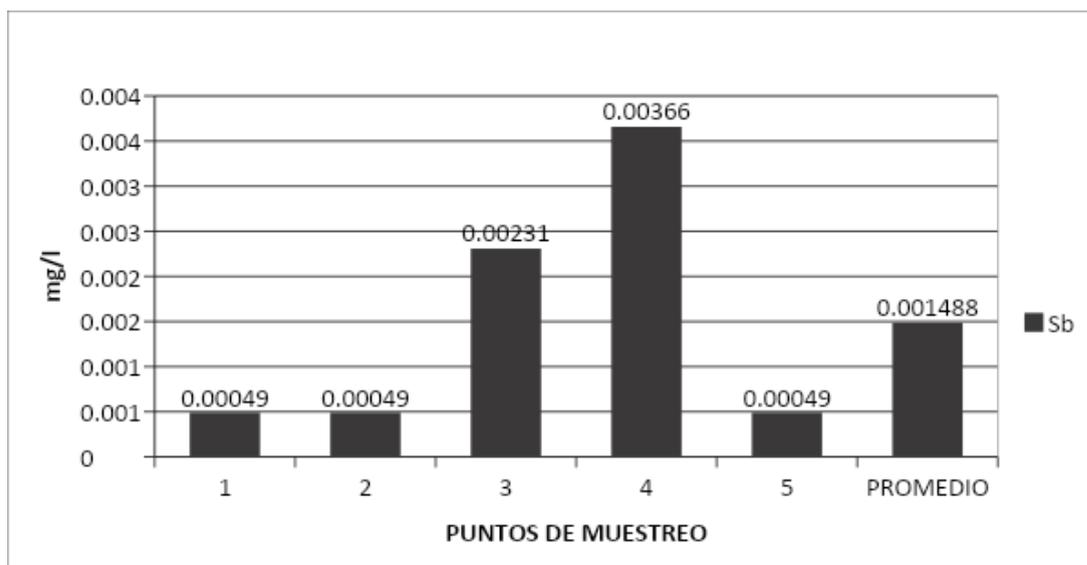


Figura 20: Resultados del análisis de Sb en agua

La figura 20, muestra los resultados que se obtuvieron en el análisis de antimonio (Sb) realizado por "LAS", en muestras de agua de los 5 puntos de muestreo. Los valores obtenidos varían entre un valor máximo de 0.00366 mg/l ubicado en el punto 4, punto ubicado en un hogar del C. P. de Huacani elegida aleatoriamente; muestran valores mínimos de 0.00049 mg/l ubicados en los puntos 1, 2 y 5, puntos

ubicados en ojos y/o manantes de agua y donde interactúa el *Schoenoplectus Californicus*, con un promedio de 0.001488 mg/l.

Estas concentraciones, según el anexo 02 cumplen con el ECA Nacional para agua: D. S. 004-2017-MINAM para la categoría 1-A1 agua para consumo humano, no se han establecido estándares de calidad de agua para riego de vegetales y bebida de animales; de igual manera, cumplen con los estándares de calidad emitidos por la OMS y EPA 816 – F, 2003 para consumo humano y/o agua potable.

Estudios realizados por Adriano (1986), Marín (1996) y Prieto (1998), mencionan que el Sb, se puede encontrar en la tierra en valores de 1.0 g/g. Las concentraciones más bajas se pueden encontrar en aguas superficiales, que proceden de la erosión de rocas y minerales sulfurosos y se asocia a minerales de sales de arsénico.

4.2.19. SELENIO (Se):

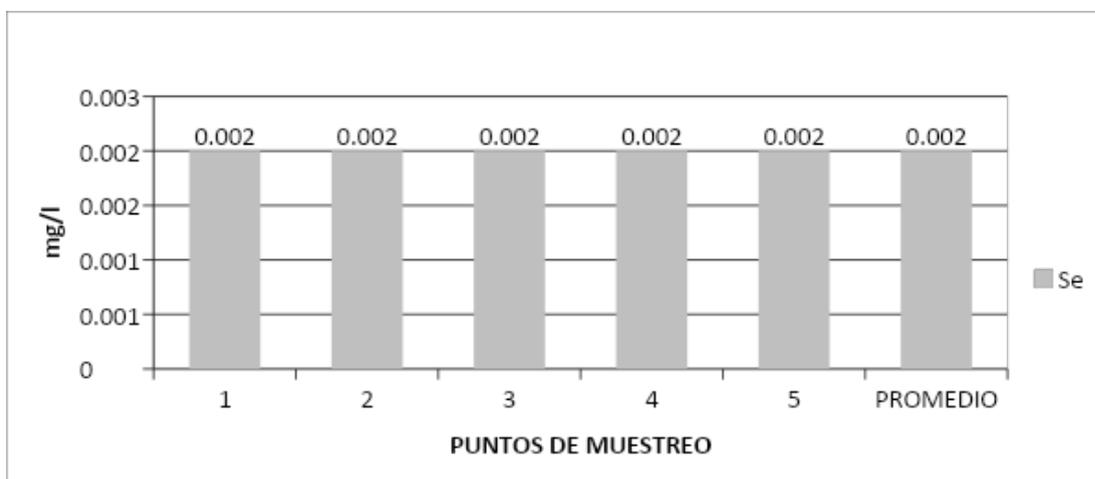


Figura 21: Resultados del análisis de Se en agua

La figura 21, muestra los resultados que se obtuvieron en el análisis de selenio (Se) realizado por "LAS", en muestras de agua de los 5 puntos de muestreo. Los valores obtenidos, son inferiores a 0.002 mg/l en todos los puntos de muestreo, por lo tanto,

al presentar concentraciones mínimas, según el anexo 02 cumplen con el ECA Nacional para agua: D. S. 004-2017-MINAM tanto para la categoría 1-A1 agua para consumo humano, y categoría 3 – D1, D2 agua para riego de vegetales y bebida de animales; de igual manera, cumplen con los estándares de calidad emitidos por la OMS y EPA 816 – F, 2003 para consumo humano y/o agua potable.

Estudios realizados por Loayza (2008) menciona que el Se conforma el grupo de los metales más tóxicos, su toxicidad es menor para la plantas, en cambio para los seres humanos y animales puede ser muy perjudicial y riesgoso. Así mismo, CLM (1998), indica que el selenio en el desarrollo de la vida, interviene en los procesos bioquímicos a través de una cascada de sistemas enzimáticos

4.2.20. ZINC (Zn):

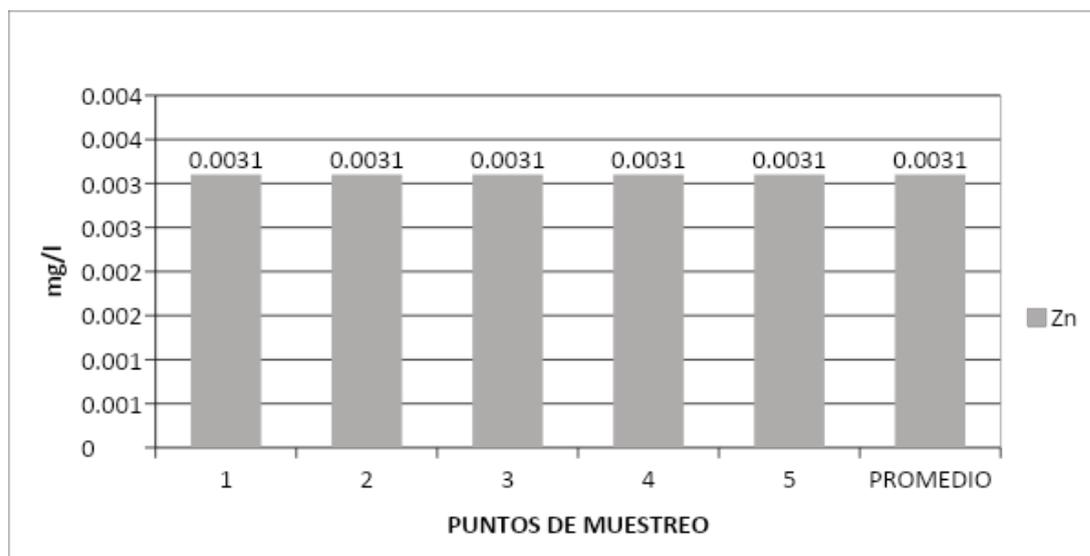


Figura 22: Resultados del análisis de Zn en agua

La figura 22, muestra los resultados que se obtuvieron en el análisis de zinc (Zn) realizado por "LAS", en muestras de agua de los 5 puntos de muestreo. Los valores obtenidos, son inferiores a 0.0031 mg/l en todos los puntos de muestreo, por lo tanto, al presentar concentraciones mínimas, según el anexo 02 cumplen con el

ECA Nacional para agua: D. S. 004-2017-MINAM tanto para la categoría 1-A1 agua para consumo humano, y categoría 3 – D1, D2 agua para riego de vegetales y bebida de animales; no se han establecido estándares de calidad de agua por la OMS y EPA 816 – F, 2003 para Zn. ANA (2018), menciona que el Zn, abunda en las rocas y minerales, debido a su baja solubilidad no se presentan en concentraciones altas en aguas naturales; en aguas superficiales se encuentra en cantidades traza, y en aguas ácidas su concentración es mucho más elevada.

Investigaciones realizadas por Robles et al. (2016), encontraron valores de 0,0053 y 1,551 mg/l mínimo y máximo respectivamente. Checaño (2018), en su investigación indica que los valores encontrados para Zn, dando como resultado que estos valores, están muy por debajo de los niveles máximos permisibles según la normativa nacional, para la descarga de efluentes líquidos de las actividades minero metalúrgicas.

4.3. COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS PRESENTES EN MANANTES DE AGUA CON MUESTRA DE AGUA DONDE HABITA EL SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS (totora) DEL CENTRO POBLADO DE HUACANI POMATA.

Tabla 10: Comparación de datos de análisis de muestras de agua (Ojos de agua y/o manantes de agua/Schoenoplectus Californicus)

Parámetro	Unidad	PUNTOS						Diferencia Promedio-M5	Nivel de significancia
		M 1	M 2	M 3	Promedio	M 5			
		Manante 1	Manante 2	Manante 3	Promedio	Schoenoplectus californicus			
As	mg/l	0.0012	0.0068	0.0012	0.0030667	0.0012	0.0018667	Significativo	
Hg	mg/l	0.00041	0.00041	0.00041	0.00041	0.00041	0	Nula	
Ag	mg/l	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0	Nula	
Al	mg/l	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029	0	Nula	
B	mg/l	0.0053	0.0053	0.0053	0.0053	0.0053	0	Nula	
Ba	mg/l	0.0433	0.00996	0.0169	0.023386	0.06747	-0.0440833	Nula	
Be	mg/l	0.000129	0.000193	0.000322	0.000214	0.000387	-0.0001723	Nula	
Ca	mg/l	9.78	6.35	3.97	6.7	12.1	-5.4	Nula	
Cd	mg/l	0.00011	0.00011	0.00011	0.00011	0.00011	0	Nula	
Co	mg/l	0.000094	0.000094	0.000094	0.000094	0.000094	0	Nula	
Cr	mg/l	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0.00039	0	Nula	
Cu	mg/l	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0	Nula	
Fe	mg/l	1.39	0.016	0.121	0.509	0.678	-0.169	Nula	
K	mg/l	5.46	5.43	4.33	5.073333	10.4	-5.3266666	Nula	
Li	mg/l	0.0014	0.01232	0.00381	0.005843	0.00591	-6.66667	Nula	
Mg	mg/l	3.981	3.178	1.945	3.034666	6.589	-3.5543333	Nula	
Mn	mg/l	0.15383	0.0003	0.01473	0.056286	0.06555	-0.0092633	Nula	

Mo	mg/l	0.00038	0.00038	0.00038	0.00038	0.00038	0	Nula
Na	mg/l	5.62	12.8	5.55	7.99	31.8	-23.81	Nula
Ni	mg/l	0.00051	0.00051	0.00051	0.00051	0.00051	0	Nula
P	mg/l	0.0408	0.0161	0.0148	0.0239	0.0328	-0.0089	Nula
Pb	mg/l	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	0	Nula
Sb	mg/l	0.00049	0.00049	0.00231	0.001096	0.00049	0.00060666	Significativo
Se	mg/l	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0	Nula
SiO2	mg/l	37.76	46.91	38.31	40.99333	17.05	23.943333	Significativo
Sn	mg/l	0.00085	0.00085	0.00085	0.00085	0.00085	0	Nula
Sr	mg/l	0.1934	0.1222	0.0789	0.1315	0.2091	-0.0776	Nula
Ti	mg/l	0.0061	0.00068	0.00599	0.004256	0.00277	0.00148666	Significativo
Tl	mg/l	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0	Nula
V	mg/l	0.00277	0.0047	0.00458	0.004016	0.00014	0.00387666	Significativo
Zn	mg/l	0.0031	0.0031	0.0031	0.0031	0.0031	0	Nula

La tabla 10, muestra los resultados de concentración de metales pesados que se obtuvieron en Laboratorios Analíticos del Sur “LAS”, en los puntos 1, 2, 3 y 5. Los valores promedio de los puntos 1, 2 y 3 (ojos y/o manantes de agua), muestran valores menores a comparación con el punto 5 (Schoenoplectus Californicus). Por tanto, no es muy significativa la concentración de metales pesados en el punto 5 donde interactúa el Schoenoplectus Californicus. Los resultados obtenidos demuestran que las aguas del C. P. de Huacani específicamente en los ojos de agua, la concentración de metales pesados es mínima a comparación con las aguas donde interactúa el Schoenoplectus Californicus. Los valores promedio de metales pesados de los ojos y/o manantes de agua, y los valores de metales pesados de las aguas donde interactúa el Schoenoplectus Californicus, se encuentran dentro del Estándar de Calidad Ambiental Nacional para agua D. S. 004-2017-MINAM, Categoría 1-A1 consumo humano, Categoría 3 –D1, D2 riego y bebida de animales, como también, se encuentran dentro de los Estándares de Calidad de agua emitidos por la OMS-1995 y EPA 816-F 2003 para agua potable y/o consumo humano.

Estudio realizado por INFOANDINA (2013), indica que existen proyectos de investigación de universidades que tratan acerca de la totora, debido a que es una planta muy interesante que sirve para remover contaminantes, y las investigaciones demuestran que se obtuvieron excelentes resultados.

CONCLUSIONES

PRIMERO: Al determinar la concentración de metales pesados en las aguas del Centro Poblado de Huacani Pomata, en promedio se obtuvieron los siguientes resultados: arsénico 0.00232 mg/l, mercurio <0.00041, aluminio <0.029, boro <0.0053, bario 0.029026, berilio 0.0002578, cadmio <0.00011, cobalto <0.000094, cromo <0.00039, cobre <0.002, hierro 0.4442, litio 0.00537, magnesio 3.4822, manganeso 0.046942, molibdeno <0.00038, níquel <0.00051, plomo <0.0026, antimonio 0.001488, selenio <0.002, zinc <0.0031. El grado de concentración de metales pesados en las aguas del Centro Poblado de Huacani, está por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (ANEXO 02).

SEGUNDO: Al realizar el análisis fisicoquímico de las aguas del Centro Poblado de Huacani, se determinó los valores en promedio de pH, temperatura y conductividad eléctrica: para pH se obtuvo valores promedio de 7.69, 7.70, 8.02, 8.03 y 7.48 respectivamente, para temperatura se obtuvo valores promedio de 15.5 °C, 15.3 °C, 14.2 °C, 15.2 °C y 14.7 °C, y los valores promedio para conductividad eléctrica fueron de 240.7 µS/cm, 280.4 µS/cm, 442.5 µS/cm, 450.6 µS/cm y 270.4 µS/cm, todos estos parámetros analizados In Situ, se encuentran dentro del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) Nacional para agua: D. S. 004-2017-MINAM, Categoría 1-A1, Categoría 3 –D1, D2. Los valores de los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de las aguas del Centro Poblado de Huacani Pomata, según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para

agua: D. S. 004-2017-MINAM, OMS-1995 y EPA 816-F 2003 tanto para agua potable y/o consumo humano, bebida de animales y riego, se encuentran dentro del ECA, por lo tanto, la calidad de las Aguas del Centro Poblado de Huacani Pomata, es de buena calidad, y, por lo consiguiente, es apta para consumo humano, riego y bebida de animales.

TERCERO: Al evaluar la calidad de las Aguas del Centro Poblado de Huacani, se obtuvieron valores del análisis fisicoquímico muy por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental para agua, por lo tanto estas aguas se pueden utilizar para fines de producción de agua potable y/o consumo humano, para bebida de animales y riego. (ANEXO 02)

CUARTO: Al determinar la concentración de metales pesados en las aguas del Centro Poblado de Huacani Pomata, donde habita el *Schoenoplectus Californicus* (totora), posterior se realizó la comparación con los 3 manantes de agua. Los resultados demuestran que la concentración de metales pesados donde habita el *Schoenoplectus Californicus* (totora), es similar a la concentración de metales pesados analizados en los 3 manantes de agua. Estos resultados obtenidos se encuentran dentro de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), por lo tanto las aguas donde habita el *Schoenoplectus Californicus* (totora), según el análisis fisicoquímico es apta para consumo humano, riego y bebida de animales, previo análisis microbiológico.

RECOMENDACIONES

- Primero: Realizar periódicamente mediciones y/o monitoreos físico químico y biológico de las aguas del Centro Poblado de Huacani.
- Segundo: Realizar periódicamente mediciones y/o monitoreos físico químicos en base a temperatura, pH, conductividad eléctrica y metales pesados, para evaluar su calidad y aptitud según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua: D. S. 004-2017-MINAM, Organización Mundial de la Salud (OMS) -1995 y Agencia para la Protección Ambiental (EPA) 816-F 2003 para consumo humano, riego y bebida de animales. Posterior brindar educación ambiental a los pobladores del Centro Poblado de Huacani, para mejorar la conciencia del buen manejo y aplicación de su recurso hídrico.
- Tercero: Brindar información y educación ambiental periódicamente a los pobladores del Centro Poblado de Huacani acerca de la calidad de agua que vienen utilizando para consumo humano, riego y bebida de animales.
- Cuarto: Brindar información a los pobladores del Centro Poblado de Huacani acerca de la fitorremediación que se viene realizando de manera natural en lugares donde habita el *Schoenoplectus Californicus*(totora) para mejorar la calidad del agua con respecto a metales pesados..

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta de Armas, M., & Montilla, J. X. (2011). Evaluación de la contaminación por cadmio y plomo en agua, suelo, sedimento y análisis de impactos ambientales en la subcuenca del río balsillas afluente del Río Bogotá. Universidad de la Salle.
- Adriano (1986). Conceptos básicos de Antimonio y metales traza.
- Albaluz R., F., & et al. (2016). Implementación de un sistema de fitorremediación en zona aledaña a reserva forestal protectora. El Malmo, Boyacá, Colombia. *Revista de Investigación Agraria Y Ambiental*, 7(1), 93. <https://doi.org/10.22490/21456453.1540>
- Amachi O., A. (2017). *Evaluación de los niveles de contaminación del agua del río llave y sus tributarios*. Universidad Nacional del Altiplano facultad de Ingeniería Agrícola. Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola.
- Anderson, R.A. (1987). Chromium pp. 225-244. Wertz, W. (Ed). Trace elements in human and animal nutrition. 5th ed vol1. Academic Press. San Diego, CA.
- Andrade C., E. M., & Ponce G., W. D. (2016). *Determinación de los niveles de metales pesados en la microcuenca del río Carrizal del Cantón Colívar, provincia de Manabí*. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.
- Anónimo. (1993). Contaminación por metales, 4.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances & Disease Registry). (1992). Reseña toxicológica del boro. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública, 11 p.
- ATSDR. (1999). Salud Pública. Reseña toxicológica del boro. Atlanta, GA: Departamento de **Salud** y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de **Salud Pública**, 11 p.
- ATSDR. (2000). Departamento de salud y servicios humanos de los EE.UU. Agencia para

Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, División de Toxicología. 1600 Clifton Road NE, Mailstop F-32 Atlanta, GA 30333, CAS#:7439-96-5.

ATSDR (Agency for Toxic Substances & Disease Registry). (2004). Reseña toxicológica del cobre. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública, 10 p.

ATSDR (Agency for Toxic Substances & Disease Registry). (2005). Reseña toxicológica del zinc. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública, 9 p.

ATSDR1 (Agency for Toxic Substances & Disease Registry). (2007). Reseña toxicológica del bario y compuestos de bario. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública, 14 p.

ATSDR, A. para S. T. y el R. de E. (2008). Resúmenes de Salud pública [ATSDR]

ATSDR (Agency for Toxic Substances & Disease Registry). (2008). Reseña toxicológica del cadmio. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública, 8 p.

Autoridad Nacional del Agua (2018). Metodología para la Determinación del Índice de Calidad de Agua Continentales Superficiales.
https://www.ana.gob.pe/publicaciones?title=metodolog%C3%ADa%20para%20la%20determinaci%C3%B3n&title_op=contains

Autoridad Nacional del Agua (2012). Política y estrategia nacional de recursos hídricos.

Aznar Jiménez A. (2000). Determinación de los parámetros fisicoquímicos de la calidad de agua. *Gestión Ambiental*. 2000;2(23):12-9.

Badillo, J. F. (1992). Plomo. *BVSDE*, 10, 165–180.

- Baird C., C. M. (2014). *Química ambiental*. (Buenos Aires:editorial Revete, Ed.) (2a ed).
- Bartram J, Ballance R. (1996). editores. Water quality. En: Water quality monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes. 1st ed. London ; New York: E & FN Spon; p. 15-47.
- Basualdo L., G., & Yacila F., J. (2015). "Determinación De Arsénico Y Cadmio En Aguas Del Río Rímac Y Habas Cultivadas De La Región De Lima." Universidad Nacional Mayor de San Marcos Facultad de Farmacia y Bioquímica E.A. P. de Farmacia y Bioquímica.
- Bayona C., D. A. (2009). Contaminación por metales pesados en el Embalse del Muña y su relación con los niveles en sangre de plomo, mercurio y cadmio y alteraciones de salud en los habitantes del Municipio de Sibaté (Cundinamarca) 2007. Universidad Nacional de Colombia.
- Bernhoft R. (2013). Toxicidad y tratamiento del cadmio. Retrieved from <https://www.hindawi.com/journals/tswj/2013/394652/>
- Benítez, C. C. (2002). "Sistemas Hidráulicos de Riego", diseño y construcción, editorial UNSA, Arequipa – Perú.
- BIOFILTRO,. (2013). La jardinera que filtra las aguas grises para reciclarlas. http://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/BUENFIL%20La%20Jardinera%20que%20Filtra%20las%20Aguas-SPANISH.pdf 16-07-2013
- Bonilla C., C. R., Garcia O., A., & Castillo P., L. E. (1991). Adsorción de cadmio, cromo y mercurio en suelos del Valle del Cauca a varios valores de pH. Acta Agronómica, 41:1-4., 19.
- Bose, S. K., & Chakraborty, U. C. (1957). Resolutions Adopted at the General Session of the VIII All India Pediatric Conference at Vellore on the 21st December, 1956. The

Indian Journal of Pediatrics, 24(1), 14. <https://doi.org/10.1007/BF02796157>

Bourg, A. C. M. (1995). La especiación de metales pesados en suelos y aguas subterráneas, implicaciones para su naturaleza y su movilidad. En metales pesados. Springer-Verlag Berlín Heidelberg.

Bundschuh, J., & et al. (2011). La ciencia del medio ambiente total Un siglo de exposición al arsénico en América Latina: una revisión de la historia y la ocurrencia de 14 países. Science of the Total Environment, 34. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.06.024>

Braga, B; Hespanhol, I; Lotufo, J; Mierzwa, J; L. de Barros, M; Spencer, M; Porto, M; Nucci, N; Juliano, N; Eiger, S. 2005. Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. 2_ edição. São Paulo, Brasil.

Calla L., H. J. (2010). Calidad del agua en la cuenca del Río Rímac - Sector de San Mateo , afectado por las actividades mineras. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

CAST (1976). Application of sewage sludge to cropland: Appraisal of potential hazard of the heavy metals to plants and animals. Council for Agricultural Science and Technology. Report 64. AMES, IA.

Chambi, L. J., Orsag, V., & Niura, A. (2012). Evaluación de la Presencia de metales pesados y arsénico en suelos agrícolas y cultivos en tres micro- cuenca del Municipio de Poopo. Pág. 2-3. http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S0250-54602012000100012&script=sci_arttext

Chapman. (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.

Chata Q., A. (2015). “*Presencia de metales pesados (hg , as , pb y cd) en agua y leche en la cuenca del río Coata 2015 .*” Universidad Nacional del Altiplano.

Checaño M., N. C. (2018). “*Determinacion de metales tóxicos en el rio Crucero - Puno.*” Universidad Nacional del Altiplano.

Church D C, Pond W G, Pond K R. (2006). Nutrición y Alimentación de animales. 2ed. Mexico: editorial Limusa.

Cieza C. (2014), compendio del curso de riego 1 Universidad Nacional del Altiplano Facultad de Ingeniería Agrícola.

CONCON, J.M. (2009). Heavy metals in food. In: Food Toxicology, Part B: Contaminants and Additives. New York, Dekker, 3(4), p.1043-1045.

Copper in drinking-water.(2003). Documento de referencia para la elaboración de las Guías de la OMS para la calidad del agua potable. Ginebra (Suiza). Organización Mundial de la Salud (WHO/SDE/WSH/0304/88). Pag. 36.

Cuenca P., M. E., & Pazuña G., A. M. (2011). *Evaluación ambiental de los recursos hídricos de la microcuenca T zunantza, abastecedora de agua para consumo doméstico, cantón zamora.* Universidad Nacional de Loja Area.

D'Ambrosio, M. C. (2005). Arsénico en aguas: origen, movilidad y tratamiento. Evaluación Y Selección de Tecnologías Disponibles para la Remoción de Arsénico, 123–136.

DELGADO, A. (2012). Contaminación del agua en Venezuela. <http://www.abcdelasemana.com/2012/03/23/contaminacion-del-agua-en-venezuela/>

Delgado, R., & Casanova, E. (2005). El rol del suelo en el desarrollo de la agricultura

sustentable : la necesidad de integración de procesos del sistema Suelo-Cultivo-Hombre- Ambiente. Facultad de Agronomía, Instituto de edafología., (June).

Denton, W., Wood, R., Concepcion, .P., Siegrist, H.G., Eflin, V.S., Narcis, D. K., Pangelinan, G.T. (1997). Analysis of In- Place Contaminants in Marine Sediments from Four Harbor Locations on Guam: A Pilot Study, Water and Environmental Research Institute of the Western Pacific, Technical Report No. 87, University of Guam, Mangilao, Guam.

DIGESA. (2000) "Grupo de Estudios Técnico ambiental" (GESTA AGUA), Lima- Perú año 2000.

ECODES. (2005). Efectos ambientales del mercurio. Retrieved from <https://ecodes.org/noticias/efectos-ambientales-del-mercurio#.XTIHOo5Khdg>

Epstein, E.. (2002). Land application of sewage sludge and biosolids. Lewis Publishers.CRC Press. Boca Raton, USA. 201p.

EFSA, E. F. S. A. (2015). Los metales como contaminantes en los alimentos. Retrieved from <http://www.efsa.europa.eu/en/topics/ topic/metals>

Elosegi, A; Sabater, S. (2009). Conceptos y técnicas en ecología fluvial. España: Fundación BBVA

EPA, A.C. (1992). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Díaz de Santos, Madrid.

Escobar M., F. (2019). *Determinación de parámetros físico-químicos y niveles de metales pesados en agua y sedimentos en la zona de crianza de truchas (oncorhynchus mykiss), Bahía de Puno del Lago Titicaca*. Universidad Nacional del Altiplano Puno.

Escuela de posgrado doctorado en ciencia, tecnología y medio ambiente.

FAO, O. de las N. U. para la A. y la A. (2011). *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo.*

Farlex. (2005). Definición: Medio ambiente. (Estados Unidos de America., Vol. 6). Farlex Inc.

Flores E., E. R., & Peres B., J. E. (2009). Determinación de arsénico , por absorción atómica , en agua de consumo humano proveniente de SEDAPAL , de cisterna y de pozo del distrito de Puente Piedra. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Flores Ponce, G. L. (2018). Evaluación Físico - Química De Metales Tóxicos En El Rio Grande, Ananea - Crucero Puno. *Revista de Investigaciones*, 7(2), 548–561. <https://doi.org/10.26788/riepg.2018.2.79>

García-Hernández, J., Cadena C., L., Betancourt L., M., García de la Parra L., M., García R., L., & Márquez F., F. (2007). Contenido total de mercurio encontrado en tejidos comestibles de peces depredadores superiores del Golfo de California. *Química Toxicológica Y Ambiental*, p. 507–522.

Grace, N.D., and Martinson, P.L. (1985). The distribution of Mo between the liver and other organs and tissues and live weight gains of grazing sheep. Pp. 534-536 In: Mills, C.F. (Ed). Trace elements in man and animals. Tema 5. Commonwealth Agric. Bureaux, Farnham Royal, England.

Granada, N., y Escobar, D. (2012). Análisis y cuantificación de metales pesados (Pb, Cd, Ni y Hg) en agua, sedimentos y bioacumulación en la especie *Rhandia wagne* (barbudo) del río Cauca en el municipio de la Virginia (Tesis de pregrado). Pereira, Colombia.

- Gómez, I. (2003). Saneamiento Ambiental. San José, Costa Rica. Universidad Estatal a Distancia.
- Gonzales, A. (2004). Granulometría, sedimentación, composición y contenido total de metales pesados en los sedimentos del río Cobre, de Santiago de Cuba. Facultad de Ciencias Naturales, Departamento de Química, Universidad de Oriente.
- GORE, P. (2012). Diagnóstico Ambiental Regional - DAR Puno. <http://siar.minam.gob.pe/puno/documentos/diagnostico-ambiental-regional-dar-puno>
- Goyzueta, G.; Alfaro, R. Aparicio, M, (2009). Totorales del lago Titicaca, importancia, conservación y gestión ambiental. Editorial Meru. Diseño y publicidad, Puno, Perú.
- Guo, W., Andersen, M. N., Qi, X., Li, P., Li, Z., Fan, X., & Zhou, Y. (2017). Effects of reclaimed water irrigation and nitrogen fertilization on the chemical properties and microbial community of soil. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(3), 679–690. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61391-6](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61391-6)
- Gutiérrez, R. A. (2000). Metales Pesados en los Cultivos. Retrieved from <https://www.mendeley.com/catalogue/metales-pesados-en-los-cultivos/>
- Hernández, J., Cadena C., L., Betancourt L., M., García de la Parra L., M., García R., L., & Márquez F., F. (2007). Contenido total de mercurio encontrado en tejidos comestibles de peces depredadores superiores del Golfo de California. *Química Toxicológica Y Ambiental*, p. 507–522.
- Herrera N., J., & et al. (2012). Evaluación de metales pesados en los sedimentos superficiales del río Pirro, 26, 27–36.
- Holum JR (1983). *Elements of General and Biological Chemistry*, 6th Edition, John Wiley and Sons, N.Y. pp. 324, 326, 353, 469.

- IARC (1992) Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer. Solar and Ultraviolet Radiation. On the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Lyon
- Infoandina. (2013). Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales http://www.infoandina.org/sites/default/files/publication/files/depuracion_de_aguas_residuales_por_medio_de_humedales_artificiales.pdf 10-07-2013
- Institute of Environmental Conservation and Research INECAR (2000). Position Paper Against Mining in Rapu-Rapu, Published by INECAR, Ateneo de Naga University, Philippines (www.adnu.edu.ph/Institutes/Inecar/pospaper1.asp)
- Institut català del Suró. (2017). Obtenido de <http://www.icsuro.com/licsuro-presenta-una-nova-sortida-per-valoritzar-el-subproducte-de-suro-al-taller-internacional-de-lassociacio-europea-dinnovacio-en-agricultura/?lang=es>
- Izquierdo, M. (2010). *Eliminación de metales pesados en aguas mediante bioadsorción. Evaluación de materiales y modelación del proceso*. Universidad de Valencia.
- Izquierdo R., J., & Verástegui H., S. (2016). *Concentración de metales pesados (as, cd, cr, hg y pb) en el agua de la cuenca baja del río Jequetepeque, en relación a los estándares de calidad del agua - categoría 3, Cajamarca - 2016*. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo.
- Jiménez, B. E. (2005). *La contaminación ambiental en México, causas, efectos y tecnología apropiada*. México: Editorial Limusa, S.A
- Kao, R. T., Dault, S., & Pichay, T. (2004). Comprender el tema de la reducción del mercurio: el impacto del mercurio en el medio ambiente y la salud humana. (Calif Dent, p. 574–9.).
- Kouping C., J., & et al. (2007). Evaluación estadística multivariante de oligoelementos en aguas subterráneas en una zona costera en Shenzhen, China, 147, 771–780.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749106005318?via%3Dihub>

Laqui Vilca, Y. A. (2019). *"Contaminación por tipo de usos de suelos y deterioro en la calidad de agua en la cuenca del Lago Titicaca."* Universidad Nacional Agraria la Molina Escuela de Posgrado Maestría en Ciencias Ambientales..

Lenntech (2006) "Purificación del agua y tratamiento del aire". 31(0), 1–6.
<https://www.lenntech.es/>

Lenntech. (2004). Tratamiento de aguas y purificación de aire., 31(0), 1–6.
<https://www.lenntech.es/>

Lenntech Water Treatment and Air Purification (2004). Water Treatment, Published by Lenntech, Rotterdamseweg, Netherlands (www.excelwater.com/thp/filters/Water-Purification.htm).

Lenntech, B. (2014). Water Treatment Solution Lenntech. Obtenido de Cobalto - Co. 6 06:
<http://www.lenntech.es/periodica/elementos/co.htm#ixzz32842k15D>

Lenntech. (2017). Metales Pesados. Retrieved from <http://www.lenntech.es/metales-pesados.htm>

LENNTECH. (2017). Propiedades químicas del Mercurio - Efectos del Mercurio sobre la salud - Efectos ambientales del Mercurio. Retrieved from <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/hg.htm>

Lesaca. (1999). Complejos Orgánicos de Metales Pesados, html.pdf/rincondelvago.com/complejos-organicos-de-metales-pesados.html - 44k

Li, D., Liu, S., Li, D., & Liu, S. (2019). Water Quality Monitoring in Aquaculture. *Water Quality Monitoring and Management*, 303–328. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811330-1.00012-0>

- Liu, Z. W., Correll, D., y Jordan, T. (2001). Effects of land cover and geology on stream chemistry in watersheds of Chesapeake Bay. *Journal of the American Water Resources Association*. Paper 00015.
- Loayza. (2008). Plantas híper acumuladoras, www.unmsm.edu.pe/quimica/ing%20loayza/BOLETIN_37.pdf.
- Llavilla Cayllahua, J. C. (2018). *Evaluación de metales pesados en el agua de los ríos de Pataqueña y Chacapalca del distrito de Ocuwiri, Lampa – Puno. Alcira*. Universidad Privada San Carlos Facultad de Ingenierías Escuela Profesional De Ingeniería Ambiental. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/4489>
- Madeddu, D. R. (2005). Estudio de la influencia del cadmio sobre el medioambiente y el organismo humano: perspectivas experimentales, epidemiológicas y morfofuncionales en el hombre y en los animales de experimentación. Universidad de Granada.
- Mancilla, Ó., & et al. (2012). Metales pesados totales y arsénico en el agua para riego de Puebla y Veracruz, México, 28. 39–48.
- Matte, T. D. (2003). Efectos del plomo en la salud de la niñez. *Salud Pública México*, 45(1), 220–224.
- Marín. (1996). Conceptos básicos de Antimonio y metales totales. México, Estados Unidos. 28. 35–80.
- Mazari H., M. (2003). El agua como recurso., 3. <http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/54/el-agua-como-recurso>
- Mitchell, M., Stapp, W. y Bixby, K. (1991). “Manual de Campo de Proyecto del Río: Una Guía para Monitorear la Calidad del Agua en el Río Bravo”, 2ª ed, Proyecto del Río

NET México, Estados Unidos.

Ministerio de Agricultura y Riego, y Autoridad Nacional del Agua. (2018). Clasificación de los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales.

https://www.ana.gob.pe/publicaciones?title=clasificacion%20de%20los%20cuerpos%20de%20agua&title_op=contains.

Mitra, S. (1986). El mercurio en el ecosistema, su dispersión y contaminación en la actualidad.

Moalla, S.M., Awadallah, R.M., Rashed, M.N., Soltan, M. E. (1998). *Distribución y fraccionamiento químico de algunos metales pesados en los sedimentos del fondo del lago Nasser*. Hidrobiología 364, 31-40.

Moreno, M. D. (2003). Toxicología ambiental evaluación de riesgos para la salud humana. México: McGraw Hill.

Moran C., I., Martínez de I., J. B., Marruecos S., L., & Nogue X., S. (2011). *Toxicología Clínica*.

Murray, K. S. (1996). *Comparaciones estadísticas de concentraciones de metales pesados en sedimentos de ríos*.

Nava R., C., & Méndez A., M. (2011). *Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio)*, 16(3), 140–147.

Nolan K (2003). *Copper Toxicity Syndrome*, J. Orthomol. Psychiatry 12(4): 270 – 282.

NTP. (2005). *Estándares de Cadmio*. GESTIÓN AMBIENTAL. *Gestión de residuos*. Código de colores para los dispositivos de almacenamiento de residuos. 1-16. 2005.

Núñez del Carpio, D. A. (2015). *Contaminación del agua por metales pesados en el*

Distrito Mariscal Cáceres – San José en la Provincia de Camaná - arequipa Tesis.

Universidad Nacional de San Agustín.

Organización Mundial de la Salud. (2001). Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas (nº 200 de la serie de la OMS Criterios de Salud Ambiental. 37.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2004). Copper in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking- water Quality. WHO/SDE/WSH/03.04/88. Disponible en línea: <http://www.who.int/en/>.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2005). Nickel in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking- water Quality. WHO/SDE/WSH/05.08/55. Disponible en línea: <http://www.who.int/en/>. Fecha de acceso: 14 de enero de 2010.

Orozco, Carmen et al. (2011). contaminación ambiental. España: Paraninfo, S. A.; pp.63-193. ISBN: 9788497321785

Palacios D., A. (2016). *Problemática del agua y saneamiento en el Perú.*

Pari C., J. (2016). *“Determinación de la calidad de agua del rio llave, zona urbana del distrito de llave, Puno - 2016”.* Universidad Privada San Carlos.

Paustenbach, D. J., Galbraith, D. A., & Finley, B. L. (2014). Interpreting cobalt blood concentrations in hip implant patients. *Clinical Toxicology*, 52(2), 98–112. <http://doi.org/10.3109/15563650.2013.857024>

Peris, M. (2006). Estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de Castellon (Tesis de doctorado). Universidad de Valencia, España.

Ramírez, A. (2002). Toxicología del cadmio., 51 – 64.

- Prasad AS. (1979). Clinical, biochemical, and pharmacological role of zinc. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology* 20:393-426.
- Reyes C., C. M. (2012). *Estudio de la contaminación de las aguas del río Chillón*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Philp, R. B. (2001). *Ecosistemas y salud humana. Toxicología y Riesgos Ambientales*. Lewis Publishers.
- Rodríguez B., F. A. (2013). "cuantificación de cadmio, plomo y níquel en agua superficial, sedimento y organismo (*mytella guyanensis*) en los puentes Portete y 5 de Junio del Estero Salado (Guayaquil)". Universidad de Guayaquil.
- Romheld, V. and Marschner, H.. (1991). Function of micronutrients in plants. pp. 297-328, In: Mortverdt, J.J, Cox, F.R., Shuman, L.M., and Welch, R.M. (Eds.) *Micronutrients in agriculture*, Soil Science Society of America, Madison, WI.
- Rondón, J. (2012). *La Contaminación Del Agua*. Retrieved from <http://johannarondon84.blogspot.com/2012/07/definicion-de-la-contaminacion-del-agua.html>
- PNUD. (2009). *Informe sobre desarrollo Humano-Parte II: una visión desde las cuencas, Cap. 3 Disponibilidad y usos del agua* . Perú.
- Regmurcia. (2013). TOTORA Scirpussp. http://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,365,a,0,m,1050&r=ReP-5129-DETALLE_REPORTAJES
- Reyes C., C. M. (2012). *Estudio de la contaminación de las aguas del río Chillón*. Universidad Nacional de Ingeniería Facultad, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica Estudio.

- Richters, J. (1995). *Manejo del uso de la tierra en América Central hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 1995. 440 p.
- Robles, C., & et al. (2016). Evaluación de la Contaminación del Agua Subterránea por Metales Pesados en un Acuífero Somero. *Revista de Simulación Y Laboratorio*, 3(6), 15–22.
- Rodríguez B., F. A. (2013). “*Cuantificación de cadmio, plomo y níquel en agua superficial, sedimento y organismo (Mytella Guyanensis) en los puentes Portete y 5 de Junio del Estero Salado (Guayaquil)*.” Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Naturales Escuela de Biología Tesis.
[http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/1750/1/Niveles de cadmio y plomo en el exoesqueleto del cangrejo rojo \(Ucides occidentalis\)... Feys, Johanna.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/1750/1/Niveles de cadmio y plomo en el exoesqueleto del cangrejo rojo (Ucides occidentalis)... Feys, Johanna.pdf).
- Prieto. (1998). Problemas, conceptos básicos de Antimonio, metales traza, metales totales, clasificación.
- Ruiz, A. (2003). El agua en la agricultura. México: Instituto de Tecnología del Agua. Samboni
- Sagardoy, J. (1994). Irrigation management transfer, selected paper. FAO. Roma, IT. 499 Págs.
- Sanín, L. et al. (1998). Acumulación de plomo en hueso y sus efectos en la salud., 40(4).
- SANTOS, E.E., LAURIA, D.C., PORTO, D.A. & SILVEIRA, C.L. (2012). Assesment of daily intake of trace elements due to consumption of foodstuffs by adult inhabitants of Rio de Janeiro city. *Science of the Total Environment*, 2(3) p. 327-349
- Sarmiento, M. I., & et al. (1999). Evaluación del Impacto de la Contaminación del Embalse

del Muña Sobre la Salud Humana. *Revista De Salud Pública*, 159–171.

Segura, L. E. (2007). Estudio de antecedentes sobre la contaminación hídrica en Colombia. Bogotá

S C, B G, S. S. (1998). The role of copper, molybdenum, selenium, and zinc in nutrition and health. *Clin Lab Med*.18(4):673-85. 38

SIAVICHAY L., B. R. (2013). “Determinación de cadmio y plomo en el tejido blando, Hepatopáncreas del cangrejo rojo (*ucides occidentalis*) y sedimento de la reserva ecológica Manglares Churute.” Universidad de Guayaquil.

Smedley, P. L., & Kinniburgh, D. G. (2002). Una revisión de la fuente, comportamiento y distribución del arsénico en aguas naturales. *Applied Geochemistry*, 17(5), 517–568.

Torres, F. (2009). “Desarrollo y Aplicación de un Índice de Calidad de Agua para Ríos en Puerto Rico”

UNESCO, O. de las N. U. para la E. la C. y la C. (1998). El agua: ¿una crisis inminente?.
http://www.unesco.org/science/wcs/meetings/eur_paris_water_98.htm

US EPA. Introducción a la ley de agua limpia [online]. US Environmental Protection Agency; p. 2-4. Disponible en: <https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-clean-water-act>

USDA. (2017). El agua y las Cuencas Hidrográficas. Rio Grande, PR 00745-9625 787-888-1880 www.fs.usda.gov/elyunque

Varsavsky, A. I. (2008). Metales pesados, (1123). Universidad Autónoma de Yucatán México.

Vega G., J. (2012). *Nivel de contaminación por metales pesados (pb, cu, hg, as y fe) en el*

rio el Toro, Distrito de Huamachuco de la Provincia de Sánchez carrión durante año 2009 - 2010. Universidad Nacional de Trujillo.

VÍLCHEZ V., R. (2005). Eliminación de metales pesados de aguas subterráneas mediante sistemas de lechos sumergidos: estudio microbiológico de las Biopelículas. Universidad de Granada.

Wilcke, W.; S. Kretzschmar; M. Bundt; G. Saborío & W. Zech. (2000). Depth Distribution of Aluminium and Heavy Metals in soil of Costa Rican coffee cultivation area. *J. Plant Nutri. Soil Sci*, 163, 499-502.

Wongsasuluk, P., Chotpantarat, S., & Robson, M. (2013). Contaminación de metales pesados y evaluación de riesgos para la salud humana en el agua potable de pozos de aguas subterráneas poco profundas en un área agrícola en la provincia de Ubon Ratchathani, Tailandia., 36(June 2013), 169–182.
<https://doi.org/10.1007/s10653-013-9537-8>

Yang, J., Liu, Y. & Ye, Z. (2012). Root-induced changes of pH, Eh, Fe (II) and fractions of Pb and Zn in rhizosphere soils of four wetlands plants with different radial oxygen losses. *Pedosphere*, 22(4), 518-527

ANEXOS

ANEXO 01: Estándar de Calidad Ambiental Nacional para agua – parámetros físicos In Situ

PARÁMETRO	ECA (D.S. 004-2017-MINAM)			UNIDAD
	CATEGORÍA 1	CATEGORÍA 3	CATEGORÍA 3	
	A1	D1	D2	
	Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Riego de vegetales	Bebida de animales	
<i>pH</i>	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5	6.5 – 8.4	Unidad de pH
<i>TEMPERATURA</i>	Δ 3	Δ 3	Δ 3	°C
<i>CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA</i>	1500	2 500	5 000	μS/cm

ANEXO 02: Estándar de Calidad Ambiental para agua – metales pesados

- ✓ ECA D. S. 004-2017-MINAM. Agua potable 1-A1, Abastecimiento doméstico con simple desinfección, riego 3-D1, bebida de animales 3-D2.
- ✓ Organización Mundial de la Salud (OMS) – 1995. Agua potable.
- ✓ Agencia de Protección Ambiental (EPA) - USA 2003. Agua potable.

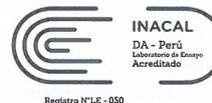
PARÁMETRO	ECA			OMS (1995)	USA (2003)
	D. S. 004-2017-MINAM			Valores Guía	EPA 816 - F
	AGUA POTABLE	RIEGO	BEBIDA DE ANIMALES	AGUA POTABLE	AGUA POTABLE
As	0.01	0.1	0.2	0.01	0.01
Hg	0.001	0.001	0.01	0.001	0.002
Al	0.9	n/e	n/e	n/e	n/e
B	2.4	1	5	0.3	n/e
Ba	0.7	0.7	n/e	0.7	2
Be	0.012	0.01	0.01	n/e	n/e
Cd	0.003	0.01	0.05	0.003	0.005
Co	n/e	0.05	1	n/e	n/e
Cr	0.05	0.1	1	0.05	0.1
Cu	2	0.2	0.5	2	1.3
Fe	0.3	5	n/e	n/e	n/e
Li	n/e	2.5	2.5	n/e	n/e
Mg	n/e	n/e	250	n/e	n/e
Mn	0.4	0.2	0.2	0.5	0.05
Mo	0.7	n/e	n/e	0.07	n/e
Ni	0.07	0.2	1	0.02	n/e
Pb	0.01	0.05	0.05	0.01	0.015
Sb	0.02	n/e	n/e	0.005	0.006
Se	0.04	0.02	0.05	0.01	0.05
Zn	3	2	24	n/e	n/e

Tabla 11: Estándares de Calidad Ambiental para agua

ANEXO 03: Resultados del análisis de agua en “Laboratorios Analíticos del Sur” – metales pesados



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



INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00505

Fecha de emisión : 12/10/2019

Página 1 de 3

Señores : LEON ESCOBAR RONY HAROLD
 Dirección : JR. MOLLENDO MZ. C LT-12 - ILAVE - EL COLLAO - PUNO
 Atención : LEON ESCOBAR RONY HAROLD
 Proyecto : GRADO DE CONTAMINACION POR METALES DE LAS AGUAS DEL CENTRO POBLADO DE HUACANI

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : LEON ESCOBAR RONY HAROLD
 Registro de muestreo : 361-19
 Procedimiento Aplicado : Muestreo por el cliente
 Fecha de recepción : 3/10/2019
 Fecha de ensayo : 3/10/2019
 Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG19000885	M. TOTOROMA B1	Agua Natural - Subterránea - Agua de Manantial	C.P. HUACANI, TOTOROMA / POMATA / CHUCUITO / PUNO	UTM (X) : 464762.5 ; UTM (Y) : 8198505.2	1/10/2019	16:20

(c) : datos proporcionados por el cliente.

Condiciones de recepción de la muestra
Cooler refrigerado

Observación
-

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
 Sixto J. Juárez Neira
 Gerente General
 Ing. Químico C.I.P. 19474

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.
 "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 la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
 Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

A-18 N° 9029



Laboratorios Analíticos del Sur

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



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00505

Fecha de emisión : 12/10/2019

Página 2 de 3

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUIMICO

Codigo Interno L.A.S	Nombre de Muestra	796		800		802									
		As	Hg	Ag	Al	B	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG19000885	M. TOTOROMA B1	b<0,0012	b<0,00041	b<0,0024	b<0,0029	b<0,0053	0,04330	0,000129	9,78	b<0,00011	b<0,000094	b<0,00039	b<0,002	1,39	5,46

Codigo Interno L.A.S	Nombre de Muestra	802													
		Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Sb	Se	SiO2	Sn	Sr	Ti
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG19000885	M. TOTOROMA B1	0,00140	3,981	0,15383	b<0,00039	5,62	b<0,00051	0,0408	b<0,0026	b<0,00049	b<0,002	37,76	b<0,00085	0,1934	0,00610

Codigo Interno L.A.S	Nombre de Muestra	802		
		Tl	V	Zn
		mg/L	mg/L	mg/L
AG19000885	M. TOTOROMA B1	b<0,0013	0,00277	b<0,0031

[Handwritten Signature]
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Neira
Gerente General
Ing. Químico C.I.P. 19474



Laboratorios Analíticos del Sur

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



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00505

Fecha de emisión : 12/10/2019

Página 3 de 3

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango
796	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Arsénico (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[^b 0.0012 - 50] mg/L
800	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Mercurio (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[^b 0.00041 - 250] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales Totales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L

^a : Límite detección ^b : Límite de cuantificación

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Neira
Gerente General
Ing. Químico C.I.P. 19474



Laboratorios Analíticos del Sur

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



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00506

Fecha de emisión : 12/10/2019

Página 1 de 3

Señores : LEON ESCOBAR RONY HAROLD
Dirección : JR. MOLLENDO MZ. C LT-12 - ILAVE - EL COLLAO - PUNO
Atención : LEON ESCOBAR RONY HAROLD
Proyecto : GRADO DE CONTAMINACION POR METALES DE LAS AGUAS DEL CENTRO POBLADO DE HUACANI

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : LEON ESCOBAR RONY HAROLD
Registro de muestreo : 361-19
Fecha de recepción : 3/10/2019
Fecha de ensayo : 3/10/2019
Procedimiento Aplicado : Muestreo por el cliente
Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG19000886	M. TOTOROMA B2	Agua Natural - Subterránea - Agua de Manantial	C.P. HUACANI, TOTOROMA / POMATA / CHUCUITO / PUNO	UTM (X) : 464642.3 ; UTM (Y) : 8199255.1	1/10/2019	16:51

(c) : datos proporcionados por el cliente.

Condiciones de recepción de la muestra Cooler refrigerado
Observación -

(Firma)
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Neira
Gerente General
Ing. Químico C.I.P. 19474

(*) 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 la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

A-18 N° 9020



Laboratorios Analíticos del Sur

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



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00506

Fecha de emisión : 12/10/2019

Página 2 de 3

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUIMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	796		800		802									
		As	Hg	Ag	Al	B	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG19000886	M. TOTOROMA B2	0,0068	b<0,00041	b<0,0024	b<0,029	b<0,0053	0,00996	0,000193	6,35	b<0,00011	b<0,000094	b<0,00039	b<0,002	b<0,016	5,43

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802													
		Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Sb	Se	SiO2	Sn	Sr	Ti
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG19000886	M. TOTOROMA B2	0,01232	3,178	b<0,0003	b<0,00038	12,8	b<0,00051	0,0161	b<0,0026	b<0,00049	b<0,002	46,91	b<0,00085	0,1222	b<0,00068

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802		
		Tl	V	Zn
		mg/L	mg/L	mg/L
AG19000886	M. TOTOROMA B2	b<0,0013	0,00470	b<0,0031

Sixto
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Neira
Gerente General
Ing. Químico C.I.P. 19474



Laboratorios Analíticos del Sur

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



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00506

Fecha de emisión : 12/10/2019

Página 3 de 3

METODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango
796	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Arsénico (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[^b 0.0012 - 50] mg/L
800	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Mercurio (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[^b 0.00041 - 250] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales Totales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L

a : Limite detección b : Limite de cuantificación

Sixto
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Neira
Gerente General
Ing. Químico C.I.P. 19474



Laboratorios Analíticos del Sur

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



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00507

Fecha de emisión : 12/10/2019

Página 1 de 3

Señores : LEON ESCOBAR RONY HAROLD
 Dirección : JR. MOLLENDO MZ. C LT-12 - ILAVE - EL COLLAO - PUNO
 Atención : LEON ESCOBAR RONY HAROLD
 Proyecto : GRADO DE CONTAMINACION POR METALES DE LAS AGUAS DEL CENTRO POBLADO DE HUACANI

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : LEON ESCOBAR RONY HAROLD
 Fecha de recepción : 3/10/2019
 Registro de muestreo : 361-19
 Fecha de ensayo : 3/10/2019
 Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente
 Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG19000887	M. SAJSUYO 1	Agua Natural - Subterránea - Agua de Manantial	C.P. HUACANI, SAJSUYO / POMATA / CHUCUITO / PUNO	UTM (X) : 464313.9 ; UTM (Y) : 8199546.5	1/10/2019	16:20

(c) : datos proporcionados por el cliente.

Condiciones de recepción de la muestra
Cooler refrigerado

Observación
-


 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
 Sixto Vicente Juárez Neira
 Gerente General
 Ing. Químico C.I.P. 19474

(*) 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 la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
 Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

A-18 N° 9026



Laboratorios Analíticos del Sur

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



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00507

Fecha de emisión : 12/10/2019

Página 3 de 3

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango
796	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Arsénico (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[^a 0.0012 - 50] mg/L
800	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Mercurio (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[^a 0.00041 - 250] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales Totales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L

^a : Límite detección

^b : Límite de cuantificación

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Nelra
Gerente General
Ing. Químico C.I.R. 19474



Laboratorios Analíticos del Sur

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



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00507

Fecha de emisión : 12/10/2019

Página 2 de 3

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUIMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	796		800		802									
		As	Hg	Ag	Al	B	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG19000887	M. SAJSUYO 1	b<0,0012	b<0,00041	b<0,0024	b<0,029	b<0,0053	0,01690	0,000322	3,97	b<0,00011	b<0,000094	b<0,00039	b<0,002	0,121	4,33

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802														
		Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Sb	Se	SiO2	Sn	Sr	Ti	Tl
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG19000887	M. SAJSUYO 1	0,00381	1,945	0,01473	b<0,00038	5,55	b<0,00051	0,0148	b<0,0026	0,00231	b<0,002	38,31	b<0,00085	0,0789	0,00599	b<0,0013

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802	
		V	Zn
		mg/L	mg/L
AG19000887	M. SAJSUYO 1	0,00458	b<0,0031

Geonita
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Neira
Gerente General
Ing. Químico C.I.P. 19474



Laboratorios Analíticos del Sur

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



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00508

Fecha de emisión : 12/10/2019

Página 1 de 3

Señores : LEON ESCOBAR RONY HAROLD
Dirección : JR. MOLLENDO MZ. C LT-12 - ILAVE - EL COLLAO - PUNO
Atención : LEON ESCOBAR RONY HAROLD
Proyecto : GRADO DE CONTAMINACION POR METALES DE LAS AGUAS DEL CENTRO POBLADO DE HUACANI

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : LEON ESCOBAR RONY HAROLD
Registro de muestreo : 361-19
Procedimiento Aplicado : Muestreo por el cliente

Fecha de recepción : 3/10/2019
Fecha de ensayo : 3/10/2019
Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG19000888	M. HUARIPUJO 1	Agua para Uso y Consumo Humano - Agua de Bebida - Agua Potable	C.P. HUACANI, HUARIPUJO / POMATA / CHUCUITO / PUNO	UTM (X) : 465365.6 ; UTM (Y) : 8200703.2	1/10/2019	16.50

(c) : datos proporcionados por el cliente.

Condiciones de recepción de la muestra
Cooler refrigerado

Observación
-

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Neira
Gerente General
Ing. Químico C.I.R. 19474

(*) 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 la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

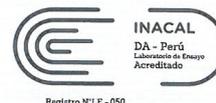
Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

A-18 N° 9032



Laboratorios Analíticos del Sur

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



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00508

Fecha de emisión : 12/10/2019

Página 2 de 3

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUIMICO

Código Interno L.A.S	Nombre de Muestra	802													
		As	Hg	Ag	Al	B	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG19000888	M. HUARIPUJO 1	b<0,0012	b<0,00041	b<0,0024	b<0,029	b<0,0053	0,00750	0,000258	3,41	b<0,00011	b<0,000094	b<0,00039	b<0,002	b<0,016	4,27

Código Interno L.A.S	Nombre de Muestra	802													
		Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Sb	Se	SiO2	Sn	Sr	Ti
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG19000888	M. HUARIPUJO 1	0,00341	1,718	b<0,0003	b<0,00038	5,42	b<0,00051	0,0236	b<0,0026	0,00366	b<0,002	38,77	b<0,00085	0,0713	b<0,00068

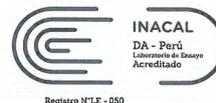
Código Interno L.A.S	Nombre de Muestra	802		
		Ti	V	Zn
		mg/L	mg/L	mg/L
AG19000888	M. HUARIPUJO 1	b<0,0013	0,00422	b<0,0031

Sixto
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Neira
Gerente General
Ing. Químico C.I.P. 19474



Laboratorios Analíticos del Sur

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



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00508

Fecha de emisión : 12/10/2019

Página 3 de 3

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango
796	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Arsénico (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[^b 0.0012 - 50] mg/L
800	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Mercurio (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[^b 0.00041 - 250] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales Totales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L

* : Límite detección b : Límite de cuantificación

Sixto
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Neira
Gerente General
Ing. Químico C.I.P. 19474



Laboratorios Analíticos del Sur

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



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00509

Fecha de emisión : 12/10/2019

Página 1 de 3

Señores : LEON ESCOBAR RONY HAROLD
Dirección : JR. MOLLENDO MZ. C LT-12 - ILAVE - EL COLLAO - PUNO
Atención : LEON ESCOBAR RONY HAROLD
Proyecto : GRADO DE CONTAMINACION POR METALES DE LAS AGUAS DEL CENTRO POBLADO DE HUACANI

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : LEON ESCOBAR RONY HAROLD
Registro de muestreo : 361-19
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 3/10/2019
Fecha de ensayo : 3/10/2019
Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG19000889	M. ARENALES 1	Agua Natural - Superficial - Agua de Rio	C.P. HUACANI, ARENALES / POMATA / CHUCUITO / PUNO	UTM (X) : 466579 ; UTM (Y) : 8202401	1/10/2019	13:50

(c) : datos proporcionados por el cliente.

Condiciones de recepción de la muestra Cooler refrigerado
Observación -

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Sixto Vicente Juárez Neira
Gerente General
Ing. Químico C.I.P. 19474

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

^m<Valor numérico> = Límite de detección del método, ⁿ<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 la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Rio Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

A-18 N° 9023



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



Laboratorios Analíticos del Sur

Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00509

Fecha de emisión : 12/10/2019

Página 2 de 3

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUIMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	796		800		802									
		As	Hg	Ag	Al	B	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG19000889	M. ARENALES 1	b<0,0012	b<0,00041	b<0,0024	b<0,029	b<0,0053	0,06747	0,000387	12,1	b<0,00011	b<0,000094	b<0,00039	b<0,002	0,678	10,4

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802														
		Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Sb	Se	SiO2	Sn	Sr	Ti	Tl
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG19000889	M. ARENALES 1	0,00591	6,589	0,05555	b<0,00038	31,8	b<0,00051	0,0328	b<0,0026	b<0,00049	b<0,002	17,05	b<0,00085	0,2091	0,00277	b<0,0013

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802	
		V	Zn
		mg/L	mg/L
AG19000889	M. ARENALES 1	b<0,00014	b<0,0031

[Signature]
 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
 Sixto Vicente Juárez Neira
 Gerente General
 Ing. Químico C.I.P. 19474



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



Laboratorios Analíticos del Sur

Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00509

Fecha de emisión : 12/10/2019

Página 3 de 3

METODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango
796	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Arsénico (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[^b 0.0012 - 50] mg/L
800	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Mercurio (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[^b 0.00041 - 250] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales Totales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L

a : Límite de detección b : Límite de cuantificación

[Signature]
 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
 Sixto Vicente Juárez Neira
 Gerente General
 Ing. Químico C.I.P. 19474

ANEXO 4: Cadena de custodia

H.C.C. N°: HOJA: 1 de 3

 <p>Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.Ltda. Ptaq. Industrial Río Seco C-1 Camino Colorado Arequipa. Telf: (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com</p>	CADENA DE CUSTODIA - AGUA	Código Reg. F-019.02	Versión: 00
			Aprob. por: Jefe Monitoreo de Aguas

Sección: Dirección: Atención: Responsable del muestreo: Rony Harold León Escobar	RUC: Teléfono: e-mail: Proyecto/ Programa: Muestra(s): <table border="1" style="margin-left: 20px; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Puntual(es) para formar compuesto</td><td></td></tr> <tr><td>Puntual(es)</td><td style="text-align: center;">x</td></tr> <tr><td>Composito(s)</td><td></td></tr> </table>	Puntual(es) para formar compuesto		Puntual(es)	x	Composito(s)		Consultas: Gerencia de Operaciones e-mail: las@laboratoriosanaliticosdelsur.com
Puntual(es) para formar compuesto								
Puntual(es)	x							
Composito(s)								

Codigo LAS	Fecha	Hora	Matriz	Codigo de campo	Nombre de la Muestra	Lugar de muestreo		N° frascos	Volumen total (L)
						Zona, Urb, AAHH / Dist. / Prov. / Depart.	Punto de muestreo y/o coordenadas UTM		
	01/10/19	1:45 pm	AN	AHA1	Muestra Totoroma B 1	Totoroma B / Pomata / Chucuito / Puno	P 1	1	1/2
	01/10/19		AN	AHB2	Muestra Totoroma B 2	Totoroma B / Pomata / Chucuito / Puno	P 2	1	1/2
	01/10/19		AN	AHC3	Muestra Sajsuyo 1	Sajsuyo / Pomata / Chucuito / Puno	P 3	1	1/2
	01/10/19		AN	AND4	Muestra Huaripujio 1	Huaripujio / Pomata / Chucuito / Puno	P 4	1	1/2
	01/10/19	1:50 pm	A-E	AHR5	Muestra Arenales 5	Arenales / Pomata / Chucuito / Puno	P 5	1	1/2
			AN	AB1	Mato	Arenales / Huacani / Pomata / Chucuito / Puno	P 5	1	1/2
			AN	AB2					

NOTA: Colocar el nombre de la muestra de acuerdo a como desea que aparezca en el informe de ensayo

Campos para llenarse cuando se reciben las muestras en LAS

Recipiente(s) adecuado(s): Muestras recibidas intactas: Conservación de muestras: Condiciones transporte:	<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr><th>SI</th><th>NO</th></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> </table>	SI	NO									Blanco viajero: Blanco de Campo: Duplicados:	<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr><th>SI</th><th>NO</th></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> </table>	SI	NO							Fecha de recepción: Hora de recepción: Temperatura CV:
SI	NO																					
SI	NO																					

Observaciones: **Los ordenadas se le enviarán al correo al día 02/10/19 por horas de la tarde.**

0001-
0100-H
0200-H
0300-H
0400-H
0500-H

Firma: Rony Harold León Escobar
 Recibe: cliente

Firma: _____
 Entrega a IAS:

Firma: _____
 Recibido (IAS):

ANEXO 5: Instructivo para la toma de muestras "LAS"

INSTRUCTIVO PARA LA TOMA DE MUESTRAS

Estimado Cliente, le ofrecemos servicio de ensayos que cumplen con estándares de calidad para sus resultados, por lo tanto, tenga en cuenta las siguientes instrucciones, QUE SE HAN ESPECIFICADO EN BASE A SU SOLICITUD DE SERVICIOS:

CONSIDERACIONES TÉCNICAS ESPECÍFICAS PARA LA TOMA DE MUESTRA:
 Una vez en el punto de muestreo, el operador responsable debe tener las manos limpias y proceder a colocarse los guantes descartables y el cubre boca; antes de manipular los frascos de las muestras o el balde con el que realizará la recolección de la muestra.
 Se requiere un balde para la recolección de la muestra, para asegurar la homogeneidad e identidad única de la muestra para todos los parámetros solicitados y debe contar con tapa (de 10L de Capacidad), balde y su tapa debe ser debidamente lavado y enjuagado (para que no queden restos de detergentes; de preferencia debe ser nuevo). Y recolectar la muestra en cantidad suficiente para cebar o el balde mínimo hasta 3 veces. Luego, recolectar la muestra a contracorriente, si fuera posible a 30 cm por debajo de la superficie y a la mitad del cuerpo de agua, evitando las zonas de turbulencia (llenar el balde si es posible) y evitando remover fondos de lodos o sólidos de las paredes del cuerpo de agua. La muestra recolectada se homogeniza removiendo sin airear, y se reparte en los frascos etiquetados.

NOTA: Si las condiciones físicas de acceso al punto de toma de muestra no permiten el uso de un equipo tan grande como un balde, proceder a tomar la muestra en los frascos directamente, siguiendo las recomendaciones mencionadas a continuación, tener especial cuidado con los parámetros que exigen preservación para estabilidad de la muestra.

AGUA DE MANANTIAL, DE LAGO O RÍO: TOMAR LA MUESTRA QUE AFLORA O QUE FLUYE EN EL CUERPO DE AGUA (AGUA EN MOVIMIENTO). EVITAR TOMAR LA MUESTRA EN ZONAS DE EMBALSE DONDE SE EVIDENCIA QUE EL AGUA NO CIRCULA O SE ENCUENTRE ALEJADA DEL AFLORAMIENTO. NUNCA TOMAR LA MUESTRA DE ZONAS DEL CUERPO DONDE SE EVIDENCIA QUE HAY ACTIVIDAD ANIMAL O RESIDUOS DE ACTIVIDAD HUMANA, POR EJEMPLO BASURA, RESTOS FECALES, ETC. Que van a aportar contaminantes que no corresponden naturalmente al cuerpo de agua.

1. TOMA DE MUESTRA PARA ENSAYOS ICP-FQ
 Enjuagar dos veces con una porción de la muestra el frasco de plástico de ¼ L que está demarcado como "ICP-FQ", luego llenar completamente, evitando que queden burbujas dentro del frasco.
EL OPERADOR DEBE ASEGURARSE QUE SE HA RECOLECTADO LA MUESTRA EN TODOS LOS FRASCOS, asegurarse que las etiquetas están correctamente llenas, DE MANERA QUE NO PUEDA HABER CONFUSIÓN O DUDA ACERCA DE LA IDENTIFICACIÓN CORRECTA DEL PUNTO DE MUESTREO Y SUS DATOS ASOCIADOS, ES DECIR HORA DE TOMA DE MUESTRA, NOMBRE DEL PUNTO, ETC.

CONSIDERACIONES DE REGISTRO Y OTROS ASPECTOS PARA EL TRANSPORTE

- Se están enviando los frascos necesarios para la recolección de la muestra, estos se encuentran rotulados, favor revisar las etiquetas de los frascos, **TENER ESPECIAL CUIDADO CON AQUELLOS QUE NECESITAN LA ADICIÓN DE PRESERVANTES. ES SU RESPONSABILIDAD embalar los frascos de modo que no sufran daño o se rompan durante el transporte al laboratorio.**
- Se está enviando un frasco rotulado como "TESTIGO DE TEMPERATURA" **NO DESTAPAR EL FRASCO, NI MANIPULAR;** debe devolverlo junto con las muestras recolectadas y en buen estado.
- Se debe mantener las **CONDICIONES DE ESTABILIDAD EN FRÍO Y SOMBRA,** tomar las medidas para que el material de muestreo no esté sobreexposto al calor y luz solar antes, durante y después de la recolección de la muestra. Considerar el tiempo que demanda el transporte: **debemos tener las muestras en el laboratorio antes de las 24 horas de haber sido recolectadas.**
- **SE DEBERÁ AGREGAR HIELO SOBRE MUESTRAS DE MANERA QUE ESTAS LLEGUEN AL LABORATORIO CON UNA TEMPERATURA MENOR A 6° C** para cumplir el requisito de temperatura. **Caso contrario: NO PODREMOS EMITIR INFORME ACREDITADO PARA LOS ENSAYOS.**

LABORATORIOS ANALÍTICOS DEL SUR E. I. R. L.

Cadena de Custodia,

- Se están enviando registros para la correcta identificación de su muestra : Cadena de Custodia, lista de materiales, etiquetas y el presente instructivo, **ES SU RESPONSABILIDAD EL CORRECTO LLENADO DE TODOS LOS REGISTROS CON SUS DATOS COMPLETOS Y QUE ESTOS RETORNEN DEBIDAMENTE FIRMADOS PARA SU ACEPTACIÓN EN EL LABORATORIO. Caso contrario tiene 48 Hr. COMO MÁXIMO PARA REGULARIZAR VIA TELÉFONO O EMAIL.**
- Los datos que usted anote en la Cadena de Custodia tienen carácter de declaración jurada para los efectos técnicos y legales que le corresponden.
- El presente instructivo tiene como objetivo asegurar la calidad de la recolección de la muestra y poder servirlo mejor. **ES SU RESPONSABILIDAD CUMPLIRLO Y DEVOLVERLO DEBIDAMENTE FIRMADO.**
- Por responsabilidad con el medio ambiente se le pide no dejar en el punto de muestreo restos como: guantes descartables usados, frascos de plástico vacíos, residuos de papel, etc. **Antes bien, nos puede devolver los frascos pequeños en los que se le envían los preservantes, gracias**

Nombre Cliente: _____
 DNI: _____

Arequipa, 30 De Setiembre del 2019



Figura 25: Etiquetado y rotulado de las muestras



Figura 26: Refrigerado y envío a "LAS" de las muestras



Figura 27: Materiales utilizados para medición In Situ



Figura 28: Medición In Situ en el punto 3



Figura 29: Punto de muestreo 3 (ojo y/o manante de agua)



Figura 30: Punto de muestreo 5 (*Schoenoplectus Californicus*)