

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS
EN LAS AGUAS SUPERFICIALES DEL RIO COATA**

TESIS

PRESENTADA POR:

JAVIER CAPACOILA COILA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO - PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS
EN LAS AGUAS SUPERFICIALES DEL RIO COATA**

TESIS PRESENTADO POR:

JAVIER CAPACOILA COILA



**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÍCOLA**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE:

M. Sc. Oscar Raúl MAMANI LUQUE

PRIMER JURADO:

Mg. Roberto ALFARO ALEJO

SEGUNDO JURADO:

M. Sc. Alcides Hector CALDERON MONTALICO

DIRECTOR DE TESIS:

D. Sc. German BELIZARIO QUISPE

Área : Ingeniería y Tecnología

Tema : Metales pesados en las aguas superficiales

Línea : Recursos Hídricos

FECHA DE SUSTENTACIÓN 26 DE DICIEMBRE DEL 2017

DEDICATORIA

A mis padres, hermanos
y todos aquellos que me
ayudaron a emprender
esta investigación para
obtener el título de
Ingeniero Agrícola.

JAVIER

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a todas aquellas personas, quienes me brindaron su valioso apoyo:

A los docentes de la Universidad Nacional del Altiplano – UNAP, en especial a la Facultad de Ingeniería Agrícola.

A los ingenieros: D. Sc. German Belizario Quispe, M. Sc. Oscar Raúl Mamani Luque, Mg. Roberto Alfaro Alejo, M. Sc. Alcides Héctor Calderón Montalico y al M. Sc. Dalmiro Cornejo Olarte por su apoyo para la elaboración de la presente investigación.

A mi familia y amigos, quienes me brindaron su apoyo durante la elaboración del proyecto de investigación.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.2.1. En América Latina	3
1.2.2. En el Perú.....	5
1.2.3. En la Región	5
1.3. HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	7
1.3.1. Hipótesis general	7
1.3.2. Hipótesis específicas	7
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	8
1.4.1. Objetivo general.....	8
1.4.2. Objetivos específicos.....	8
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	9
2.1 MARCO TEORICO	9
2.1.1. El agua.....	9
2.1.2. Calidad del agua	9
2.1.3. Parámetros físicos.....	10
2.1.4. Metales pesados	13

2.1.5. Aluminio (Al)	14
2.1.6. Cadmio (Cd)	16
2.1.7. Cromo (Cr)	17
2.1.8. Hierro (Fe)	18
2.1.9. Manganeseo (Mn)	19
2.1.10. Mercurio (Hg)	20
2.1.11. Descripción de los metales pesados en agua y sus efectos	21
2.1.12. Importancia del análisis de los metales pesados en aguas	22
2.1.13. Marco legal	25
2.1.14. Fundamento de espectroscopia de absorción atómica	30
2.1.15. Impactos al ecosistema	31
III. MATERIALES Y MÉTODOS	32
3.1. AREA DE ESTUDIO	32
3.1.1. Ubicación política del área de estudio	32
3.1.2. Ubicación geográfica del área de estudio	32
3.1.3. Ubicación de los puntos de muestreo	33
3.1.4. Parámetros físicos y químicos importantes	34
3.1.5. Delimitación social	35
3.1.6. Tipo de investigación	36
3.1.7. Épocas de muestreo	36
3.2. MATERIALES	37
3.2.1. Materiales para el muestreo	37
3.2.2. Equipos (materiales y otros)	37
3.2.3. Maquinarias y transporte	38
3.3. METODOLOGIA	38
3.3.1. Presencia y las concentraciones de los metales pesados	38
3.3.2. Evaluación del grado de contaminación de las concentraciones de los metales pesados	41
3.3.3. Determinación del punto más crítico y vulnerable a la contaminación	41
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1. PRESENCIA Y LAS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS	42
4.2. EVALUACION DE GRADO DE CONTAMINACION DE LAS	

CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS EN AGUAS SUPERFICIALES	43
4.2.1. Evaluación del Aluminio en las aguas superficiales	44
4.2.2. Evaluación del Cadmio en las aguas superficiales.....	45
4.2.3. Evaluación del Cromo en las aguas superficiales	46
4.2.4. Evaluación del Hierro en las aguas superficiales	47
4.2.5. Evaluación del Manganeso en las aguas superficiales	48
4.2.6. Evaluación del Mercurio en las aguas superficiales	49
4.3. PUNTO MÁS CRÍTICO Y VULNERABLE A LA CONTAMINACIÓN.....	51
4.3.1. Análisis con Metales, Metaloides y No metal	51
4.3.2. Temperatura.....	55
4.3.3. Conductividad eléctrica (CND en Us/cm)	56
4.3.4. pH.....	58
4.5. DISCUSIÓN.....	60
V. CONCLUSIONES	61
VI. RECOMENDACIONES	62
VII. REFERENCIAS	63
VIII. ANEXOS.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Escala de pH.....	12
Figura 2: Rango de pH.....	12
Figura 3: Sub unidades hidrográficas (subcuenca) – Cuenca del río Coata.....	32
Figura 4: Cuenca del río Coata.	33
Figura 5: Ubicación de los puntos de muestreo en la cuenca baja del río Coata.	34
Figura 6. Medición en situ de parámetros físico y químico.....	35
Figura 7: Caudal medio mensual (m^3/s) estaciones de aforo puente Unocolla (ATDR - Juliaca, 2007).....	36
Figura 8: Muestreo de agua superficial.	40
Figura 9: Muestras en el laboratorio de espectrometría de emisión atómica.	40
Figura 10: Comportamiento de Aluminio en aguas superficiales.....	44
Figura 11: Comportamiento de Cadmio en aguas superficiales.	45
Figura 12: Comportamiento de Cromo en aguas superficiales.....	46
Figura 13: Comportamiento de Hierro en aguas superficiales.....	47
Figura 14: Comportamiento de Manganeso en aguas superficiales.....	48
Figura 15: Comportamiento de Mercurio en aguas superficiales.	49
Figura 16: Metales pesados en las dos épocas de muestreo con respecto a los ECA – categoría 1(A1) para agua.	50
Figura 17: Comportamiento de Arsénico en aguas superficiales.	52
Figura 18: Comportamiento de Boro en aguas superficiales.....	53
Figura 19: Comportamiento de Fosforo en aguas superficiales.	54
Figura 20: Elementos con incidencia de contaminación en las dos épocas de muestreo con respecto a los ECA – categoría 1 (A1) para agua.	54
Figura 21: Comportamiento de la temperatura en las 02 épocas.....	56
Figura 22: Comportamiento de la conductividad en las 02 épocas.	57
Figura 23: Comportamiento del pH en las 02 épocas.....	59
Figura 24: Punto N° 1 (puente Independencia - Juliaca) en el primer muestreo. Fecha (12/03/2017).....	70
Figura 25: Punto N° 1 (puente Independencia - Juliaca) en el segundo muestreo. Fecha (10/06/2017).....	70
Figura 26: Punto N° 2 (desembocadura del río Torococha) en el primer muestreo. Fecha (12/03/2017).....	71

Figura 27: Punto N° 2 (desembocadura del río Torococha) en el segundo muestreo.
Fecha (10/06/2017)..... 71

Figura 28: Punto N° 3 (mayoesquina - Caracoto) en el primer muestreo. Fecha
(12/03/2017)..... 72

Figura 29: Punto N° 3 (mayoesquina - Caracoto) en el segundo muestreo.
Fecha (10/06/2017)..... 72

Figura 30: Punto N° 4 (puente grande - Coata) en el primer muestreo.
Fecha (12/03/2017)..... 73

Figura 31: Punto N° 4 (puente grande - Coata) en el segundo muestreo.
Fecha (10/06/2017)..... 73

Figura 32: Punto N° 5 (desembocadura del río Coata) en el primer muestreo. Fecha
(12/03/2017)..... 74

Figura 33: Punto N° 5 (desembocadura del río Coata) en el segundo muestreo.
Fecha (10/06/2017)..... 74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Criterios de calidad de agua.....	10
Tabla 2: Estándares de calidad ambiental para aguas del ministerio de ambiente categoría 1.	28
Tabla 3: Ubicación de estaciones de muestreo.....	38
Tabla 4: Concentración de metales pesados en las aguas superficiales en la época de avenida (marzo).	42
Tabla 5: Concentración de metales pesados en las aguas superficiales en la época de estiaje (junio).	43
Tabla 6: Resultados de las concentraciones de Aluminio.	44
Tabla 7: Resultados de las concentraciones de Cadmio.....	45
Tabla 8: Resultados de las concentraciones de Cromo.	46
Tabla 9: Resultados de las concentraciones de Hierro.	47
Tabla 10: Resultados de las concentraciones de Manganeso.	48
Tabla 11: Resultados de las concentraciones de Mercurio.	49
Tabla 12: Resultados de las concentraciones de Arsénico.	51
Tabla 13: Resultados de las concentraciones de Boro.	52
Tabla 14: Resultados de las concentraciones de Fosforo.....	53
Tabla 15: Resultados de la medición de temperatura en agua.	56
Tabla 16: Medición de la conductividad eléctrica en agua.	57
Tabla 17: Resultados de la medición de pH en agua.....	58
Tabla 18: Ficha de muestreo.....	97

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

°C	: Grados Celsius
µS/cm	: Micro siemens por centímetro
AAS	: Espectrofotometría de Absorción Atómica
ANA	: Autoridad Nacional del Agua
ATSDR	: La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades
Cd	: Cadmio
CND	: Conductividad eléctrica
D.S.	: Decreto Supremo
ECA	: Estándares de Calidad Ambiental
EPA	: Environmental Protection Agency
FAO	: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
Hg	: Mercurio
IARC	: Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer
LMP	: Límites Máximos Permisibles
mg/L	: Miligramo por Litro
mg	: Miligramo
MINAM	: Ministerio del Ambiente
OMS	: Organización Mundial de la Salud
Pb	: Plomo
pH	: Potencial de Hidrogeno
STD	: Sólidos Totales Disueltos
UTM	: Universal Terminator Marcator

RESUMEN

El presente trabajo tiene el objetivo de evaluar la concentración de los metales pesados en las aguas superficiales del río Coata de la cuenca hidrográfica del lago Titicaca. Los metales pesados depositados sobre el lecho del río y distribuidos a lo largo del cauce hasta el vertimiento de sus aguas al lago Titicaca, son una fuente de contaminación, para el poblador que consume estas aguas y vive en las riberas del río en la parte baja de la cuenca. El objetivo es evaluar la presencia y el grado de contaminación de las concentraciones de los metales pesados (Al, Cd, Cr, Fe, Mn, y Hg) en las aguas superficiales, para ello se han realizado muestreos en dos épocas (avenida y estiaje) en cinco puntos estratégicos, analizándose la concentración de los metales en mención en cada punto por el método de Espectrometría por emisión atómica. Las concentraciones máximas fueron; Aluminio 1.043 mg/L, Cadmio 0.000 mg/L, Cromo 0.000 mg/L, Hierro 0.856 mg/L, Manganeso 0.460 mg/L y Mercurio 0.000 mg/L, siendo Aluminio, Hierro y Manganeso se encuentran por encima de los límites, mientras Cadmio, Cromo y Mercurio se encuentran dentro de los límites de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua del Ministerio del Ambiente. En el estudio realizado se comprueba que parte de la contaminación del río Coata es provocada principalmente por la descarga incontrolada de las aguas residuales y residuos sólidos a lo largo de la ciudad de Juliaca.

Palabras Clave: Aguas superficiales, contaminación, evaluación, metales pesados, río Coata.

ABSTRACT

The objective of this work is to evaluate the concentration of heavy metals in the surface waters of the Coata River of the Lake Titicaca watershed. The heavy metals deposited on the bed of the river and distributed along the channel to the discharge of its waters to Lake Titicaca, are a source of pollution for the villager who consumes these waters and lives on the banks of the river at the bottom of the basin. The objective is to evaluate the presence and degree of contamination of the concentrations of heavy metals (Al, Cd, Cr, Fe, Mn, and Hg) in the surface waters, for which samplings have been carried out in two seasons (avenue and estiaje) at five strategic points, analyzing the concentration of the metals in question at each point by the method of atomic emission spectrometry. The maximum concentrations were; Aluminum 1.043 mg / L, Cadmium 0.000 mg / L, Chromium 0.000 mg / L, Iron 0.856 mg / L, Manganese 0.460 mg / L and Mercury 0.000 mg / L, being Aluminum, Iron and Manganese are above the limits, while Cadmium, Chrome and Mercury are within the limits of the Environmental Quality Standards for Water of the Ministry of the Environment. The study shows that part of the pollution of the Coata River is caused mainly by the uncontrolled discharge of wastewater and solid waste throughout the city of Juliaca.

Keywords: Surface water, pollution, evaluation, heavy metals, Coata river.

I. INTRODUCCIÓN

Existe más de veinte metales pesados, pero cuatro son de especial preocupación para la salud humana y el medio ambiente los cuales son, plomo (Pb), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y el arsénico (As), (ATSDR, 2011). Ellos son tóxicos y pueden causar efectos perjudiciales incluso a concentraciones muy bajas. La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) en Atlanta, Georgia, (parte del Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU.) compilaron una lista de prioridades llamado el "Top 20 sustancias peligrosas". Los metales pesados arsénico (1), plomo (2), mercurio (3), y el cadmio (7) aparece en esta lista.

En un ecosistema acuático, la contaminación de metal pesado puede ser resultado de la deposición atmosférica, meteorización geológica o a través de la descarga de desechos. Metales como el Cu, Fe, Mn, Ni y Zn son esenciales como micronutrientes para los procesos vitales en plantas y microorganismos, mientras que muchos otros metales como Cd, Cr y Pb no tienen actividad fisiológica conocida, pero han demostrado ser perjudicial más allá de ciertos límites (Marschner, 1995).

Los metales pesados pueden clasificarse en dos grupos; primero elementos como Cu, Zn y Cr, segundo constituido por metales que no tienen un rol biológico conocido, pero si una clara toxicidad (As, Cd, Hg y Pb), que tienen origen natural, domestico, antropogénico, industrial, agropecuario, minero o de acuerdo a determinantes geológico mineros. Los efectos toxicológicos constituyen un serio riesgo para la salud humana y ecología (Cornejo & Pacheco, 2014).

Los metales pesados más comunes y ampliamente distribuidos como contaminantes ambientales incluyendo plomo (Pb), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y arsénico (As). El plomo, por ejemplo, es un contaminante ambiental altamente tóxico, su presencia en el ambiente se debe principalmente a las actividades antropogénicas como la industria, la minería y las fundiciones (O'Reilly & Gordon, 1995).

En este trabajo se ha empleado la Espectroscopía de Absorción Atómica, la cual es una técnica muy empleada en el estudio cuantitativo de casi todos los elementos de la tabla periódica. Para este caso, específicamente en la determinación de

metales pesados en aguas residuales (cromo y plomo) del Río San Javier. Se determinó que el metal en mayor concentración es el cromo; se conoce que la toxicidad del cromo produce efectos específicos a nivel celular, ya que pueden existir interacciones entre el metal y los sistemas enzimáticos, membranas celulares, organelos y sobre el metabolismo celular en general. Con estos datos obtenidos se puede decir que las descargas de agua residual provenientes de los afluentes que se descargan en el río San Javier no cumplen con los límites permisibles de características químicas propuestos por la Comisión Nacional del Agua y por lo tanto representan un riesgo para el medio ambiente (Melo Sanchez, y otros, 2001)

La salud de la población se afectaría en gran consideración ya que los metales pesados pueden ingresar a su organismo por distintas vías, es por ello nuestro objetivo evaluar la presencia y el grado de contaminación de las concentraciones de metales pesados en las aguas superficiales en la parte baja de la cuenca de río Coata (Juliaca – desembocadura del río) según el estándar de calidad ambiental para agua.

1.1 JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACIÓN

El crecimiento rápido de la población a lo largo del río Coata, requiere una adecuada conservación y la utilización eficiente de los cuerpos de agua dulce para el desarrollo sostenible. Esto es necesario porque se ha acelerado deterioro de la calidad de agua dentro de la cuenca del río, debido al aumento interno a las descargas de efluentes hacia el río Coata. Como resultado de esta influencia sobre el río, se hace imperativo que se investigue los niveles de contaminación del río Coata llevarse a cabo con regularidad.

En general, las concentraciones de metales disueltos y en suspensión decrecen al aumentar la salinidad. Este hecho es observable sobre todo a valores de salinidad menores del 18%. Para valores superiores al 18% hay gran dispersión de los resultados y la tendencia a disminuir es menos clara. La disminución de las concentraciones de metales con la salinidad es explicable, entre otras razones, por la dilución, con agua de mar, de las aguas dulces de no, más ricas en metales disueltos y en materiales en suspensión (Liss, 1976).

En el aspecto ambiental el presente trabajo de investigación proporciona la información descriptiva de las concentraciones de los metales pesados encontrados en las aguas superficiales de la cuenca baja del río Coata, asimismo evalúa la presencia de estos metales con los estándares de calidad ambiental para agua del ministerio del ambiente, por consiguiente, permite entender el grado de contaminación de este afluente principal de lago Titicaca. Los resultados obtenidos, permitirán disponer de información necesaria para la toma de conciencia para el desecho de los residuos sólidos y el tratamiento de las aguas residuales antes del ingreso al río.

1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. En América Latina

Los altos niveles de concentración de metales pesados en agua utilizada para riego representan un problema importante para la agricultura y la salud humana, así como para la biodiversidad, por tal motivo se realizó el presente trabajo con relación a la calidad del agua en los estados de Puebla y Veracruz, México. El estudio se llevó a cabo de noviembre de 2009 a marzo de 2010, se tomaron 91 muestras de agua duplicadas. Se analizaron el potencial hidrógeno (pH), la conductividad eléctrica (CE), As y metales pesados totales: Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn. Los metales pesados se determinaron mediante el uso de un ICP (“Inductively Coupled Plasma”) Pekin Elmer Optima 5300, utilizándose la metodología recomendada por la EPA (Environmental Protection Agency) y APHA (American Public Health Association). Se comparó la calidad del agua superficial con los criterios de la NOM-001-ECOL-1996, de EPA (1986), de SEDUE (1989) y la modificación a la NOM-127-SSA1-1994. Los resultados mostraron valores bajos en la concentración de metales pesados en agua para riego agrícola y uso urbano, no así, para el criterio de consumo humano, pues 50% de las muestras tomadas presentaron concentraciones por encima de los límites permisibles para Cd, 20% para Hg y 2% para Pb (SSA, 2000). Se concluyó que el agua superficial no representa riesgos para riego agrícola. La mayor concentración y dispersión la presentó el As con valores de 0.0 a 0.78 mg L⁻¹, mientras que la menor con 0.0 a 0.03 mg L⁻¹, fue para el Hg. Las descargas de agua residual hacia los ríos, contaminan gravemente

y llevan a sobrepasar los límites permisibles para Cd, Hg y Pb en agua para uso y consumo humano (Mancilla Villa, y otros, 2012).

En Venezuela, la contaminación por metales pesados está relacionada con el desarrollo de la industria siderúrgica y petrolera, así como a la explotación indiscriminada de otros metales como el oro. Está bastante documentada la contaminación del lago de Maracaibo dado al desarrollo en sus cercanías de actividades urbanas, industriales, mineras y agropecuarias; del lago de Valencia, del río Tuy, Orinoco y Manzanares, entre otros. En este trabajo se revisa el estado de conocimiento, en los últimos 10 años, de la concentración de plomo, cadmio y mercurio en especies acuáticas de diferentes áreas del país (REDVET, 2009).

Elevados niveles de contaminación por metales pesados fueron encontrados en sedimentos del río Haina. Se investigaron los niveles de concentración de metales pesados en las aguas y sedimentos del citado río, en las proximidades de la ciudad de Santo Domingo. Se tomaron muestras tanto de las aguas como de sedimentos en nueve puntos diferentes comprendidos entre la localidad de Munoguyabo y la desembocadura del río en Haina. La investigación se llevó a cabo durante un año, en el período comprendido entre octubre del 2002 y septiembre del 2003. Los metales investigados fueron cobre, níquel, plomo, hierro, arsénico, cadmio, cromo y zinc. En las aguas solo se encontraron los metales hierro y cobre y sus niveles de concentración estaban ubicados dentro de los estándares nacionales para aguas de ríos (Contreras perez, Mendoza, & Gomez, 2004).

Las aguas superficiales del río Aconcagua consideradas en este estudio pudieron estar influenciadas por la actividad minera dada por el incremento en las concentraciones de los metales pesados, especialmente cobre y molibdeno que estuvieron sobre la norma chilena de calidad de aguas. Se observó toxicidad en estaciones que presentaron altas concentraciones de cobre y molibdeno. Sólo en algunos períodos se observó una correlación entre la respuesta y las concentraciones de cobre en sus diferentes fracciones químicas, molibdeno y zinc totales, por lo que la medición sólo de las concentraciones de los metales no permitiría predecir la respuesta. Debido a la escasez de datos sobre la aplicación de bioensayos microalgales en ríos de Chile, los resultados obtenidos proveen valiosa información complementaria para evaluar y comprender de mejor forma los

impactos de la actividad minera local sobre la calidad de las aguas superficiales (Gaete, Aranguiz, Cienfuegos, & Tejos, 2016).

1.2.2. En el Perú

Sotero y Alva (2013), en su investigación de los niveles de metales pesados en agua y sedimento en el bajo Nanay, en la amazonia del Perú. Los resultados del análisis de agua, el plomo y mercurio se encuentran presentes en concentraciones mayores de lo indicado por las normas nacionales. El plomo tanto en creciente es en promedio de 0,111 ppm y 0,053 ppm respectivamente y el mercurio en vaciante se encuentra en 0,008 ppm. Del mismo modo la presencia de mercurio es alta en los sedimentos que acompañan a este río con 1,636 ppm en creciente y 3,03 ppm en vaciante.

Paredes (2013), en su tesis concluye que se encontraron como valores máximos de plomo dentro del rango de 0.515mg/L - 0.35 mg/L en Samne y Shirán de la cuenca media del río Moche – La Libertad superando los límites permisibles en la categoría IV de los Estándares de Calidad. Y también se encontró que el valor máximo para cadmio Cd fue de 0.009 mg/L en Samne y Shirán considerado ligeramente fuera del límite permisible por la categoría IV de los Estándares de Calidad Ambiental para Aguas (ECAs).

1.2.3. En la Región

Apaza (2015), en su tesis concluye que la concentración inicial de los metales Pb (0.2889 mg/l), Zn (2.38mg/l) presentes en las aguas del río Torococha. Las cuales superan la ley general de aguas en su categoría 3, donde para Pb es (0.05) y Zn (2.00 mg/l).

Salas (2014), en su artículo de investigación concluye que los resultados mostraron que las concentraciones de arsénico, cobre, plomo y zinc. Se encuentran por encima de los límites máximos permisibles y para metales como cadmio y mercurio resultaron valores por debajo de los límites permisibles. Las descargas de agua de la actividad minera aurífera hacia los ríos llegan a sobrepasar los límites permisibles siendo una fuerte amenaza para la calidad del agua y para la biodiversidad asociada.

Apaza y Justo (2011), en su tesis concluye que los resultados muestran la contaminación de aguas por mercurio originado por la minería artesanal en la mina Rinconada y Lunar de Oro" Puno - Perú. Encontrando como resultado en la muestra de agua los siguientes valores; en Lunar de Oro pH (4.24) y valores en mg/l para los elementos de: As (0.14), Cd (0.02), Pb (0.006), Hg (0.0002) y Zn (4.80) y en la Rinconada pH (5.10) y en mg/l para los elementos de: As (0.001), Cd (0.02), Pb (0.006), Hg (0.0002) y Zn (0.04). Los valores del análisis muestran un pH extremadamente ácido que sobrepasa los LMP y los ECAs para consumo humano y riego las concentraciones de Cd y Zinc superan los ECAs para consumo humano, animal y riego.

Los resultados reportaron altas concentraciones con respecto al ECA (max 0.08mg/L), que corresponde a las zonas comprendidas entre unión del río Carabaya y el río proveniente del valle de la mina Cecilia, lugar donde existen pasivos mineros de plomo-zinc-cobre. En la sub cuenca Ayaviri, las concentraciones se encuentran dentro de los límites de ECA y el reporte es similar para la sub cuenca Ramis hasta desembocar en el lago Titicaca (Cornejo & Pacheco, 2014).

Los resultados reportados del análisis de Hg en aguas, muestran niveles por debajo del ECA para el agua (0.001 mg/L), por lo que por el momento no representa una amenaza para el ecosistema y población humana (Cornejo & Pacheco, 2014).

Ccancapa (2015), en su proyecto de tesis concluye la concentración de mercurio en aguas superficiales de la Rinconada, en la quebrada del centro poblado Lunar de Oro (A) 0.00014 mg/l, en la quebrada del centro poblado la Rinconada (B) de 0.00018, en Pampas de Molino (C) fue 0.00013 y en el ingreso de la laguna Rinconada (D) con 0.00015 mg/l, los valores fueron menores a los límites permisibles y estadísticamente similares entre las zonas ($P > 0.05$), en el mes de diciembre el contenido de mercurio fue 0.00005 mg/l al igual que en enero y en marzo fue 0.00034 mg/l superior al resto del meses ($P < 0.05$). El pH en aguas superficiales de la Rinconada, fueron ácidos entre 3.4 a 3.47 unidades, la temperatura de agua de 5.9 a 6.4 °C debido a la altitud, los sólidos disueltos totales fueron de 693.3 a 713.3 mg/l con mayores valores en la zona alta del efluente, la

turbidez fue 24.3 a 104.3 UNT, el oxígeno disuelto vario de 2.27 a 3.28 mg/l, la conductividad eléctrica de 1366.67 a 1403.3 ms/cm.

Cornejo y Pacheco (2014) concluye en su artículo científico, en las partes altas de la cuenca Ramis el reporte del pH y CND están dentro de los límites del ECA del agua, en las partes bajas (unión de los ríos Azángaro y Ayaviri hasta desembocar al lago Titicaca) se reportó un aumento del pH y CND, los resultados del análisis de aguas muestran contaminación por As y Pb respecto al ECA del agua, producto de la actividad minera, pasivos mineros y erosión litogénica en las cabeceras de la cuenca del río Ramis.

1.3. HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis general

Si hay la presencia de las concentraciones de metales pesados en las aguas superficiales del río Coata y se encuentran por encima de los estándares de calidad ambiental para agua.

1.3.2. Hipótesis específicas

- ❖ Si hay la presencia y concentración de los metales pesados en las aguas superficiales del río Coata.
- ❖ El grado de contaminación de las concentraciones de los metales pesados en las aguas superficiales del río Coata se encuentran por encima de los estándares de calidad ambiental de agua, en los distintos puntos de estudio.
- ❖ El punto de la desembocadura del río Torococha al río Coata se encuentra el más crítico y vulnerable por la contaminación entre los puntos de estudio.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la presencia y el grado de contaminación de las concentraciones de metales pesados en las aguas superficiales de la parte baja del río Coata según el estándar de calidad ambiental para agua.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la presencia y las concentraciones de metales pesados en las aguas superficiales en la parte baja del río Coata.
- Evaluar el grado de contaminación por las concentraciones de los metales pesados en las aguas superficiales del río Coata con los estándares de calidad ambiental para agua.
- Identificar el punto más crítico y vulnerable a la contaminación según los datos obtenidos entre los puntos en estudio.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 MARCO TEORICO

2.1.1. El agua

Las aguas naturales, al estar en contacto con diferentes agentes (aire, suelo, vegetación, subsuelo, etc.), incorporan parte de los mismos por disolución o arrastre, o incluso, en el caso de ciertos gases, por intercambio. A esto es preciso unir la existencia de un gran número de seres vivos en el medio acuático que interrelacionan con el mismo mediante diferentes procesos biológicos en los que se consumen y desprenden distintas sustancias (Rodier, 1989).

El agua es un disolvente universal, por lo tanto es propenso a formar reacciones con otros elementos, entre ellos los metales pesados. El agua contaminada es aquella que se presenta cuando una sustancia o condición altera su composición o estado.

El agua es un elemento que existe en abundancia sobre la Tierra. Se presenta en tres estados: líquidos (ríos arroyos, mares), sólido (hielo) y gaseoso (nubes, niebla). Desde el punto de vista químico, el agua en estado puro es un compuesto binario de oxígeno e hidrógeno. El agua, ya sea en cualquiera de los estados, es esencial para (consumo humano, animales, generación eléctrica, riego, turismo, recreación, industria, etc.), por eso es primordial para asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas de la tierra (Aguilar, G; Iza, A, 2009).

2.1.2. Calidad del agua

La calidad del agua se define como el conjunto de características del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, lo que está relacionado con la calidad del agua, con las necesidades del usuario y su función ecobiológica en los ecosistemas. También la calidad del agua puede definirse por sus contenidos de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o en solución (Mendoza, 1996).

El problema de la calidad de agua es tan importante como aquellos relativos a la escasez de la misma, sin embargo, se le han brindado menos atención. El término

calidad de agua se refiere al conjunto de parámetros que indican que el agua puede ser usada para diferentes propósitos como: doméstico, riego, recreación e industria (Clara, 2005).

Para evaluar la calidad del agua los estados comparan sus resultados obtenidos con estándares establecidos por las autoridades competentes en cada estado. Dichos estándares son criterios para proteger los usos designados de los cuerpos de agua y tienen una política de antidegradación con el propósito de que las aguas que cumplan con los estándares no sean degradadas de su condición actual. A nivel nacional, los estándares de calidad para agua están establecidos por el MINAM, mientras que a nivel internacional estos estándares son establecidos por organismos tales como LMP. En la Tabla 1 se presentan los criterios de calidad del agua según diferentes organismos.

Tabla 1: Criterios de calidad de agua.

Parámetros	Unidad	Valor ECA de aguas Categoría – I (A1)	Límites máximos permisibles (LMP)
Conductividad eléctrica	µS/cm	1500	1500
pH	Unidades de pH	6,5 - 8,5	6,5 – 8.5
Cadmio	mg/L	0,003	0,003
Plomo	mg/L	0,01	0,1
Mercurio	mg/L	0,001	0,001

2.1.3. Parámetros físicos

- **Conductividad**

La conductividad del agua, es una expresión de su habilidad para transportar una corriente eléctrica. La conductividad del agua depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Por lo que cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio en la conductividad (Unsa, 1969).

Cuanto mayor sea la conductividad, mayor es la cantidad de sólidos disueltos y después de cierto valor límite que fija la norma de calidad del agua, ya no es conveniente su consumo directo sin un tratamiento previo. En las normas de calidad de agua potable de la EPA, de la CNA o de la Unión Europea, la conductividad o grado de salinidad del agua, no es un estándar primario (obligatorio), sino que es un estándar secundario (recomendado) (APHA, 1992).

Expresa salinidad, presencia considerable de sales en las aguas y que afecta la vida acuática; muchas de estas sales disueltas son compuestas que producen partículas eléctricamente cargadas (iones). Este indicador resultó aceptable en todas las muestras analizadas, por lo que no existen evidencias de niveles de salinización de las aguas (Clara, 2005).

La conductividad eléctrica (CE) es una medida de la capacidad del agua para pasar una corriente eléctrica. La CE en un cuerpo de agua se ve afectada por la presencia de sólidos inorgánicos disueltos, tales como aniones cloruro, nitrato, sulfato y fosfato o cationes de sodio, magnesio, calcio, hierro, y aluminio, mientras que los compuestos orgánicos tienen una baja CE. La conductividad también se ve afectada por la temperatura, cuanto mayor es la temperatura del agua mayor es la CE; por esta razón, la conductividad se reporta como conductividad a 25°C (EPA, 2015).

- **Temperatura**

Las propiedades lumínicas y calóricas de un cuerpo de agua están influidas por el clima y la topografía tanto como por las características del propio cuerpo de agua: su composición química, suspensión de sedimentos y su productividad de algas. La temperatura del agua regula en forma directa la concentración de oxígeno, la tasa metabólica de los organismos acuáticos y los procesos vitales asociados como el crecimiento, maduración y la reproducción (Jill, 2003).

La temperatura del agua influye en la velocidad de los procesos fisiológicos de organismos, tales como la respiración microbiana que es responsable de gran parte de la autopurificación que se produce en los cuerpos de agua. Altas temperaturas soportan tasas de crecimiento más rápidas y permiten cierta biota para obtener

poblaciones significativas. En condiciones naturales la temperatura del agua varía entre 0°C y 30°C (Chapman, 1996).

- pH

El pH se mide entre 0 a 14 en solución acuosa, siendo acidas las soluciones con pH menores de 7 y básicamente las mayores de 7. El pH igual a 7 indica la neutralidad de una sustancia. Las aguas contaminadas con zonas de descargas industriales pueden tener un pH muy ácido (APHA, 1992).

Sin embargo, para la mayoría de las especies acuáticas, la zona de pH favorable se sitúa entre 6.0 y 7.2. Fuera de este rango no es posible la vida como consecuencia de la desnaturalización de las proteínas.

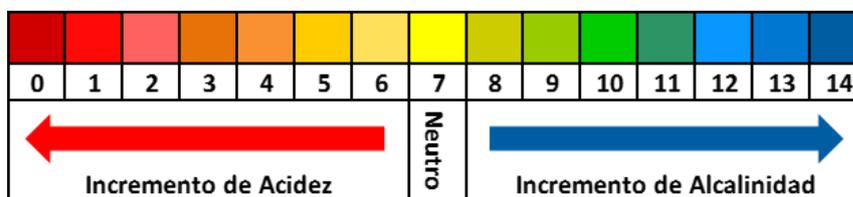


Figura 1: Escala de pH.

Valor del pH	Ejemplos
0	Ácido de batería
1	Ácido sulfúrico
2	Zumo de limón, Vinagre
3	Zumo de Naranja, bebida gaseosa
4	Lluvia ácida
5	Lluvia limpia
6	Leche
7	Agua destilada
8	Agua salada
9	Bicarbonato
10	Leche de magnesio
11	Amóniaco
12	Agua jabonosa
13	Blanqueador
14	Líquido limpiador de desagües

Figura 2: Rango de pH.

La alcalinidad es la suma total de los componentes en el agua que tienden a elevar el pH del agua por encima de un cierto valor (bases fuertes y sales de bases fuertes y ácidos débiles), y, lógicamente, la acidez corresponde a la suma de componentes que implican un descenso de pH (dióxido de carbono, ácidos minerales, ácidos poco disociados, sales de ácidos fuertes y bases débiles). Ambos, alcalinidad y acidez, controlan la capacidad de tamponamiento del agua, es decir, su capacidad para neutralizar variaciones de pH provocadas por la adición de ácidos o bases (APHA, 1992).

El valor del pH El valor del pH en el agua es utilizado también cuando nos interesa conocer su tendencia corrosiva o incrustante, y en las plantas de tratamiento de agua. El pH del agua puede interferir en los resultados al momento de implementar métodos de desinfección y es un indicativo importante al momento de decidir que método utilizar. Los resultados para este parámetro están dentro de lo normal; solamente en la red de distribución de San Jerónimo salió un poco alto pero siempre dentro de los rangos permisibles para el país (Clara, 2005).

2.1.4. Metales pesados

Los metales pesados son elementos químicos con una gravedad específica de al menos 5 veces mayor que la de agua. La gravedad específica del agua es de 1 a 4 g/cm³. La gravedad específica es una medida de la densidad de una cantidad dada de una sustancia sólida cuando se compara con una cantidad igual de agua. Algunos metales tóxicos conocidos con una gravedad específica 5 o más veces mayor que la de agua son de cadmio (8,65), hierro (7,9), plomo (11,34), y el mercurio (13,546) (Lide, 1992).

La definición rigurosa de metal pesado todavía no es establecida por los científicos y es tema de discusión y polémica. Una de sus definiciones se basa en la gravedad específica. “metal pesado es aquel metal con gravedad específica > 5 g/cm³”, sin embargo esta definición no es útil respecto al estudio de los efectos toxicológicos que algunos metales tienen sobre el ambiente y los seres vivos, así que otra definición de metal pesado que se ha adoptado es “grupo de metales o metaloides asociados con contaminación y toxicidad potencial” (Cornelis & Nordberg, 2007).

Los metales presentes en el agua son diversos y generalmente contaminan los cuerpos de agua por la actividad humana, causando graves estragos al medio ambiente y a la población en general, disminuyendo la ya reducida cantidad de agua para consumo humano ya existente.

Las aguas procedentes de las industrias como la minería la de recubrimientos metálicos, las fundidoras y otras más, contaminan el agua con los diversos metales. Por ejemplo, las sales de metales como el zinc, el mercurio, la plata y el cadmio son muy tóxicas para la flora y fauna terrestres y acuáticas (Derly, 2015).

Los metales pesados pueden provenir de fuentes naturales o antropogénicas, y se destacan por sus efectos tóxicos sobre los organismos acuáticos. Los compuestos que contienen metales pesados se pueden alterar; pero, los elementos metálicos permanecen en el ambiente pudiendo ser acumulados como iones o como integrantes de compuestos orgánicos en los organismos por largos periodos de tiempo (Chiang, 1989).

El término metal pesado se refiere a todo elemento químico metálico que tenga una densidad relativamente alta y que sea tóxico o venenoso en concentraciones pequeñas peso atómico entre 63.546 y 200.590. Algunos metales pesados son esenciales para la vida y otros son beneficiosos, pero muchos son altamente tóxicos. Las concentraciones en las cuales los metales pueden ser consideraciones tóxicas cambian de una especie a otra, para una especie, un elemento es esencial en niveles bajos, pueden ser tóxicos para otras.

2.1.5. Aluminio (Al)

Aunque la solubilidad del aluminio en agua es muy baja, la acidificación del suelo, por efecto de las lluvias ácidas, incrementa la migración del aluminio presente en los sedimentos a los cuerpos de agua (Reuss, 1986). Así, se ha determinado que cuando este elemento alcanza aguas superficiales y subterráneas se observa una disminución de peces y anfibios, debido, entre otros efectos, a que los iones de aluminio pueden reaccionar con los fosfatos, impidiendo su disponibilidad para los organismos acuáticos (Fernandez Davila, 2012).

El aluminio es un metal ubicuo en el medio y el más abundante en la corteza terrestre, apareciendo siempre combinado con otros elementos. Es liberado al medio por procesos naturales, procesos de erosión del suelo y erupciones volcánicas, y por acciones antropogénicas. La fuente más importante de obtención del metal es la bauxita, que contiene un 55% de óxido de aluminio. Las actividades industriales, como la fundición, son el origen principal de los vertidos al ambiente, sin embargo, el uso de aluminio también está extendido en la industria alimentaria y en el tratamiento del agua de bebida (Soni , White, Flamm, & Burdock, 2001).

El aluminio es el elemento metálico más abundante en la tierra y en la luna, pero nunca se encuentra en forma libre en la naturaleza. Se halla ampliamente distribuido en las plantas y en casi todas las rocas, sobre todo en las ígneas, que contienen aluminio en forma de minerales de aluminio silicato. Cuando estos minerales se disuelven, según las condiciones químicas, es posible precipitar el aluminio en forma de arcillas minerales, hidróxidos de aluminio o ambos. En esas condiciones se forman las bauxitas que sirven de materia prima fundamental en la producción se forman las bauxitas que sirven de materia prima fundamental en la producción de aluminio (Peris, 2006).

- **Riesgos**

Los efectos del Aluminio han atraído nuestra atención, mayormente debido a los problemas de acidificación. El Aluminio puede acumularse en las plantas y causar problemas de salud a animales que consumen esas plantas. Las concentraciones de Aluminio parecen ser muy altas en lagos acidificados. En estos lagos un número de peces y anfibios están disminuyendo debido a las reacciones de los iones de Aluminio con las proteínas de las agallas de los peces y los embriones de las ranas. Las consecuencias para los pájaros que consumen peces contaminados es que la cáscara de los huevos es más fina y los pollitos nacen con bajo peso. (Peris, 2006).

Los valores máximos permitidos de la concentración de aluminio en el agua de consumo humano son cifras que, hasta ahora, se consideran seguras. No obstante, cada vez se encuentran más indicios de la relación entre el aluminio y la aparición temprana de la enfermedad de Alzheimer en el ser humano. La OMS se ha pronunciado al respecto, concluyendo que, aun cuando son imprecisos los datos epidemiológicos entre la exposición al aluminio del agua de consumo y la

enfermedad de Alzheimer, las estimaciones de esta correlación no se pueden descartar totalmente y es necesario adoptar decisiones con respecto a la necesidad de controlar la ingesta total de aluminio de todas las fuentes en la población general (OMS, 1998). De acuerdo con esta observación, resulta crítico el control riguroso del proceso de tratamiento del agua para minimizar las concentraciones de aluminio en las aguas de consumo humano (Fernandez Davila, 2012).

2.1.6. Cadmio (Cd)

Elemento descubierto por Stromeyer en 1817 y descritos sus primeros efectos de intoxicación y envenamiento por Sovet en 1858. Es un metal ampliamente representado en los ambientes terrestres y acuáticos, pero en concentraciones relativamente muy bajas.

El cadmio, metal blanco plateado dúctil y maleable. Puede cortarse fácilmente con el cuchillo. No se encuentra nativo. Es insoluble en bases, se disuelve en ácido nítrico diluido y es poco soluble en los ácidos sulfúricos y clorhídricos.

Sus efectos nocivos se producen bajo dos formas de intoxicación, las agudas, con irritación de tracto digestivo, cefaleas escalofríos, parálisis y depresión cardiovascular, una es ha pasado al torrente sanguíneo; y las crónicas, que producen lesiones óseas características. En el medio acuático se encuentra como ión libre Cd^{2+} en aguas dulces, como compuestos clorados $CdCl^+$ y $CdClO$ en las salobres y marinas, en concentración normales en torno a $0.1 \mu g/L$ (Gonzalo, 2010).

Se encuentra en partes específicas del mundo, el cadmio se produce como un subproducto de la extracción del zinc, su uso principalmente se da en la fabricación de soldaduras, aleaciones, revestimientos metálicos, minerales plásticos. La presencia del cadmio en el agua dependerá de la fuente donde proviene y la acidez del agua, es probable que en algunas aguas superficiales que contengan un poco más de microgramos de cadmio por litro, se hallan contaminado por descargas de desechos industriales o por lixiviación de áreas de relleno, también se da por suelos a los cuales se le han agregado lodos cloacales.

Riesgos

El Cadmio puede ser absorbido por las plantas y acumulado en cantidades que pueden entrañar serios riesgos para la salud humana. Su similitud con el Zin, le permite reemplazarlo, ser absorbido por la planta en su lugar y desempeñar sus funciones. Por su alta toxicidad ocasiona serios trastornos en la actividad enzimática de la planta. Se le atribuye un marcado efecto en la reducción del crecimiento, la extensibilidad de la pared celular, el contenido de clorofila. Todos los efectos negativos varían de una especie a otra. Con relación al efecto del As se presume que la alta afinidad de este elemento con los grupos tilo (-SH) determina serios trastornos en los procesos enzimáticos y en algunos de los procesos metabólicos de las plantas.

2.1.7. Cromo (Cr)

El cromo es un elemento natural ubicuo, que se encuentra en las rocas, plantas, suelos, animales y en los humus y gases volcánicos. Puede funcionar con distintas valencias y en el ambiente se encuentra en varias formas; las más comunes son las derivadas del cromo trivalente o cromo III y las cromo hexavalente o cromo VI. El cromo hexavalente se encuentra muy frecuentemente en naturaleza como $\text{Cr}_2\text{O}_4\text{Fe}$, constituyendo la peridotita y la serpentina, de las que se deriva. Es un agente cancerígeno de las vías respiratorias (Peris, 2006).

Históricamente el cromo ha sido uno de los metales mas ampliamente utilizados para el revestimiento de piezas metálicas, debido a su resistencia a la corrosión. Además el cromo forma parte de curtientes, pigmentos y conservantes textiles, aleaciones, pinturas, catalizadores, agentes anticorrosivos, lodos de perforación bacterias de alta temperatura, fungicidas, conservantes de madera, recubrimientos metálicos y eletrolgalvanizados, el cromo es un metal de transmisión que puede existir en varios estados de oxidación, que va desde Cr (0) la forma metálica hasta su forma hexavalente Cr (VI). Siendo el Cr (VI) mucho mas toxico, es considerado toxico cuando se encuentran a concentraciones mayores a 0.05 mg/L en las aguas potables y se ha demostrado que posee propiedades mutagénicas y carcinogénicas (Pajaro & Diaz, 2012).

- **Riesgos**

Los cultivos contienen sistemas para gestionar la toma de Cromo para que esta sea lo suficientemente baja como para no causar cáncer. Pero cuando la cantidad de Cromo en el suelo aumenta, esto puede aumentar las concentraciones en los cultivos. La acidificación del suelo puede también influir en la captación de Cromo por los cultivos. Las plantas usualmente absorben sólo Cromo (III). Esta clase de Cromo probablemente es esencial, pero cuando las concentraciones exceden cierto valor, efectos negativos pueden ocurrir (Peris, 2006).

En cantidades excesivas reducen el crecimiento y provocan acumulaciones indeseables en los tejidos. Como resultado realizado por la FAO, que el cromo se fija y se acumula irreversiblemente en el suelo. Por ello el exceso de lo requerido por las plantas eventualmente llegan a contaminar los suelos, los cuales pueden convertirse en suelos improductivos o producir cosechas inaceptables.

2.1.8. Hierro (Fe)

El hierro es un metal extraordinariamente común y se encuentra en grandes cantidades en suelos y rocas, aunque normalmente en forma insoluble. Sin embargo, debido a un número de complejas reacciones que se suceden de forma natural en el suelo, se pueden formar formas solubles de hierro que pueden contaminar cualquier agua que lo atraviese. Por lo tanto el exceso de hierro es un fenómeno común de las aguas subterráneas, especialmente aquellas encontradas de aguas subterráneas blandas. El hierro es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre (5%). Es un metal maleable, tenaz, de color gris plateado y magnético (Peris, 2006).

- **Riesgos**

Bajos niveles de Hierro pueden ser problemáticos en el agua. Niveles por sobre 0.1 mg/L han sido reportados como causal de carne roja en terneras. Niveles de Hierro excediendo los 0.3 mg/L pueden manchar las ropas. También puede propiciar el crecimiento de la bacteria del Hierro, lo que resulta en olores fétidos y taponamiento de los sistemas de agua. Niveles sobre 0.3 mg/L pueden también causar una reducción en la ingesta de agua y en la producción de las vacas

lecheras. Tan poco como 0.1 mg/L puede causar un sabor a óxido en la leche (Peris, 2006).

Cuando se fuerza el metabolismo del hierro o se abusa de los suplementos enriquecidos con Fe es difícil que el cuerpo pueda deshacerse de la cantidad extra que absorbe; y después de que la ferritina se ha saturado, el resto extra se almacena en forma de hemosiderina; esto conduce a una enfermedad fatal llamada hemosiderosis (excesivos depósitos de hemosiderina en el hígado y en el bazo) y hemocromatosis (excesivos depósitos de Fe en los tejidos corporales). Parece ser que algunas personas pueden tener una debilidad genética que las predispone a este tipo de enfermedades, que son activadas generalmente por una ingesta excesiva de hierro (Amatriain Elcinto, 2007).

2.1.9. Manganeso (Mn)

El manganeso es un elemento natural que se encuentra en muchos tipos de rocas. El manganeso no tiene olor ni sabor especial. El manganeso puro es un metal de color plateado; sin embargo, no ocurre en el ambiente en forma de metal puro. En cambio, ocurre combinado con otras sustancias como oxígeno, azufre y cloro. Estas formas (llamadas compuestos) son sólidos que no se evaporan. Sin embargo, pequeñas partículas de polvo del material sólido pueden existir suspendidas en el aire. Además, algunos compuestos de manganeso pueden disolverse en el agua y bajos niveles de estos compuestos ocurren normalmente en lagos, arroyos y en el océano. El manganeso puede cambiar de un compuesto a otro (ya sea por procesos naturales o por la actividad humana), pero no se degrada ni desaparece del ambiente (ATSDR, 2000).

Es abundante en la corteza terrestre. Entre sus combinaciones naturales destacan óxidos, silicatos y carbonatos: pirolusita o manganosa, rodocrosita o dialogita son las más importantes; otras menos importantes son hausmannita, psilomelana (manganomelana), manganita, rodonita, braunita $[3\text{Mn}_2\text{O}_3 \cdot \text{MnSiO}_3]$, hübnerita (MnWO_4). Se han descubierto grandes cantidades de nódulos de manganeso en el fondo oceánico que en el futuro serán importantes para la obtención del metal. Estos nódulos contienen más de un 24% de manganeso junto con cantidades menores de otros elementos, en forma de óxidos hidratados (Peris, 2006).

- **Riesgos**

En cantidades excesivas reducen el crecimiento y provocan acumulaciones indeseables en los tejidos, como resultado de las investigaciones realizadas por la FAO, reconoce que la mayoría de los oligoelementos se fijan y se acumulan, irreversiblemente en el suelo, el exceso de lo requerido por la planta eventualmente llegan a contaminar a los suelos, los cuales pueden convertirse en suelos improductivos o producir cosechas inaceptables.

- El alto contenido de Manganeso, la cual puede provocar diarrea en el ganado.
- Se acumulan en el hígado y en el sistema nervioso central, produciendo síntomas parecidos al Parkinson.
- El exceso de manganeso disminuye, además, las velocidades de absorción del hierro, calcio y fósforo en el intestino y dificulta la síntesis de hemoglobina y el depósito de calcio y fósforo en los huesos (Peris, 2006).

Demasiado manganeso también puede causar serios problemas. La mayoría de los compuestos de manganeso parecen producir efectos similares, sin embargo, no se sabe si existen leves diferencias en cuanto a la seriedad de los efectos adversos producidos por los diferentes compuestos de manganeso. Si los mineros de manganeso o los trabajadores en la industria del acero están expuestos a altos niveles de polvo de manganeso en el aire pueden sufrir alteraciones mentales y emocionales, y sus movimientos pueden hacerse lentos y faltos de coordinación. Esta combinación de síntomas es una enfermedad conocida como 'manganismo.' Los trabajadores generalmente no desarrollan síntomas de manganismo a menos que hayan estado expuestos al manganeso durante meses o años. El manganismo ocurre porque demasiado manganeso daña una parte del cerebro que ayuda a controlar los movimientos del cuerpo (ATSDR, 2000).

2.1.10. Mercurio (Hg)

En el medio ambiente acuático, el mercurio elemental probablemente quedará unido al sedimento y luego será transportado por las corrientes fluviales. Una parte del mercurio permanece disuelto en la columna de agua y afecta las cadenas tróficas. Los microorganismos presente allí de manera natural pueden transformar

el Hg en metilmercurio un compuesto organometalico que es más toxico a dosis bajas que el mercurio en estado puro (Weinberg, 2010).

En el sistema TDPS, se registraron concentraciones superiores a las normales, para consumo humano de Hg y As. En individuos de pejerrey capturados en la bahía de Puno se encontraron concentraciones de 0.4 ppm de Hg (Geo Titicaca, 2011).

El mercurio es uno de los mejores ejemplos de la multiplicación de efectos tóxicos de los metales dependiendo de la forma química en que se encuentre. Las principales formas en las que se presenta una importante toxicidad son en estado elemental y como compuestos organomercuriales, de los que cabe destacar el metilmercurio.

Los niños son más susceptibles al mercurio que los adultos, en ellos puede producir daños en el sistema nervioso y digestivo y lesiones en el riñón. En mujeres embarazadas puede pasar de la madre al feto, donde puede acumularse y producir daño cerebral, retardo mental, ceguera, incapacidad para hablar, etc. También puede transmitirse al niño a través de la leche materna.

- **Riesgos**

Los compuestos de mercurio que se fabrican para fines agrícolas pasan al ambiente cuando se aplican en forma de fungicidas sobre semillas, raíces, bulbos e incluso sobre la planta misma. El mercurio en los ecosistemas acuáticos y en presencia de oxígeno el mercurio se ioniza y se reduce para dar mercurio metálico.

Desde el punto de vista toxicológico, las formas de mercurio de mayor interés son el mercurio elemental y los compuestos alquimercuriales de cadena corta, estos son más tóxicos que otros derivados del mercurio, se absorben fácilmente, traspasan el tracto gastrointestinal y la placenta, dañan irreversiblemente el sistema nervioso central y una vez que han entrado al organismo, se detoxifican muy lentamente.

2.1.11. Descripción de los metales pesados en agua y sus efectos

Los metales se definen en base a sus propiedades físicas en el estado sólido como son: alta reflectividad, alta conductividad eléctrica, alta conductividad térmica,

propiedades mecánicas como fuerza y ductilidad. Otra definición más práctica, desde el punto de vista de la toxicidad, se basa en sus propiedades cuando están en solución: “metal es un elemento que bajo condiciones biológicas puede reaccionar perdiendo uno o más electrones para formar un catión” (Cornelis & Nordberg, 2007).

Los metales pesados son elementos químicos metálicos que tienen una relativa alta densidad y sea tóxico o venenoso en concentraciones incluso muy bajas. Algunos de ellos son mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As), cromo (Cr), talio (Tl), y plomo (Pb), entre otros (Prieto, Gonzales C, & Román, 2009).

Las partículas suspendidas en las aguas ayudan a la adhesión de metales pesados y muchos otros compuestos orgánicos tóxicos y pesticidas que contienen las aguas y que al ser usadas para el riego ocasionan problemas de toxicidad ya que estos compuestos tóxicos son absorbidos por la zona radicular de la planta y por las hojas acumulándose en tejidos, en concentraciones lo suficientemente altas como para provocar daños y reducir sus rendimientos. La magnitud del daño depende de la cantidad de iones absorbidos y de la sensibilidad de la planta.

2.1.12. Importancia del análisis de los metales pesados en aguas

En los últimos años la contaminación de las aguas naturales por metales es un fuerte problema debido al incremento de industrialización y urbanización. Entre los metales de mayor importancia toxicológica y ecotoxicológica en ambientes acuáticos figuran el mercurio (Hg), arsénico (As), cromo (Cr), plomo (Pb), cadmio (Cd), níquel (Ni) y zinc (Zn), pues para la mayoría de los organismos la exposición por encima de una concentración umbral puede ser extremadamente tóxica (Castañe, L, & Cordero, 2003).

De acuerdo a la lista de contaminantes prioritarios de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), los metales tóxicos son: arsénico, cromo, cobalto, níquel, cobre, zinc, cadmio, mercurio, titanio, selenio y plomo. La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) considera entre sus sustancias más peligrosas al plomo, mercurio, arsénico y cadmio.

2.1.13. Otros elementos

a.- Arsénico

la problemática del arsénico es el resultado de su fácil movilización bajo condiciones naturales. Sin embargo, el hombre ha tenido un importante impacto en la generación de formas tóxicas del As a través de la actividad minera, uso de combustibles fósiles, de pesticidas orgánicos, herbicidas y desecantes agrícolas, así como el uso del arsénico como un aditivo de alimentos para ganado y aves de corral (Shankar, U, & N, 2014).

El arsénico (As) ocupa el lugar 20 en abundancia de los elementos en la corteza terrestre y se distribuye de manera uniforme por todo el mundo, dependiendo de la región geográfica, características geoquímicas del suelo y actividad industrial (Mandal, Mondal, Dey, & Pati, 2002).

El As se clasifica como uno de los elementos químicos más tóxicos y carcinogénicos, representando un serio problema ambiental en varias regiones de México y del mundo (Yanamura & Amachi, 2014).

Los metales pesados y el As se encuentran generalmente como componentes naturales de la corteza terrestre, en forma de minerales, sales u otros compuestos, pueden ser absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas tróficas (Rooney, Zhao, & McGrath, 2006).

Pasar a la atmósfera por volatilización y moverse hacia el agua superficial o subterránea. No son degradados fácilmente de forma natural o biológica ya que no tienen funciones metabólicas específicas para los seres vivos (Abollino, y otros, 2002).

b.- Boro

El boro se encuentra presente en la naturaleza, principalmente, en forma de boratos. Está ampliamente distribuido, tanto en el medio acuático como en el medio terrestre. La concentración en la que se puede encontrar es muy variada, oscilando desde los 10 mg/kg en la corteza terrestre hasta los 4.5 mg/kg en los océanos y no superando, normalmente los 7 mg/L en las aguas continentales (WHO, 2004).

El boro es el único microalimento no metálico. Predomina en rocas sedimentarias debido a que es un elemento que se encuentra en cantidades importantes en el agua de mar (es el doceavo elemento en cantidad en el agua marina) (Alarcon Vera, 2001)

El boro asimilable para las plantas viene a coincidir con la proporción de este elemento que es soluble en agua caliente. El boro total de los suelos se encuentra bajo cuatro formas:

- Formando parte de minerales silicatados: prácticamente inasimilable por las plantas.
- Presente en la disolución del suelo.
- Adsorbido por arcillas (principalmente tipo mica) e hidróxidos de hierro y aluminio. Esta adsorción alcanza su máxima a pH 8-9.
- Ligado a la materia orgánica, de la que es liberado progresivamente por los microorganismos.

El boro se utiliza en un amplio rango de aplicaciones industriales, la mayoría de las cuales incluyen compuestos de boro-oxígeno. Estos compuestos poseen una estructura química muy variada, presentándose como sólidos cristalinos y no cristalinos de importancia industrial, y mostrando un complejo comportamiento químico en solución.

El alcance del papel del boro como elemento esencial en los procesos fundamentales biológicos ha sido establecido durante la última década, desconociéndose anteriormente la importancia del mismo. El crecimiento del conocimiento sobre la ciencia del boro en estos últimos años ha sido de gran importancia tanto en el aspecto comercial como en el aspecto medioambiental. (Ravelo Polo, 2012)

c.- Fosforo

En áreas de intensa acumulación de animales monogástricos, el exceso de fosforo en forma de estiércol puede contribuir a la contaminación del medio ambiente. Niveles excesivos de fósforo que se filtran en los ríos y océanos causan un

crecimiento excesivo de algas, las cuales roban el oxígeno del agua mientras se descomponen. La disminución del oxígeno causa daños a los ecosistemas marinos y provoca muerte de cantidades grandes de peces y otros organismos. Por todas estas razones, en este trabajo se hace énfasis en lo importante que resulta para las plantas utilizar el fósforo del suelo, aun cuando su concentración afecte la adquisición de otros nutrientes (Fernández, 2007).

El fósforo es un nutriente esencial para los organismos vivos y existe en los cuerpos de agua en forma disuelta o particulada. Es generalmente, el nutriente limitante del crecimiento algal y, por lo tanto, controla la productividad primaria de un cuerpo de agua. Los incrementos artificiales en las concentraciones debidos a las actividades antropogénicas, son la principal causa de eutrofización. En las aguas naturales y residuales, el fósforo se encuentra, principalmente, como polifosfatos u ortofosfatos disueltos, fosfatos unidos orgánicamente. Los cambios entre estas formas suceden continuamente debido a la descomposición y síntesis de formas orgánicamente unidas y formas inorgánicas oxidadas. Las aguas residuales domésticas, particularmente aquellas que contienen detergentes, los efluentes industriales y la escorrentía de fertilizantes contribuyen a niveles elevados en aguas superficiales. El fósforo es raramente encontrados en altas concentraciones de aguas superficiales (Martínez Martínez, 1995).

Debido a las descargas de aguas residuales por parte de industrias que lo manufacturan o usan, es probable encontrar fósforo blanco en el agua y en depósitos del fondo de ríos y lagos cerca a las industrias (ATSDR, 1997).

2.1.14. Marco legal

A. D.S. 004-2017-MINAM aprueban Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establece Disposiciones Complementarias.

Este decreto define al estándar de calidad ambiental como los valores que indican el nivel de concentración de parámetros químicos físicos y biológicos presentes en el aire, agua y suelo; estos valores no representan riesgo significativo para la salud de las personas y el medio ambiente. También propone que el proceso de evaluación de estos parámetros se aplica el principio de gradualidad, ósea que se hará ajustes de estos valores durante el curso de la evaluación (MINAM, 2017).

Además establece al ministerio del ambiente como una de sus funciones específicas la de aprobar los lineamientos metodologías, procesos y planeos para la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el agua (MINAM, 2017).

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la constitución política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

Que el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental (MINAM, 2017).

Los Estándares de Calidad Ambiental para agua como referente obligatoria.

Los parámetros de los ECA para agua que se aplican como referente obligatorio en el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, se determinan considerando las siguientes variables, según corresponda:

- a) Los parámetros asociados a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o la actividad productiva, extractiva o de servicios.
- b) Las condiciones naturales que caracterizan el estado de la calidad ambiental de las aguas superficiales que no han sido alteradas por causas antrópicas.
- c) Los niveles de fondo de los cuerpos naturales de agua; que proporcionan información acerca de las concentraciones de sustancias o agentes físicos, químicos o biológicos presentes en el agua y que puedan ser de origen natural o antrópico.
- d) El efecto de otras descargas en la zona, tomando en consideración los impactos ambientales acumulativos y sinérgicos que se presenten aguas arriba y aguas

abajo de la descarga del efluente, y que influyan en el estado actual de la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua donde se realiza la actividad.

e) Otras características particulares de la actividad o el entorno que pueden influir en la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua.

La aplicación de los ECA para agua como referente obligatorio está referida a los parámetros que se identificaron considerando las variables del numeral anterior, según corresponda, sin incluir necesariamente todos los parámetros establecidos para la categoría o subcategoría correspondiente (MINAM, 2017).

Tabla 2: Estándares de calidad ambiental para aguas del ministerio de ambiente categoría 1.

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂ ⁻) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5

Fuente: MINAM (2017).

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C - C)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos	(e)	1,0	1,0	1,0
Bromoforno	mg/L	0,1	**	**
Cloroforno	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodichlorometano	mg/L	0,06	**	**
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
BTEX				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
Hidrocarburos Aromáticos				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
Organofosforados				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
Organoclorados				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Difencil Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
Carbamato				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
II. CIANOTOXINAS				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
III. BIFENILOS POLICLORADOS				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x 10 ^e	<5x 10 ^e

Fuente: MINAM (2017).

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

Entiéndase como aquellas aguas que, previos tratamientos son destinados para el abastecimiento de agua para consumo humano.

A1.- Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección entiéndase como aquellas aguas que por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección de conformidad con la normativa vigente.

A2.- Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

A3.- Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como percolación, microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, carbón activado, osmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente (MINAM, 2017).

2.1.15. Fundamento de espectroscopia de absorción atómica

La espectroscopia de absorción atómica es una técnica de análisis instrumental utilizada para la cuantificación de elementos químicos. Se fundamenta en la propiedad de los átomos los cuales en presencia de energía pasan de su estado fundamental a niveles de mayor energía para luego decaer. En estos cambios puede absorber y/o emitir energía en forma de luz.

En los instrumentos de EEA, la flama atomiza los componentes de la muestra. Estos emiten radiación electromagnética de diferentes longitudes de onda que son separadas en el monocromador y la línea de interés llega al detector, al amplificador y finalmente al sistema de lectura. Las relativamente bajas temperaturas de la flama, limitan la aplicación práctica de la EEA en flama a los elementos más fáciles

de excitar, o en bajos potenciales de ionización, como son los elementos alcalinos (Li, Na, K, Rb, Cs) y los alcalinotérreos (Ca, Mg, Sr, etc.) (Rocha, 2000).

2.1.16. Impactos al ecosistema

Daremos algunas citas de investigaciones a nivel regional, nacional e internacional, a fin de ver sus perspectivas y enfoques de sus estudios.

Según Reynolds (2002), los recursos hídricos se encuentran en peligro, los más importantes y estratégicos están sometidos a un alto grado de vulnerabilidad, por negligencia, falta de conciencia y desconocimiento de la población acerca de la obligación de protegerlos y la carencia de autoridades, profesionales y técnicos, a los corresponde cuidarlos y utilizarlos.

Según Granada y Escobar (2012), en su proyecto de tesis concluye que algunos de los metales pesados potencialmente tóxicos para los seres vivos son Cr, Fe, Se, V, Cu, Ni, Cd, Hg, As, Pb y Zn. Bajo ciertas condiciones ambientales, los metales pesados pueden acumularse hasta niveles muy altos tanto en los sedimentos como en la biota, causando graves daños ecológicos. A altas concentraciones, los metales pesados tienen una gran incidencia en la salud humana y pueden causar diversas enfermedades. A continuación, se exponen algunos daños a la salud que ocasionan el plomo y el mercurio, los cuales son dos metales pesados muy asociados a las actividades mineras.

Los efectos carcinogénicos de los metales pesados y metaloides también han sido estudiados ampliamente. La Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) clasifica las sustancias de acuerdo a su condición carcinogénica. En el grupo 1 (Carcinógeno Humano) se encuentran los compuestos del cromo (VI), arsénico orgánico e inorgánico, cadmio, fierro (durante exposición ocupacional) y níquel; en el grupo 2A (Probable Carcinógeno Humano) se enlista el plomo inorgánico y sus compuestos (IARC, 2012).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. AREA DE ESTUDIO

La evaluación se realizó en la parte baja de la cuenca del río Coata. Desde la ciudad de Juliaca hasta la desembocadura del río Coata.

3.1.1. Ubicación política del área de estudio

La cuenca baja del río Coata se ubica íntegramente dentro del departamento de Puno, ocupa las superficies de las provincias de Puno y San Roman, de la misma manera ocupa la superficie de los distritos de Juliaca, Caracoto y Coata.

3.1.2. Ubicación geográfica del área de estudio

Limites hidrográficos. La cuenca baja del río Coata limita con las siguientes cuencas hidrográficas; por el norte la cuenca Ramis; por el sur se encuentra la cuenca Ilpa; por el este se encuentra el lago Titicaca y por el oeste se encuentra la cuenca de río Lampa y la cuenca del río Cabanillas.

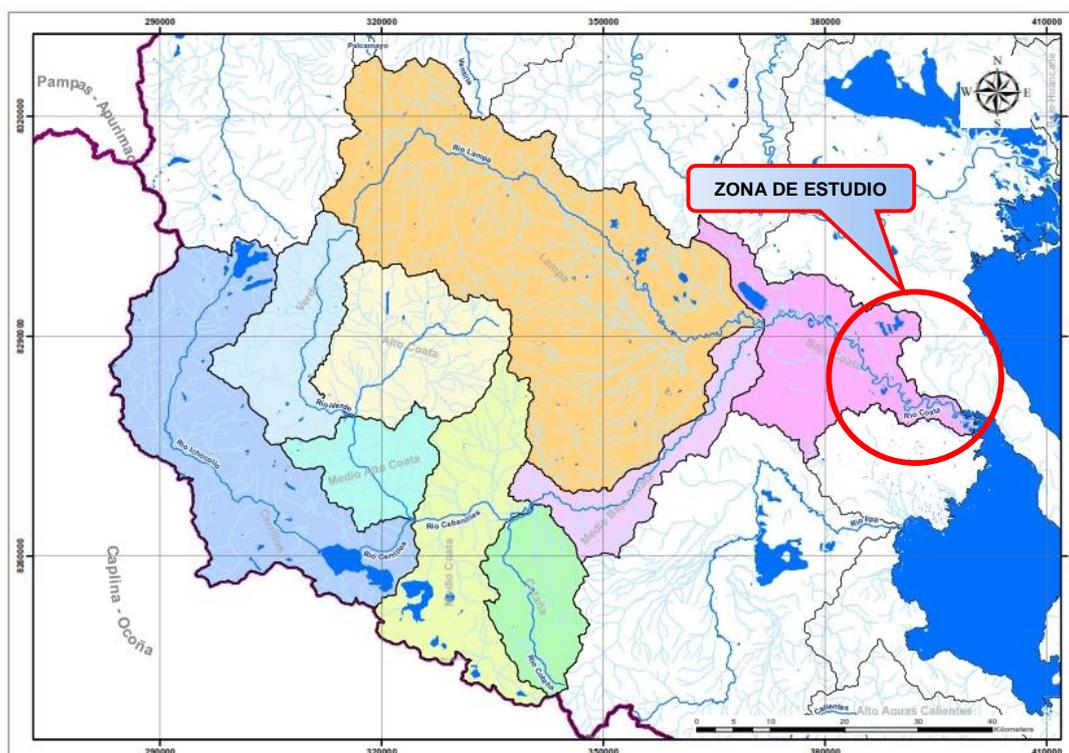


Figura 3: Sub unidades hidrográficas (subcuenca) – Cuenca del río Coata.



Figura 4: Cuenca del río Coata.

3.1.3. Ubicación de los puntos de muestreo

Los cinco (05) puntos de muestreo se ubican en diferentes partes del río Coata, así como se puede describir:

El punto N° 01: ubicado en el puente Independencia de la ciudad de Juliaca, con las siguientes coordenadas UTM (WGS 84) Norte: 8290421.62, Este: 381478.13, y altitud: 3833.00 msnm.

El punto N° 02: ubicado en la desembocadura del río Torococha en la jurisdicción del distrito de Caracoto, con las siguientes coordenadas UTM (WGS 84) Norte: 8285422.64, Este: 385267.51, y altitud: 3830.00 msnm.

El punto N° 03: ubicado en la comunidad de Suchis en la jurisdicción del distrito de Caracoto, con las siguientes coordenadas UTM (WGS 84) Norte: 8280058.72, Este: 390758.44, y altitud: 3828.00 msnm.

El punto N° 04: ubicado en el puente Coata, en la jurisdicción del distrito de Coata, con las siguientes coordenadas UTM (WGS 84) Norte: 8278882.54, Este: 397450.95, y altitud: 3825.00 msnm.

El punto N° 05: ubicado en la desembocadura del río Coata a lago Titicaca, en la jurisdicción del distrito de Coata, con las siguientes coordenadas UTM (WGS 84) Norte: 8275181.69, Este: 402797.59, y altitud: 3821.00 msnm.

Se puede mostrar en la siguiente figura:

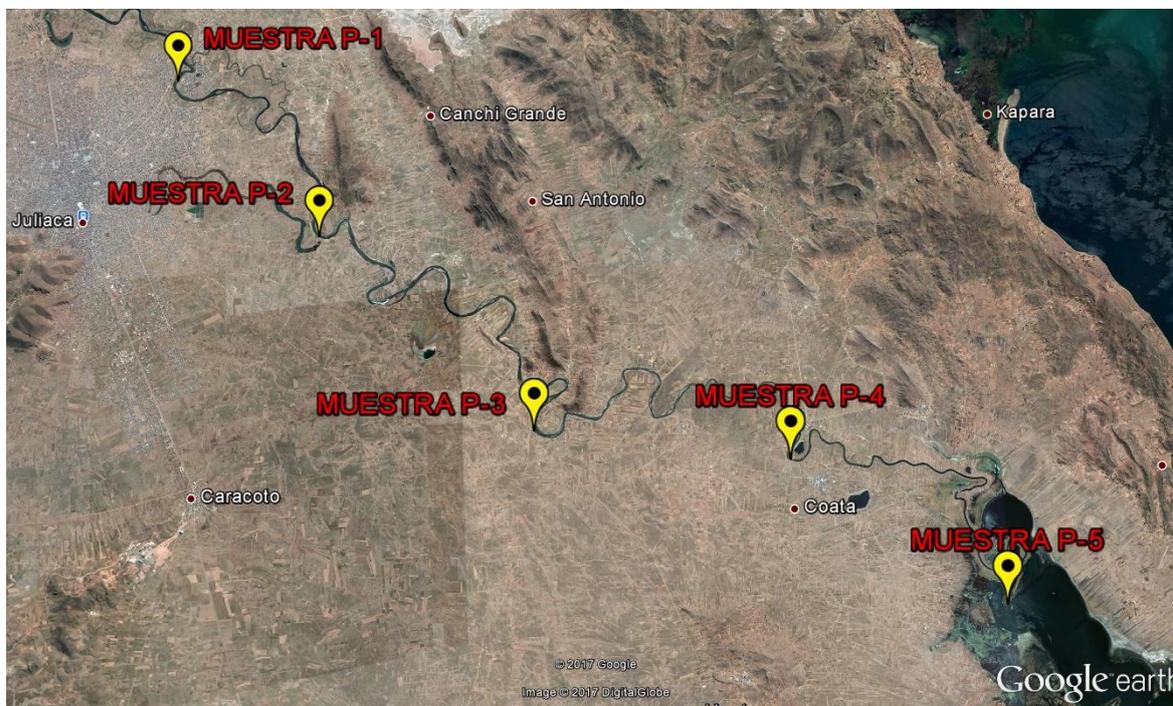


Figura 5: Ubicación de los puntos de muestreo en la cuenca baja del río Coata.

El cauce del río Coata presenta una pendiente media del 0.007%. El cauce en su recorrido presenta formas meandricas y divagantes a consecuencias de la baja pendiente del cauce del río Coata.

3.1.4. Parámetros físicos y químicos importantes

a. Conductividad eléctrica

La lectura de la conductividad eléctrica se realizó en el mismo lugar de muestreo, extrayendo en recipiente de plástico un litro de agua y sumergiendo con un multiparámetro en el interior de la muestra tomada en cada punto de muestreo y esperado hasta que se logre una lectura constante, esta evaluación se realizó en in situ.

b. Temperatura (°C)

La lectura de la temperatura se realizó en el mismo lugar de muestreo, extrayendo en recipiente de plástico un litro de agua y sumergiendo un termómetro digital en el interior de la muestra tomada, en cada punto de muestreo y esperando hasta que se logre una lectura constante, esta evaluación se realizó in situ y se tomó nota de las temperaturas registradas respectivamente.

c. Potencial de hidrogeniones “pH”

La medición se realizó con el medidor pH-metro digital, el mismo que detecta de forma rápida y precisa el valor de pH, se tomaron las muestras de agua en cada punto y se procedió a tomar las medidas de pH. Se anotó el valor de obtenido con cifras significativas de acuerdo a la precisión del medidor del pH-metro utilizado.



Figura 6. Medición en situ de parámetros físico y químico.

3.1.5. Delimitación social

El presente estudio sirve para que las instituciones relativas al medio ambiente tomen todo el interés por la conservación de la biodiversidad del lugar; asimismo por la descontaminación de la cuenca del río Coata. Es útil también como base para las futuras investigaciones en el tema y en otros en las que requiera estudios medioambientales, y en su mayor parte sirve para que las empresas prestadoras

de servicio de recojo de residuos sólidos en el espacio geográfico aledaño tomen conciencia del daño, tal vez irreversible, que ocasionan al ecosistema del lugar y aguas abajo.

3.1.6. Tipo de investigación

La investigación es de tipo Cuantitativa, primeramente, se caracterizó los parámetros físicos-químico del sedimento en el río tomado las muestras, luego se realizó la caracterización de metales pesado. Los datos se han obtenido en el laboratorio acreditado de ensayo y control de calidad en la Universidad Católica de Santa María – Arequipa.

3.1.7. Épocas de muestreo

El presente trabajo de investigación se ha planteado dos diferentes fechas para el muestreo:

- **Primer muestreo:** se realizó en el mes de marzo, cuando el río tenía el caudal máximo.
- **Segundo muestreo:** se realizó en el mes de junio cuando el río tenía el caudal mínimo.

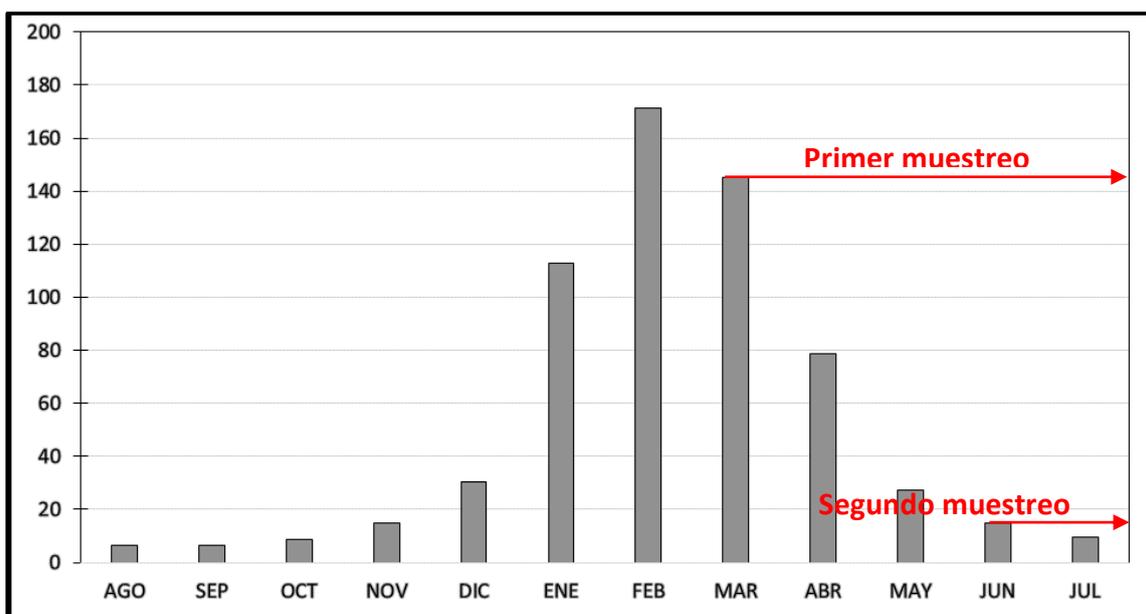


Figura 7: Caudal medio mensual (m^3/s) estaciones de aforo puente Unocolla (ATDR - Juliaca, 2007).

3.2. MATERIALES

Los materiales utilizados para el proyecto de tesis.

3.2.1. Materiales para el muestreo

- Un recipiente de plástico.
- Una jarra de 1 litro.
- Un multiparametro que mide (pH, Conductividad y Temperatura).
- Guante de jebe.
- Botas de jebe.
- Libreta de apuntes.
- GPS.
- Marcadores.
- Cinta masking.

3.2.2. Equipos (materiales y otros)

Entre los materiales, instrumentos, equipos y servicios utilizados para la ejecución del siguiente proyecto de tesis.

a. Materiales y equipos de gabinete.

- ❖ Papel Bond 75g formato A-4
- ❖ Folder manila
- ❖ Lapiceros
- ❖ Impresoras EPSON
- ❖ Tinta para impresora
- ❖ CDs
- ❖ Computadora portátil (con los programas necesarios)
 - ✓ Software Microsoft office (Excel, Word, Power Point)
 - ✓ Software Google Earth
 - ✓ Software Map Source
 - ✓ Y otros.

b. Servicios.

- ❖ Servicio de Ploteo.
- ❖ Servicio de fotocopia
- ❖ Servicio de impresión y escaneo.

3.2.3. Maquinarias y transporte

- Vehículo motorizado (camioneta) para la movilización de puntos de muestreo
- Transporte interdepartamental, con las muestras de aguas superficiales de Juliaca al terminal terrestre de la ciudad de Arequipa y viceversa.
- Transporte urbano, llevando las muestras de aguas superficiales desde el terminal terrestre hasta el laboratorio acreditado de ensayo y control de calidad de la Universidad Católica de Santa María – Arequipa y viceversa.

3.3. METODOLOGIA

3.3.1. Presencia y las concentraciones de los metales pesados

a. Determinación de los puntos de muestreo

El estudio consistió en una visita preliminar para identificar las estaciones de muestreo representativas y tomar muestras para probar las metodologías, y dos campañas de muestreo que se realizaron de acuerdo al régimen hidrológico de la cuenca en periodo de lluvia (marzo 2017) y de sequía (junio 2017) en el río Coata.

Se selecciona cinco estaciones de muestreo georreferenciadas por GPS. La selección de dichas estaciones de monitoreo se realizó buscando garantizar la representatividad y la accesibilidad. En la tabla N° 3 se presenta la ubicación de cada estación.

Tabla 3: Ubicación de estaciones de muestreo.

Estación de muestreo			Coodenadas UTM Zona		Altitud (m.s.n.m)
Codigo	Lugar	Distrito/Provincia	Norte	Este	
P-1	Puente Independencia	Juliaca / San Roman	8290004.32	381365.96	3832
P-2	Desembocadura del rio Torococha	Caracoto / San Roman	8285435.08	385186.46	3830
P-3	Suchis (mayu esquina)	Caracoto / San Roman	8279957.21	390751.76	3827
P-3	Puente Coata	Coata / Puno	8278920.06	397418.25	3824
P-3	Desembocadura de rio Coata a Lago Titicaca	Coata / Puno	8274952.03	402722.12	3820

B. Periodo de muestreo

Para el presente trabajo se ha muestreado en dos temporadas del año como las épocas de avenida (marzo) y las épocas de estiaje (junio). Para poder evaluar la variación en la presencia de los metales pesados en las dos diferentes etapas de estudio, la cual es nuestro propósito de trabajo.

La época de avenida (mes de marzo) se ha registrado un caudal mayor que la de febrero y enero, es por ello que se ha fijado esta fecha de manera estratégica en coordinación con los asesores del presente estudio de investigación.

La época de estiaje (mes de junio) se ha fijado que el caudal del río ha sido mínimo y de manera constante, razón por la cual se ha planteado el segundo muestreo de manera estratégica y en coordinación con los asesores del presente estudio de investigación.

La primera campaña se realizó el 12 de marzo del 2017 (12-03-2017) debido a que se pudo monitorear los días de mayor precipitación; y la segunda se realizó el 10 de junio del 2017 (10-06-2017), época de menor precipitación.

C. Toma de muestras de agua superficial.

Para la recolección de las muestras se ha alistado todos los materiales para el momento del muestreo y para poder ingresar a extraer los sedimentos superficiales en el cauce del río.

Las muestras fueron tomadas, empezando desde el P-01 (puente Independencia – Juliaca) pasando por el P-02, 03, 04 y P-05 terminando (desembocadura del río Coata).

Se tomaron muestras de aguas superficiales de medio litro (1/2 L) en recipientes de plásticos estériles.



Figura 8: Muestreo de agua superficial.

Las muestras se han etiquetado adecuadamente con las representaciones de P-1, P-2, P-3, P-4 y P-5, de tal manera que en el laboratorio se analiza con los mismos códigos.

En las horas de la tarde se han etiquetado nuevamente verificando la permanencia de los apuntes realizado anteriormente de la siguiente manera, la muestra fue etiquetada con la siguiente información: código de muestra, fecha y hora de la toma de muestra, país, departamento, provincia, distrito, nombre de lugar y referencia del lugar de la zona de estudio; finalmente el nombre del recolector.

Las muestras de las aguas superficiales recolectados, fueron llevadas hacia el Laboratorio Acreditado de Ensayo y Control de Calidad de la Universidad Católica Santa María – Arequipa – Perú.



Figura 9: Muestras en el laboratorio de espectrometría de emisión atómica.

La metodología aplicada en el laboratorio fue la espectrometría por emisión atómica, el método EPA 200.7. Determinación de metales y traza de elementos en agua y residuos por acoplamiento inductivo plasma – método de espectrometría de emisión atómica.

Los resultados emitidos por el laboratorio hacen notar la presencia de las concentraciones de los metales pesados en el estudio en las dos etapas de muestreo.

3.3.2. Evaluación del grado de contaminación de las concentraciones de los metales pesados

Los resultados emitidos por el laboratorio, se ha evaluado la concentración de los metales pesados no existentes como cadmio, plomo y mercurio.

En los resultados del laboratorio los tres metales pesados analizados no se encuentran en ningún punto de muestreo de las aguas superficiales. En las dos épocas de muestreo no existe ninguno de los tres metales pesados.

3.3.3. Determinación del punto más crítico y vulnerable a la contaminación

Se toma los resultados que emite el laboratorio, para determinar el grado de contaminación según los límites de los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua del ministerio del ambiente, los resultados son analizados en los cinco puntos muestreados. Para poder ver el comportamiento de los elementos analizados se hace un cuadro de valores en las dos épocas de muestreo y así poder determinar el punto más crítico y vulnerable.

Para poder saber el punto de muestreo más crítico de los cinco (05) puntos se ha tenido que utilizar los parámetros de la conductividad eléctrica, y luego armar un cuadro con los respectivos estándares de calidad ambiental para agua tales como mínimo y máximo. Con los resultados emitidos por el laboratorio se trabaja con metales pesados (Aluminio, Hierro y Manganeso), metaloides (Arsénico y Boro) y no metal (Fosforo).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tomamos como tema importante en este estudio, porque a nivel nacional y más a nivel regional la contaminación por residuos sólidos es de manera informal e incontrolada y que se encuentran y permanece en un claro descuido por parte de las entidades responsables y por la falta de fiscalización del gobierno, los mismos siguen exponiendo a la población a niveles altos de contaminación, es por ello que en este estudio nos trazamos a ver la presencia y evaluar el grado de contaminación de las concentraciones de los metales pesados que causan la alteración del ecosistema de la región.

Según los ECA para agua del ministerio del ambiente, se especifican los parámetros: físicos – químicos, inorgánicos y orgánicos, que deben cumplir el agua para que pueda ser considerada agua apta para consumo.

4.1. PRESENCIA Y LAS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS

En las siguientes tablas presentamos los resultados con las que se demostrara la presencia o la inexistencia de las concentraciones de los metales pesados respectivamente a lo largo del río Coata, desde la ciudad de Juliaca hasta la desembocadura de río.

Según los resultados emitidos por el laboratorio del primer muestreo que se ha realizado en la época de avenida, se ve la clara presencia de las concentraciones de los metales pesados en las aguas superficiales del río Coata, en los diferentes puntos de estudio, así como podemos apreciar en la tabla 4.

Tabla 4: Concentración de metales pesados en las aguas superficiales en la época de avenida (marzo).

EPOCA DE AVENIDA						
N°	ANALISIS	RESULTADOS mg/L				
		P-1	P-2	P-3	P-4	P-5
1	Aluminio (Al)	0.718	0.279	0	0	1.043
2	Cadmio (Cd)	0	0	0	0	0
3	Cromo (Cr)	0	0	0	0	0
4	Hierro (Fe)	0.594	0.23	0.856	0.689	0.821
5	Manganeso (Mn)	0.042	0.106	0.086	0.057	0.08
6	Mercurio (Hg)	0	0	0	0	0

Se puede apreciar en la tabla 4 que corresponde a los resultados de la época de avenida, los metales pesados encontrados son: aluminio, hierro y manganeso, y los metales pesados no encontrados son cadmio, cromo y mercurio. Los metales pesados son encontrados a lo largo del río Coata, los cuales fueron tomados en diferentes puntos de muestreo en la época de avenida del año 2017.

Según los resultados emitidos por el laboratorio del segundo muestreo que se ha realizado en la época de estiaje, se ve la clara presencia de las concentraciones de los metales pesados en las aguas superficiales del río Coata, en los diferentes puntos de estudio, así como podemos apreciar en la tabla 5.

Tabla 5: Concentración de metales pesados en las aguas superficiales en la época de estiaje (junio).

EPOCA DE ESTIAJE						
N°	ANALISIS	RESULTADOS mg/L				
		P-1	P-2	P-3	P-4	P-5
1	Aluminio (Al)	0	0.142	0.036	0	0.017
2	Cadmio (Cd)	0	0	0	0	0
3	Cromo (Cr)	0	0	0	0	0
4	Hierro (Fe)	0	0.184	0	0	0
5	Manganeso (Mn)	0	0.46	0	0	0
6	Mercurio (Hg)	0	0	0	0	0

Se puede apreciar en la tabla 5 que corresponde a los resultados de la época de estiaje, los metales pesados encontrados son: aluminio, hierro y manganeso, y los metales pesados no encontrados son cadmio, cromo y mercurio. Los metales pesados encontrados a lo largo del río Coata, los cuales fueron tomados en diferentes puntos de muestreo en la época de estiaje del año 2017.

4.2. EVALUACION DE GRADO DE CONTAMINACION DE LAS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS EN AGUAS SUPERFICIALES

En el estudio que se realizó se pretende saber si los metales pesados como aluminio, cadmio, cobre, hierro, manganeso y mercurio se encuentran por debajo o por encima de los límites máximos permisibles de los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua del ministerio del ambiente, y de esta forma ver en las figuras, y a la vez verificar los siguientes comportamientos de cada uno de los metales pesados en análisis.

4.2.1. Evaluación del Aluminio en las aguas superficiales

Tabla 6: Resultados de las concentraciones de Aluminio.

Aluminio (Al) mg/L			
Muestra	ECA I - (A1)	Epoca de Avenidas	Epoca de Estiaje
P-1	0.9	0.718	0
P-2	0.9	0.279	0.142
P-3	0.9	0	0.036
P-4	0.9	0	0
P-5	0.9	1.043	0.017
máximo		1.043	0.142
mínimo		0	0

Aluminio: las concentraciones de Al en las aguas superficiales se encuentran por encima de los ECA para agua del ministerio del ambiente (figura 10), ya que el máximo fue 1.043 mg/l que corresponde de la época de avenida y mínimo 0.00 mg/l.

Como se aprecia en la figura 10, el comportamiento del metal pesado aluminio, la concentración de aluminio que presenta a lo largo del río desde el puente independencia – Juliaca, hasta la desembocadura del río Coata. Donde en el primer muestreo existe una cantidad alta, en el intermedio disminuye y al finalizar la concentración excede los ECA para agua.

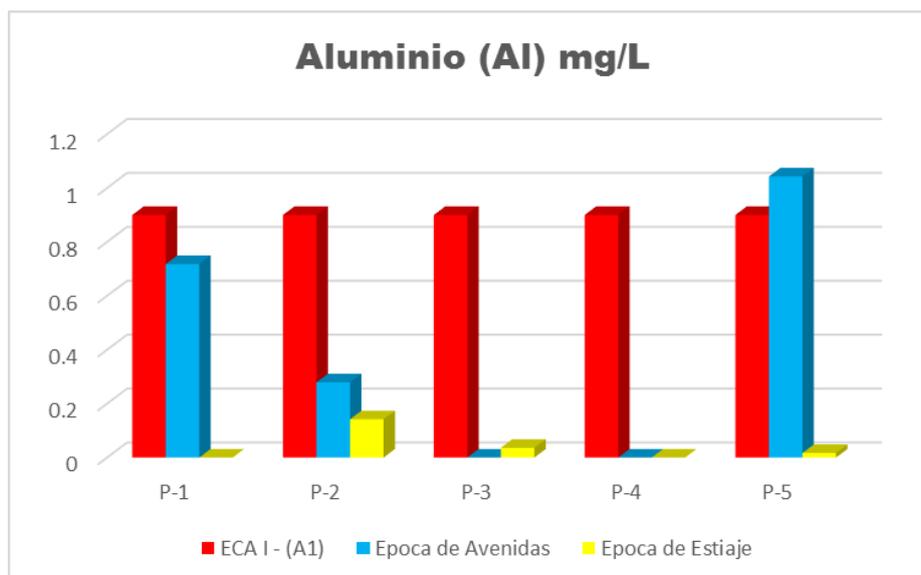


Figura 10: Comportamiento de Aluminio en aguas superficiales.

4.2.2. Evaluación del Cadmio en las aguas superficiales

Tabla 7: Resultados de las concentraciones de Cadmio.

Cadmio (Cd) mg/L			
Muestra	ECA I - (A1)	Epoca de Avenidas	Epoca de Estiaje
P-1	0.003	0	0
P-2	0.003	0	0
P-3	0.003	0	0
P-4	0.003	0	0
P-5	0.003	0	0
máximo		0	0
mínimo		0	0

Cadmio: las concentraciones de Cd en las aguas superficiales se encuentran por debajo de los ECA para agua del ministerio del ambiente (figura 11), ya que el máximo fue 0.00 mg/l y mínimo 0.00 mg/l, en las dos épocas de muestreo.

Como se puede apreciar el comportamiento del metal pesado cadmio, los resultados que se emitieron fueron nulos, en los cinco puntos de muestreo a lo largo del río Coata.

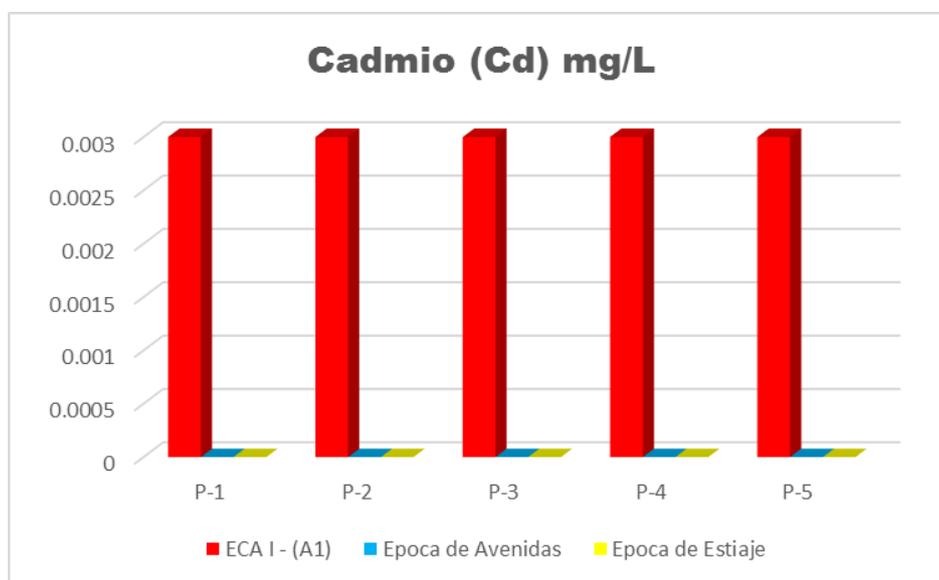


Figura 11: Comportamiento de Cadmio en aguas superficiales.

4.2.3. Evaluación del Cromo en las aguas superficiales

Tabla 8: Resultados de las concentraciones de Cromo.

Cromo (Cr) mg/L			
Muestra	ECA I - (A1)	Epoca de Avenidas	Epoca de Estiaje
P-1	0.05	0	0
P-2	0.05	0	0
P-3	0.05	0	0
P-4	0.05	0	0
P-5	0.05	0	0
máximo		0	0
mínimo		0	0

Cromo: las concentraciones de Cr en las aguas superficiales se encuentran por debajo de los ECA para agua del ministerio del ambiente (figura 12), ya que el máximo fue 0.00 mg/l y mínimo 0.00 mg/l en las dos épocas de muestras.

Como se aprecia en la figura 12 los resultados emitidos por el laboratorio, el metal pesado cromo no se encuentra en las aguas superficiales en los cinco puntos de muestreo del rio Coata.

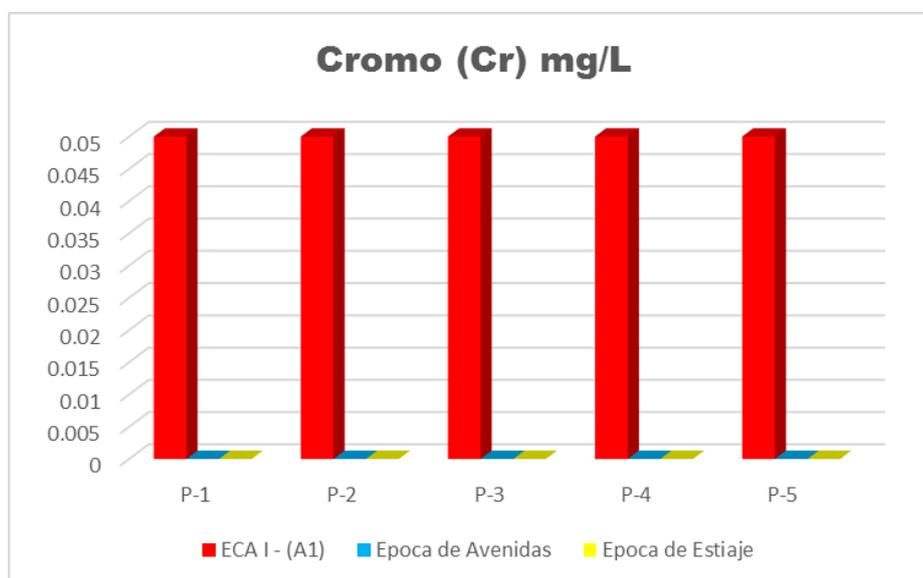


Figura 12: Comportamiento de Cromo en aguas superficiales.

4.2.4. Evaluación del Hierro en las aguas superficiales

Tabla 9: Resultados de las concentraciones de Hierro.

Hierro (Fe) mg/L			
Muestra	ECA I - (A1)	Epoca de Avenidas	Epoca de Estiaje
P-1	0.3	0.594	0
P-2	0.3	0.23	0.184
P-3	0.3	0.856	0
P-4	0.3	0.689	0
P-5	0.3	0.821	0
máximo		0.856	0.184
mínimo		0.23	0

Hierro: las concentraciones de Fe en las aguas superficiales se encuentran por encima de los ECA para agua del ministerio del ambiente (figura 13), ya que el máximo fue 0.856 mg/l en época de avenida y mínimo 0.00 mg/l en época de estiaje.

Como se aprecia en la figura 12 los resultados emitidos por el laboratorio, el metal pesado hierro se encuentra en las aguas superficiales, en los cinco puntos de muestreo del rio Coata donde exceden en la mayoría los límites de estándares de calidad ambiental para agua, donde existe mayor cantidad es en la época de avenida.

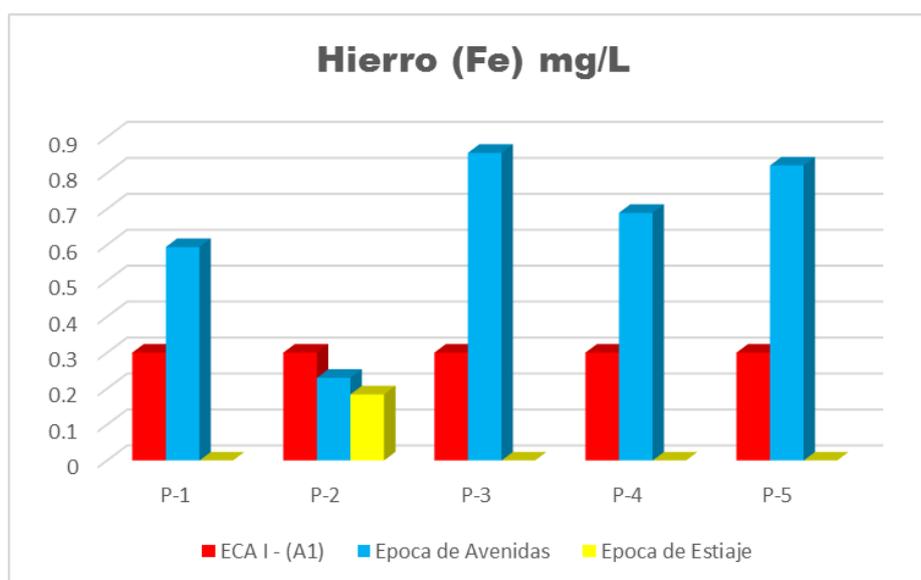


Figura 13: Comportamiento de Hierro en aguas superficiales.

4.2.5. Evaluación del Manganeso en las aguas superficiales

Tabla 10: Resultados de las concentraciones de Manganeso.

Manganeso (Mn) mg/L			
Muestra	ECA I - (A1)	Epoca de Avenidas	Epoca de Estiaje
P-1	0.4	0.042	0
P-2	0.4	0.106	0.46
P-3	0.4	0.086	0
P-4	0.4	0.057	0
P-5	0.4	0.08	0
máximo		0.106	0.46
mínimo		0.042	0

Manganeso: las concentraciones de Mn en las aguas superficiales se encuentran por encima de los ECA para agua del ministerio del ambiente (figura 14), ya que el máximo fue 4.46 mg/l, en época de estiaje y mínimo 0.00 mg/l en época de estiaje.

Como se aprecia en la figura 14 los resultados emitidos por el laboratorio, el metal pesado manganeso en el punto de muestreo (P-2) excede los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua del ministerio del ambiente, en los otros puntos de muestreo se encuentra una cantidad mínima que no exceden en las dos épocas de muestreo.

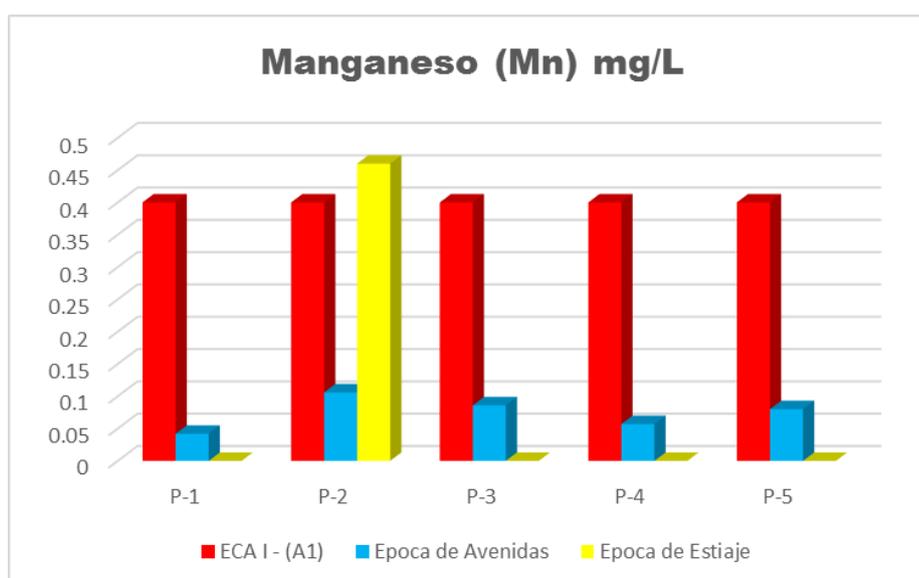


Figura 14: Comportamiento de Manganeso en aguas superficiales.

4.2.6. Evaluación del Mercurio en las aguas superficiales

Tabla 11: Resultados de las concentraciones de Mercurio.

Mercurio (Hg) mg/L			
Muestra	ECA I - (A1)	Epoca de Avenidas	Epoca de Estiaje
P-1	0.001	0	0
P-2	0.001	0	0
P-3	0.001	0	0
P-4	0.001	0	0
P-5	0.001	0	0
máximo		0	0
mínimo		0	0

Mercurio: las concentraciones de Hg en las aguas superficiales se encuentran por debajo de los ECA para agua del ministerio del ambiente (figura 15), ya que el máximo fue 0.00 mg/l y mínimo 0.00 mg/l en las dos épocas de muestras.

Como se puede apreciar en la figura 15 los resultados emitidos por el laboratorio, en los cinco puntos de muestreo no se aprecia la presencia del metal pesado mercurio en las aguas superficiales del rio Coata, por ello este metal pesado está dentro de los límites para los ECA para agua del ministerio del ambiente.

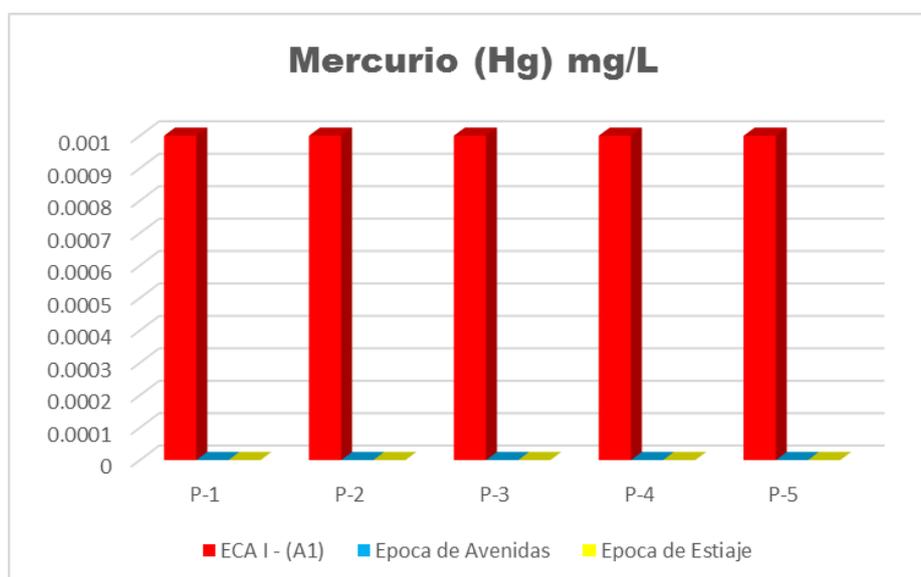


Figura 15: Comportamiento de Mercurio en aguas superficiales.

Los resultados de todos los metales pesados analizados para este estudio, los cuales fueron aluminio, cadmio, cromo, hierro, manganeso y mercurio. Estos metales pesados son elementos químicos con una gravedad específica de al menos

5 veces mayor que el agua, debido a eso algunos metales pesados no se encuentran en las aguas superficiales del rio Coata. Los cuales según los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua del ministerio del ambiente tienen un parámetro permisible. Como podemos apreciar en la figura 16.

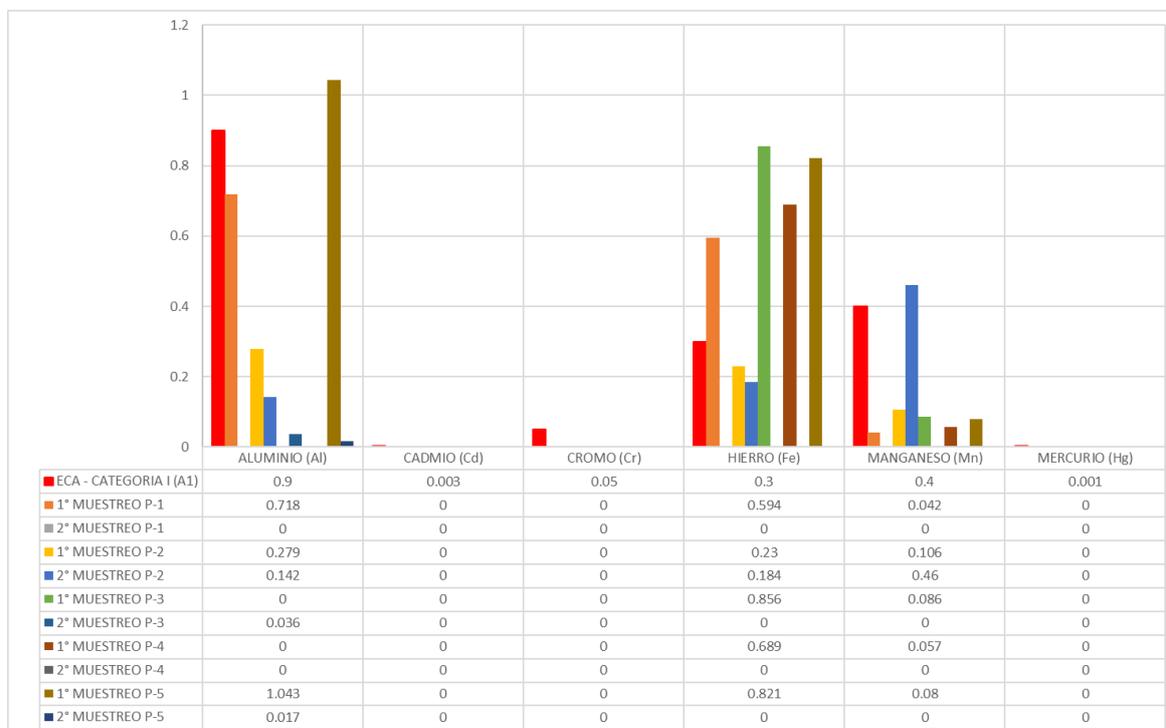


Figura 16: Metales pesados en las dos épocas de muestreo con respecto a los ECA – categoría 1(A1) para agua.

Podemos observar los resultados en la figura 16, los resultados de los metales pesados emitidos por el laboratorio con respecto a los ECA para agua – categoría (A1) del ministerio del ambiente. Los metales pesados analizados son: **aluminio** tenemos en el punto de muestreo (P-5) en época de avenida se encontró un valor excediendo a ECA – categoría (A1), con los siguientes valores donde excede (P-5) - 1.043, según ECA el límite es 0.9. En **hierro** tenemos los siguientes puntos de muestreo en la época de avenida, (P-1) - 0.594, (P-3) – 0.856, (P-4) – 0.689 y (P-5) – 0.821 donde cada uno de los resultados exceden a los ECA donde el límite es 0.3. En **manganeso** tenemos en el punto de muestreo época de estiaje (P-2) – 0.46 donde el resultado excede a los ECA donde el límite es 0.4. Los metales pesados no encontrados en las aguas superficiales del rio Coata son: **cadmio**, **chromo** y **mercurio**.

4.3. PUNTO MÁS CRÍTICO Y VULNERABLE A LA CONTAMINACIÓN

Según los resultados emitidos por el laboratorio con los cuales se analizó los metales, metaloides y no metal, donde se tomó los elementos que tienen una concentración mínima o que exceden los límites de los estándares de calidad ambiental para agua de la categoría 1 (a1) del ministerio del ambiente.

Según los datos obtenidos en campo tales como la temperatura, conductividad eléctrica y pH, el punto donde existe una variación considerable es en el punto de muestreo n° 2 como se puede apreciar en los datos obtenidos in situ.

4.3.1. Análisis con Metales, Metaloides y No metal

Para ubicar el punto más crítico y vulnerable a la contaminación se analizó con: metales (aluminio, hierro y manganeso), metaloides (arsénico y boro) y no metal (fosforo). Con los resultados obtenidos se determina cuál de los 5 puntos de muestreo es el más crítico en las aguas superficiales del río Coata.

Tabla 12: Resultados de las concentraciones de Arsénico.

Arsenico (As) mg/L			
Muestra	ECA I - (A1)	Epoca de Avenidas	Epoca de Estiaje
P-1	0.001	0	0.027
P-2	0.001	0	0.022
P-3	0.001	0	0.028
P-4	0.001	0	0
P-5	0.001	0.013	0.029
máximo		0.013	0.029
mínimo		0	0

Arsénico: las concentraciones de As en las aguas superficiales se encuentran por encima de los ECA para agua del ministerio del ambiente (figura 17), ya que el máximo fue 0.029 mg/l, en época de estiaje y mínimo 0.00 mg/l en ambas épocas.

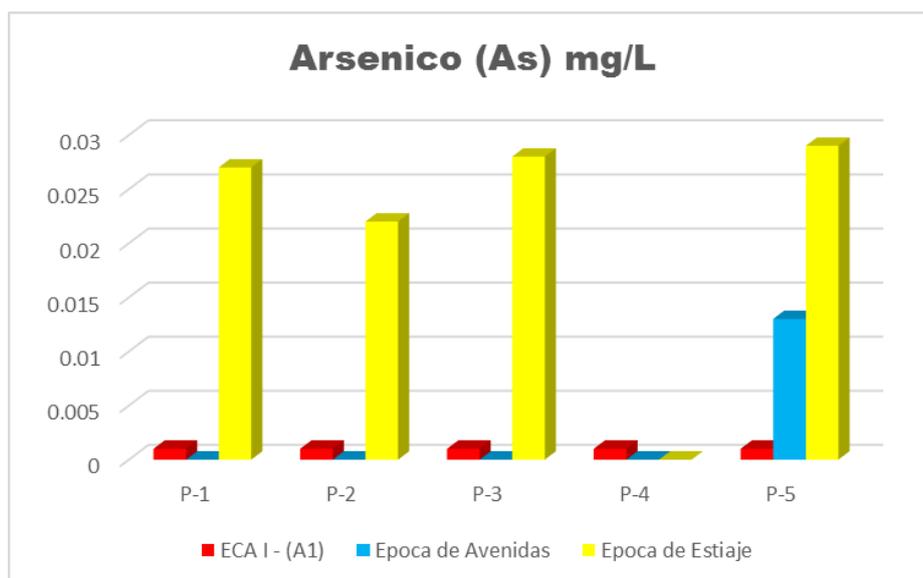


Figura 17: Comportamiento de Arsénico en aguas superficiales.

Como se aprecia en la figura 17 los resultados emitidos por el laboratorio, el metaloide arsénico se encuentra en la mayoría de los puntos de muestreo a lo largo de las aguas superficiales del rio Coata, en la epoca de estiaje es donde se encuentra mayor concentración de arsénico y que sobrepasan los limites de los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua del ministerio del ambiente.

Tabla 13: Resultados de las concentraciones de Boro.

Boro (B) mg/L			
Muestra	ECA I - (A1)	Epoca de Avenidas	Epoca de Estiaje
P-1	2.4	0.054	0.713
P-2	2.4	0.105	0.816
P-3	2.4	0.047	0.775
P-4	2.4	0.051	0.79
P-5	2.4	0.062	0.777
máximo		0.105	0.816
minimo		0.047	0.713

Boro: las concentraciones de B en las aguas superficiales se encuentran por debajo de los ECA para agua del ministerio del ambiente (figura 18), los datos obtenidos fueron el máximo fue 0.816 mg/l, en época de estiaje y mínimo 0.047 mg/l en época de avenida.

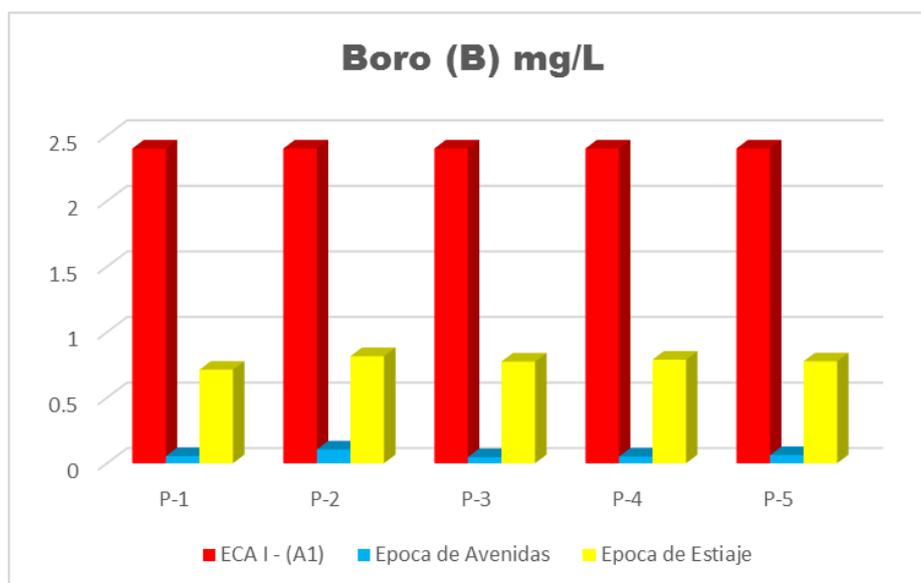


Figura 18: Comportamiento de Boro en aguas superficiales.

Como se aprecia en la figura 18 los resultados emitidos por el laboratorio, el metaloide boro se encuentra en una cantidad mínima que no superan los límites de los estándares de calidad de ambiental (ECA) para agua del ministerio del ambiente la mayoría de los puntos de muestreo a lo largo de las aguas superficiales del rio Coata, en la epoca de estiaje es donde se encuentra mayor concentración de arsénico y que sobrepasan los limites de los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua del ministerio del ambiente.

Tabla 14: Resultados de las concentraciones de Fosforo.

Fosforo (P)			
Muestra	ECA I - (A1)	Epoca de Avenidas	Epoca de Estiaje
P-1	0.1	0.035	0.66
P-2	0.1	1.254	10.287
P-3	0.1	0.141	0.345
P-4	0.1	0	0.328
P-5	0.1	0.065	0.333
máximo		1.254	10.287
minimo		0	0.328

Fosforo: las concentraciones de F en las aguas superficiales se encuentran por encima de los ECA para agua del ministerio del ambiente (figura 19), los datos obtenidos fueron el máximo fue 10.287 mg/l, en época de estiaje y mínimo 0.00 mg/l en época de avenida.

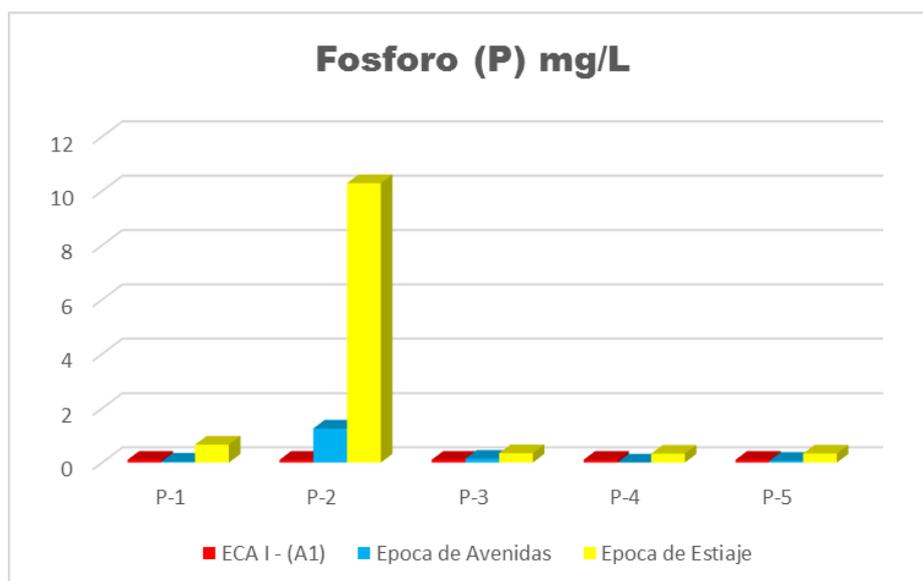


Figura 19: Comportamiento de Fosforo en aguas superficiales.

Como se aprecia en la figura 19 los resultados emitidos por el laboratorio, el metal fosforo se encuentra en una cantidad que exceden a los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua del ministerio del ambiente. El punto más crítico y significativo es P-2 en la época de estiaje y avenida. En las dos épocas de muestro es el punto con más incidencia de contaminación.

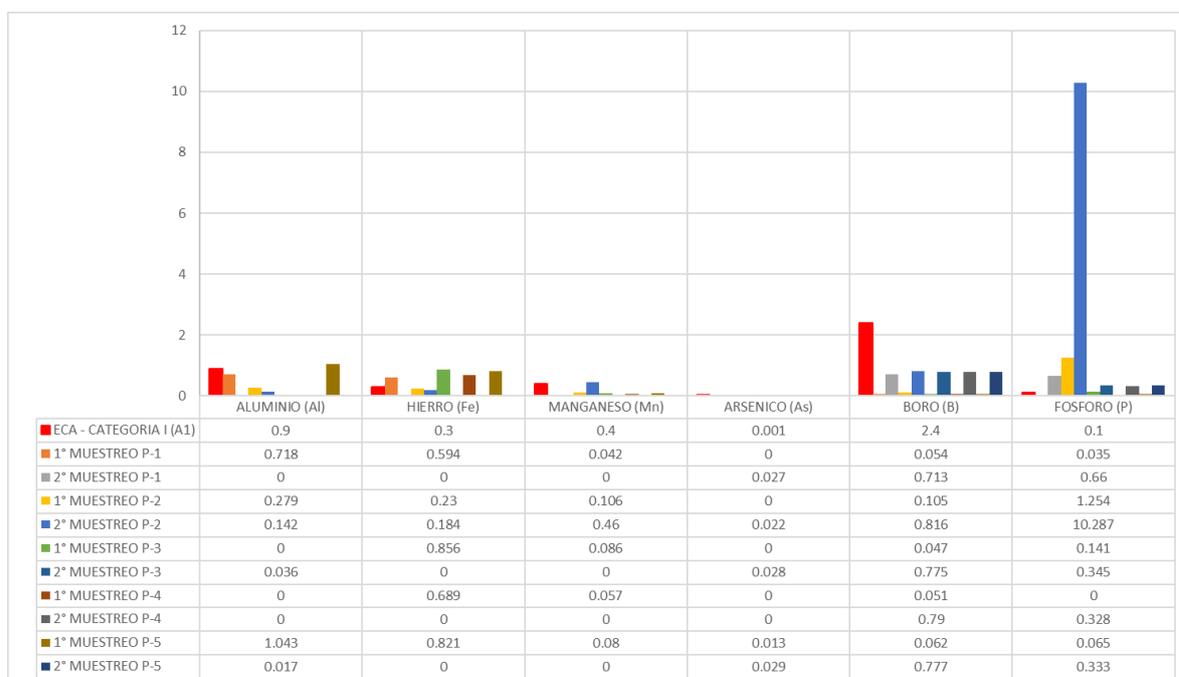


Figura 20: Elementos con incidencia de contaminación en las dos épocas de muestreo con respecto a los ECA – categoría 1 (A1) para agua.

Como se puede observar en la figura 20, todos los elementos en la mayoría son los que exceden los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua del ministerio del ambiente. Los siguientes datos son los que exceden los límites de los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua del ministerio del ambiente: **Aluminio** en el punto muestreo (P-5) en época de avenida excede a los ECA para agua. **Hierro** en los puntos de muestreo tenemos los datos que excedieron a los ECA para agua: (P-1), (P-3), (P-4) y (P-5) en la época de avenida. Manganeso en los puntos de muestreo tenemos los datos que excedieron a los (ECA) para agua: (P-2) en época de estiaje. **Arsénico** en los puntos de muestreo tenemos datos que excedieron a los ECA para agua: (P-5) en ambas épocas y (P-1), (P-2) Y (P-3) en época de estiaje. **Boro** en los puntos de muestreo donde se aprecia la presencia, pero no exceden los límites de los ECA para agua del ministerio del ambiente. **Fosforo** en los puntos de muestreo a lo largo del río Coata se aprecia la presencia de los cuales exceden a los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua: (P-1), (P-2), (P-3) Y (P-5) en ambas épocas y (P-4) en época de estiaje.

Según los datos analizados de cada uno de los puntos de muestreo a lo largo del río Coata el punto más crítico es el P-2, las altas concentraciones que exceden los límites de los estándares de calidad ambiental y el más significativo es el Fosforo.

4.3.2. Temperatura

Las temperaturas fluctuaron entre 13°C y 16°C. La temperatura del agua influye en la velocidad de los procesos fisiológicos de organismos, tales como la respiración microbiana que es responsable de gran parte de la auto-purificación en los cuerpos de agua.

Tabla 15: Resultados de la medición de temperatura en agua.

Punto	Unidad	Epoca de avenida	Epoca de estiaje
P-1	°C	13	10
P-2	°C	16.5	13
P-3	°C	15	14.5
P-4	°C	15.3	14
P-5	°C	13.7	14
Max		16.5	14.5
Min		13	13

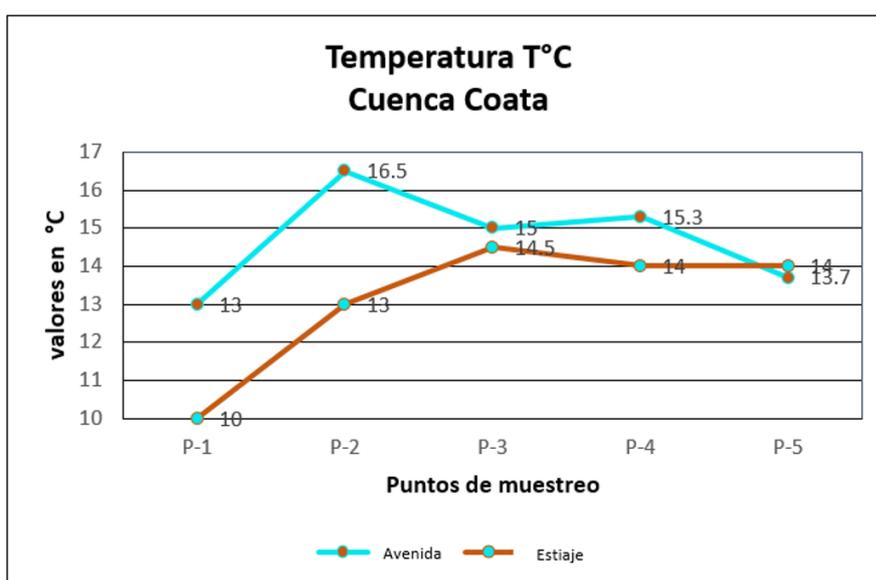


Figura 21: Comportamiento de la temperatura en las 02 épocas.

4.3.3. Conductividad eléctrica (CND en Us/cm)

En la época de avenida los valores fueron desde 160 $\mu\text{S/cm}$ (en la desembocadura del río Coata), hasta 380 $\mu\text{S/cm}$ en la (unión de los ríos Coata y Torococha); mientras en la época de estiaje, el resultado ha dado como mínimo 455 $\mu\text{S/cm}$ (en la desembocadura del río Coata) y máximo 1680 $\mu\text{S/cm}$ (en la desembocadura del río Torococha) así como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 16: Medición de la conductividad eléctrica en agua.

Punto	Unidad	Epoca de avenida	Epoca de estiaje
P-1	μS/cm	164	870
P-2	μS/cm	380	1680
P-3	μS/cm	170	460
P-4	μS/cm	175	915
P-5	μS/cm	160	455
Max		380	1680
Min		160	455

Se puede apreciar claramente en la figura, el comportamiento de la conductividad eléctrica en el punto de muestreo P-2 desembocadura del río Torococha tiende a elevarse debido al ingreso del agua residual y los residuos sólidos acumulados de la ciudad de Juliaca.

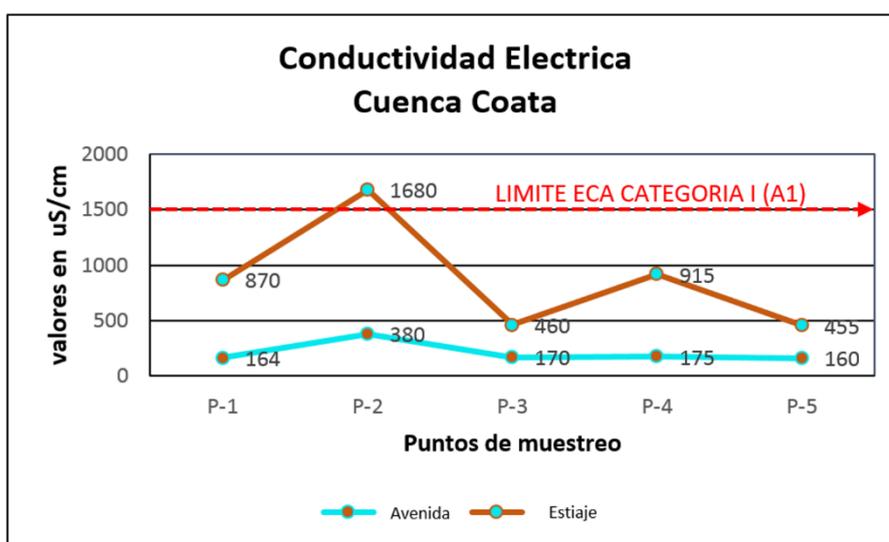


Figura 22: Comportamiento de la conductividad en las 02 épocas.

Los reportes en la cuenca del río Coata, muestra un aumento de la conductividad por la presencia de sales, iones disueltos y materia orgánica disuelta. La conductividad puede haber sido influenciado por el pH encontrado, ya que no son las condiciones adecuadas para generar eutrofización en las partes bajas de la cuenca y el lago Titicaca.

La conductividad nos da a conocer la cantidad de solidos disueltos existentes y por ende tomamos como indicador cuál de los puntos del estudio es más afectado a la contaminación y vulnerable.

La conductividad de la mayoría de las aguas dulces es de 10 a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pero puede exceder los 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, especialmente en aguas contaminadas, o aquello que reciben grandes cantidades de afluentes (Chapman, 1996).

4.3.4. pH

El estudio realizado reporto mínimas de 7.3 (P-1) y máximas de 8.8 (P-4) en las épocas de avenida, mientras en las épocas de estiaje el valor mínimo 8.25 (P-4) y las máximas 9.8 (P-1). Se puede demostrar que las aguas son más básicas o alcalinas.

Tabla 17: Resultados de la medición de pH en agua.

Punto	Epoca de avenida	Epoca de estiaje
P-1	7.31	9.80
P-2	7.60	8.40
P-3	8.30	8.50
P-4	8.80	8.25
P-5	8.30	9.20
Max	8.80	9.80
Min	7.31	8.25

Como se muestra en la figura siguiente sobre el comportamiento del pH del agua tanto de la época de estiaje y avenida, y los parámetros máximos y mínimos establecidos y recomendados.

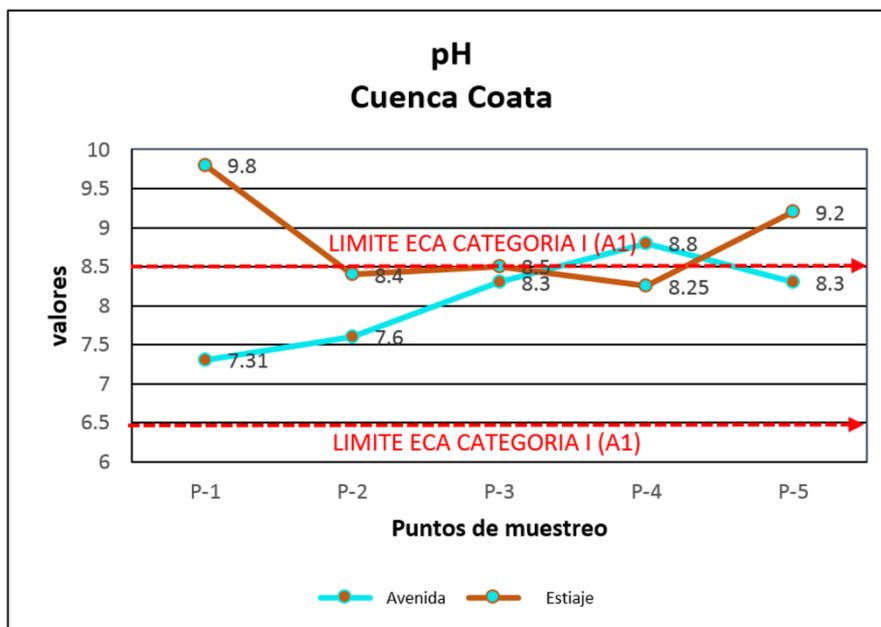


Figura 23: Comportamiento del pH en las 02 épocas.

El valor de pH de una fuente de agua es una medida de su acidez o alcalinidad. Es una medición de la actividad del átomo de hidrógeno, porque la actividad de hidrógeno es una buena representación de la acidez o alcalinidad del agua. Para el agua potable, la OMS directrices establecen el pH en el rango de 6.5 a 8.5 (OMS, 2008).

El pH en aguas naturales esta entre 6.0 y 8.5,, aunque más bajos pueden ocurrir en aguas diluidas con alto contenido de materia orgánica, y valores más altos en aguas eutróficas, salmueras subterráneos y lagos salados (Chapman, 1996; WHO, 1992).

4.5. DISCUSIÓN

Las actividades humanas realizadas en la cuenca baja del río, generan efluentes que contaminan las aguas superficiales: es así como se llega con la evaluación de las concentraciones de metales pesados, los cuales indican la existencia de los metales pesados en las aguas superficiales del río Coata, los datos obtenidos en la evaluación en algunos metales pesados el resultado es cero, otros están dentro de los (ECA) y otros metales que exceden a los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua del ministerio del ambiente.

Los análisis químicos de la caracterización del agua con respecto a mercurio $Hg < 0.0002$ mg/l en la zona de monitoreo antes de la comunidad de Paria, y Hg 0.0002 y en la zona centro considerada a la altura de la comunidad de Paria considerado el punto de monitoreo como final se tiene $Hg < 0.0002$ mg/l. Estos datos comparados con los valores de los estándares de calidad ambiental que nos indican Hg 0.001 mg/l. Indicándonos que los valores en las tres zonas de estudio se encuentran dentro de los límites de los estándares de calidad de agua (Apaza Porto, 2016).

La concentración inicial de metales Pb (0,2889 mg/L), Zn (2,38 mg/L) presentes en las aguas del Río T'oroQ'ocha, los cuales superan la Ley General de Aguas en su categoría 3 donde para Pb es (0,05 mg/L) y Zn (2,00 mg/L), a través del método de precipitación alcalina se logra una eficiencia de precipitación de Pb (99,10%), Zn (99.50%) utilizando $Ca(OH)_2$ y Pb (98.55%), Zn (99.06%) utilizando NaOH respectivamente. Para esto las condiciones de operación óptima con el $Ca(OH)_2$ fue de: pH 9,77; velocidad de mezcla 40,00 rpm y tiempo de agitación 20 minutos, sin embargo, para el NaOH fue: pH 8,92; velocidad de mezcla 40,00 rpm y tiempo de agitación 20 minutos (Apaza A. D., 2015).

Se demuestra que hay presencia de las concentraciones de los metales pesados como cadmio, cromo y plomo en los sedimentos superficiales en la parte baja de la cuenca del río Coata, debido a que dieron un valor mínimo de 0.00 mg/kg, 4.10 mg/kg y 3.75 mg/kg y máximas de 0.70, 28.42 y 16.50 mg/kg respectivamente, producto de las actividades humanas a las riveras del río Coata (Quispe Yana, 2017).

V. CONCLUSIONES

Se demuestra que si existe la presencia de las concentraciones de los metales pesados en las aguas superficiales de la parte baja de la cuenca del río Coata, los metales pesados analizados y sus valores máximos fueron: aluminio 1.043 mg/l y 0.142 mg/l en ambas épocas de muestreo, cadmio 0.00 mg/l, cromo 0.00 mg/l, hierro 0.856 mg/l y 0.184 mg/l en ambas épocas de muestreo, manganeso 0.106 mg/l y 0.46 en ambas épocas, mercurio 0.00 mg/l, productos de las actividades humanas y lo que existe en la corteza terrestre a las riberas del río Coata.

Los metales pesados evaluados como aluminio, hierro y manganeso se encuentran por encima de los estándares de calidad ambiental para agua, por que dieron un valor máximo de 1.043 mg/l, 0.856 mg/l y 0.46 mg/l respectivamente; mientras que cadmio, cromo y mercurio se encuentra por debajo de los estándares de calidad ambiental para agua, por que no se encuentran en las aguas superficiales del río Coata, de modo que aun futuro cercano se podría esperar efectos a nivel de la biología y ecología de organismos asociados al río Coata.

De los puntos analizados el punto más crítico y vulnerable a la contaminación se encuentra en el punto (P-2) desembocadura del río Torococha, según resultados emitidos por el laboratorio y datos obtenidos en campo; aluminio 1.043 mg/l época avenida y 0.142 época sequía, manganeso 0.46 mg/l en época de estiaje, fosforo 10.287 mg/l en época de estiaje, los cuales exceden los límites de los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua del ministerio del ambiente. Los datos obtenidos in situ la conductividad eléctrica es 1680 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Debido a que por esta fuente ingresan las aguas residuales y los residuos sólidos de la ciudad de Juliaca producto de la actividad humana.

VI. RECOMENDACIONES

- El gobierno local, regional o central deberían de regular y establecer un programa de control, coordinando con las empresas involucradas para evitar la liberación de estos contaminantes en el río.
- Se recomienda analizar estudios de los metales pesados que no han sido evaluados en el presente trabajo de investigación.
- Se recomienda realizar estudios de evaluación en la sangre de los pobladores aledaños, plantas que se encuentran en las riveras del río, así también los pees para así poder determinar el grado de contaminación en la zona.
- Organizar charlas y campañas a la población sobre prácticas del cuidado de medio ambiente, dándoles los peligros que se podrían presentar en su salud, así como en la flora y fauna.
- Se debería realizar la remediación como un mecanismo para detener la contaminación y así retornar a la región a sus condiciones naturales de antes.
- Es necesario realizar monitorios periódicamente para saber el comportamiento de las concentraciones de las fuentes de aguas subterráneas.

VII. REFERENCIAS

- Abollino, O., Aceto, M., Malandrino, M., Mentaste, E., Sarzanini, C., & Barberis, R. (2002). Distribution and mobility of metal in contaminated sites. Chemometric investigation of pollutant profiles. *Environ. Pollut*, 119-127.
- Aguilar, G; Iza, A. (2009). *Gobernanza de Aguas Compartidas: Aspectos Juridicos e Institucionales*. Gland, CH, Union Internacional para la Conservacion de la Naturaleza y los Recursos NATurales (UICN). Serie de Politica y Derecho Ambiental, 240.
- Alarcon Vera, A. L. (2001). El boro como nutrientes esencial. Tecnologia de produccion, Dpto Produccion Agraria. ETSIA. Universidad Politecnica de Cartagena, 5.
- Amatriain Elcinto, M. (2007). Efectos del exceso de hierro sobre la salud. *Dialnet*, Toronto Canada, N° 2: 92-95.
- Apaza Porto, H. R. (2016). Determinacion del contenido de mercurio en agua y sedimentos del rio Suches - zona bajo paria Coajata - Puno. Tesis en ingenieria Metalurgia - Universidad Nacional del Altiplano - Puno, 95-96.
- Apaza, A. D. (2015). Remocion de Metales Plomo (Pb) y Zinc (Zn) de las aguas del rio Torococha por precipitacion alcalina en la ciudad de Juliaca . Tesis de grado de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno.
- Apaza, P., & Justo, M. (2011). Contaminacion de aguas por mercurio originado por la mineria artesanal en la mina Rinconada y Lunar de oro. Tesis de Ingeniero Geologo. Facultad de Ingenieria Metalurgia y Geologia. Universidad Nacional del Altiplano Puno - Peru, 100.
- APHA, A. C. (1992). *Metodos normalizados para el analisis de aguas potables y residuales*. Dias de Santos: Madrid.
- ATSDR. (1997). Resumen de salud publica fosforo blanco CAS#7723-14-0. Agencia para sustancias toxicas y el registro de enfermedades, CAS#: 7723-14-0.

- ATSDR. (2000). Departamemento de salud y servicios humanos de los EE.UU. Agencia para Sustancias Toxicas y el Registro de Enfermedades, Divicion de Toxicologia. 1600 Clifton Road NE, Mailstop F-32 Atlanta, GA 30333, CAS#:7439-96-5.
- ATSDR. (3 de Agosto de 2011). Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 4770 Buford Hwy. GA 30341. Obtenido de <http://www.atsdr.cdc.gov/SPL/index.html>
- Castañe, M., L, T., & Cordero, R. &. (2003). Influencia de la especiacion de los metales pesados en el medio acuatico como determinante de su toxicidad. Rev Toxicol, 20: 13-8.
- Ccancapa Salcedo, Y. (2015). Conatminacion del agua superficial y sedimentos por mercurio en la Rinconada, originado por la mineria informal (Ananea - Puno). Repositorio institucional UNA - PUNO, 50.
- 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.
- Chiang, A. (1989). Niveles de los metales pesados en organismos, agua y sedimentos marinos recolectados en la V Region de Chile. Memorias del Simposio Internacional sobre los recursos vivos, Santiago. Scientia Agropecuaria, 3:235-247.
- Clara, M. R. (2005). Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras. Programa de educacion para el desarrollo y la conservacion, 62-65.
- Contreras perez, J. B., Mendoza, C. L., & Gomez, A. (2004). Determiacion de Metales Pesados en Aguas y sedimentos del rio Haina. Santo Domingo: Ciencia y Sociedad - Volumen XXXIX, Numero 1.
- Cornejo, D. A., & Pacheco, M. E. (2014). Contaminacion de Aguas y Sedimentos por As, Pb y Hg de la Cuenca del rio Ramis, Puno. Puno - Peru. Instituto de

Investigacion de la Escuela de Posgrado-Universidad Nacional del Altiplano
Puno-Peru.

- Cornelis, R., & Nordberg, M. (2007). General Chemistry, Sampling, Analytical Methods, and Speciation. Handbook on the toxicology of metals, 29.
- Costa Ferreira, P., de Almeida pial, K., Magosso Takayanagui, A. M., & Segura Muñoz, S. I. (2008). Aluminio como factor de riesgo para la enfermedad de Alzheimer. Latino-am Enfermagen janeiro-febrereiro; 16(1).
- Derly, A. A. (2015). Remocion de metales Plomo (Pb) y Zinc (Zn) de las aguas del rio T´oro Q´ocha por precipitacion alcalina de la ciudad de Juliaca. Repositorio institucional UNA - PUNO, 21.
- EPA, U. S. (2015). Water: Monitoring & Assessment, total solids. EPA. United States Environmental Protection Agency.
- ESI, S. (2012). Assessment Of Heavy Metal Contamination Of The Densu River, Weija From Leachate. A THESIS SUBMITTED TO THE DEPARTMENT OF THEORETICAL AND APPLIED BIOLOGY, 12.
- Fernandez Davila, M. L. (2012). Aluminum- Induced Oxidative Stress and Neurotoxicity in Grass Carp (Cyprinidae-Ctenopharingodon idella). Ecotoxicology and Environmental Safety, 76 (2), 87-92.
- Fernández, M. T. (2007). Fosforo: amigo o enemigo. ICIDA. Sobre los derivados de la caña de Azucar, vol. XLI, núm. 2 pp. 51-57.
- Förstner, U. (1993). Metales speciation general concept and aplicacion. In proceeding of the workshop on the sequential extraction of trace metals in soils and sediments. Ins. J. Environ Anal. Chen, 51.
- Gaete, H., Aranguiz, F., Cienfuegos, G., & Tejos, M. (2016). Metales Pesados y Toxicidad de Aguas del Río Aconcagua en Chile. Artigo - Scielo Analytics, Vol. 30 N° 4 P-891.
- Geo Titicaca. (2011). Apoyo a la gestion intergrada y participativa del agua en ele sistema hidrico Titicaca - Desaguadero - Poopó - Salar de Coipasa (TDPS). Panamá, Panamá: Editorial Novo Art, S.A.

- Gonzalo, L. S. (2010). Metales pesados: aportaciones al estudio toxicologico de especies y alimentos marinos en las Islas Canarias. CIENCIAS Y TECNOLOGIAS/27, 46.
- Granada, N., & Escobar, D. (2012). Analisis y cuantificacion de metales pesados (Pb, Cd, Ni y Hg) en agua, sedimentos y bioacumulacion en la especie *Rhandia wagne* (barbudo) del Rio Cuaca en el Municipio de la Virginia. Trabajo de grado para optar al titulo de quimico industrial. Pereira, Colombia.
- IARC. (2012). Agents Classified by the IARC Monographs. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsGroupOrder.pdf>.
- Jill, S. B. (2003). Sustaining Healthy Freshwater Ecosystems. Issues in Ecology. Washington DC. US. P.18:1-18: Ecological Society of America.
- Kurniawan, T., Chan, G., Wai, L., & Babel, S. (Abril 2006). Physico chemical treatment techniques for wastewater laden with heavy metals. Journal Chemical Engineering, 118.
- Lide, D. C. (1992). Handbook of Chemistry and Physics. 73 Edition. Boca Raton FL: CRC.
- Liss, P. S. (1976). Conservative and non-conservative behaviour of dissolved constituents during estuarine mixing. En E. B. Liss, Conservative and non-conservative behaviour of dissolved constituents during estuarine mixing. Londres: Academic Press.
- Mancilla Villa, O. R., Ortega Escobar, H. M., Ramirez Ayala, C., Usacanga Mortera, E., Ramos Bello, R., & Reyes Ortigoza, A. L. (2012). Metales pesados totales y arsenico en el aguas para riego de Puebla y Veracruz, Mexico. Scielo.
- Mandal, S. M., Mondal, K. C., Dey, S., & Pati, B. R. (2002). Arsenic round the world. A review. Talanta, 58: 201-235.
- Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. Academic Pres, Londres.

- Martinez Martinez, J. (1995). Estudio de la calidad de las aguas superficiales del rio San Pedro. Investigacion y Ciencia - Programa de Investigaciones Biologicas (PIB 94-2), 27-39.
- Melo Sanchez, F. M., Marquez Estrada , C., Juarez Juarez, M., Martinez Martinez, F. J., Miranda Reyes, P., Esquivel Ruiz, M., & Juarez Juarez, M. (2001). Analisis de metales pesados en las aguas residuales del rio san javier y repercusion en la salud e impacto ambiental. Depto. de quimica, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnologia.
- Mendoza, M. (1996). Impacto de la tierra, en la calidad de la microcuenca rio sábalos. Cuenca del rio Turrialba. CR, CATE, 81.
- MINAM. (2017). Ministerio del Ambiente: Aprueban Estandares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo. Decreto Supremo N° 004-2017 - MINAM.
- O'Reilly, C., & Gordon , A. (1995). Survival strategies of poor woman in Urban Africa. The case of Zambia: NRI Socio economic Series, 10.
- Pajaro, Y., & Diaz, F. (2012). Remocion de cromo hexavalente de aguas contaminadas usando quitosano obtenido exoesqueleto de camarón. Revista Colombia de Quimica, Vol. 41 N° 2, pp. 283-297.
- Paredes, Q. E. (2013). Concentración de Plomo y Cadmio en la Cuenca Media del rio Moche. Tesis de grado.
- Peris, m. m. (2006). Estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de Castellon (España) PhD. Tesis, Ingenieria Quimica. Valencia (España): Unirsidad de Valencia, Facultad de Ingeniria.
- Prieto, J., Gonzales C, & Román, A. &. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 10; 29-44.
- Quispe Yana, R. F. (2017). Evaluacion de la concentracion de metales pesados (cromo, cadmio y plomo) en los sedimentos superficiales en el rio coata, 2017). Tesis de Ingeniero Agricola - Universidad Nacional del Altiplano Puno.

- Ravelo Polo, B. (2012). Adsorción de boro del agua. Escola Politécnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltru, Universitat Politècnica de Catalunya, 11.
- REDVET. (Noviembre de 2009). Estado de conocimiento de las concentraciones de cadmio, mercurio y plomo en organismos acuáticos de Venezuela. Revista electrónica de Veterinaria. ISSN: 1695-7504 Vol. 10, Nº 11 .
- Reynolds, J. (2002). Manejo integrado de aguas subterráneas. un reto para el futuro.
- Rocha, C. E. (2000). Principios de Espectroscopia. Mexico: Editorial UNCh.
- Rodier, J. (1989). Análisis de las aguas : aguas naturales, aguas residuales, agua de mar. Omega, Barcelona.
- Rooney, C. P., Zhao, F. J., & McGrath, S. P. (2006). Soil factors controlling the expression of copper toxicity to plants in a wide range of European Soils. Environ. Toxicol. Chem, 273-283.
- Salas, U. F. (2014). Determinación de Metales Pesados en las Aguas del Río Ananea Debido a la actividad Minera Aurífera, Puno. Instituto de Investigación de la Escuela de Posgrado-Universidad Nacional del Altiplano Puno - Perú.
- Shankar, S., U, S., & N, S. (2014). Arsenic contamination of groundwater; A review of sources, prevalence, health risks, and strategies for mitigation. Obtenido de Sci. World J. 2014.304524, DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/304524>.
- Soni, M., White, S., Flamm, W., & Burdock, G. (2001). Safety evaluation of dietary aluminum. Regul Toxicol Pharmacol, 33(1): 66-79.
- Sotero, V., & Alva, M. (2013). Contenido de metales pesados en agua y sedimento en bajo Nanay. Ciencia amazónica, Vol, 3, 24-32.
- Unda, F. (1969). Ingeniería sanitaria aplicada a saneamiento y salud pública (1969). México: ed. Hispano - Americana 870p.
- Weinberg, J. (2010). International POPs Elimination Network (IPEN). Cooperación con Agencia Sueca de Protección Ambiental y a la Oficina Federal Suiza para el Medio Ambiente y a otros donantes de IPEN.

- WHO. (1992). International programme of Chemical Safety (IPCS). Genova: Methylmercury. The International Labour Organization and the World Health Organization.
- WHO. (2004). Guidelines for drinking-water quality, 3rd edition Vol. 1. World Health Organization. Geneva, 313.
- Yanamura, S., & Amachi, S. (2014). Microbiology of inorganic arsenic: From metabolism to bioremediation. . J. Biosci Bioengineer, 118: 1-9.

VIII. ANEXOS

a. PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 24: Punto N° 1 (puente Independencia - Juliaca) en el primer muestreo.
Fecha (12/03/2017).



Figura 25: Punto N° 1 (puente Independencia - Juliaca) en el segundo muestreo.
Fecha (10/06/2017).



Figura 26: Punto N° 2 (desembocadura del río Torococha) en el primer muestreo. Fecha (12/03/2017).



Figura 27: Punto N° 2 (desembocadura del río Torococha) en el segundo muestreo. Fecha (10/06/2017).



Figura 28: Punto N° 3 (mayoesquina - Caracoto) en el primer muestreo.
Fecha (12/03/2017).



Figura 29: Punto N° 3 (mayoesquina - Caracoto) en el segundo muestreo.
Fecha (10/06/2017).



Figura 30: Punto N° 4 (puente grande - Coata) en el primer muestreo.
Fecha (12/03/2017).



Figura 31: Punto N° 4 (puente grande - Coata) en el segundo muestreo.
Fecha (10/06/2017).



Figura 32: Punto N° 5 (desembocadura del río Coata) en el primer muestreo.
Fecha (12/03/2017).



Figura 33: Punto N° 5 (desembocadura del río Coata) en el segundo muestreo.
Fecha (10/06/2017).

b. RESULTADOS DEL LABORATORIO DEL PRIMER MUESTREO



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
 ✉ laboratorioensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apto. 1350
 AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA13C17.002603A

Nombre del Cliente	: JAVIER CAPACOILA COILA
Dirección del Cliente	: JIRON MAMA OCLLO MZ M2 LOTE 4
RUC	: NO CORRESPONDE
Condición del Muestreado	: POR EL CLIENTE
Descripción	: AGUA SUPERFICIAL P1
Tamaño de muestra	: 500 mL
Fecha de Recepción	: 13/03/2017
Fecha de Inicio del Ensayo	: 13/03/2017
Fecha de Emisión de Informe	: 30/03/2017
Página	: 1 de 2

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L) Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7			
ANALISIS	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN
Plata (Ag)	No detectable	0,0003	0,0009
Aluminio (Al)	0,718	0,3765	1,1294
Arsénico (As)	No detectable	0,0048	0,0144
Boro (B)	0,054	0,0000	0,0000
Bario (Ba)	0,020	0,0001	0,0003
Berilio (Be)	No detectable	0,0000	0,0000
Calcio (Ca)	0,437	0,0002	0,0006
Cadmio (Cd)	No detectable	0,0001	0,0003
Cobalto (Co)	No detectable	0,0001	0,0003
Cromo (Cr)	No detectable	0,0003	0,0009
Cobre (Cu)	0,004	0,0009	0,0027
Hierro (Fe)	0,594	0,0010	0,0029
Potasio (K)	0,464	0,0009	0,0028
Litio (Li)	0,009	0,0015	0,0045
Magnesio (Mg)	0,082	0,0032	0,0095
Manganeso (Mn)	0,042	0,0000	0,0000
Molibdeno (Mo)	No detectable	0,0009	0,0027
Sodio (Na)	2,318	0,0061	0,0182
Niquel (Ni)	No detectable	0,0007	0,0020
Fosforo (P)	0,035	0,0126	0,0378
Plomo (Pb)	No detectable	0,0004	0,0013
Antimonio (Sb)	No detectable	0,0027	0,0081
Selenio (Se)	No detectable	0,0028	0,0085
Silicio (Si)	14,285	0,0072	0,0216





UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
 ✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apto. 1350
 AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA13C17.002603A

Nombre del Cliente	: JAVIER CAPACOILA COILA
Dirección del Cliente	: JIRON MAMA OCLLO MZ M2 LOTE 4
RUC	: NO CORRESPONDE
Condición del Muestreado	: POR EL CLIENTE
Descripción	: AGUA SUPERFICIAL P1
Tamaño de muestra	: 500 mL
Fecha de Recepción	: 13/03/2017
Fecha de Inicio del Ensayo	: 13/03/2017
Fecha de Emisión de Informe	: 30/03/2017
Página	: 2 de 2

Estaño (Sn)	No detectable	0,0117	0,0351
Estroncio (Sr)	0,012	0,0000	0,0000
Titanio (Ti)	0,012	0,0000	0,0000
Talio (Tl)	No detectable	0,0072	0,0216
Vanadio (V)	0,002	0,0009	0,0026
Zinc (Zn)	0,057	0,0003	0,0009
Mercurio (Hg)	No detectable	0,0117	0,0020

OBSERVACIONES:

- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL –DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y 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. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
 CQFDA 00624
 ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC





UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
 ✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Aptdo. 1350
 AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO
N° DE INFORME: ANA13C17.002603B

Nombre del Cliente	: JAVIER CAPACOILA COILA
Dirección del Cliente	: JIRON MAMA OCLLO MZ M2 LOTE 4
RUC	: NO CORRESPONDE
Condición del Muestreado	: POR EL CLIENTE
Descripción	: AGUA SUPERFICIAL P2
Tamaño de muestra	: 500 mL
Fecha de Recepción	: 13/03/2017
Fecha de Inicio del Ensayo	: 13/03/2017
Fecha de Emisión de Informe	: 30/03/2017
Página	: 1 de 2

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L) Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7			
ANALISIS	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN
Plata (Ag)	No detectable	0,0003	0,0009
Aluminio (Al)	0,279	0,3765	1,1294
Arsénico (As)	No detectable	0,0048	0,0144
Boro (B)	0,105	0,0000	0,0000
Bario (Ba)	0,023	0,0001	0,0003
Berilio (Be)	No detectable	0,0000	0,0000
Calcio (Ca)	0,727	0,0002	0,0006
Cadmio (Cd)	No detectable	0,0001	0,0003
Cobalto (Co)	No detectable	0,0001	0,0003
Cromo (Cr)	No detectable	0,0003	0,0009
Cobre (Cu)	0,006	0,0009	0,0027
Hierro (Fe)	0,230	0,0010	0,0029
Potasio (K)	1,887	0,0009	0,0028
Litio (Li)	0,012	0,0015	0,0045
Magnesio (Mg)	0,151	0,0032	0,0095
Manganeso (Mn)	0,106	0,0000	0,0000
Molibdeno (Mo)	No detectable	0,0009	0,0027
Sodio (Na)	5,861	0,0061	0,0182
Niquel (Ni)	0,005	0,0007	0,0020
Fosforo (P)	1,254	0,0126	0,0378
Plomo (Pb)	No detectable	0,0004	0,0013
Antimonio (Sb)	No detectable	0,0027	0,0081
Selenio (Se)	No detectable	0,0028	0,0085
Silicio (Si)	12,555	0,0072	0,0216





**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD**

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apto. 1350
AREQUIPA - PERU



**INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA13C17.002603B**

Nombre del Cliente	: JAVIER CAPACOILA COILA
Dirección del Cliente	: JIRON MAMA OCLLO MZ M2 LOTE 4
RUC	: NO CORRESPONDE
Condición del Muestreado	: POR EL CLIENTE
Descripción	: AGUA SUPERFICIAL P2
Tamaño de muestra	: 500 mL
Fecha de Recepción	: 13/03/2017
Fecha de Inicio del Ensayo	: 13/03/2017
Fecha de Emisión de Informe	: 30/03/2017
Página	: 2 de 2

Estaño (Sn)	No detectable	0,0117	0,0351
Estroncio (Sr)	0,017	0,0000	0,0000
Titanio (Ti)	0,002	0,0000	0,0000
Talio (Tl)	No detectable	0,0072	0,0216
Vanadio (V)	No detectable	0,0009	0,0026
Zinc (Zn)	0,039	0,0003	0,0009
Mercurio (Hg)	No detectable	0,0009	0,006

OBSERVACIONES:

- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL –DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y 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. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
 CQFDA 00824
 ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC





UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
 ✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apto. 1350
 AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA13C17.002603C

Nombre del Cliente	: JAVIER CAPACOILA COILA
Dirección del Cliente	: JIRON MAMA OCLLO MZ M2 LOTE 4
RUC	: NO CORRESPONDE
Condición del Muestreado	: POR EL CLIENTE
Descripción	: AGUA SUPERFICIAL P3
Tamaño de muestra	: 500 mL
Fecha de Recepción	: 13/03/2017
Fecha de Inicio del Ensayo	: 13/03/2017
Fecha de Emisión de Informe	: 30/03/2017
Página	: 1 de 2

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L)			
Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7			
ANALISIS	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN
Plata (Ag)	No detectable	0,0003	0,0009
Aluminio (Al)	No detectable	0,3765	1,1294
Arsénico (As)	No detectable	0,0048	0,0144
Boro (B)	0,047	0,0000	0,0000
Bario (Ba)	0,025	0,0001	0,0003
Berilio (Be)	No detectable	0,0000	0,0000
Calcio (Ca)	0,421	0,0002	0,0006
Cadmio (Cd)	No detectable	0,0001	0,0003
Cobalto (Co)	No detectable	0,0001	0,0003
Cromo (Cr)	No detectable	0,0003	0,0009
Cobre (Cu)	0,007	0,0009	0,0027
Hierro (Fe)	0,856	0,0010	0,0029
Potasio (K)	0,367	0,0009	0,0028
Litio (Li)	0,007	0,0015	0,0045
Magnesio (Mg)	0,080	0,0032	0,0095
Manganeso (Mn)	0,086	0,0000	0,0000
Molibdeno (Mo)	No detectable	0,0009	0,0027
Sodio (Na)	2,053	0,0061	0,0182
Niquel (Ni)	No detectable	0,0007	0,0020
Fosforo (P)	0,141	0,0126	0,0378
Plomo (Pb)	No detectable	0,0004	0,0013
Antimonio (Sb)	No detectable	0,0027	0,0081
Selenio (Se)	No detectable	0,0028	0,0085
Silicio (Si)	13,935	0,0072	0,0216





**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD**

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 + 51 54 382038 ANEXO 1166
✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Aptdo. 1350
AREQUIPA - PERU



**INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA13C17.002603C**

Nombre del Cliente	: JAVIER CAPACOILA COILA
Dirección del Cliente	: JIRON MAMA OCLLO MZ M2 LOTE 4
RUC	: NO CORRESPONDE
Condición del Muestreado	: POR EL CLIENTE
Descripción	: AGUA SUPERFICIAL P3
Tamaño de muestra	: 500 mL
Fecha de Recepción	: 13/03/2017
Fecha de Inicio del Ensayo	: 13/03/2017
Fecha de Emisión de Informe	: 30/03/2017
Página	: 2 de 2

Estaño (Sn)	No detectable	0,0117	0,0351
Estroncio (Sr)	0,012	0,0000	0,0000
Titanio (Ti)	0,018	0,0000	0,0000
Talio (Tl)	No detectable	0,0072	0,0216
Vanadio (V)	No detectable	0,0009	0,0026
Zinc (Zn)	0,056	0,0003	0,0009
Mercurio (Hg)	No detectable	0,0009	0,0006

OBSERVACIONES:

- Este documento al ser emitido sin el simbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL –DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y 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. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abrii Ramírez
 CQFDA 00624
 ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC





UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
 ✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apto. 1350
 AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA13C17.002603D

Nombre del Cliente	: JAVIER CAPACOILA COILA
Dirección del Cliente	: JIRON MAMA OCLLO MZ M2 LOTE 4
RUC	: NO CORRESPONDE
Condición del Muestreado	: POR EL CLIENTE
Descripción	: AGUA SUPERFICIAL P4
Tamaño de muestra	: 500 mL
Fecha de Recepción	: 13/03/2017
Fecha de Inicio del Ensayo	: 13/03/2017
Fecha de Emisión de Informe	: 30/03/2017
Página	: 1 de 2

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L) Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7			
ANALISIS	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN
Plata (Ag)	No detectable	0,0003	0,0009
Aluminio (Al)	No detectable	0,3765	1,1294
Arsénico (As)	No detectable	0,0048	0,0144
Boro (B)	0,051	0,0000	0,0000
Bario (Ba)	0,023	0,0001	0,0003
Berilio (Be)	No detectable	0,0000	0,0000
Calcio (Ca)	0,450	0,0002	0,0006
Cadmio (Cd)	No detectable	0,0001	0,0003
Cobalto (Co)	No detectable	0,0001	0,0003
Cromo (Cr)	No detectable	0,0003	0,0009
Cobre (Cu)	No detectable	0,0009	0,0027
Hierro (Fe)	0,689	0,0010	0,0029
Potasio (K)	0,378	0,0009	0,0028
Litio (Li)	0,008	0,0015	0,0045
Magnesio (Mg)	0,089	0,0032	0,0095
Manganeso (Mn)	0,057	0,0000	0,0000
Molibdeno (Mo)	0,001	0,0009	0,0027
Sodio (Na)	2,227	0,0061	0,0182
Niquel (Ni)	No detectable	0,0007	0,0020
Fosforo (P)	No detectable	0,0126	0,0378
Plomo (Pb)	No detectable	0,0004	0,0013
Antimonio (Sb)	No detectable	0,0027	0,0081
Selenio (Se)	No detectable	0,0028	0,0085
Silicio (Si)	14,185	0,0072	0,0216





**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD**

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apto. 1350
AREQUIPA - PERU



**INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA13C17.002603D**

Nombre del Cliente	: JAVIER CAPACOILA COILA
Dirección del Cliente	: JIRON MAMA OCLLO MZ M2 LOTE 4
RUC	: NO CORRESPONDE
Condición del Muestreado	: POR EL CLIENTE
Descripción	: AGUA SUPERFICIAL P4
Tamaño de muestra	: 500 mL
Fecha de Recepción	: 13/03/2017
Fecha de Inicio del Ensayo	: 13/03/2017
Fecha de Emisión de Informe	: 30/03/2017
Página	: 2 de 2

Estaño (Sn)	No detectable	0,0117	0,0351
Estroncio (Sr)	0,012	0,0000	0,0000
Titanio (Ti)	0,013	0,0000	0,0000
Talio (Tl)	No detectable	0,0072	0,0216
Vanadio (V)	0,002	0,0009	0,0026
Zinc (Zn)	0,038	0,0003	0,0009
Mercurio (Hg)	No detectable	0,0009	0,0006

OBSERVACIONES:

- Este documento al ser emitido sin el simbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL -DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y 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. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Ricardo A. Abrii Ramírez
 Q.F. Ricardo A. Abrii Ramírez
 CQFDA 00624
 ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC





UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
 ✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📍 Aptdo. 1350
 AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA13C17.002603E

Nombre del Cliente	: JAVIER CAPACOILA COILA
Dirección del Cliente	: JIRON MAMA OCLLO MZ M2 LOTE 4
RUC	: NO CORRESPONDE
Condición del Muestreado	: POR EL CLIENTE
Descripción	: AGUA SUPERFICIAL P5
Tamaño de muestra	: 500 mL
Fecha de Recepción	: 13/03/2017
Fecha de Inicio del Ensayo	: 13/03/2017
Fecha de Emisión de Informe	: 30/03/2017
Página	: 1 de 2

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L) Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7			
ANALISIS	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN
Plata (Ag)	No detectable	0,0003	0,0009
Aluminio (Al)	1,043	0,3765	1,1294
Arsénico (As)	0,013	0,0048	0,0144
Boro (B)	0,062	0,0000	0,0000
Bario (Ba)	0,028	0,0001	0,0003
Berilio (Be)	No detectable	0,0000	0,0000
Calcio (Ca)	0,540	0,0002	0,0006
Cadmio (Cd)	No detectable	0,0001	0,0003
Cobalto (Co)	No detectable	0,0001	0,0003
Cromo (Cr)	No detectable	0,0003	0,0009
Cobre (Cu)	0,004	0,0009	0,0027
Hierro (Fe)	0,821	0,0010	0,0029
Potasio (K)	0,474	0,0009	0,0028
Litio (Li)	0,010	0,0015	0,0045
Magnesio (Mg)	0,103	0,0032	0,0095
Manganeso (Mn)	0,080	0,0000	0,0000
Molibdeno (Mo)	0,001	0,0009	0,0027
Sodio (Na)	2,636	0,0061	0,0182
Niquel (Ni)	No detectable	0,0007	0,0020
Fosforo (P)	0,065	0,0126	0,0378
Plomo (Pb)	No detectable	0,0004	0,0013
Antimonio (Sb)	0,001	0,0027	0,0081
Selenio (Se)	No detectable	0,0028	0,0085
Silicio (Si)	17,115	0,0072	0,0216





UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
 ✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📍 Aptdo. 1350
 AREQUIPA - PERU



INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA13C17.002603E

Nombre del Cliente : JAVIER CAPACOILA COILA
Dirección del Cliente : JIRON MAMA OCLLO MZ M2 LOTE 4
RUC : NO CORRESPONDE
Condición del Muestreado : POR EL CLIENTE
Descripción : AGUA SUPERFICIAL P5
Tamaño de muestra : 500 mL
Fecha de Recepción : 13/03/2017
Fecha de Inicio del Ensayo : 13/03/2017
Fecha de Emisión de Informe : 30/03/2017
Página : 2 de 2

Estaño (Sn)	No detectable	0,0117	0,0351
Estroncio (Sr)	0,014	0,0000	0,0000
Titanio (Ti)	0,016	0,0000	0,0000
Talio (Tl)	No detectable	0,0072	0,0216
Vanadio (V)	No detectable	0,0009	0,0026
Zinc (Zn)	0,043	0,0003	0,0009
Mercurio (Hg)	No detectable	0,0009	0,0006

OBSERVACIONES:

- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL -DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y 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. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
 CQFDA 00624
 ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC



c. RESULTADOS DEL LABORATORIO DEL SEGUNDO MUESTREO

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE- 070



Registro N°LE- 070



**INFORME DE ENSAYO
N° DE INFORME: ANA12F17.002756A**

Nombre del Cliente : Javier Capacoila Coila
Dirección del Cliente : Jirón Mama Ocllo Mz Lote 4
RUC : No corresponde
Condición del Muestreado : Por el cliente
Descripción : Muestra P1
Tamaño de muestra : 500 mL
Fecha de Recepción : 12/06/2017
Fecha de Inicio del Ensayo : 12/06/2017
Fecha de Emisión de Informe : 19/06/2017
Página : 1 de 2

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L)
 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7

ANALISIS	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN
Plata (Ag)	No detectable	0,0000	0,0000
Aluminio (Al)	No detectable	0,0058	0,0174
Arsénico (As)	0,027	0,0053	0,0158
Boro (B)	0,713	0,0025	0,0076
Bario (Ba)	0,036	0,0000	0,0000
Berilio (Be)	No detectable	0,0000	0,0000
Calcio (Ca)	66,794	0,0017	0,0051
Cadmio (Cd)	No detectable	0,0000	0,0000
Cobalto (Co)	No detectable	0,0009	0,0028
Cromo (Cr)	No detectable	0,0013	0,0038
Cobre (Cu)	No detectable	0,0109	0,0328
Hierro (Fe)	No detectable	0,0024	0,0073
Potasio (K)	12,535	0,0057	0,0170
Litio (Li)	0,316	0,0050	0,0150
Magnesio (Mg)	12,438	0,0035	0,0106
Manganeso (Mn)	No detectable	0,0000	0,0000
Molibdeno (Mo)	No detectable	0,0015	0,0046
Sodio (Na)	141,754	0,0089	0,0268
Niquel (Ni)	No detectable	0,0025	0,0074
Fosforo (P)	0,066	0,0086	0,0258
Plomo (Pb)	No detectable	0,0041	0,0123
Antimonio (Sb)	No detectable	0,0102	0,0306
Selenio (Se)	No detectable	0,0065	0,0195
Silicio (Si)	16,529	0,0081	0,0244
Estaño (Sn)	No detectable	0,0032	0,0095



LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
 ✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apto. 1350
 AREQUIPA - PERU

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE- 070



**INFORME DE ENSAYO
N° DE INFORME: ANA12F17.002756A**

Nombre del Cliente : Javier Capacoila Coila
Dirección del Cliente : Jirón Mama Ocllo Mz Lote 4
RUC : No corresponde
Condición del Muestreado : Por el cliente
Descripción : Muestra P1
Tamaño de muestra : 500 mL
Fecha de Recepción : 12/06/2017
Fecha de Inicio del Ensayo : 12/06/2017
Fecha de Emisión de Informe : 19/06/2017
Página : 2 de 2

Estroncio (Sr)	1,523	0,0000	0,0000
Titanio (Ti)	No detectable	0,0009	0,0028
Talio (Tl)	No detectable	0,0024	0,0071
Vanadio (V)	No detectable	0,0024	0,0073
Zinc (Zn)	No detectable	0,0019	0,0057
*Mercurio (Hg)	No detectable	0,0020	0,0040

OBSERVACIONES:

- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y 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. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad.
- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA.
- (***) Ensayo subcontratado.


 Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
 CQFDA 00624
 ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE- 070



Registro N°LE- 070



INFORME DE ENSAYO
N° DE INFORME: ANA12F17.002756B

Nombre del Cliente : Javier Capacoila Coila
 Dirección del Cliente : Jirón Mama Ocllo Mz Lote 4
 RUC : No corresponde
 Condición del Muestreado : Por el cliente
 Descripción : Muestra P2
 Tamaño de muestra : 500 mL
 Fecha de Recepción : 12/06/2017
 Fecha de Inicio del Ensayo : 12/06/2017
 Fecha de Emisión de Informe : 19/06/2017
 Página : 1 de 2

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L)
 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7

ANALISIS	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN
Plata (Ag)	No detectable	0,0000	0,0000
Aluminio (Al)	0,142	0,0058	0,0174
Arsénico (As)	0,022	0,0053	0,0158
Boro (B)	0,816	0,0025	0,0076
Bario (Ba)	0,079	0,0000	0,0000
Berilio (Be)	No detectable	0,0000	0,0000
Calcio (Ca)	87,834	0,0017	0,0051
Cadmio (Cd)	No detectable	0,0000	0,0000
Cobalto (Co)	No detectable	0,0009	0,0028
Cromo (Cr)	No detectable	0,0013	0,0038
Cobre (Cu)	No detectable	0,0109	0,0328
Hierro (Fe)	0,184	0,0024	0,0073
Potasio (K)	46,345	0,0057	0,0170
Litio (Li)	0,236	0,0050	0,0150
Magnesio (Mg)	22,988	0,0035	0,0106
Manganeso (Mn)	0,460	0,0000	0,0000
Molibdeno (Mo)	No detectable	0,0015	0,0046
Sodio (Na)	220,454	0,0089	0,0268
Niquel (Ni)	No detectable	0,0025	0,0074
Fosforo (P)	10,287	0,0086	0,0258
Plomo (Pb)	No detectable	0,0041	0,0123
Antimonio (Sb)	No detectable	0,0102	0,0306
Selenio (Se)	No detectable	0,0065	0,0195
Silicio (Si)	28,719	0,0081	0,0244
Estaño (Sn)	No detectable	0,0032	0,0095



LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD
 Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
 ✉ laboratoriodensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apto. 1350
 AREQUIPA - PERU

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE- 070



**INFORME DE ENSAYO
N° DE INFORME: ANA12F17.002756B**

Nombre del Cliente : Javier Capacoila Coila
Dirección del Cliente : Jirón Mama Ocllo Mz Lote 4
RUC : No corresponde
Condición del Muestreado : Por el cliente
Descripción : Muestra P2
Tamaño de muestra : 500 mL
Fecha de Recepción : 12/06/2017
Fecha de Inicio del Ensayo : 12/06/2017
Fecha de Emisión de Informe : 19/06/2017
Página : 2 de 2

Estroncio (Sr)	1,307	0,0000	0,0000
Titanio (Ti)	No detectable	0,0009	0,0028
Talio (Tl)	No detectable	0,0024	0,0071
Vanadio (V)	No detectable	0,0024	0,0073
Zinc (Zn)	0,043	0,0019	0,0057
*Mercurio (Hg)	No detectable	0,0020	0,0040

OBSERVACIONES:

- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y 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. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad.
- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA.
- (***) Ensayo subcontratado.

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
 CQFDA 00624
 ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE- 070



Registro N°LE- 070



**INFORME DE ENSAYO
N° DE INFORME: ANA12F17.002756C**

Nombre del Cliente : Javier Capacoila Coila
Dirección del Cliente : Jirón Mama Ocllo Mz Lote 4
RUC : No corresponde
Condición del Muestreado : Por el cliente
Descripción : Muestra P3
Tamaño de muestra : 500 mL
Fecha de Recepción : 12/06/2017
Fecha de Inicio del Ensayo : 12/06/2017
Fecha de Emisión de Informe : 19/06/2017
Página : 1 de 2

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L)
 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7

ANALISIS	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN
Plata (Ag)	No detectable	0,0000	0,0000
Aluminio (Al)	0,036	0,0058	0,0174
Arsénico (As)	0,028	0,0053	0,0158
Boro (B)	0,775	0,0025	0,0076
Bario (Ba)	0,080	0,0000	0,0000
Berilio (Be)	No detectable	0,0000	0,0000
Calcio (Ca)	68,644	0,0017	0,0051
Cadmio (Cd)	No detectable	0,0000	0,0000
Cobalto (Co)	No detectable	0,0009	0,0028
Cromo (Cr)	No detectable	0,0013	0,0038
Cobre (Cu)	No detectable	0,0109	0,0328
Hierro (Fe)	No detectable	0,0024	0,0073
Potasio (K)	13,285	0,0057	0,0170
Litio (Li)	0,322	0,0050	0,0150
Magnesio (Mg)	13,088	0,0035	0,0106
Manganeso (Mn)	No detectable	0,0000	0,0000
Molibdeno (Mo)	No detectable	0,0015	0,0046
Sodio (Na)	149,754	0,0089	0,0268
Niquel (Ni)	No detectable	0,0025	0,0074
Fosforo (P)	0,345	0,0086	0,0258
Plomo (Pb)	No detectable	0,0041	0,0123
Antimonio (Sb)	No detectable	0,0102	0,0306
Selenio (Se)	No detectable	0,0065	0,0195
Silicio (Si)	16,619	0,0081	0,0244
Estaño (Sn)	No detectable	0,0032	0,0095



LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD
 Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
 ✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Aptdo. 1350
 AREQUIPA - PERU

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE- 070



Registro N°LE- 070



**INFORME DE ENSAYO
N° DE INFORME: ANA12F17.002756C**

Nombre del Cliente : Javier Capacoila Coila
 Dirección del Cliente : Jirón Mama Ocllo Mz Lote 4
 RUC : No corresponde
 Condición del Muestreado : Por el cliente
 Descripción : Muestra P3
 Tamaño de muestra : 500 mL
 Fecha de Recepción : 12/06/2017
 Fecha de Inicio del Ensayo : 12/06/2017
 Fecha de Emisión de Informe : 19/06/2017
 Página : 2 de 2

Estroncio (Sr)	1,550	0,0000	0,0000
Titanio (Ti)	No detectable	0,0009	0,0028
Talio (Tl)	No detectable	0,0024	0,0071
Vanadio (V)	No detectable	0,0024	0,0073
Zinc (Zn)	No detectable	0,0019	0,0057
*Mercurio (Hg)	No detectable	0,0020	0,0040

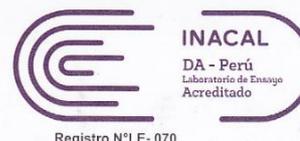
OBSERVACIONES:

- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y 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. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad.
- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA.
- (**) Ensayo subcontratado.

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
 CQFDA 00624
 ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE- 070



**INFORME DE ENSAYO
N° DE INFORME: ANA12F17.002756D**

Nombre del Cliente : Javier Capacoila Coila
Dirección del Cliente : Jirón Mama Ocllo Mz Lote 4
RUC : No corresponde
Condición del Muestreado : Por el cliente
Descripción : Muestra P4
Tamaño de muestra : 500 mL
Fecha de Recepción : 12/06/2017
Fecha de Inicio del Ensayo : 12/06/2017
Fecha de Emisión de Informe : 19/06/2017
Página : 1 de 2

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L)
 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7

ANALISIS	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN
Plata (Ag)	No detectable	0,0000	0,0000
Aluminio (Al)	No detectable	0,0058	0,0174
Arsénico (As)	No detectable	0,0053	0,0158
Boro (B)	0,790	0,0025	0,0076
Bario (Ba)	0,089	0,0000	0,0000
Berilio (Be)	No detectable	0,0000	0,0000
Calcio (Ca)	70,964	0,0017	0,0051
Cadmio (Cd)	No detectable	0,0000	0,0000
Cobalto (Co)	No detectable	0,0009	0,0028
Cromo (Cr)	No detectable	0,0013	0,0038
Cobre (Cu)	No detectable	0,0109	0,0328
Hierro (Fe)	No detectable	0,0024	0,0073
Potasio (K)	13,255	0,0057	0,0170
Litio (Li)	0,326	0,0050	0,0150
Magnesio (Mg)	13,478	0,0035	0,0106
Manganeso (Mn)	No detectable	0,0000	0,0000
Molibdeno (Mo)	No detectable	0,0015	0,0046
Sodio (Na)	150,354	0,0089	0,0268
Niquel (Ni)	No detectable	0,0025	0,0074
Fosforo (P)	0,328	0,0086	0,0258
Plomo (Pb)	No detectable	0,0041	0,0123
Antimonio (Sb)	No detectable	0,0102	0,0306
Selenio (Se)	No detectable	0,0065	0,0195
Silicio (Si)	16,519	0,0081	0,0244
Estaño (Sn)	No detectable	0,0032	0,0095

LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD
 Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1168
 ✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apto. 1350
 AREQUIPA - PERU



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE- 070



Registro N°LE- 070



**INFORME DE ENSAYO
N° DE INFORME: ANA12F17.002756D**

Nombre del Cliente : Javier Capacoila Coila
Dirección del Cliente : Jirón Mama Ocllo Mz Lote 4
RUC : No corresponde
Condición del Muestreado : Por el cliente
Descripción : Muestra P4
Tamaño de muestra : 500 mL
Fecha de Recepción : 12/06/2017
Fecha de Inicio del Ensayo : 12/06/2017
Fecha de Emisión de Informe : 19/06/2017
Página : 2 de 2

Estroncio (Sr)	1,569	0,0000	0,0000
Titanio (Ti)	No detectable	0,0009	0,0028
Talio (Tl)	No detectable	0,0024	0,0071
Vanadio (V)	No detectable	0,0024	0,0073
Zinc (Zn)	No detectable	0,0019	0,0057
*Mercurio (Hg)	No detectable	0,0020	0,0040

OBSERVACIONES:

- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y 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. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad.
- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA.
- (**) Ensayo subcontratado.

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
 CQFDA 00624
 ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE- 070



Registro N°LE- 070



**INFORME DE ENSAYO
N° DE INFORME: ANA12F17.002756E**

Nombre del Cliente : Javier Capacoila Coila
Dirección del Cliente : Jirón Mama Ocllo Mz Lote 4
RUC : No corresponde
Condición del Muestreado : Por el cliente
Descripción : Muestra P5
Tamaño de muestra : 500 mL
Fecha de Recepción : 12/06/2017
Fecha de Inicio del Ensayo : 12/06/2017
Fecha de Emisión de Informe : 19/06/2017
Página : 1 de 2

DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES (mg/L)
 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7

ANALISIS	RESULTADO	LÍMITE DE DETECCIÓN	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN
Plata (Ag)	No detectable	0,0000	0,0000
Aluminio (Al)	0,017	0,0058	0,0174
Arsénico (As)	0,029	0,0053	0,0158
Boro (B)	0,777	0,0025	0,0076
Bario (Ba)	0,089	0,0000	0,0000
Berilio (Be)	No detectable	0,0000	0,0000
Calcio (Ca)	68,814	0,0017	0,0051
Cadmio (Cd)	No detectable	0,0000	0,0000
Cobalto (Co)	No detectable	0,0009	0,0028
Cromo (Cr)	No detectable	0,0013	0,0038
Cobre (Cu)	No detectable	0,0109	0,0328
Hierro (Fe)	No detectable	0,0024	0,0073
Potasio (K)	13,285	0,0057	0,0170
Litio (Li)	0,324	0,0050	0,0150
Magnesio (Mg)	13,208	0,0035	0,0106
Manganeso (Mn)	No detectable	0,0000	0,0000
Molibdeno (Mo)	No detectable	0,0015	0,0046
Sodio (Na)	151,954	0,0089	0,0268
Niquel (Ni)	No detectable	0,0025	0,0074
Fosforo (P)	0,333	0,0086	0,0258
Plomo (Pb)	No detectable	0,0041	0,0123
Antimonio (Sb)	No detectable	0,0102	0,0306
Selenio (Se)	No detectable	0,0065	0,0195
Silicio (Si)	16,399	0,0081	0,0244
Estaño (Sn)	No detectable	0,0032	0,0095

LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD
 Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1168
 ✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apto. 1350
 AREQUIPA - PERU



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE- 070



Registro N°LE- 070



**INFORME DE ENSAYO
N° DE INFORME: ANA12F17.002756E**

Nombre del Cliente : Javier Capacoila Coila
Dirección del Cliente : Jirón Mama Ocllo Mz Lote 4
RUC : No corresponde
Condición del Muestreado : Por el cliente
Descripción : Muestra P5
Tamaño de muestra : 500 mL
Fecha de Recepción : 12/06/2017
Fecha de Inicio del Ensayo : 12/06/2017
Fecha de Emisión de Informe : 19/06/2017
Página : 2 de 2

Estroncio (Sr)	1,552	0,0000	0,0000
Titanio (Ti)	No detectable	0,0009	0,0028
Talio (Tl)	No detectable	0,0024	0,0071
Vanadio (V)	No detectable	0,0024	0,0073
Zinc (Zn)	No detectable	0,0019	0,0057
*Mercurio (Hg)	No detectable	0,0020	0,0040

OBSERVACIONES:

- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y 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. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad.
- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA.
- (**) Ensayo subcontratado.

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
 Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
 CQFDA 00624
 ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC



d. FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATO DE CAMPO

Tabla 18: Ficha de muestreo.

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS DEL PROYECTO DE TESIS				
<p>FECHA Y HORA DE MUESTREO</p>		<p>MUESTRA <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td style="padding: 2px 10px;">P-1</td></tr></table></p>	P-1	
P-1				
FECHA:	12/3/2017	<input checked="" type="checkbox"/>	1° MUESTREO	
HORA:	8:30 AM	<input type="checkbox"/>	2° MUESTREO	
DESCRIPCION DE LUGAR				
PAIS:	Peru			
DEPARTAMENTO:	Puno			
PROVINCIA:	San Roman			
DISTRITO:	Juliaca			
NOMBRE DE LUGAR:	Puente Unucolla			
REFERENCIA DE LUGAR:	final de la avenida Huancane			
NOMBRE DEL RECOLECTOR DE LA MUESTRA				
NOMBRE:	Javier			
APELLIDOS:	Capacoila Coila			
ASESORES EN LA RECOLECCION DE DATOS				
1	NOMBRE:	German		
	APELLIDOS:	Belizario Quispe		
2	NOMBRE:	Dalmiro		
	APELLIDOS:	Cornejo Olarte		
DATOS A MEDIR EN CAMPO MISMO				
TEMPERATURA:	13	°C		
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA :	164	μS/cm		
pH:	7.31			