

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
PROGRAMA DE DOCTORADO
DOCTORADO EN CIENCIA TECNOLOGÍA Y MEDIO
AMBIENTE



TESIS

**“EVALUACIÓN DE RIESGO AMBIENTAL EN EL ÁREA DE
INFLUENCIA MINERA DEL RÍO CRUCERO POR PLOMO Y MERCURIO
- DISTRITO DE ANANEA”**

PRESENTADA POR:

MOISÉS PÉREZ CAPA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

PUNO, PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

PROGRAMA DE DOCTORADO

DOCTORADO EN CIENCIA TECNOLOGIA Y MEDIO AMBIENTE



TESIS

“EVALUACIÓN DE RIESGO AMBIENTAL EN EL ÁREA DE INFLUENCIA
MINERA DEL RIO CRUCERO POR PLOMO Y MERCURIO - DISTRITO DE
ANANEA”

PRESENTADA POR:

MOISÉS PÉREZ CAPA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

Dr. ROBERTO FLORO GALLEGOS ACERO

PRIMER MIEMBRO

Ph.D. SABINO ATENCIO LIMACHI

SEGUNDO MIEMBRO

Dr. ÁNGEL CANALES GUTIÉRREZ

ASESOR DE TESIS

Dr. DANTE ATILIO SALAS ÁVILA

Puno, 17 de noviembre de 2017

ÁREA: Ciencia, tecnología y medio ambiente.

TEMA: Riesgo ambiental del río por plomo y mercurio.

DEDICATORIA

A Nuestro Padre Celestial y a mis padres José Santos y Patricia por todas las bendiciones recibidas a lo largo de toda mi vida.

A mis Hermanos Bertha, Olga, Juana, Juan y Flor de María, en reconocimiento a su comprensión y tolerancia en mi formación personal, profesional y laboral.

A mi esposa Amelia Esperanza, con gratitud, por estar siempre a mi lado compartiendo e incentivando mis ideales, sueños y esperanzas.

A mis Hijos José Brian y José Ángel, por ser fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

AGRADECIMIENTOS

- Mis agradecimientos a la Universidad Nacional del Altiplano, a la Escuela de Posgrado, Doctorado en Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, en la que complemente mi formación pos profesional.
- A los Docentes del Doctorado en Ciencia Tecnología y Medio Ambiente por su contribución académica a mi formación pos profesional.
- Al M.Sc. Ing. Dalmiro Cornejo Olarte, por su apoyo y asesoramiento durante el desarrollo del trabajo de investigación y por compartir sus conocimientos y orientaciones en el aspecto profesional y académico.
- Al Ing. Jorge Aruhuanca Cartagena, por su apoyo incondicional durante la ejecución del trabajo de investigación.
- Al Ing. Jaime Chincheros Paniagua, Jefe del Laboratorio de Control de Calidad Ambiental de la Universidad San Andrés de Bolivia, Facultad de Ciencia Puras y Naturales, por las facilidades y su atención en el tiempo que realicé el trabajo de investigación, así como a todas las personas que contribuyeron directa e indirectamente a que este trabajo de investigación se realice.

ÍNDICE GENERAL

	Pag.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.2.1 Problema general	5
1.2.2 Problemas específicos	6
1.3 OBJETIVOS	6
1.3.1 Objetivo general	6
1.3.2 Objetivos Específicos	6
1.4 HIPÓTESIS	7
1.4.1 Hipótesis General	7
1.4.2 Hipótesis específicas	7
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO	
2.1 ANTECEDENTES	8
2.2 MARCO REFERENCIAL	11
2.2.1 Ecosistema	11
2.2.2 Medio ambiente	12
	iii

2.2.3 Degradación ambiental	13
2.2.4 Contaminación ambiental	14
2.2.5 Salud ambiental	15
2.2.6 Impacto ambiental	15
2.2.7 Riesgo ambiental	21
2.2.8 Agua y minería en el Perú	23
2.2.9 Metales pesados	25
2.2.10 Factores inherentes a los metales	25
2.2.11 Factores bioquímicos ambientales	26
2.3 MARCO CONCEPTUAL	29
2.3.1 Agua	29
2.3.2 Hidrología	30
2.3.3 Geomorfología	30
2.3.4 Atmosfera	30
2.3.5 Suelo	31
2.3.6 Sedimentos	31
2.3.7 Flora	32
2.3.8 Fauna	32
2.3.9 Hábitat	32
2.3.10 Contaminación	33
2.3.11 Contaminante	33
2.3.12 Muestra	33
2.3.13 Muestreo	34
2.3.14 Limite permisible	34
2.3.15 Espectroscopia atómica	35
2.4 MARCO LEGAL	35
2.4.1 Estándares de Calidad Ambiental	35
2.4.2 Gestión ambiental minera	36
2.4.3 Marco legal e institucional de protección al medio ambiente	37

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 LUGAR DE ESTUDIO	41
3.1.1 Accesibilidad	41
3.1.2 Geomorfología	42
3.1.3 Clima y meteorología	43
3.2 MINERÍA EN EL DISTRITO DE ANANEA	44
3.2.1 Ubicación de los lugares de muestreo del área de estudio	45
3.3 MUESTRA	51
3.3.1 Muestreo de aguas	51
3.3.2 Muestreo de sedimentos	52
3.3.3 Monitoreo biológico	53
3.4 MÉTODOS	54
3.5 DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS POR OBJETIVOS	55
3.5.1 Determinaciones analíticas	56
3.5.2 Evaluación de riesgo ambiental	60
3.6 EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS AMBIENTALES	65
3.6.1 Criterios de calificación	65
3.6.2 Evaluación de Impactos	67

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE INFLUENCIA DEL RIO CRUCERO	72
4.1.1 Geográfica	72
4.1.2 Geomorfológica	74
4.1.3 Clima y meteorología	75
4.1.4 Minería en Ananea	77
4.1.5 Contaminación ambiental de la zona de influencia del rio Crucero	80

4.2 NIVELES DE CONTAMINACIÓN AGUAS, SEDIMENTOS Y PLANTAS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL RIO CRUCERO	81
4.3 ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN EN AGUAS, SEDIMENTOS Y PLANTAS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL RIO CRUCERO POR PARÁMETRO DE MEDIDA	81
4.3.1 Parámetros químicos	82
4.3.2 Parámetros fisicoquímicos	96
4.4 EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS AMBIENTALES	100
CONCLUSIONES	114
RECOMENDACIONES	117
BIBLIOGRAFIA	119
ANEXOS	132



ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
1. Vías de acceso a la zona de estudio	41
2. Ubicación de los puntos de muestreo	45
3. Límites de calidad de aguas para consumo y clase y de Perú (en $\mu\text{g/L}$)	55
4. Límites máximos permisibles en sedimentos	55
5. Componentes ambientales susceptibles de ser impactados	61
6. Interacción entre actividades y los componentes ambientales	63
7. Identificación de riesgos	63
8. Impactos y los procesos que ocasionarían su ocurrencia	64
9. Criterios de calificación	66
10. Valores para calificación de impactos	67
11. Tipo de impacto y código de color	68
12. Rangos de valor y código de color	69
13. Matriz de identificación de impacto ambientales	70
14. Matriz de valoración de los impactos ambientales	71
15. Precipitación total mensual (mm)	75
16. Evaporación promedio mensual (mm)	76
17. Temperatura media mensual y anual $^{\circ}\text{C}$	76
18. Humedad relativa promedio mensual (%)	77
19. Empresas mineras en la zona de ananea	78
20. Población afectada por la contaminación ambiental por la actividad minera en la zona de influencia del río Crucero	81
21. Concentración de mercurio en las muestras de aguas (mg/L), río Crucero.	82
22. Concentración de plomo en las muestras de aguas (mg/L), río Crucero.	83
23. Concentración de mercurio en las muestras de sedimentos (mg/kg)	87
24. Concentración de plomo en las muestras de sedimentos (mg/kg)	89

25. Muestras orgánicas (plantas acuáticas) mercurio total (mg/kg)	92
26. Muestras orgánicas (plantas acuáticas) plomo total (mg/kg)	94
27. Parámetro fisicoquímico: conductividad	97
28. Parámetro fisicoquímico: pH	99
29. Resultados de la valoración de riesgos ambientales	102
30. Valoración de riesgos ambientales en el área de influencia	104
31. Consolidado de la valoración de impactos ambientales negativos y positivos	104
32. Análisis por categoría	105
33. Análisis por componente	107
34. Ingreso per cápita en el departamento de Puno	108
35. Ingreso familiar per cápita en el distrito de Crucero	108
36. Análisis por parámetro	109
37. Matriz de Leopold	133
38. Diseño estadístico: anova simple de un factor, para el parámetro químico concentración de plomo en las muestras de aguas (mg/L)	134
39. Diseño estadístico: anova simple de un factor, para el parámetro químico concentración de mercurio en las muestras de sedimentos (mg/kg)	134
40. Diseño estadístico: anova simple de un factor, para el parámetro químico concentración de plomo en las muestras de sedimentos (mg/kg)	135
41. Diseño estadístico: anova simple de un factor, para el parámetro químico concentración de mercurio en las muestras de plantas (mg/kg)	135
42. Diseño estadístico: anova simple de un factor, para el parámetro químico concentración de plomo en las muestras de plantas (mg/kg)	136
43. Principales especies de la fauna terrestre altiplánica	138
44. Parámetros físico químicos de las aguas, 6 puntos de muestreo, setiembre 2015	148
45. Parámetros químicos de los sedimentos, 5 puntos de muestreo, setiembre 2015	148

- | | |
|---|-----|
| 46. Parámetros químicos de las plantas, 6 puntos de muestreo, setiembre 2015 | 149 |
| 47. Parámetros físico químicos de las aguas, 6 puntos de muestreo, marzo 2016 | 149 |
| 48. Parámetros químicos de los sedimentos, 5 puntos de muestreo, marzo 2016 | 150 |
| 49. Parámetros químicos de las plantas, 6 puntos de muestreo, marzo 2016. | 150 |



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
1. Curva medioambiental de Kuznets	20
2. Rutas de acceso al área de estudio	42
3. Ubicación de los puntos de muestreo a lo largo del cauce del río Crucero.	46
4. Perfil de altitud de los puntos de muestreo a lo largo del cauce del río Crucero	46
5. Imagen satelital de la zona de influencia de río Crucero	73
6. Variación del contenido de plomo en agua del río Crucero, setiembre - 2015 y marzo-2016	84
7. Variación del contenido del mercurio en los sedimentos del río Crucero, setiembre-2015 y marzo-2016	88
8. Variación del contenido de plomo en los sedimentos del río Crucero, setiembre-2015 y marzo-2016	90
9. Variación del contenido de mercurio en las plantas del río Crucero, setiembre - 2015 y marzo -2016	93
10. Variación del contenido plomo en las plantas del río Crucero, setiembre-2015 y marzo-2016	95
11. Variación de la conductividad a lo largo del río Crucero, setiembre-2015 y marzo-2016	97
12. Variación del pH a lo largo del río Crucero, setiembre-2015 y marzo-2016.	99
13. Porcentaje de impactos positivos y negativos	105
14. Porcentaje de impactos por categoría	106
15. Porcentaje de impactos por componentes	107
16. Porcentaje de impacto por parámetros	110
17. Flora de la zona (ichu).M2, poblado Wacchani, 2015	137
18. Macrofito: cladophora crispata, punto M3, desvío Sandía, 2015	138

19. Inicio de toma de muestras de agua. Desembocadura Pampa Blanca, 2015	140
20. Naciente del río Crucero, con material particulado producto de la minería, 2016	140
21. Toma de muestra de agua punto M2, poblado Wacchani, 2015	140
22. Toma de muestra de sedimento, punto M3, desvío Sandia, 2015	141



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pag.
1. Matriz de Leopold	133
2. Diseño estadístico	134
3. Flora y fauna de la región del altiplano	137
4. Fotografías de la zona de influencia	140
5. Formatos de cadenas de custodia	142
6. Protocolos de muestreo	145
7. Consolidado de los parámetros fisicoquímicos (informe de ensayos, LCA 2015-2016)	148
8. Informe de ensayos.	151



RESUMEN

La investigación sobre la evaluación de riesgo ambiental en el área de influencia minera del río Crucero por plomo y mercurio – Distrito de Ananea, se realizó con el objetivo de determinar los riesgos ambientales producidos por la actividad minera, la metodología utilizada está basada en la toma de muestras de aguas y sedimentos, con los siguientes resultados: **aguas**, plomo fluctúa entre el valor máximo 0,031 mg/L y mínimo 0,005 mg/L setiembre-2015 y el valor máximo 0,185 mg/L y mínimo 0,01 mg/L marzo-2016, **sedimentos**, mercurio entre el valor máximo 0,860 mg/kg y mínimo 0,330 mg/kg setiembre-2015 y el valor máximo 0,400 mg/kg y mínimo 0,160 mg/kg marzo-2016, plomo entre el valor máximo 55 mg/kg y mínimo 20 mg/kg setiembre-2015 y el valor máximo 30 mg/kg y mínimo 17 mg/kg marzo-2016, **plantas**, mercurio fluctúa entre el valor mínimo 0,200 mg/kg y máximo 0,750 mg/kg setiembre-2015 y el valor mínimo 0,200 mg/kg y máximo 0,520 mg/kg marzo-2016, plomo entre el valor mínimo 0,710 mg/kg y máximo 4,200 mg/kg, en los puntos de muestreo M3 y M4, setiembre-2015 y el valor mínimo 2,100 mg/kg y máximo 5,400 mg/kg, en los puntos de muestreo M1 y M5, marzo-2016. La evaluación de riesgo ambiental de los componentes ambientales: aire el 5,11%, agua el 13,09%, suelo el 15,95%, flora el 20,25%, fauna el 21,68%, y social el 14,93% presentan impactos de carácter negativo y el económico 9,00% refleja riesgo positivo. La investigación concluye que un tercio de los componentes: aire, agua y suelos son impactos negativos, del cual el agua receptiona el 13,09%, en cambio la dinamización del comercio y otros ingresos contribuyen en un 9,00% de riesgos positivos.

Palabras claves: concentración, contaminación, degradación, valoración, riesgo ambiental.

ABSTRACT

The research on environmental risk assessment in the mining influence area of the river Crucero by lead and mercury - District of Ananea, was made with the objective of determining the environmental risks produced by the mining activity, the methodology used is based on the of water and sediment samples, with the following results: **waters**, lead fluctuates between the maximum value 0.031 mg / L and minimum 0.005 mg / L September-2015 and the maximum value 0.185 mg / L and minimum 0.01 mg / L March-2016 , **sediments**, mercury between the maximum value 0.860 mg / kg and minimum 0.330 mg / kg September-2015 and the maximum value 0.400 mg / kg and minimum 0.160 mg / kg March-2016, lead between the maximum value 55 mg / kg and minimum 20 mg / kg September-2015 and the maximum value 30 mg / kg and minimum 17 mg / kg March-2016, **plants**, mercury fluctuates between the minimum value of 0,200 mg / kg and maximum 0,750 mg / kg September-2015 and the minimum value of 0,200 mg / kg and maximum 0,520 mg / kg March-2016, lead between the minimum value 0,710 mg / kg and maximum 4,200 mg / kg, at sampling points M3 and M4, September-2015 and the minimum value 2,100 mg / kg and maximum 5,400 mg / kg, at sampling points M1 and M5, March-2016. The environmental risk assessment of the environmental components: air 5.11%, water 13.09%, soil 15.95%, flora 20.25%, fauna 21.68%, and social 14, 93% have negative impacts and the economic 9.00% reflects positive risk. The research concludes that one third of the components: air, water and soil are negative impacts, of which water receives 13.09%, while the dynamization of trade and other income contribute in a 9.00% of positive risks.

Keywords: concentration, pollution, degradation, valuation, environmental risk.

INTRODUCCIÓN

La industria minera es una actividad productiva vital para la macroeconomía de nuestro país; la mayoría de las actividades mineras se concentran en las cuencas altas de los ríos, y el mal manejo contribuye a desencadenar efectos ambientales adversos que repercuten en toda la cuenca y también en el desarrollo de otras actividades productivas. Por ello, la actividad minera desarrollada mayormente sobre los 3 500 msnm, es un factor preocupante de la gestión del agua en las cuencas debido al alto riesgo de contaminación por los vertimientos del procesamiento de minerales y por la existencia de pasivos ambientales mineros, sin embargo, el impacto negativo y acumulativo del mal manejo de sus residuos constituye un problema grave para la salud de la población y del medio ambiente.

Esto nos lleva a definir el concepto de **impacto ambiental** de una actividad: la diferencia existente en el medio natural entre el momento en que la actividad comienza, el momento en que la actividad se desarrolla, y, sobre todo, el momento en que cesa. Estas cuestiones, que hace algunos años no se percibían como un **factor de riesgo** para el futuro de la humanidad, hoy se contemplan con gran preocupación, que no siempre está justificada, pues el hombre viene alterando el medio desde que ha sido capaz de ello, pero ciertamente los abusos cometidos en este campo han hecho que crezca la conciencia de la necesidad de regular estos impactos. De cualquier manera, también debe quedar claro que el hombre necesita los recursos mineros hoy, y los necesitará en el futuro.

Se ha estimado que más de la mitad de las 5818 comunidades campesinas ubicadas principalmente en la sierra del Perú coexisten con

actividades mineras, lo cual constituye un riesgo ambiental al modo de vida rural, porque ellos dependen de actividades agropecuarias como medios de sustento, donde la agricultura se encuentra amenazada por el riego de aguas contaminadas con metales pesados (elementos tóxicos), producto del ineficiente tratamiento de aguas residuales de la minería y de la presencia de pasivos. Entre los metales de mayor importancia toxicológica y ecotoxicológica en ambientes acuáticos figuran: 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.

Por otro lado, La explotación y comercialización de oro constituye una gran posibilidad de desarrollo económico y social para la región Puno, considerada como de extrema pobreza, sin embargo existe el riesgo de que el desarrollo de la actividad minera en la zona de Ananea, ocasione graves consecuencias en el medio ambiente y en la salud de las poblaciones residentes dentro del área de influencia, ya sea por un inadecuado manejo de las sustancias contaminantes como el mercurio y cianuro o por la diseminación de enfermedades infecciosas debido a la utilización de fuerza de trabajo migratoria.

A través del trabajo de Tesis Doctoral, se evaluó los riesgos ambientales, los niveles de concentración de los metales pesados Plomo y mercurio, y se realizó la valoración económica como consecuencia de la evaluación de los riesgos ambientales.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Las industrias extractivas pueden causar degradación ambiental. En la fase de exploración y explotación, se puede provocar la deforestación, fragmentación de hábitats y pérdida de biodiversidad, a su vez, destruir los medios de subsistencia que las comunidades locales requieren. Por ejemplo, la construcción de caminos de acceso puede abrir territorios vírgenes para que sean explotados; la eliminación de los desechos de la minería puede contaminar los cuerpos de agua; aun cuando los relaves son almacenados adecuadamente, existe la posibilidad de que los diques que los contienen puedan desbordarse; los drenajes ácidos de las minas también contaminan el suelo y las aguas, al igual que los derrames de mercurio y cianuro. La actividad minera se ha constituido en un factor preocupante de la gestión del agua en las cuencas, no por el volumen de demanda, que es relativamente pequeño (2 % a nivel nacional), sino por el alto riesgo de su contaminación debido a los vertimientos

resultantes del procesamiento de los minerales. Este temor se funda en la mala experiencia con antiguas minas, hoy convertidas en pasivos ambientales diseminados por todo el país. Precisamente la contaminación ambiental que afecta esta zona es debido a la actividad de empresas mineras y minería artesanal informal o ilegal, que hacen un daño irreversible al ambiente para lo cual el estado peruano recién hoy en día persigue el equilibrio entre los derechos y obligaciones de los mineros artesanales y empresas enfatizando el tema ambiental de acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental (ECAS). Actualmente estas empresas mineras y los mineros artesanales drenan sus relaves y efluentes líquidos hacia el río Crucero que resulta afectada y que además incide directamente en toda la zona del Distrito de Ananea e indirectamente en sus actividades ganaderas, agrícolas, domésticas y otros.

Los problemas de contaminación del agua derivados del mal manejo de residuos de la actividad minera incluyen el drenaje de aguas ácidas de mina, la contaminación por elementos tóxicos y el incremento de sedimentos en los ríos. Asimismo, los sedimentos acumulados por estancamiento en los ríos constituyen un riesgo por el potencial de redisolución, en consecuencia, por medio de las aguas superficiales, estos contaminantes pueden llegar hasta tierras de cultivo donde las plantas absorben elementos del suelo con la capacidad de biotransformar, bioacumular y llevar los contaminantes a estratos superiores de la cadena alimenticia. Por esto, los elementos tóxicos son de gran preocupación para la salud ambiental, entre ellos el plomo puede causar varios efectos no deseados, como son: Perturbación de la biosíntesis de hemoglobina y anemia, incremento de la presión sanguínea o taquicardia, daño a los riñones, perturbación del sistema nervioso, daño al cerebro, disminución de las

habilidades de aprendizaje de los niños, jóvenes y adultos, acidez estomacal, causadas por las partículas no degradables plúmbicas, problemas en la audición y equilibrio debilitamiento del tejido óseo por el depósito de las partículas plúmbicas no degradables en huesos. Por otro lado cuando el mercurio ha alcanzado las aguas superficiales y sedimentos los microorganismos pueden convertirlo en metil-mercurio, sustancia que puede ser absorbida rápidamente por la mayoría de los organismos y que daña al sistema nervioso. Los peces son organismos que absorben gran cantidad de metil-mercurio del agua superficial cada día. Como consecuencia, el metil-mercurio puede acumularse en peces y en las cadenas alimenticias de las que forman parte.

Por lo que la evaluación de riesgos ambientales, la valoración económica, en el área de influencia del río Crucero por exposición al plomo y mercurio es de vital importancia para la protección del medio ambiente en el área que presenta zonas urbanas y de potencial crecimiento, pues la explotación minera artesanal afecta al medio ambiente generando impactos y modificaciones en la zona de Ananea, frente a estos inconvenientes y su riesgo como contaminantes ambientales, es necesario realizar esta investigación para determinar y evaluar los riesgos ambientales en el distrito en mención y así determinar las medidas de mitigación de los impactos ambientales generados.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema general

- Cuales son los riesgos ambientales y estimables en el área de influencia del río Crucero por exposición al plomo y mercurio en el Distrito de Ananea como consecuencia de la actividad minera en la zona.

1.2.2 Problemas específicos

- Cuál es la situación Ambiental de los componentes ambientales y sociales (ambiente físico y biológico), del Distrito de Ananea.
- Cuales son los niveles de concentración de plomo y mercurio en agua, sedimento y plantas en el rio Crucero-Distrito de Ananea denominado como sitio de mayor potencial de riesgo y comparar estos con los valores de referencia.
- Cual es la valoración económica debido a los riesgos ambientales en el área de influencia del rio Crucero por exposición a plomo y mercurio -Distrito de Ananea.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Evaluar los riesgos ambientales y estimables en el área de influencia del rio Crucero por exposición al plomo y mercurio en el Distrito de Ananea aplicando el análisis matricial causa-efecto.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar la línea de base de la situación ambiental actual rio Crucero- Distrito de Ananea.
- Determinar los valores de concentración de plomo y mercurio, en agua, sedimento y plantas, para interpretar la magnitud e importancia, de los riesgos ambientales derivados de ello tiene una incidencia negativa sobre la zona de influencia.

- Analizar, valorar los riesgos ambientales en la zona de influencia, en función a las actividades socioeconómicas, por exposición al plomo y mercurio en el Distrito de Ananea.

1.4 HIPÓTESIS

1.4.1 Hipótesis General

Los riesgos ambientales y estimables en el río Crucero por exposición al plomo y mercurio en el Distrito de Ananea tienen relación directa con la actividad minera en la zona.

1.4.2 Hipótesis específicas

- La situación ambiental de los componentes ambientales y biológicos en el río Crucero-Distrito de Ananea, nos indican las características del entorno y el estado de contaminación actual del medio ambiente.
- Los valores de concentración de plomo y mercurio, superan los Límites Permisibles de Calidad Ambiental, cuyos impactos derivados de ello tienen una incidencia negativa sobre el medio ambiente.
- Los riesgos ambientales, en el Distrito de Ananea tiene relación directa por exposición al plomo y mercurio que recibe, en función de las actividades socioeconómicas que se desarrolla en la zona de estudio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

Las alteraciones en la calidad de las aguas por presencia de metales pesados son menores en la zona norte del Lago, mientras que, hacia el sur, se tienen las concentraciones de metales pesados disueltos más elevadas. En dicho punto de muestreo, se ha registrado en plantas de la época seca, los valores de máxima presencia de As (1,6 mg/l); mientras que en el punto 2, en la misma época, se han registrado los máximos valores de Zinc, Cadmio, y Plomo (25, 0.02 y 1.0 mg/l) (Zamora, 2007), las concentraciones de mercurio correspondientes a sedimentos no contaminados son sumamente bajas, y sus niveles van de 0,03 mg/kg a 0,2 mg/kg (Forstner, 1993; Bryan y Langston, 1992), en las muestras de Sedimento el plomo presento niveles de 2.9µg/gps hasta 8.72µg/gps como valor extremo (García, 2005).

Aproximadamente el 90% de los niños muestran niveles inaceptables de plomo en su sangre entre 25 y 44 µg/dL (más de 10 µg/dL) y aproximadamente

el 50% de los niños muestran niveles que ameritan intervención clínica y reubicación inmediata, más de 25 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (Valdés, *et al*, 1999), los porcentajes de casos con niveles hemáticos de plomo en sangre desde 0 hasta 69 $\mu\text{g}/\text{dL}$ en La Oroya y Concepción divididos en cuatro grados de elevación: de menos de 10 $\mu\text{g}/\text{dl}$; de 10 a 19 $\mu\text{g}/\text{dl}$; de 20 a 44 $\mu\text{g}/\text{dl}$; y de 45 a 69 $\mu\text{g}/\text{dl}$. Se puede apreciar en este cuadro que mientras en La Oroya solo un 2.7% de los casos (equivalente a una sola persona) tiene un nivel de menos de 10 $\mu\text{g}/\text{dl}$, en Concepción el 76.19% está en este grado de nivel no elevado de plomo en sangre. Lo opuesto se puede ver especialmente en niveles elevados de 20 a 44 $\mu\text{g}/\text{dL}$ donde el 72,22% de la población de La Oroya tiene estos niveles de elevación en comparación con Concepción donde sólo el 4,6% tiene estos niveles (Universidad de San Luis en St. Louis, Missouri, Estados Unidos, y el Arzobispado de Huancayo, 2005).

La investigación referida a la contaminación del lago Titicaca y sus afluentes, determinó que existen concentraciones de hasta 0,63mg/g de mercurio en los tejidos de los peces, siendo el límite para consumo humano, 0,3mg/g para EEUU y 0,5mg/g para otros países (Gerbrant, 2004), se han detectado niveles de mercurio entre 0.5 y 1.0 $\mu\text{g}/\text{L}$ en el río San Juan en Querétaro y en los ríos Tula, Tepeji, de 0.062 a 57.94 $\mu\text{g}/\text{L}$ en sedimentos (Yarto, *et al*, 2001), los valores encontrados para mercurio en la bahía de Concepción (0,20-1,32 ppb) y desembocadura del río Bío-Bío (0,26-0,42 ppb) con comparativamente similares a los informados por SERPLAC, 1980 (0,27-1,60 ppb (Chuecas, 1989).

Los estudios realizados para determinar las concentraciones de mercurio demuestran que existe una relación directa entre las concentraciones en peces

con los alrededores a las zonas con influencia directa de vertimientos de aguas de extracción minera aurífera, encontrándose valores superiores a la norma de 0,5 µg/g de mercurio (Mancera-Rodríguez, 2006), con respecto a la estimación de riesgos en la salud: Los mayores riesgos por efectos No Cancerígenos “No Aceptables” por arsénico (HQ>1) suceden en Villa de la Paz y son ligeramente mayores de los que ocurren en Matehuala. Los mayores riesgos por efectos No Cancerígeno “No Aceptables” probablemente se dan para el grupo poblacional de los niños (Chávez, 2004).

El Ministerio del Ambiente de Perú en el 2013, elaboro una caracterización denominada, “*Línea Base Ambiental de la Cuenca del Lago Titicaca*”, en la que realizo un diagnóstico de la situación vital de la Cuenca del Lago Titicaca, que proporciona un panorama del estado de los ecosistemas en función de sus recursos físicos, bióticos y socioeconómicos, para establecer los lineamientos y orientar acciones para la **Recuperación de la Calidad Ambiental de la Cuenca del Lago Titicaca** en articulación con los actores directos e indirectos constituidos a través de la Comisión Multisectorial para la Prevención y Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago Titicaca y sus Afluentes (Ministerio del Ambiente, 2013), en su investigación “Aplicación de la Matriz de Leopold para la Identificación y Valoración de Impacto Ambiental en Minería” concluye lo siguiente: La aplicación de la matriz de Leopold nos da resultados sobre la fragilidad de los factores ambientales y el grado de agresividad de cada acción ambiental, de manera que si aplicamos una medida correctora sobre una acción se verán los efectos positivos sobre los factores afectados (Arroyo, 2006).

El conflicto social debe ser entendido como un proceso complejo en el cual sectores de la sociedad, el Estado y las empresas perciben que sus

objetivos, intereses, valores o necesidades son contradictorios y esa contradicción puede derivar en violencia. En nuestro país y región la conflictividad social, frente a los conflictos sociales, la Defensoría del Pueblo despliega sus facultades de defensa y supervisión para prevenir e intermediar a fin de evitar situaciones que puedan amenazar o violar derechos fundamentales, así como abrir el camino a procesos de diálogo que ayuden a solucionar un conflicto social; en sus reportes mensuales da cuenta que los conflictos SOCIOAMBIENTALES principalmente el sector minero es la motivación más importante de los conflictos locales y regionales, los conflictos sociales activos más comunes, tienen que ver con problemas socio ambientales (113); De estos, el 61.9% corresponde a conflictos por actividades mineras, el 13.3% está relacionado con el sector hidrocarburos, el 4.4% está referido a residuos y saneamiento, el 9.7% a recursos energéticos, 1.8% tiene que ver con tala ilegal en una zona de reserva, el 1.8% está referido al rubro agroindustrial (Defensoría del pueblo, 2016).

2.2 MARCO REFERENCIAL

2.2.1 Ecosistema

El ecosistema o sistema ecológico está constituido por la comunidad y su entorno abiótico en forma conjunta. Constituye la unidad funcional básica en ecología. Lo comprenden todos los elementos físicos, químicos y biológicos necesarios para sostener la vida en un espacio determinado. El hábitat es el espacio con sus características bióticas y abióticas que ocupa una especie en un ecosistema determinado, es pues el lugar en el que vive tal especie. Mientras que nicho ecológico son todos los factores bióticos y

abióticos que una especie necesita para poder vivir y cumplir funciones dentro del ecosistema, tales como su habitad, la luz, los nutrientes, el agua, etc (Andaluz, 2011).

2.2.2 Medio ambiente

El ambiente es el conjunto de elementos sociales, económicos, culturales, bióticos y abióticos que interactúan en un espacio y tiempo determinados; lo cual podría graficarse como la sumatoria de la Naturaleza y las manifestaciones humanas en un lugar y tiempo concretos (Andaluz, 2011).

2.2.2.1 Medio físico o medio natural

Es el sistema constituido por los elementos y procesos del ambiente natural y sus relaciones con el hombre. A su vez lo componen 4 subsistemas:

- **medio inerte:** aire, tierra, agua.
- **medio biótico:** flora y fauna (anexo 03).
- **medio perceptual:** unidades de paisaje tales como: valles, cuencas, cordones montañosos, vistas (en el sentido paisajístico, como fondo escénico), etc.
- **medio Socio-económico:** constituido por estructuras, condiciones sociales, histórico-culturales-patrimoniales y económicas de la población de un área determinada (Andaluz, 2011).

2.2.2.2 Línea de base

Es una auditoría del "estado del medioambiente". Esta permite desarrollar un marco de referencia para poder controlar adecuadamente los cambios medioambientales generados durante y después de la actividad minera. Los siguientes parámetros que cubrió la investigación son los siguientes: características de la zona de influencia, físico, biológico, socioeconómico (May, 2010).

2.2.3 Degradación ambiental

El término *degradación ambiental* aparece en el informe de Brundtland, y se utiliza para referirse a problemas ambientales como el calentamiento global, destrucción de la capa de ozono, entre otros (ONU, 1987). La degradación ambiental puede definirse como la pérdida progresiva de la aptitud de los recursos naturales para prestar bienes y servicios a la humanidad, producida por contaminación del ambiente y también por depredación de los recursos naturales. Debido a las complejas relaciones de interdependencia que existe entre los ecosistemas y las actividades humanas, la degradación suele tener efectos en cadena (Andaluz, 2011). De igual manera, degradación ambiental es definida como un conjunto de alteraciones de origen humano que afectan a los ecosistemas y ciclos ecológicos, lo cual incrementa la probabilidad de cierto tipo de desastres y aumenta su poder destructivo, como, por ejemplo, la deforestación intensifica el peligro de inundaciones y deslizamientos de tierras; la extracción masiva de aguas subterráneas y contaminación de aguas superficiales produce escasez de agua dulce (Chafe, 2007; Corzo, 2015).

2.2.4 Contaminación ambiental

La contaminación ambiental se produce cuando el hombre introduce en el ambiente, directa o indirectamente, agentes físicos, químicos, biológicos o una combinación de estos; en cantidades que superan los límites máximos permisibles o que permanecen por un tiempo tal, que hacen que el medio receptor adquiera características diferentes a las originales, resultando perjudiciales o nocivas para la naturaleza (Andaluz, 2011), la industria minero-metalúrgica ha sido una fuente de contaminación por Arsénico, mercurio y plomo en aire, suelos, aguas superficiales y acuíferos (Nriagu, *et al.* 1988), la toxicidad de un suelo debida a los metales pesados y elementos asociados es una consecuencia directa de sus concentraciones en las fases bioasimilables; es decir, la solución del suelo y las formas absorbidas (Parmo, 2002), debido al carácter acumulativo y de permanencia del mercurio y el plomo, la población puede estar expuesta e incorporarlo a su organismo como consecuencia de su extensa difusión en el ambiente (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2007). Sobre todo niños, en donde se asientan estas fuentes de contaminación pueden estar expuestos a estos metales a través de la ingesta o inhalación de polvo o de suelos contaminados (Paoliello, *et.al*, 2002), y también de manera directa a través de la absorción o el contacto dérmico o al consumir productos cultivados en suelos contaminados (Agencia para sustancias Toxicas y el Registro de Enfermedades, 2007).

2.2.5 Salud ambiental

La Organización Mundial para la Salud adopta la concepción de Salud como aquellos aspectos de la salud humana, incluida la calidad de vida, que son determinados por factores ambientales físicos, químicos, biológicos, sociales y psicosociales. También se refiere a la teoría y práctica de la evaluación, corrección, control y prevención de los factores ambientales que pueden afectar en forma adversa la salud de las generaciones presentes y futuras.

2.2.6 Impacto ambiental

Se puede definir el Impacto Ambiental (IA) como la variación, alteración, modificación o cambio en el ambiente, o en alguno de sus componentes. Esta alteración, de cierta magnitud y complejidad, es el resultado de los efectos de todas las acciones o actividades humanas por lo que puede generar efectos positivos o negativos (Rodríguez, 2005), en áreas cercanas a sitios mineros se reportan impactos en el medio y efectos en la salud humana (Cappuyns, *et al*, 2006), los efectos serán más nocivos si la actividad minera se realiza con tecnologías antiguas y sin infraestructura adecuada, por lo que es de suma importancia que toda actividad minera cuente con estudios de impacto ambiental y cumpla con las normas y estándares que la ley establece (Parmo, 2002).

2.2.6.1 Identificación de impacto ambiental

Con esta etapa, el estudio alcanza una de sus fases más importantes, se trata de definir las repercusiones que tendrán el proyecto o la actividad a realizar sobre el ambiente descrito y sobre

sus elementos más significativos. Cada impacto deberá ser valorado sobre una base lógica, medible y fácilmente identificable. Posteriormente, el análisis debe llegar a una sinergia que permita identificar y medir el efecto acumulativo del total de los impactos identificados (Choluca, 2002). Dentro de los estudios de impacto ambiental, uno de los puntos más relevantes es la identificación de los potenciales impactos ambientales resultantes de la ejecución del proyecto en sus diferentes etapas.

La identificación de los impactos ambientales, es una de las tareas más complejas, y como ya se ha señalado, su realización implica una serie de pasos y actividades previas, estas actividades básicamente pueden resumirse dentro de los siguientes puntos:

- Conocer el proyecto y sus alternativas
- Conocer el ambiente o entorno donde se desarrollará el proyecto
- Determinar las interacciones entre ambos (relaciones recíprocas entre ambos) (Canter, 2002).

Sin el desarrollo y conocimiento de cada uno de los puntos señalados anteriormente, no es posible realizar la identificación de los impactos ambientales, ya que esta actividad se desarrolla en dos líneas paralelas, una que analiza el proyecto y que desemboca en la identificación de acciones susceptibles de generar impactos significativos y otra que analiza el entorno afectado para identificar los factores del medio que presumiblemente serán alterados por aquellas acciones. (Canter, 2002).

Cabe señalar, que aunque la palabra “impacto” ha adquirido un

significado de negatividad entre los individuos con limitada experiencia en los procesos de evaluación; los impactos son meras consecuencias de acciones propuestas. Estas consecuencias pueden ser por sí mismas adversas o benéficas, significativas o no significativas. De este modo, la identificación de impactos no solo está encaminada a determinar aquellos efectos perjudiciales resultantes de la ejecución del proyecto, sino también aquellos que resultarán benéficos para el entorno, entendiendo como parte de éste a la población y sus interacciones socioeconómicas.

2.2.6.2 Evaluación de impacto ambiental

La evaluación de Impacto Ambiental es una herramienta predictiva de la Gestión Ambiental que permite de manera previa, conocer que consecuencias va a tener una actividad sobre el medio ambiente, así mismo, sirve también para prevenir futuros impactos, evitando de manera posibles multas y costos derivados de las restauraciones ambientales (Gómez, 2003).

2.2.6.3 Valoración de impacto ambiental

Se reconoce que el proceso de valoración de los impactos ambientales tiene un componente subjetivo basado en el juicio de valor o criterio profesional de los expertos involucrados en el estudio de impacto. Como este criterio es variable entre los distintos expertos, dependiendo de su profesión y del grado de desarrollo de las teorías fundamentales de cada disciplina, es recomendable que la valoración la realice un grupo interdisciplinario de expertos a fin de incrementar

la validez de la tarea. Más aún, los distintos métodos desarrollados apuntan a asegurar que la identificación y valoración de los impactos se fundamente en juicios de valor explícitos, de modo de poder ser inspeccionados o analizados por colegas que sean técnicamente aceptables (Gómez, 2003).

2.2.6.4 Valoración económica del ambiente

Valorar económicamente al ambiente supone el intento de asignar valores cuantitativos a los bienes y servicios proporcionados por los recursos ambientales, independientemente de la existencia de precios de mercado para los mismos. Esto quiere decir que la necesidad de la valoración excede largamente al trabajo que hace el mercado otorgando precios y asignando recursos dentro de la economía. La valoración traduce el impacto ambiental en valores que pueden ser comparados e integrados con criterios económicos y financieros (costo-beneficio) para tomar decisiones acertadas, dejando menos espacio para juicios subjetivos. La valoración provee un veraz indicador de performance económica, La aplicación de impuestos, la asignación de subsidios o la decisión de gastar en conservación de recursos o de mitigación del impacto ambiental requiere de una adecuada valorización de los costos y beneficios ambientales a alcanzar (Gómez, 2003).

2.2.6.5 Crecimiento económico y degradación ambiental

La degradación o pérdida de recursos ambientales constituye un problema económico porque trae aparejada la desaparición de valores

importantes, a veces de forma irreversible. Cada alternativa o camino susceptible de seguirse respecto de un recurso ambiental (conservarlo en su estado natural, dejar que se degrade o convertirlo para destinarlo a otro uso) redundará en pérdidas o ganancia de valores, solo se puede decidir cómo usar un recurso ambiental determinado si los índices actuales de destrucción del mismo son excesivos si estas ganancias y pérdidas se analizan y evalúan correctamente (Arrow, *et al*, 1996).

En tal sentido, a medida que los ingresos aumentan, se presenta degradación ambiental hasta un cierto punto como máximo. Después, los ingresos continúan incrementándose y la degradación ambiental disminuye; es decir, la calidad ambiental mejora (López, *et al*, 2014; Munasinghe, 1999; Quan y Reuveny, 2006), (Figura 1). Una explicación de este resultado es que las personas en los países pobres no pueden priorizar la protección ambiental. Consecuentemente, en las primeras etapas del crecimiento económico, el aumento de la contaminación es considerado como un efecto secundario y aceptable; sin embargo, cuando un país ha alcanzado un nivel de vida estándar suficientemente alto, la gente presta más atención y preocupación por el medio ambiente. Esto conduce a la creación de la legislación ambiental y nuevas instituciones para la protección del medio ambiente (Arrow, *et al*, 1996).

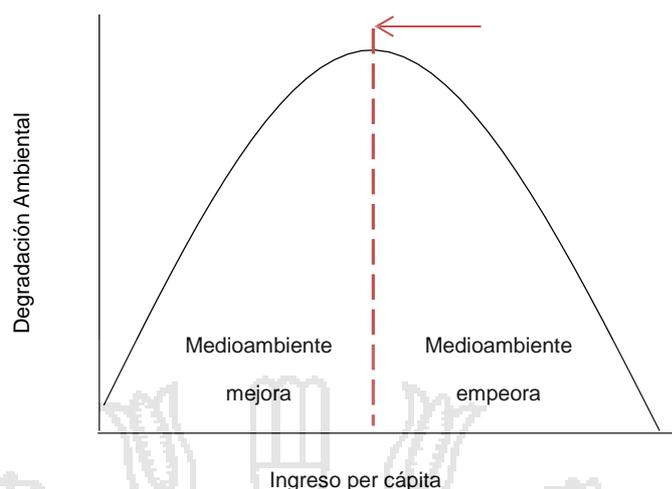


Figura 1. Curva medioambiental de Kuznets

Fuente: (Sundeeep Waslekar, 2014)

La relación de U invertida es evidencia de que esto ha sucedido en determinados casos, pero no constituye evidencia de que eso sucede en todos los demás, mucho menos en el largo plazo; este análisis es importante para evitar las consecuencias irreversibles del crecimiento. Lo que importa es el contenido del crecimiento, la composición de los insumos (recursos naturales) y salidas (desechos de los productos). Este contenido está determinado por la capacidad de carga de los ecosistemas, y las instituciones que norman y rigen la actividad económica (Arrow, *et al*, 1996).

2.2.6.6 Matriz de Leopold

Se utiliza para identificar el impacto inicial de un proyecto en un entorno natural, consiste en una matriz de información donde las columnas representan varias actividades que se hacen durante el proyecto y en las filas se representan varios factores ambientales que son considerados (aire, agua, suelo, entre otros) de la actividad respecto a cada factor ambiental (Espinoza, 2002), (Tabla 37).

La aplicación de la matriz de Leopold nos da resultados sobre la fragilidad de los factores ambientales y el grado de agresividad de cada acción ambiental, de manera que si aplicamos una medida correctora sobre una acción se verán los efectos positivos sobre los factores afectados (Arroyo, 2006).

2.2.7 Riesgo ambiental

La caracterización del riesgo es una estimación cualitativa y/o cuantitativa, que incluye las incertidumbres concomitantes, de la probabilidad de que se produzca un efecto nocivo, conocido o potencial, y de la gravedad que entraña para la salud de una determinada población, basada en la determinación del peligro, su caracterización y la evaluación de la exposición (Serra y Viedma, 2001), presenta un campo particular dentro del más amplio de los riesgos pueden clasificarse como riesgos naturales, debidos a los fenómenos naturales, y riesgos antropogénicos, debidos a las acciones humanas (Carranza, 2001).

La evaluación de riesgos para la salud (ERS) en sitios mineros contaminados, es una herramienta útil para establecer las áreas donde existe el mayor potencial de riesgo por exposición de la población a los contaminantes y, por ello, la de mayor prioridad para su remediación (United States Environmental Protection Agency, 2000). La selección del sitio obedece a que existe información histórica sobre las fuentes primarias y secundarias de contaminación, producto de actividades minero-metalúrgicas, que han afectado a poblaciones como la Rinconada y Ananea. Los de contaminación por arsénico y plomo en medios ambientales; y, en

materia de evaluación de riesgos, la zona cuenta con diversos estudios que han revelado los contaminantes críticos y los riesgos en la biota (Mejía, *et.al*, 1999).

2.2.7.1 Riesgos ambientales sobre la atmósfera

- Por emisión (partículas, gases) o energéticas (ruidos y vibraciones).
- Los gases de la combustión de la maquinaria.
- La emisión de partículas sólidas por el arrastre de polvo en las labores de arranque y carga y en las acumulaciones de materiales o stocks.
- El impacto por ruido y vibraciones del uso de maquinaria y de explosivos.

2.2.7.2 Riesgos sobre el ambiente, flora y fauna

- Alteración del hábitat y paisaje.
- Se manifiesta en lagos, cursos de agua, ríos, la dinámica fluvial, destrucción de la vida acuática.
- Eliminación de la vegetación, aumento de la erosión, La contaminación química afecta a la cubierta vegetal y, por tanto, del hábitat de la fauna.
- En suelos, la minería en general impide el crecimiento de la vegetación. El polvo impide la respiración de las plantas, y el ruido hace emigrar especies animales de su hábitat natural (Mejía, *et.al*, 1999).

2.2.7.3 Riesgos sobre la salud pública

- Por cianuro, mercurio; respiración rápida; agitación; mareo; debilidad; dolor de cabeza; náusea y vómito; ritmo cardíaco rápido. convulsiones; presión sanguínea baja; ritmo cardíaco lento; pérdida de la conciencia; lesión en el pulmón; falla respiratoria que puede llevar a la muerte.
- Posibles enfermedades diarreicas agudas, problemas neurológicos, afecciones a la piel, afecciones a las conjuntivas.
- Bioacumulación en tejidos de metales pesados, mercurio, arsénico, cadmio, cromo, plomo (Goyzueta, *et al*, 2009).

2.2.7.4 Matriz de riesgo

Una matriz de riesgo constituye una herramienta de control y gestión normativa utilizado para identificar las actividades de una empresa, el tipo y nivel de riesgos inherentes a estas actividades y poder realizar una identificación y evaluación de los factores de riesgos presentes y poder aplicar medidas de control a la situación (Canter, 2002).

2.2.8 Agua y minería en el Perú

El agua que sale del altiplano andino sirve como depósito de agua que sustenta a la población aguas abajo y permite el desarrollo de actividades agrícolas (Bebbington y Williams, 2008). No obstante, el altiplano andino también puede incluir dentro de sus ventajas comparativas la riqueza geológica que se concentra principalmente en la cordillera de los Andes (Comunidad Andina, 2010). El desarrollo de actividades mineras requiere

volúmenes grandes de agua durante los procesos de extracción y procesamiento de minerales, sumado a ello, la mayoría de estas actividades se concentra en las cuencas altas de los ríos y su mal manejo afecta negativamente la calidad del agua y repercute en toda la cuenca llevando aguas abajo la contaminación o las especies contaminadas (Bebbington y Bury, 2010; Preciado, 2011; Pascó, 1996). El desarrollo de actividades mineras no solo afecta la calidad de agua y sus funciones ecosistémicas sino también los derechos y las relaciones sociales y culturales en torno al recurso hídrico (Orlove y Caton, 2010; Urteaga, 2011; Corzo, 2015).

2.2.8.1 Minería Legal

Es toda actividad de exploración, explotación y/o beneficio que cuenta con los permisos otorgados por la autoridad competente, para inicio y/o reinicio de operación minera, previo informe técnico favorable (MINEM, 2002).

2.2.8.2 Minería Ilegal

Son aquellas actividades mineras que se realizan sin tener autorización de la Autoridad competente y en zonas prohibidas para explotación. Todas estas actividades están sujetas a interdicción (MINEM, 2002).

2.2.8.3 Minería Informal

Es toda actividad minera que tiene características de la minería ilegal, sin embargo, quienes la realizan han iniciado el proceso de

formalización, además estas actividades se realizan en zonas autorizadas para la actividad extractiva (MINEM, 2002).

2.2.9 Metales pesados

Se denomina metales pesados a aquellos elementos químicos que poseen un peso atómico comprendido entre 63.55 (Cu) y 200.59 (Hg) y que presentan un peso específico superior a 4 g/cm³. Lo que hace tóxicos a los metales pesados no son en general sus características esenciales, sino las concentraciones en las que pueden presentarse y más importante el tipo de especie que forman en un determinado medio (Duffus, 2002).

2.2.10 Factores inherentes a los metales

La toxicidad depende en primer lugar de la propia naturaleza del metal y de su disponibilidad en el ambiente. Atendiendo a estos dos factores (Moore, 1994), clasifico los metales en tres categorías:

- a) No críticos: Na, K, Mg, Ca, H, N, C, P, Fe, S, Cl, Br, F, Li, Rb, Sr, Si, Mn, y Al*. *El aluminio es toxico para la biota, tanto terrestre como acuática, cuando se moviliza a un pH acido (Forstner, 1993).
- b) Tóxicos pero muy insolubles: Ti, Hf, Zr, W, Nb, Ta, Re, Ga, Os, Rh, Ir, Ru y Ba.
- c) Muy tóxicos y relativamente disponibles: Be, Co, Ni, Cu, Zn, Sn, Cr, As, Se, Te, Pd, Ag, Cd, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Sb y Bi.

Un tercer factor a tener en cuenta es el estado molecular que presente el metal. Al estar sometidos a diferentes condiciones ambientales, los metales pesados pueden mostrar diversas configuraciones moleculares. Sus

diferentes especies moleculares o especies químicas pueden suponer distintos grados de bio asimilación o toxicidad (Stumm y Morgan, 1991).

2.2.11 Factores bioquímicos ambientales

El comportamiento y destino de los metales como contaminantes, se encuentra dirigido por una variedad de procesos fisicoquímicos que determinan su biodisponibilidad y movilidad en los sedimentos. En el caso concreto de los contaminantes inorgánicos, la movilidad de estos se encuentra afectada por los parámetros edafológicos del suelo y la tendencia de dichos contaminantes a reaccionar con los componentes del suelo. De este modo, la movilidad de los contaminantes inorgánicos se ve influenciada por las condiciones climáticas, (Forstner, 1993), por otro lado, todos los metales pesados se encuentran presentes en los medios acuáticos, aunque sus concentraciones son muy bajas. Los compuestos orgánicos pueden constituir fases con gran capacidad de captura de cationes metálicos, que en ocasiones dan lugar a fases extremadamente tóxicos (ejemplo, metilmercurio). Dentro de los metales pesados tenemos: Cu, Pb, Hg, As (Castro y Monroy, 2002). Su efecto combinado tiene gran influencia sobre el grado de toxicidad y sobre la incorporación de los metales pesados por la biota acuática (Prosi, 1991; Peralta, *et al.* 2009).

2.2.11.1 Plomo

El plomo participa en reacciones biológicas que determinan su absorción por los organismos. En general actúa como inhibidor de enzimas, alterando el metabolismo celular y por bioacumulación, tiende a depositarse en el tejido óseo. Es un metal muy tóxico para los

organismos acuáticos y sobre todo para los peces (Malpartida, 1996). Puede ser inhalado y absorbido a través del sistema respiratorio o ingerido y absorbido por el tracto gastrointestinal; en el organismo circula en sangre periférica y se deposita sobre todo (90%), en los huesos. El plomo provoca lesiones encefálicas difusas, efectos desmielinizantes sobre el SNP (sistema nervioso periférico), afección hepática y renal, disminución de la espermatogénesis y la barrera hematoencefálica, puede causar daños neurológicos irreversibles, enfermedades renales, efectos hematológicos, gastrointestinales, reproductivos y en el desarrollo (Valdivia, 2005).

2.2.11.2 Mercurio

El mercurio en el suelo se presenta, en principio, precipitado como hidróxido $\text{Hg}(\text{OH})_2$. No obstante, en medios no muy oxidantes el $\text{Hg}(\text{II})$, puede reducirse a $\text{Hg}(\text{I})$ y después a mercurio metálico, el cual es muy volátil y puede difundirse fácilmente por los poros del suelo. La retención de mercurio en los sedimentos bentónicos puede retrasar muchos años la eliminación de la contaminación. Así, por ejemplo, concentraciones elevadas todavía se encontraban presentes en los sedimentos de determinadas zonas de la bahía de Minamata, diez años después de que cesaron las descargas (Bryan y Langston, 1992), el mercurio que se libera en el medio ambiente como metal se convierte en metil-mercurio por una metilación biológica. El metil-mercurio se hidrata en soluciones acuosas y se tienen reacción que dependen del pH y que dan iones oxonio sustituido por el mercurio (Cotton y Wilkinson, 1986). La exposición crónica, por lo general es

producto del consumo de organismos que a partir de la cadena trófica lo han bioacumulado y biomagnificado, especialmente en peces que acumulan mercurio en sus músculos (Mancera-Rodríguez, 2006).

El mercurio inhibe los mecanismos enzimáticos celulares por combinación con los grupos sulfhídrido (Patra, *et al*, 2000). En la exposición prenatal a metil-mercurio, se ve lesión cortical extensa con reducción de la mielinización, acompañadas por alteración permanente en el aprendizaje y alteración en la memoria, (Muhlendahl, 1991). El mercurio tanto elemental como orgánico atraviesa la barrera hematoencefálica y la placenta, se excreta en la orina, las heces fecales y tiene una vida media en la sangre de 60 días, sin embargo, permanece en el riñón y el cerebro durante años (Harrison, 2005).

2.2.11.3 El pH

Es una medida convencional de la acidez o basicidad de soluciones acuosas y constituye un parámetro de interés en la caracterización de un cuerpo de agua, su variación indica las alteraciones producidas por agentes extraños. Por definición el pH de una solución es el logaritmo negativo de la actividad de los iones hidrogeno (Hamilton, *et al*, 1988).

2.2.11.4 Conductividad Eléctrica.

Este parámetro depende de la concentración total de sustancias iónicas disueltas en el agua y la temperatura a la cual se hace la medida, estos iones son capaces de transportar electricidad y a ellos

se debe que las soluciones sean buenas conductoras de la corriente eléctrica (Hamilton, *et al*, 1988). En aguas residuales domésticas, la conductividad puede demostrar el grado de degradación de las características el servicio de abastecimiento del lugar. Algunas aguas industriales pueden llegar a tener conductividad sobre los 1000 mS/m (Romero, 1999).

2.3 MARCO CONCEPTUAL

2.3.1 Agua

El agua es un recurso abundante en la naturaleza que constituye algo más del 70% de la superficie del planeta, forma la lluvia, la nieve, el granizo, la niebla, los ríos, los lagos, manantiales, la napa freática y los océanos. Según su estado puede ser líquida, sólida o evaporada (Andaluz, 2011).

El agua es vital para el ser humano, como el aire y los alimentos. Los humanos pueden vivir solo unos minutos sin oxígeno, una semana sin agua, y un mes sin alimentos (Theis y Tomkin, 2013). Las plantas requieren agua para la fotosíntesis y así producir oxígeno. El agua es el componente esencial para la vida en la Tierra, no solo para la humanidad sino también para todas las especies (Baron, D, 2002; Halliday y Basiro, 2007; Jackson, R, 2001 y Corzo, 2015).

2.3.1.1 Agua dulce

A pesar de que el agua pura no tiene sabor, usamos la expresión dulce para diferenciarla de la contenida en los océanos, la misma que es salada. El agua dulce o continental es la que nos sirve para beber,

conducir los desechos domésticos (desagües), abreviar el ganado, regar las plantas, generar energía hidroeléctrica, aprovechar recursos hidrobiológicos continentales, realizar procesos industriales y mineros y para el transporte fluvial y lacustre (Romero, 1999). Siendo el agua un recurso abundante, el agua fresca o dulce es escasa, ya que solo representa el 3% de toda el agua del mundo; además el 99% del agua dulce es inaccesible, así que únicamente nos queda el 1% para satisfacer nuestras múltiples necesidades. (Andaluz, 2011).

2.3.2 Hidrología

Se denomina hidrología a la ciencia o rama de las Ciencias de la Tierra que se dedica al estudio de la distribución, espacial y temporal, y las propiedades del agua presente en la atmósfera y en la corteza terrestre. Esto incluye las precipitaciones, la escorrentía, la humedad del suelo, la evapotranspiración y el equilibrio de las masas glaciares (Aparicio, 1999).

2.3.3 Geomorfología

Se refiere a los tipos de relieve: Montañas, Colinas y Lomas; Piedemontes; Planicies y Depresiones; estos se basan en cuatro aspectos fundamentales: origen de las geoformas, altura relativa, pendiente del terreno e influencia geológica (Rivera, 2011).

2.3.4 Atmosfera

La atmosfera es la masa de aire que rodea la tierra y juega un papel crítico para mantener estable la temperatura de la superficie del planeta. El aire está compuesto de nitrógeno (78,09%), oxígeno (20,94%), así como por

trazas de argón (0,93%) y dióxido de carbono (0,032%). Resulta vital para la vida pues los humanos necesitamos en promedio 15 kilos de aire diariamente para respirar (Andaluz, 2011).

2.3.5 Suelo

Muchas veces se utilizan las palabras suelo y tierra como sinónimos, pero entre suelo y la tierra podemos decir que existe una relación de género a especie; debiendo entenderse por suelo a toda superficie terrestre, a todo el espacio capaz de soportar los cuerpos que son atraídos por la fuerza de la gravedad; mientras que tierra debe aplicarse solo a aquel suelo que es fértil gracias a la flora y fauna microbianas que lo hacen orgánico. Por eso, aunque es común utilizar ambos términos como sinónimos, vamos a preferir el vocablo tierra cuando nos referimos al suelo renovable (Andaluz, 2011).

2.3.6 Sedimentos

Los sedimentos son muy consistentes y por lo general, concuerdan con los registrados para las aguas, presentando lógicamente una menor variabilidad. Esto se debe a que los sedimentos actúan como reservorios a largo plazo de contaminantes persistentes poco solubles en agua (hidrófobos) integrando toda la variabilidad que caracteriza al medio fluido. De esta manera constituyen un registro del pasado, de las diferentes etapas de destrucción a la que fue sometido (a menos que haya sido dragado), una suerte de “memoria” del cuerpo de agua receptor, (Romero, 1999). Los estudios referidos al lecho de un río, abarcan todo lo que tiene que ver con la flora y la fauna que vive asociada al fondo, es decir el bento, y las relaciones de la microflora de este último, con el tipo, cantidad y calidad de sedimentos.

Por este motivo la textura de los sedimentos (%de arcilla, %de limo y % de arena) es un parámetro importante (Romero, 1999).

Dado que bajo la mayoría de las condiciones los sedimentos alojan intensa actividad microbiana, la biodegradación es el proceso más importante de degradación para contaminantes orgánicos (Malpartida, 1996).

2.3.7 Flora

La flora es el conjunto de especies vegetales que pueblan un territorio o una región geográfica, consideradas desde el punto de vista sistemático. La flora será rica o pobre según que la región geográfica considerada posea muchas especies vegetales o escaso número de ellas. El conjunto de flora es de muy variable amplitud, según el punto de vista desde el que se considere. Así, se puede hablar de flora de un país determinado (Reservasvalle, 2007).

2.3.8 Fauna

El concepto de fauna, se refiere al conjunto de animales en sus diferentes clasificaciones, como mamíferos, reptiles, aves, etc. La diversidad de la fauna depende de la capa vegetal, de la presencia de otros animales, de la existencia de fuentes de agua, de factores topográficos y fisiográficos y de la acción del hombre entre otros aspectos (Reservasvalle, 2007).

2.3.9 Hábitat

Entendiendo este término como "territorio que presenta unas condiciones ambientales determinadas y que está habitado por un conjunto de seres vivos para los que tales condiciones son las adecuadas" (Camacho,

2000).

2.3.10 Contaminación

Es todo cambio indeseable en las características del aire, el agua, el suelo o los alimentos, afectando nocivamente la salud, la sobrevivencia o las actividades de los humanos u otros organismos vivos (Seoáñez, 1993). Cambio indeseable de las propiedades físicas, químicas y biológicas que puede provocar efectos negativos en los diferentes componentes del medio ambiente (Camacho, 2000).

2.3.11 Contaminante

Natural. Toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmosfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición (Fresenius y Schneider, 1991).

Sustancia química, biológica o radiológica, en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o encontrarse por encima de sus concentraciones normales en la atmosfera, agua, suelo, fauna o cualquier elemento natural altera y cambia su composición y condición (Camacho, 2000).

2.3.12 Muestra

Porción, idealmente representativa tomada de un cuerpo de agua definido, de manera intermitente o continua, características definidas (Fresenius y Schneider, 1991).

En todas las ocasiones en que no es posible o conveniente realizar un muestreo, entonces hacemos es trabajar con una muestra, entendiendo por tal una parte representativa de la población. Para que una muestra sea representativa, y por lo tanto útil, debe e reflejar las similitudes y diferencias encontradas en la población, ejemplificar las características de la misma (Fresenius y Schneider, 1991)

2.3.13 Muestreo

Es una herramienta de la investigación científica. Su función básica es determinar que parte de una realidad en estudio (población o universo) debe examinarse con la finalidad de hacer inferencias sobre dicha población. El error que se comete debido sobre cierta realidad a partir de la observación de solo muestreo. Obtener una muestra adecuada significa lograr que reproduzca de algún modo sus rasgos básicos (Camacho, 2000).

2.3.14 Limite permisible

Concentración o contenido máximo o intervalo de valores de un componente, que garantiza que el agua será agradable a los sentidos y no causará efectos nocivos a la salud del consumidor. Aquel valor de concentración que no deberá excederse en la exposición una sustancia (Fresenius y Schneider, 1991), La presencia de un agente contaminante o potencialmente dañino en el aire, alimentos y agua, en un grado tal que al ser absorbido por un organismo permanecerá debajo de la dosis máxima permitida. Valores establecidos sobre las concentraciones de las sustancias o las intensidades de los agentes físicos, que no deben ser superados. Los

Límites Máximos Permisibles son revisados por la Autoridad Ambiental Competente cada cinco años (D.L. 019-ITINCI).

2.3.15 Espectroscopia atómica

Es un método instrumental que está basado en la atomización del analito en matriz líquida y que utiliza comúnmente un nebulizador pre-quemador (o cámara de nebulización) para crear una niebla de la muestra y un quemador con forma de ranura que da una llama con una longitud de trayecto más larga. Es decir para obtener espectros atómicos de ultravioleta y visible, es necesario atomizar la muestra. En este proceso las moléculas constituyentes se descomponen y se convierten en partículas gaseosas elementales. El espectro de emisión, absorción o fluorescencia de un elemento atomizado está constituido por una cantidad relativamente limitada de líneas discretas a longitudes de onda características para cada elemento (Skoog, *et al*, 2007).

2.4 MARCO LEGAL

2.4.1 Estándares de Calidad Ambiental

Los estándares están de acuerdo con el uso designado al cuerpo de agua; con respecto a la designación de usos, los estados especifican en función de sus objetivos y expectativas para sus aguas y, si acuerdan cambiarlo, necesitan previa aprobación de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, 2011).

En nuestro país, para una aplicación legal de la definición de contaminación, es imprescindible que el Estado apruebe mediante las normas

correspondientes los límites máximos permisibles (LMP) y los estándares de calidad ambiental (ECA).

Los LMP regulan la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente o emisión de una operación, teniendo en consideración criterios específicos de la capacidad de dilución de la descarga del cuerpo receptor y que se obtienen midiéndolos directamente de la fuente contaminadora, mientras que los ECA establecen el nivel de calidad adecuado de los cuerpos receptores como el mar, la atmósfera, un río, un lago, entre otros (Andaluz, 2011 y De La Puente, 2008).

2.4.2 Gestión ambiental minera

El diseño de un marco legal de protección en cuanto a la actividad minero metalúrgica ha pretendido ser visto como un escenario acabado que aseguraba criterios de sustentabilidad en las zonas mineras. Este ha sido un argumento oficial bastante utilizado: Las evaluaciones Ambientales Preliminares, los Estudios de Impacto Ambiental, los Programas de adecuación Ambiental y los propios planes de cierre exigidos, son parte de este andamiaje formal construido que debió garantizar una adecuada gestión ambiental en el país (Massolo, 2015).

Sin embargo, en términos generales podríamos afirmar que existen una serie de interrogantes y serios cuestionamientos en torno a la efectividad de la política de protección ambiental en el sector minero en nuestro país. Sobre todo, estos cuestionamientos provienen de una importante red de

organizaciones locales, municipios, comunidades, organismos no gubernamentales (OIT, 1999).

Lo cierto es que la experiencia peruana que involucre la actividad minera con la protección ambiental no es muy alentadora. Y el desaliento quizás provenga de una premisa que hasta el momento no ha sido cumplida en el Perú: El éxito de las políticas de protección ambiental implica una participación activa de las poblaciones y actores involucrados con esta problemática y se contradice con el manejo poco transparente, ineficaz y sin fiscalización, como ha sido hasta ahora el caso, en cuanto al estudio de impacto ambiental e información que en esta material se ha producido en el país (Massolo, 2015). Pero este tema de la gestión ambiental minera en nuestro país ha sido hasta el momento abordado casi exclusivamente por entidades especializadas, ya sea pública o privada, empresas mineras y algunos otros organismos competentes. Pero nadie podrá negar que se está frente a un tema de interés para las poblaciones, especialmente las que están vinculadas de alguna manera u otra a esta actividad, ya que el objetivo de cualquier política de protección ambiental es el de conservar ecosistemas saludables y el contar con marcos de regulación realmente efectivos en el marco de un concepto de minería social y ecológicamente responsable (Obando, 1999).

2.4.3 Marco legal e institucional de protección al medio ambiente

En el Perú con anterioridad a la Constitución Política del Perú de 1979 se carecía de una base jurídica en relación con el medio ambiente. Después de diez años de puesta en vigencia de la Constitución de 1979, se promulgan

diversas leyes que incorporan un marco legal e institucional de protección al medio ambiente.

En 1990 se promulga el Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales en el cual por primera vez sistematiza un conjunto de criterios rectores y de instituciones jurídicas al servicio del medio ambiente y del desarrollo sostenible. Se dio prioridad a la definición de una Autoridad Ambiental Nacional (CONAM). También se implementó el desarrollo de instrumentos de gestión ambiental como los Estudios de Impacto Ambiental (EIAS: para nuevas operaciones industriales) y los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMAS: para industrias en operación) (CMARN) (D.L. 613) (Presidencia de la República, 1990).

En 1991 se promulga la Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada que modifica varios artículos del CMARN con el objeto de armonizar las inversiones privadas, el desarrollo socio económico y la conservación del medio ambiente y el uso sostenible de los recursos naturales. Esta ley es uno de los instrumentos legales que garantizaba la libre iniciativa a las inversiones privadas en todos los sectores de la actividad económica (D.L. 757) (Presidencia de la República, 1991).

En el 2005 se promulga la Ley General del Ambiente ley 28611) (Congreso de la República, 2005), la cual deroga el CMARN (Presidencia de la República, 1990). Esta ley toma como base al CMARN y sistematiza adecuadamente las normativas y establece deberes, derechos y principios fundamentales de protección al medio ambiente como: 1) del derecho y deber fundamental que toda persona tiene a vivir en un ambiente

saludable, 2) del derecho de acceso a la información, 3) del derecho a la participación en la gestión ambiental, 4) del derecho de acceso a la justicia ambiental, 5) del principio de sostenibilidad, 6) del principio de prevención, 7) del principio precautorio, 8) del principio de internalización de costos, 9) el principio de responsabilidad ambiental, 10) el principio de equidad y 11) el principio de gobernanza ambiental. Así mismo numera y conceptualiza todos los instrumentos de gestión ambiental existentes en el país (MINEM, 2013).

Se ha promulgado la Ley N° 29906 "Ley que declara de Utilidad y Necesidad Pública la Prevención y Recuperación Ambiental Integral del Lago Titicaca y sus Afluentes" promulgado el 20.07.2012; donde se declara de necesidad y utilidad pública la prevención y la recuperación ambiental integral del lago Titicaca y sus afluentes, reconocido como humedal de importancia internacional por la Convención RAMSAR sobre los Humedales de importancia Internacional, suscrita, aprobada y ratificada por el estado peruano, además de establecer acciones para la recuperación ambiental a través de los tres niveles de gobierno, priorizando acción de prevención y recuperación ambiental del Lago Titicaca.

Mediante el Decreto Supremo N° 075-2013 -PCM se crea la Comisión Multisectorial para la Prevención y Recuperación Ambiental de la Cuenca del lago Titicaca y sus Afluentes" promulgado el día 20.06.2013, para la prevención y recuperación ambiental de la cuenca del Lago Titicaca y sus afluentes, cuyo objeto es coordinar las políticas, planes, programas y proyectos orientados a la prevención y recuperación ambiental integral del

Lago Titicaca, así como establecer las metas de desempeño ambiental de cada entidad involucrada; cuyas funciones serán las siguientes:

Establecer la situación actual de las inversiones para la recuperación ambiental de la cuenca del Lago Titicaca y sus afluentes; Establecer lineamientos organizativos y de financiamiento para la implementación del Consejo de Recursos Hídrico de Cuenca; Promover la formulación de un programa integral de inversión pública multisectorial para la prevención y recuperación ambiental de la cuenca del Lago Titicaca y sus afluentes en el marco del plan de acción ambiental nacional y regional, y proponer criterios para la ejecución de los proyectos de inversión pública orientados a la recuperación ambiental del Lago Titicaca; laborar una propuesta de criterios para el diseño y ejecución de programas presupuestales que habiliten y garanticen la atención de las necesidades de prevención y recuperación ambiental del lago Titicaca y sus afluentes; Promover las suscripción de convenios y/o contratos nacionales e internacionales para el cumplimiento de los objetivos de la presente norma; Realizar el seguimiento evaluar los resultados de las políticas, planes, programas y proyectos para la prevención y recuperación ambiental integral de la Cuenca del Lago Titicaca y sus Afluentes.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 LUGAR DE ESTUDIO

Ananea está ubicado en los Andes Centrales a 4160 msnm, en el flanco oriental al sur de Perú, en la provincia de San Antonio de Putina región Puno.

3.1.1 Accesibilidad

La accesibilidad al área de estudio se llega desde la ciudad de Puno, mediante dos rutas; Puno-Juliaca-Ananea o Puno-Juliaca-Crucero-Ananea. Ambos por carretera asfaltada excepto el tramo Crucero-Ananea el cual es afirmado.

Tabla 1. Vías de acceso a la zona de estudio

TRAMO	DISTANCIA (Km)	TIPO
Puno – Juliaca	45	Asfaltado
Juliaca– Putina – Ananea	92.6	Asfaltado
Juliaca – Azángaro - San Antón – Crucero	193	Asfaltado
Crucero – Ananea	74.7	Afirmado



Figura 2. Rutas de acceso al área de estudio

Fuente Google Earth, 2016.

3.1.2 Geomorfología

La zona de estudio está ubicada en la unidad morfoestructural Cordillera Oriental. Esta unidad en la zona del proyecto está manifestada por cuatro subunidades denominada de Oeste a Este, Pre-Cordillera de Carabaya, Depresión longitudinal de Crucero-Ananea, Cadena de Nevados (Rivera, 2011).

3.1.2.1 Pre-Cordillera de Carabaya

Esta sub-unidad está al Suroeste del valle del río Grande y sus límites se extienden fuera de la zona de estudio. La Pre-Cordillera se orienta de SE-NO y se caracteriza porque las colinas tienen perfiles redondeados, cuyas crestas están entre 4,400 y 4,800 m.s.n.m., y algunos superan los 5,000 m.s.n.m. (Cerro Yanacaca llega a 5,143 m.s.n.m.) Esta cordillera está modelada sobre rocas del paleozoico y parcialmente sobre rocas cretáceas (Zavala, 2005).

3.1.2.2 Depresión longitudinal de Crucero-Ananea

Este relieve está orientado de sureste a noroeste y por su parte central discurre el río con un cauce muy amplio. Dentro de esta unidad los relieves planos son denominados pampas y entre las más importantes tenemos: Parinani, Baltimore, Lima pampa, Chaipitianapampa, Islapampa y Pampablanca. Otro relieve típico que está dentro de la depresión está conformado por las lagunas de origen glacial cuyos diques son morrenas frontales. Las principales lagunas son: Pacharia, Saracucho, Queo, Rinconada, Sillacunca y Pararani (Zavala, 2005).

Esta depresión está ocupada por potentes depósitos glaciales y fluvioglaciales que yacen en forma de abanicos, procedentes de la precordillera de Carabaya y los nevados ubicados al Noreste (Zavala, 2005).

3.1.3 Clima y meteorología

3.1.3.1 Clima

Se ha podido determinar que en la zona de influencia del río Crucero el clima es frío glacial, seco entre abril y octubre, así mismo precipitaciones fuertes entre noviembre y marzo. La presencia de la cordillera de los Andes y la disposición de glaciares perpetuos obstaculiza el paso de las nubes, ocasionando las precipitaciones pluviales y el derretimiento parcial de la nieve.

3.1.3.2 Precipitación

La precipitación en la zona presenta una variación estacional, de acuerdo al análisis de la información meteorológica de las Estaciones del distrito de Ananea y Crucero.

3.1.3.3 Evaporación

Los valores de Evaporación Promedio Mensual más bajas se presentan en el mes de Julio y la más alta se presenta en el mes de octubre.

3.1.3.4 Temperatura

El régimen de temperaturas en esta zona resulta muy desfavorable, pues en los meses de otoño e invierno descienden a niveles por debajo de 0 °C. En el área de estudio, la temperatura media anual estimada de acuerdo al gradiente de temperatura asumida de disminución por cada 100 metros de aumento de altura es 2.3 °C.

3.1.3.5 Humedad Relativa

La humedad relativa promedio mensual más baja se presenta en el mes de Julio y las más altas se presentan en los meses de febrero y marzo.

3.2 MINERÍA EN EL DISTRITO DE ANAEA

La Zona Aurífera de Puno comprende un área de 6738 Km². Estando concentrada la actividad minera en el nevado de Ananea principalmente y en San Antonio de Putina. En la parte alta, encima de 5000 msnm, se encuentra el

nevado Ananea que drena hacia las cuencas del Atlántico y del Titicaca. Hay yacimientos tipo manto en la zona alta, y depósitos aluviales y fluvio-glaciares auríferos (placeres auríferos), en la parte baja (MINEM, 1999). Los yacimientos auríferos se presentan como: vetas, mantos y placeres. Las vetas están distribuidas en todo el área y los placeres en la cabecera del río crucero.

3.2.1 Ubicación de los lugares de muestreo del área de estudio

Los puntos de muestreo del área de estudio fueron establecidos de acuerdo a lo indicado en los términos de referencia de la DGAA-MEM para la presente investigación. La tabla 2 que se adjunta, presenta la ubicación de los puntos para los muestreos de los componentes físico-químicos y biológicos en la parte a lo largo del curso del río Crucero.

Tabla 2. Ubicación de los puntos de muestreo

Punto de muestreo	Descripción	Coordenadas UTM	
		S	O
M1	Ananea, desembocadura de la presa pampa blanca.	14°41'8.51"	69°29'45.74"
M2	Entre centro poblado Oriental y del poblado Wacchani.	14°39'45.21"	69°34'31.81"
M3	Altura del Cruce desvío Sandia - Río Crucero	14°31'6.49"	69°40'56.08"
M6	entre altura del cruce Sandia y el centro poblado Carlos Gutiérrez (testigo o blanco)	14°26'11.76"	69°46'7.78"
M4	Río Crucero, 70m aguas abajo del puente colgante altura del centro poblado Carlos Gutiérrez	14°22'7.14"	69°58'13.77"
M5	10 km rio aguas abajo después de Crucero	14°19'32.65"	70° 9'30.30"

En las figuras 3 y 4 se observa los lugares de puntos de muestreo a lo largo del curso del río Crucero

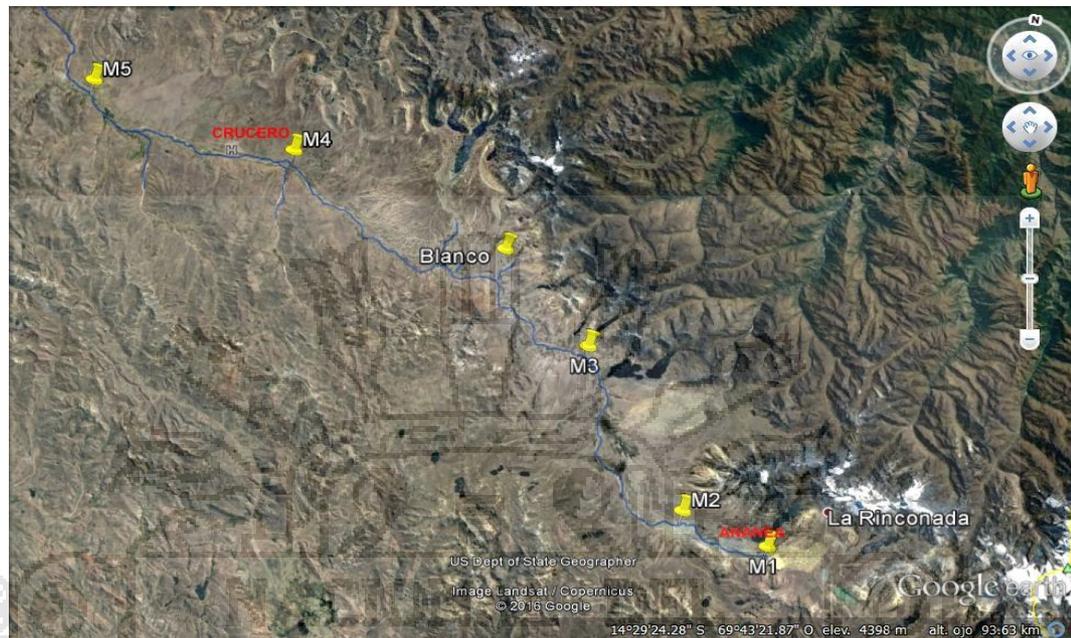


Figura 3. Ubicación de los puntos de muestreo a lo largo del cauce del río crucero.

Fuente: Google Earth 2016.

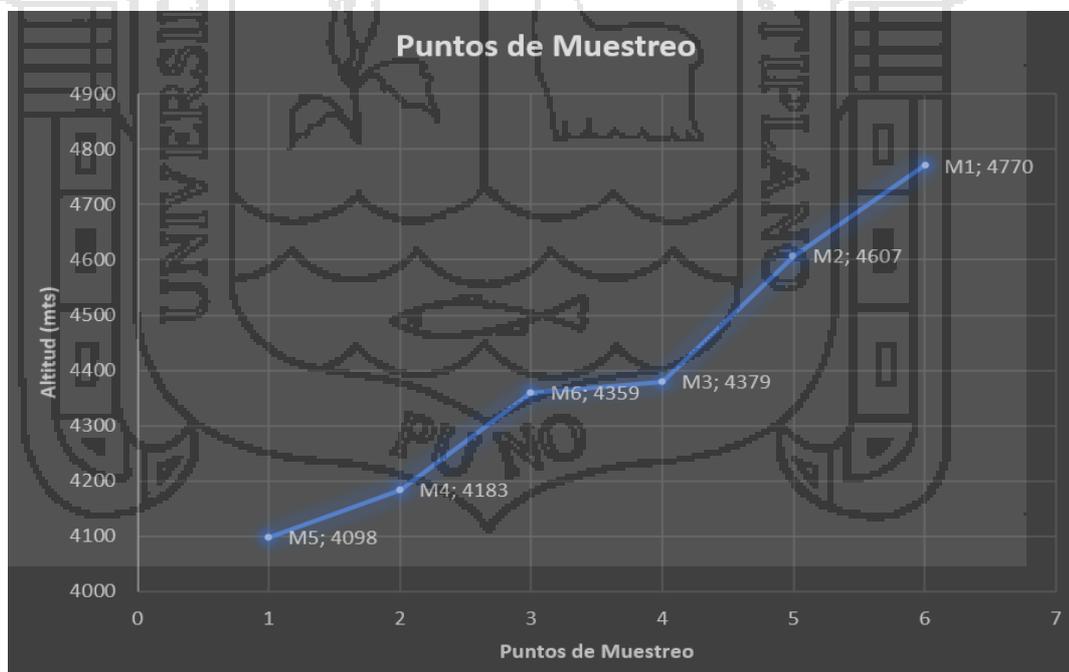


Figura 4. Perfil de altitud de los puntos de muestreo a lo largo del cauce del río crucero.

Fuente: Google Earth 2016.

3.2.1.1 Descripción

. A continuación, se describe los puntos de muestreo:

3.2.1.1.1 Punto M1:

El punto de muestreo se encuentra ubicado en la desembocadura de la presa pampa blanca a 2 Km. De la ciudad de Ananea a una altura de 4 770 msnm. Teniendo las siguientes coordenadas geográficas:

- Latitud sur: 14°41'8.51"
- Longitud oeste: 69°29'45.74"

El punto de muestreo se determinó en los alrededores de la desembocadura de la presa, la zona se encuentra con abundante grava, y material fino, con presencia de plantas características de la zona, el agua es de color marrón.

3.2.1.1.2 Punto M2:

Se sitúa, a una altura de 4 607 msnm. Teniendo las coordenadas geográficas siguientes:

- Latitud sur: 14°39'45.21"
- Longitud oeste: 69°34'31.81"

Punto de muestreo ubicado entre el centro poblado Oriental y Wacchani, se desarrolla una activa labor minera artesanal e informal, provocando un fuerte movimiento de material proveniente

de las empresas mineras formales e informales, siendo el proceso el siguiente: carga, almacenaje, transporte y posterior lavado, que trae como consecuencia un alto contenido de sólidos en suspensión (arcilla, arenilla y otros), tornándolo altamente turbio a lo largo de todo el recorrido del río Crucero; es necesario mencionar que para la recuperación del oro luego de ser lavado se utiliza mercurio y en algunos casos cianuro en forma clandestina e indiscriminada, los mismos que son vertidos al río. La textura del cauce es grava y arena medio gruesa con presencia de sedimentos hasta de 20 cm. de profundidad en el punto de muestreo y en el curso del río, sin presencia de algas en el curso del río pero si de plantas macrófitos a orillas del río.

3.2.1.1.3 Punto M3:

Punto de muestreo ubicado a la altura del Cruce desvío Sandia - Río Crucero a una altura de 4 379 msnm. Teniendo las coordenadas geográficas siguientes:

- Latitud sur: 14°31'6.49"
- Longitud oeste: 69°40'56.08"

Lugar de fácil acceso, por las características geológicas de la zona se encuentra grava y arena medio gruesa en el cauce del río, sin presencia de algas y plantas acuáticas en el curso del río, y un alto contenido de sólidos en suspensión (arcilla, arenilla y otros), tornándolo turbio a lo largo del recorrido del río Crucero.

3.2.1.1.4 Punto M6:

Este punto de muestreo se encuentra ubicado a 21 Km. del Distrito de Crucero (Provincia de Carabaya) a una altura de 4 359 msnm. Teniendo las siguientes coordenadas geográficas:

- Latitud sur: 14°26'11.76"
- Longitud oeste: 69°46'7.78"

El punto de muestreo se determinó en uno de los afluentes del río Crucero (aguas de deshielo de la Cordillera), considerado como muestra de referencia (testigo o blanco) por su ubicación geográfica y ser naciente, el riachuelo se encuentra con grava, arena gruesa y escaso material fino, con presencia de plantas características de la zona en sus orillas; el agua es bastante limpia, transparente y cristalina.

3.2.1.1.5 Punto M4:

Este punto de muestreo se encuentra ubicado a 70m aguas abajo del puente colgante altura del centro poblado Carlos Gutiérrez a una altura de 4 183 msnm. Teniendo las siguientes coordenadas geográficas:

- Latitud sur: 14°22'7.14"
- Longitud oeste: 69°58'13.77"

Lugar de relativamente de fácil acceso, por las características geológicas de la zona se encuentra grava y arena medio gruesa en

el cauce del río, se puede notar ya la presencia de algas y plantas acuáticas en el curso del río, debido al deshielo de la cordillera Oriental de Carabaya mencionaremos la afluencia de un riachuelo procedente de mina abandonada (mina Cecilia a 15 km río arriba de crucero), en cuya planta de concentrado se procesaba concentrados de plomo, zinc y cobre. Debido a lo cual se tiene un menor contenido de sólidos en suspensión (arcilla, arenilla y otros), tornándolo menos turbio a lo largo del recorrido del río Crucero

3.2.1.1.6 Punto M5:

Situado a 10 km río abajo después de Crucero, a una altura de 4098 msnm. Teniendo las coordenadas geográficas siguientes:

- Latitud sur: $14^{\circ}19'32.65''$
- Longitud oeste: $70^{\circ}9'30.30''$

Este punto se ubica en el recorrido del río Crucero y el Distrito de Potoni (Provincia de Azángaro), y recibe al río Antauta como tributario, este río tiene su origen en la Cordillera Oriental del Distrito de Antauta donde se ubica la Mina San Rafael cuyo concentrado es el Estaño y sus aguas y relaves son depositados en la parte baja del valle por donde discurre un afluente del río Antauta; la unión de los ríos Antauta y Carabaya (o Crucero) incrementan el caudal ocurriendo una mayor dispersión de los sólidos en suspensión consecuentemente son arrastrados río abajo formando sedimentos de menores espesores, hasta 10 cm en tiempo de estiaje, con presencia de algas y plantas acuáticas; y por

la geología del lugar se encuentra abundante grava y arena medio gruesa y presencia de óxidos de hierro que se puede notar por el color café de algunas piedras en el cauce del río y en sus orillas.

3.3 MUESTRA

3.3.1 Muestreo de aguas

El proceso de la toma de muestras requirió especial cuidado a fin de preservar las características primigenias que tiene en el lugar; para lo cual se aplicó el protocolo correspondiente (Anexo 06), evitando toda contaminación accidental, con un transporte adecuado y una conservación en condiciones idóneas.

Se realizó el muestreo en zonas de máximo caudal de agua, evitando la remoción de sedimentos. La toma de muestras se realizó en recipientes de polietileno de alta densidad, lavados previamente en el laboratorio con ácido nítrico al 1% de acuerdo al protocolo (Anexo 06). Se cebó tres veces el recipiente con agua de río del punto de muestreo respectivo. Para las muestras de sedimentos se realizó el mismo procedimiento de acuerdo al protocolo (Anexo 06), tomándose estas de lugares más próximos al centro del cauce del río (Chincheros, 2009).

Las muestras se trasladaron en recipientes de tecnopor, utilizando gel para mantener la temperatura a 4° C, con el objeto de evitar posibles alteraciones químicas durante el tiempo que transcurre entre la toma de muestra y su análisis. A todas las muestras se adicionó ácido nítrico al 1% para evitar el intercambio de iones y precipitación de hidróxidos, una vez realizado todo este procedimiento, las muestras fueron trasladadas a los Laboratorios de

Calidad Ambiental de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA-La Paz-Bolivia).

3.3.2 Muestreo de sedimentos

En todo proceso analítico la toma de muestras es fundamental, se ha tenido cuidado en no cometer errores que invaliden nuestro proceso. Las tomas de muestras en cuencas fluviales, generalmente son heterogéneas y la pequeña porción que se debe tomar para los análisis difícilmente se debe corresponder con el promedio de la composición real de los sedimentos (Usero, *et al*, 1997).

Para el muestreo de sedimentos, se ha establecido varias técnicas, teniendo en cuenta principalmente las características físicas del medio como son la profundidad y granulometría del fondo, posibilidad de penetración de los equipos de muestreo, presencia de vegetales, piedras grandes, etc., así como el destino de las muestras, ya sean para análisis físico-químico, evaluación del contenido de compuestos orgánicos o metales pesados (Usero, *et al*, 1997).

La toma de muestras de sedimentos en el mar y en lagos está mejor estudiada que en los ríos, especialmente cuando estos son de características torrenciales y fuertes desniveles. Algunos de los dispositivos más utilizados en la toma de muestras de sedimentos son: dragas, cores y carotiers, el Bodensauger y el sedimentómetro. Los cores y carotiers generalmente se utilizan para realizar estudios según perfiles de profundidad especialmente en sedimentos marinos.

La elección del equipo de muestreo, depende también de las características del medio que va a ser muestreado como el tipo de muestra que se necesita. En nuestro caso, el río en estudio tiene granulometría gruesa y heterogénea (en toda la parte superior del río) y media gruesa a fina en aguas abajo después del punto de muestreo M4 (Usero, *et al*, 1997).

Para el trabajo de investigación se tomó muestras de sedimentos en todos los puntos de muestreo a lo largo del cauce del río Crucero, sedimentos ocasionados por la minería formal, artesanal e ilegal de Ananea, los que se presentan notoriamente sobre la superficie del fondo y orillas del cauce del río, formando capas de hasta 15 cm de espesor (parte superior del río Crucero o grande) a 3 ó 5 cm de espesor (río abajo entre el Centro poblado de Carlos Gutiérrez hasta la unión con el río Antauta); para la extracción de los sedimentos que estuvieron al nivel del agua se utilizó una pala pequeña, para que las muestras sean representativas se tomó de varias partes del punto de muestreo, se mezcló y se cuarteó a 500 g. aproximadamente y se puso en un recipiente de 500 ml de polietileno para ser transportados finalmente a los laboratorios de Calidad Ambiental de la UMSA - La Paz - Bolivia, para su análisis respectivo. Este tipo de muestreo es común en ríos de éstas características y lo avalan diferentes trabajos de investigación en varios ríos del mundo (Bubb, *et al*, 1993).

3.3.3 Monitoreo biológico:

Se seleccionaron y tomaron las muestras en los diferentes puntos de muestreo. Para obtener una mayor representatividad de la información respecto al estado biológico y acumulación de metales pesados, se

analizaron las rutas de exposición y dirección de las aguas (transectos) en plantas acuáticas, para evaluar la influencia que ejerce la minería sobre los recursos hídricos (Gómez, 2003). La frecuencia de muestreo se realizó en dos periodos que corresponden al mes de setiembre 2015 y marzo 2016.

3.3.3.1 Muestreo de plantas

Se tomaron las muestras de plantas de la ribera del río de los puntos de muestreo. Se tomó una muestra de 10 g aproximadamente y se guardó en una bolsa de polietileno nueva debidamente codificada. Estas muestras fueron empacadas en recipientes de tecnopor para su transporte y respectivo análisis de metales pesados en el Laboratorio de Control Ambiental de la Universidad Mayor de San Andrés en la ciudad de La Paz – Bolivia.

3.4 MÉTODOS

La investigación fue de tipo descriptivo y experimental, que consistió en la determinación de la concentración de los metales pesados y los parámetros fisicoquímicos más distintivos que forman parte del proceso de contaminación del lugar de estudio y para la identificación y evaluación de riesgos, se hizo necesario estudiar previamente las particularidades del medio ambiente, donde se desarrolló la actividad de cada uno de sus componentes, así como, identificar las acciones derivadas del mismo, capaces de producir riesgos en dichos componentes del medio. Las acciones identificadas responden a los criterios siguientes: que sean significativas (o sea que produzcan algún efecto), que sean independientes y que sean medibles. Se presenta el procedimiento mediante el cual será posible acometer la valoración cualitativa y cuantitativa del riesgo

ambiental. Para el efecto, se propuso la adopción de indicadores ambientales, los cuales fueron desarrollados de acuerdo con los componentes ambientales susceptibles de ser afectados por la contaminación como consecuencia de las actividades mineras en el lugar y su incidencia en los resultados de la evaluación de riesgo ambiental del área de influencia en el distrito de Ananea.

3.5 DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS POR OBJETIVOS

Para tomar los criterios de evaluación de riesgos ambiental en el área de influencia por el Rio Crucero, se ha tomado en cuenta los ECAS tanto para el agua, sedimentos y flora acuática, con los que se ha efectuado las comparaciones y evaluaciones correspondientes, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Límites de calidad de aguas para consumo y clase I de Perú (en µg/L)

Parámetro	U.S. EPA (2002)	OMS (2004)	Ley general de aguas (clase I 1993)
Mercurio	2	1	2
Plomo	15	10	50

Fuente: Normas legales de calidad de agua, 2008

La clasificación de concentración de metales pesados en sedimentos se ha tomado como referencia los límites máximos permisibles en sedimentos según la Norma Holandesa.

Tabla 4. Límites máximos permisibles en sedimentos

Metales pesados	Límite máximo permisible (mg/kg)
Mercurio	10
Plomo	600

Fuente: Norma Holandesa (Ministerie VROM 1983)

3.5.1 Determinaciones analíticas

3.5.1.1 Determinaciones *in situ*.

En el trabajo de investigación algunas determinaciones se han realizado simultáneamente a la toma de muestras para que los resultados tengan una evaluación de la naturaleza real de la muestra. Los parámetros físico-químicos que se han determinado *in situ* son: conductividad y pH (Carranza, 2001, Fresenius y Schneider, 1991).

3.5.1.1.1 Conductividad

Es una medida de la resistencia que opone el agua al paso de la corriente eléctrica entre dos electrodos impolarizables sumergidos en la misma. La conductividad del agua da una buena apreciación de la concentración de los iones disueltos en disolución y una conductividad elevada se traduce en una salinidad elevada o en valores anómalos de pH, la unidad empleada es el Siemen (S), inverso al Ohmio: aguas muy mineralizadas en mS y aguas poco mineralizadas en S. se mide en celdas de un cm de espesor, expresándose por lo tanto en mS/cm y S/cm. En nuestro caso se ha utilizado un conductímetro de la marca Hanna Instruments, (Chincheros, 2009).

3.5.1.1.2 pH

El pH del agua, que indica el comportamiento ácido o básico de la misma, es una propiedad de carácter químico de vital importancia para el desarrollo de la vida acuática. Tiene influencia

sobre determinados procesos químicos y biológicos, la naturaleza de las especies iónicas que se encuentran en su seno, el potencial redox del agua, etc. La medición del pH se efectuó con un pH-metro digital marca Hanna Instruments (Chincheros, 2009).

3.5.1.2 Determinaciones en laboratorio

En el trabajo de investigación se ha determinado evaluar la presencia de metales pesados plomo y mercurio, por ser de interés debido a su toxicidad relativa a la calidad de las aguas, sedimentos y plantas (García, 2005).

Para el análisis químico de estos metales pesados se han tomado los servicios del laboratorio acreditado: Laboratorio de Calidad Ambiental del Instituto de Ecología de la Universidad Mayor de San Andrés de La Paz-Bolivia, con certificado de Acreditación del Organismo Boliviano de Acreditación (Cod. OBA-CET-003).

a. Determinación de la concentración de Plomo

Para la determinación de plomo, se ha realizado de acuerdo al método EPA 239.2 (EPA Method 7060, 7421, Methods for chemical analysis of water and wastes, 2da edition), para soluciones líquidas, y digestión en horno de microondas (Multiware 3000 de Antón Paar) para muestras sólidas, según técnicas y condiciones recomendadas del equipo con adición de $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ para plomo. Los **equipos y materiales** utilizados fueron: AAS – Horno de Grafito Analyst 700, Horno Microondas Multiware 3000 – Antón, Lámpara EDL para Pb, Grafito longitudinales, Pipetas volumétricas o micropipetas graduadas

de 1, 5 y 10 ml, Piceta, Propipeta, Matraces aforados de 25, 50 y 100 ml. **Reactivos y materiales de referencia:** Patrón de Pb (1000 mg/L), Solución de referencia de Pb (SPS-WW1 Batch No 108), Material for trace metals- National Research Council Canada, Ácido nítrico suprapur de 65 a 70 %, Ácido clorhídrico suprapur, Modificador: sólido $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 1%, Modificadores: Solución de Pd 10 mg/L, Solución de $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 0,06%, Agua milli-Q, Solución de dilución de HNO_3 suprapur 0,2 % v/v. **Método:** Solución de referencia: de Pb (50 g/l): se pipetea una alícuota de 5 mL de la solución de muestra de referencia (SPS-WW 1 Batch No108) de Pb (100 g/l) a una matraz aforado de 10 ml, para obtener una concentración de 50 g/l de Pb debe aforarse a 10 ml con la solución de dilución (0,2 % HNO_3 v/v) hasta la marca de calibración del matraz, se tapa y se agita vigorosamente hasta homogeneizar la solución. **Preparación de muestra para el análisis:** las muestras acuosas, son filtradas con una membrana de 0,45 m para la cual se utiliza el equipo de filtración, obteniéndose entre 100 ml y 200 ml de muestra, la misma es estabilizada con HNO_3 suprapur al 0,2 % v/v y luego conservada en refrigeración aproximadamente a 4 °C hasta su lectura en horno de grafito. Las muestras sólidas son digeridas en horno de microondas (Multiware 3000) en condiciones de presión y temperatura programables del equipo, en solución ácida (HCl y HNO_3). Posterior a la digestión, son filtradas con un equipo al vacío empleando una membrana de 0,45 m las cuales son analizadas en el equipo AAS-Horno de Grafito Analet 700 de Perkin Elmer.

b. Determinación de Mercurio

Para la determinación de mercurio, se ha realizado de acuerdo al método EPA 245.1 (EPA Method 7060, 7421, Methods for chemical análisis of water and wastes, 2da edition), para soluciones líquidas, y el método EPA 245.5 (EPA Method 7060, 7421, Methods for chemical análisis of water and wastes, 2da edition), para muestras sólidas. Los **equipos y materiales** utilizados fueron: Absorción atómica Perkin Elmer, modelo 3110, FIAS – 400, lámpara de Hg, Micropipeta graduada con tips, para 0,5, 1, 2, 5 y 10 ml, Pipetas volumétricas de 1, 5 y 10 ml. Piceta de 500 ml, Propipeta, Matraces aforados de 50 y 100 ml. **Reactivos y materiales de referencia:** Patrón de Hg (1000 mg/L), Standard referente material (SRM) 1641d, Ácido nítrico suprapur de 65 a 70 %, Agua milli-Q, Solución de disolución de HNO₃ suprapur 1% v/v, SnCl₂ 1,1% en 3% de HCl, 3% (v/v) de HCl. **Método:** Solución de referencia de Hg (4,0 g/l): se pipeteó una alícuota de 1 ml de la solución de muestra de referencia 141d de Hg a un matraz aforado de 100 ml, para obtener una concentración de 16,013 g/l de Hg. Para aforarse a 100 ml con una solución de dilución hasta la marca de aforo del matraz, se tapa y se agita vigorosamente hasta homogeneizar la solución. **Preparación de muestra para el análisis:** las muestras acuosas, fueron filtradas con una membrana de 0,45 m para la cual se utilizó el equipo de filtración, obteniéndose entre 100 y 200 ml de muestra, la misma fue estabilizada con HNO₃ suprapur al 1% v/v y luego es conservada en refrigeración aproximadamente a 4°C hasta su lectura en FIAS. Las

muestras sólidas son digeridas en horno de microondas (Multiware 3000) en condiciones de presión y temperatura programables del equipo, en solución HNO₃ suprapur al 1% v/v. Posterior a la digestión, son filtradas con un equipo al vacío empleando una membrana de 0,45 m las cuales son analizadas en el equipo absorción atómica.

3.5.2 Evaluación de riesgo ambiental

Existen muchas metodologías aplicables para identificar y evaluar los riesgos, tales como las listas de chequeo o verificación, análisis matricial, sistemas cartográficos, modelos temáticos, etc. Sin embargo, es preciso tener en cuenta que ninguna resulta absolutamente idónea para una determinada investigación. En todos los casos es necesario ajustar la metodología a la realidad y condiciones específicas.

Para la identificación de posibles riesgos se ha seguido el método Matricial utilizando una matriz en la que se hacen interactuar a los Componentes Ambientales Susceptibles de ser Impactados y las Actividades potencialmente Impactantes (Conesa, *et al*, 2003).

Para la evaluación de posibles impactos ambientales potenciales, se ha considerado la metodología de identificación de impactos el Análisis Matricial Causa-Efecto (Matriz de Leopold Modificada), adaptando a las condiciones de interacción entre las actividades de propias de la zona y los componentes ambientales evaluando su valor total a través de valores ordinales otorgados a cada atributo del impacto como área de influencia, magnitud, duración, mitigabilidad (Conesa, *et al*, 2003).

3.5.2.1 Identificación de Impactos Potenciales

La identificación de los posibles impactos potenciales se basó en definir las actividades que se ejecutaron durante las etapas de desarrollo de la investigación; luego realizar la interacción de estas actividades con los componentes ambientales susceptibles para finalmente identificar las acciones o agentes que pueden generar cambio o cambios en uno o varios componentes ambientales.

a. Componentes Ambientales Susceptibles de ser Impactados

A continuación, se listan los principales componentes ambientales que podrían ser potencialmente afectados por el desarrollo de las actividades de la explotación minera. Estos componentes se presentan ordenados de acuerdo al subsistema ambiental.

Tabla 5. Componentes Ambientales susceptibles de ser impactados.

Medio	Componentes Ambientales
Medio Físico	Aire
	Suelo
Medio Biológico	Agua
	Flora
Medio Socioeconómico	Fauna
	Económico
	Social

b. Actividades potencialmente Impactantes

Las principales actividades con potencial de causar riesgos ambientales en el área de influencia se consideraron los siguientes:

- Extracción, transporte y tratamiento de mineral

- Acarreo de material desmonte
- Disposición de relaves
- Lixiviación de relaves
- Contaminación del río Crucero

c. Interacción entre las actividades y componentes ambientales Susceptibles

La definición de riesgo ambiental en este estudio se refiere al producto de una interacción de una actividad con uno o varios elementos o procesos del ambiente la cual origina sobre este último un cambio significativo o no. Los cambios observados en el elemento o procesos también podríamos denominarlos efectos ambientales, cuya importancia determinada a través de un esquema de evaluación establecerá cuán trascendente es éste para la sostenibilidad ambiental de la investigación (Conesa, *et al*, 2003). Identificadas las actividades y los componentes ambientales susceptibles, se ha elaborado la Tabla 7, de interacción para identificar los impactos potenciales que se derivaron de las actividades de desarrollo de la investigación.

Tabla 6. Interacción entre actividades y los Componentes Ambientales

Categoría	Elemento de medida	Extracción, transporte y tratamiento de mineral	Acarreo de material desmonte	Disposición de relaves	Lixiviación de relaves	Contaminación del Río Crucero
A. FÍSICO	aire	X	X	X	X	
	agua	X	X	X	X	X
	suelo	X	X	X	X	X
B. BIOLÓGICO	Flora	X	X	X	X	X
	Fauna	X	X	X	X	X
C. SOCIOECONOMICO	Económico	X	X	X	X	
	Social	X	X	X	X	X

3.5.2.2 Identificación de Riesgos

De las interacciones entre las actividades de la investigación y los componentes ambientales se obtiene como resultado la identificación de los riesgos Potenciales.

Tabla 7 Identificación de Riesgos.

Categoría	Elemento de medida	Extracción, transporte y tratamiento de mineral	Acarreo de material desmonte	Disposición de relaves	Lixiviación de relaves	Contaminación del Río Crucero
A. FÍSICO	aire	A-1	A-1	A-1	A-1	
	agua			H-1	H-1	
		H-2	H-2			H-2
	suelo	SU-1	SU-1			
				SU-2	SU-2	SU-2
	Flora	FL-1	FL-1	FL-1	FL-1	
	FL-2	FL-2	FL-2	FL-2		
B. BIOLÓGICO						FL-3
	Fauna	FF-1	FF-1	FF-1	FF-1	FF-1
		FF-2	FF-2	FF-2	FF-2	FF-2
					FF-3	
C. SOCIOECONOMICO	Económico	E-1	E-1	E-1	E-1	
		E-2	E-1	E-1		
	Social	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1
		S-2	S-2	S-2	S-2	S-2

Tabla 8. Impactos y los procesos que ocasionarían su ocurrencia

Categoría	Elemento de medida	Código	Impacto	Proceso de ocurrencia
A. FÍSICO	Aire	A-1	Posible alteración de la calidad del aire	Se refiere a efectos ambientales tales como: generación de polvo y material particulado, emisiones atmosféricas de fuentes móviles (gases de combustión de equipos y vehículos de transporte)
	Agua	H-1	Posible alteración de la calidad fisicoquímica del agua subterránea	Se relaciona a cambios en la calidad física o química del agua subterránea ocasionada por procesos de filtración, lixiviación de sustancias que deterioran la calidad del recurso.
		H-2	Posible alteración de la calidad fisicoquímica del agua superficial	Se relaciona a cambios en la calidad física o química del agua superficial ocasionada por derrames accidentales de hidrocarburos, lavado de maquinaria, relaves y procesos de lixiviación
	Suelo	SU-1	Posible cambio de la calidad del suelo Posible cambio en el paisaje	La calidad física del suelo está relacionada con la erosión superficial ocasionada por el movimiento de tierras y de escorrentía. Las características químicas pueden ser afectadas por derrames accidentales de hidrocarburos, u otras sustancias asociadas con descargas que deterioran la calidad del suelo.
		SU-2	Posible compactación el suelo	Asociada a efectos tales como: disposición de material de desmonte, relaves que puedan existir producto del movimiento de tierras durante la explotación.
	B. BIOLÓGICO	Flora	FL-1	Posible alteración del ecosistema
FL-2			Posible disminución de la cobertura vegetal terrestre	Se relaciona con la intervención directa del suelo y consecuente remoción de la cobertura vegetal como consecuencia de la explotación minera
FL-3			Posible disminución de la cobertura vegetal acuática	Se relaciona con la intervención directa de la contaminación del agua y consecuente disminución de la cobertura vegetal acuática.
Fauna		FF-1	Posible afectación del hábitat natural	Se relaciona con la afectación del hábitat de comunidades, planctónicas y bentónicas de arroyos, lagunas por adición de materiales o sustancias producto de la explotación minera.
		FF-2	Posible alejamiento de la fauna terrestre	Se asocia directamente a encuentros accidentales durante la explotación minera, intentos de caza o captura por parte de los mineros o por perturbación directa o indirectamente a través de afectaciones a elementos de la cadena trófica a su hábitat.
		FF-3	Posible disminución de la fauna acuática	Se asocia directamente con la contaminación del agua y consecuente disminución de la fauna acuática.
C. SOCIOECONOMICO	Económico	E-1	Posible generación de ingresos familiares	Se relaciona con los puestos de trabajo directos relacionados con la actividad e indirectos que se originan por el incremento en la demanda de bienes y servicios locales.
		E-2	Posible generación de empleos	Se refiere a la demanda de trabajadores (calificados y no calificados) que se requiere durante la explotación minera.
	Social	S-1	Posibles molestias a la población o afectación de su salud.	Afectación en su salud, de la población que habita en la zona de influencia producto la contaminación del río crucero como consecuencia de la actividad minera.
		S-2	Posible alteración de costumbres locales.	Se refiere a la alteración de las relaciones sociales normales establecidas en la población de la zona de influencia al interactuar con trabajadores provenientes de otros lugares distintos a los del área de influencia directa.

3.6 EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS AMBIENTALES

La "objetividad" no es un elemento sobresaliente en la Matriz de Leopold, ya que se puede libremente efectuar la propia clasificación en la escala numérica ordinal y no contempla metodología alguna para determinar la magnitud ni la importancia de un impacto.

Para determinar las relaciones causa – efecto, se completan matrices de Leopold modificada entre las actividades mineras fuentes de riesgo ambiental y los posibles efectos ambientales, consiste en definir los atributos a evaluar en cada uno de los riesgos a analizar que podrían ser afectados por las actividades mineras (Conesa, *et al*, 2003)..

3.6.1 Criterios de calificación

Se evaluó expresar cuantitativamente cada uno de estos indicadores de manera separada de acuerdo a los atributos que se dan a continuación:

Tipo de impacto (P, N).

Magnitud (M).

Área de influencia (Ai).

Duración (D).

Mitigabilidad (Mi) (Conesa, *et al*, 2003).

Los criterios de calificación de estos atributos se representan en la tabla 9, donde la definición de estos atributos se fundamenta en el comportamiento de impactos típicos conocidos, derivados de la actividad minera en la zona de Ananea:

Tabla 9. Criterios de calificación

Atributo	Calificación	Definición
Tipo de impacto	Positivo	Si el impacto de la actividad minera es beneficiosa
	Negativo	Si el impacto de la actividad minera es adversa
Magnitud	Bajo	Se pronostica que la perturbación será ligeramente mayor que las condiciones típicas existentes.
	Moderado	Se pronostica que la perturbación es mayor que las condiciones típicas existentes.
	Alto	Se pronostica que los efectos están considerablemente por encima de las condiciones típicas existentes, pero sin exceder los criterios establecidos en los límites permisibles o sin causar cambios en los parámetros físicos, biológicos, socioeconómicos bajo los rangos de variabilidad natural o tolerancia social.
	Severo	Se pronostica que los efectos están por encima de las condiciones típicas existentes, excediendo los criterios establecidos en los límites permisibles causando cambios en los parámetros físicos, biológicos, socioeconómicos bajo los rangos de variabilidad natural o tolerancia social.
	Critico	Los efectos predecibles exceden los criterios establecidos o límites permitidos asociados con efectos adversos potenciales o causan un cambio detectable en parámetros físicos, biológicos, socioeconómicos más allá de la variabilidad natural o tolerancia social.
Área de influencia	Puntual	Confinado al área directamente perturbada por la actividad minera.
	Local	Sobrepasa las áreas directamente perturbadas pero está dentro de los límites del área de estudio de evaluación.
	Zonal	Se extiende más allá de los límites locales.
Duración	Corta	Menos de un año.
	Moderada	Entre 1 y 5 años.
	Permanente	Más de 5 años.
Mitigabilidad	Bajo	Puede ser mitigado en un año o menos
	Moderado	Puede ser mitigado en más de un año, pero en menos de diez.
	Permanente	Efectos permanentes.

3.6.2 Evaluación de Impactos

La calificación de impactos realizado consistió en asignar valores en escala relativa, a todos los atributos del impacto analizados para cada una de las interacciones. La escala de valores relativa se representa en la tabla siguiente:

Tabla 10. Valores para calificación de impactos

Atributo de evaluación	Incidencia	Valor ordinal
Tipo de impacto	Positivo	+
	Negativo	-
Magnitud	Bajo	1
	Moderado	2
	Alto	3
	Severo	4
	Critico	5
Área de influencia	Puntual	1
	Local	2
	Zonal	3
Duración	Corta	1
	Moderada	2
	Permanente	3
Mitigabilidad	Bajo	1
	Moderado	2
	Permanente	3

Fuente: Conesa, *et al*, (2003).

La asignación de valores a cada una de las interacciones analizadas generó un índice múltiple de Valor del Impacto, de acuerdo con la siguiente expresión matemática, cuyo resultado representa el nivel de **significancia (S)** de las características cuantitativas y cualitativas del impacto:

$$S = M + Ai + D + Mi$$

Para la asignación de valores a cada uno de los impactos, según su atributo, se empleó la información proveniente de los estudios de línea base y las observaciones, sugerencias y recomendaciones provenientes del proceso de participación y consulta a expertos en el tema.

Se adjuntan las Matrices de Impactos para la evaluación de riesgo ambiental en el área de influencia minera del río crucero por plomo y mercurio - distrito de A0nanea” donde pueden verse todos los valores asignados y el puntaje final otorgado a los impactos potenciales que podrían ocurrir durante las interacciones entre los componentes ambientales y sociales con las actividades mineras. A efectos de visualizar estas características cuantitativas y cualitativas del impacto analizado en la matriz de interacciones, se estableció un rango de valores y se asignó un código de color a cada uno de estos

Tabla 11. Tipo de impacto y Código de color

Tipo de impacto	Efecto pronosticado	Código de color
Positivo	+	Verde
Negativo	-	Rojo

Tabla 12. Rangos de valor y Código de color.

Rangos de valor	Efecto pronosticado	Código de color
20-25	Bajo	
26-35	Moderado	
36-50	Alto	
51-60	Severo	
61-70	Critico	

Los resultados de este proceso se reflejan dos matrices: una primera denominada **Matriz de identificación de Impactos Ambientales**, tabla 13, que permite identificar los impactos ambientales potenciales mediante las interacciones entre las actividades del proyecto y los componentes y la otra **Matriz de Valoración de Impactos Ambientales**, tabla 14, donde se evalúan los impactos identificados en la matriz anterior, para cuyo efecto se utilizan los criterios de evaluación.

Tabla 13. "Matriz de identificación de impacto ambientales"

Criterios de evaluación	Nivel de incidencia potencial	Valor de ponderación		
		Impactos positivos P	Impactos negativos N	IMPACTO AMBIENTAL
Tipo de impacto (Ti)	Positivo			
Magnitud (M)	Negativo			
	Bajo	1	1	
	Moderado	2	2	
	Alto	3	3	
	Severo	4	4	
Área de influencia (Ai)	Critico	5	5	
	Puntual	1	1	
	Local	2	2	
Duración (D)	Zonal	3	3	
	Corta	1	1	
	Moderada	2	2	
Mitigabilidad (Mi)	Permanente	3	3	
	Bajo	1	1	
	Moderado	2	2	
Nivel de significancia (S)	Permanente	3	3	
	Bajo	3-4	4-5	Bajo
	Moderado	5-7	6-7	Moderado
	Alto	8-9	8-10	Alto
	Severo	9-10	11-12	Severo
	Critico	10-11	12-14	Critico

$$S = M + Ai + D + Mi$$

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE INFLUENCIA DEL RIO

CRUCERO

4.1.1 Geográfica

El distrito de Ananea, espacio de la explotación minera aurífera que contribuye con la contaminación del Río Crucero, se encuentra en la provincia de San Antonio de Putina a una altitud de 4865 msnm, es un centro minero-informal de explotación de oro, con presencia de ganadería de subsistencia. En dicho territorio se halla el nevado Ananea (5852 msnm) a cuyas faldas se encuentran los asientos auríferos más importantes de la provincia y del departamento de Puno. Estos yacimientos se encuentran en el flanco derecho del valle del río Grande, a 17 km aguas abajo del Distrito de Ananea. Los depósitos que albergan el oro son de origen glacial y fluvioglacial, cuya litología consta de fragmentos de roca de hasta 30 cm, de diámetro aglutinado en matriz arenosa con finos. La ley del yacimiento es de 0.20 g Au/m³.

Sus centros poblados son: Oscoroque, Osinocca, Mio, Ccarccapunco,

Hayccupata, Chuquine, Oriental, Wacchani, Carlos Gutiérrez, San Miguel de Untura y Potoni. Y las comunidades campesinas más importantes son: Ananea, Urinsaya, crucero, Trapiche, San Miguel, Chuquine, Limata y Peña azul.

El río Crucero forma parte de la cuenca del río Carabaya que nace en la quebrada del cerro Lunar y en la laguna Sillacunca, estando el sistema Hidrográfico constituido por el río grande-río **Crucero**-río Ayaviri-río Azángaro-río Ramis, siendo el mismo río que va tomando diferentes nombres de acuerdo al área geográfica, atraviesa una variedad de pisos altitudinales caracterizados por varios tipos de suelos y cubierta vegetal y faunas de distintos tipos, desde los nevados que son considerados como tierras de protección, pasando por los pastizales de puna dedicados a la crianza de alpacas (ONERN-CORPUNO, 1965).

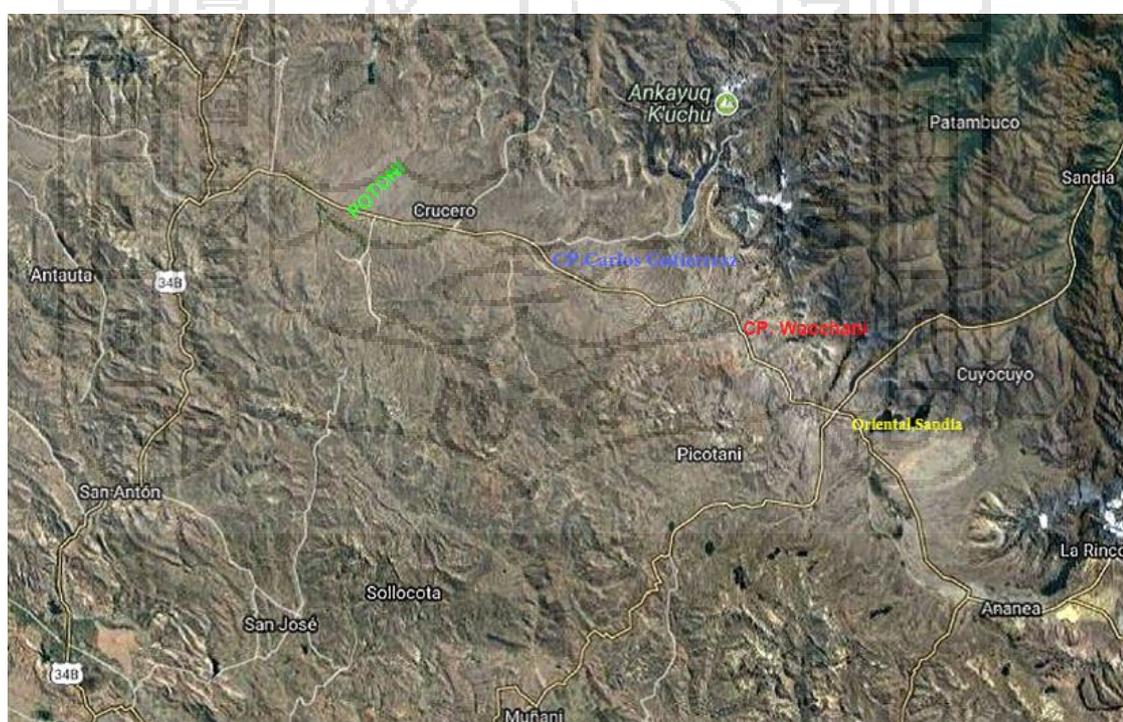


Figura 5. Imagen satelital de la zona de influencia de río Crucero.

Fuente: Google Earth, 2016

4.1.2 Geomorfológica

La actividad minera en la zona de Ananea está alterando la topografía del lugar debido a las actividades de explotación a tajo abierto, disposición de material estéril procesado, disposición de relaves y operación de depósito de relaves.

La extensión de los impactos asociados a las actividades de explotación minera sobre la topografía es puntual y circunscrita al sector donde se encuentran las actividades mineras y depósito de relaves.

Los impactos de las actividades del proyecto sobre el suelo se pueden resumir en pérdida de suelos por movimiento de tierras y emplazamiento de infraestructura y pérdida de suelos por llenado paulatino de depósito de relaves.

Existe la posibilidad de alteración de suelos por vertido fortuito de aguas de drenaje de mina y de planta de beneficios, derrames de materiales como aceites, hidrocarburos u otros insumos producto de la operación de equipos. Por tal motivo, ha sido considerado como un riesgo ambiental.

Según el trabajo de Cuentas (2009), la evaluación de impactos sobre la topografía es de vital importancia debido a que la morfología del terreno condiciona las características del suelo, así como las condiciones de escorrentía superficial e infiltración en una cuenca. Cualquier actividad humana o fenómeno natural que genere cambios sobre la topografía, puede incidir sobre los suelos, así como en las escorrentías superficiales e hidrogeología. Asimismo, los cambios en la morfología del terreno y

modificaciones en vegetación, cursos de agua o uso del suelo podrían tener a su vez un efecto sobre la calidad visual del paisaje.

4.1.3 Clima y meteorología

4.1.3.1 Precipitación

Tabla 15. Precipitación total mensual (mm)

Estación: **Ananea**

Altitud: 4714 msnm.

Distrito: Ananea, Provincia: San Antonio de Putina, Región Puno.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
128.3	101.9	96.5	47.3	19.3	7.2	5.5	14.0	29.2	46.6	59.9	92.0	647.7

FUENTE: SENAMHI – Puno 2013

Se observa que en la Estación Ananea la precipitación media anual es 647.7mm. La precipitación mensual se distribuye en forma muy variable durante todo el año, siendo los meses de enero, febrero y marzo de mayor precipitación, con un 50.3 % de la precipitación total anual, el resto del año las precipitaciones alcanzan el 49.7 % del total. El mes de más alta precipitación es enero con 128.3mm y la precipitación más baja se presenta en el mes de julio con 5.5 mm (Tabla 15).

4.1.3.2 Evaporación

Estación: **Ananea**

Altitud: 4714 msnm.

Distrito: Ananea Provincia: San Antonio de Putina Región: Puno

Tabla 16. Evaporación promedio mensual (mm)

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
1.9	2.2	2.7	2.1	2.8	2.5	1.6	1.9	2.2	2.9	2.3	1.9	2.3

FUENTE: SENAMHI – Puno 2013

Se observa que los valores de evaporación promedio mensual más baja se presenta en el mes de julio con 1.6 mm, la más alta se presenta en el mes de octubre con 2.9 mm y la evaporación promedio anual es de 2.3 mm (Tabla 16).

4.1.3.3 Temperatura

ESTACIÓN: **ANANEA**

Altitud: 4714 msnm.

Distrito: Ananea Provincia: San Antonio de Putina Región: Puno

Tabla 17. Temperatura media mensual y anual °C.

TEM	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
MAX	9.6	9.8	10.4	10.9	10.9	10.0	9.9	9.9	10.0	10.7	10.6	10.2	10.2
MIN	0.3	0.4	0.0	-0.4	-1.8	-3.5	-3.7	-3.5	-0.6	-1.5	-1.0	0.1	-1.3
MED	5.0	5.1	5.2	5.3	3.8	3.2	2.8	3.0	3.4	4.6	4.8	5.1	4.3

FUENTE: SENAMHI – Puno 2013

Se observa que la temperatura media anual es 4.3°C, y las temperaturas máxima media mensual se presenta en los meses de abril y mayo con 10.9°C y mínima media mensual se presenta en el mes de julio con -3.7 °C (Tabla 17).

4.1.3.4 Humedad Relativa

Tabla 18. Humedad relativa promedio mensual (%)

Estación: **Ananea**

Altitud: 4714 msnm.

Distrito: Ananea Provincia San Antonio de Putina Región: Puno

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
90	91	91	87	79	81	68	80	86	87	89	89	85

FUENTE: SENAMHI – Puno 2013

Se observa que la humedad relativa promedio mensual más baja se presenta en el mes de Julio con 68%, la más alta se presenta en los meses de febrero y marzo con 91% y la humedad relativa promedio anual es de 85% (Tabla 18).

4.1.4 Minería en Ananea

Los yacimientos en mantos son: Gavilán de Oro, Untuca, Ana María y la Rinconada. Los yacimientos en vetas son: Quince Mil, Manco Cápac y Santo Domingo. Los yacimientos en placer son: San Antonio de Putina (Ananea) y Ancocala.

Una característica de la minería que se practica en la zona es la explotación subterránea mediante el “busconeo”, tratando de seguir la parte más rica del manto y dejando de tratar áreas mineralizadas de baja ley que podrían ser trabajadas utilizando procesos más eficientes. La explotación mediante labores descendentes (piques) desordenados que permiten el ingreso a los mantos inferiores, ha originado problemas de sostenimiento, haciendo

inseguras las labores. Estos acuerdos son tanto informales, como formales, como es el caso de la Rinconada donde los "contratistas" trabajan bajo un contrato formal de locación de servicios con la "CORPORACION ANANEA", recientemente formalizada; no obstante, no todos los "Contratistas" están amparados por estos contratos ni los términos de estos documentos son los que rigen en la realidad. Por otro lado, la relación entre los contratistas y los trabajadores mineros, conocida como "Cachorro", es completamente informal, existen miles de "cachorros" explotados, y contratistas unos cientos (Ministerio de energía y minas, 1999).

4.1.4.1 Minería formal

En la siguiente Tabla, se observa la relación de las compañías mineras activas e inactivas que tienen unidades en la zona de Ananea

Tabla 19. Empresas mineras en la zona de Ananea

Nombre	Planta	Distrito	Provincia	Estado
Minera Ananea	Ana María	Ananea	San Antonio de Putina	Activa
Minería Carabaya S.A.	Quenamari	Crucero	Carabaya	Inactiva
Minería Corani Corporacion	Bear Creek Ananea	Carabaya Ananea	Carabaya San Antonio de Putina	Activa Activa
Ananea S.A.				
Jesus 2004 Tres	Oriental	Ananea	San Antonio de Putina	Activa

4.1.4.2 Minería informal

Según los estadísticos se estimó en 60.000 el número de familias directamente o indirectamente involucradas en la minería artesanal o informal; en unos 50.000 la cantidad de trabajadores mineros ejerciendo directamente la actividad y en 300.000 el total de las personas directamente o indirectamente dependientes de esta actividad. Hasta el momento 77.000 mineros informales han presentado su declaración de compromiso para formalizarse, de este total 33.000 ya han avanzado con el segundo paso, es decir, ya cuentan con los contratos de exploración. Para los 44.000 que quedan fuera se creará una comisión para agilizar el proceso de conseguir el acuerdo con los titulares de las concesiones y finanzas en redistribuir los ingresos (Ministerio de energía y minas, 2012). Los mineros artesanales trabajan en áreas donde existen derechos de terceros, la complejidad actual de sus actividades se ve amparada en el consentimiento del titular expresado en diversas modalidades de acuerdo a que garantizan los beneficios económicos de este (Ministerio de energía y minas, 1999).

4.1.4.3 Minería ilegal

Se realiza sin cumplir con las exigencias de las normas de carácter administrativo, técnico, social y medioambiental que rigen dichas actividades. Por lo tanto, estas actividades ilícitas se realizan en zonas remotas y donde está prohibido su ejercicio por persona inescrupulosas.

Lo cual se ha demostrado que la minería ilegal va creciendo de forma inmediata esto se debe por la falta de autoridad en lugares remotos donde las autoridades no toman conciencia con lo que sucede alrededor de ellos, utilizan quimbaletes y mercurio en el proceso de la recuperación del oro y los relaves que generan esta operación están en contacto con el agua que baja por la quebrada del Cerro Lunar hacia la laguna, contaminándola (Ministerio de energía y minas, 2012).

4.1.5 Contaminación ambiental de la zona de influencia del río Crucero

La contaminación ambiental se configura mediante los relaves provenientes de la explotación minera llevada a cabo en los sectores de Oriental, Wacchani, donde existen mineros artesanales, informales y pequeños mineros formales, ubicados en el distrito de Ananea y distrito de Crucero la zona de influencia del río Crucero, donde realizan sus actividades de explotación sin considerar ni implementar ningún tipo de instrumentos de gestión ambiental.

La contaminación del río Crucero, es una realidad instalada e insoslayable, reconocida por organismos oficiales de la administración pública regional y regional y por instituciones ambientalistas internacionales. Esta realidad contaminada es soportada y sufrida por la población que habita ancestralmente en toda la zona de influencia del río Crucero, quienes identifican los sedimentos y vientos sedimentosos (lama) que fluyen por las aguas del río Crucero y sus aires, destruyendo flora y fauna acuática, praderas de pastizales y áreas agrícolas adyacentes a su cauce, afectando a la salud humana y animal.

La población establecida en 4 distritos de la zona de influencia del río Crucero, con sus correspondientes áreas urbanas y rurales representan a 44,783 habitantes, es decir al 3.28 % de la población regional, según la proyección de Censos al 2011 (Tabla 20).

Tabla 20. Población afectada por la contaminación ambiental por la actividad minera en la zona de influencia del río Crucero.

ZONA DE INFLUENCIA	TOTAL	URBANA	RURAL
RIO CRUCERO			
ANANEA	20572	16907	3665
CRUCERO	8474	4570	3904
POTONI	6592	2541	4051
SAN ANTÓN	9145	3379	5766
POBLACION TOTAL	44783	27397	17386

FUENTE: Estimaciones y proyección de Población (INEI, 2011).

4.2 NIVELES DE CONTAMINACIÓN AGUAS, SEDIMENTOS Y PLANTAS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL RIO CRUCERO

Los resultados de análisis de plomo y mercurio, emitidos por el Laboratorio de Calidad Ambiental de la Facultad de Ciencias puras y Naturales-Instituto de Ecología de la universidad Mayor de San Andrés de Bolivia. (véase Anexo 08: Certificados de los análisis químicos del agua, sedimentos y plantas), están consolidados en las tablas 44 al 49.

4.3 ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN EN AGUAS, SEDIMENTOS Y PLANTAS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL RIO CRUCERO POR PARÁMETRO DE MEDIDA

La presencia de metales en aguas, sedimentos y plantas a lo largo del recorrido del río Crucero, hace necesario un análisis de los diferentes parámetros

de medida en los diferentes puntos de muestreo, para poder determinar el avance de la contaminación en toda la zona de influencia y tener un real conocimiento de la contaminación a través del recorrido del río Crucero, en base a las tablas 44 al 49.

4.3.1 Parámetros químicos

4.3.1.1 Variación de la concentración de mercurio y plomo

a. Aguas

a.1. Mercurio

Los resultados de la concentración de mercurio (mg/L) en las muestras de agua en los diferentes periodos muestreados y en los mismos puntos de muestreo, analizadas de acuerdo a la metodología expuesta en el ítem 3.4.1.2.2 se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21. Concentración de mercurio en las muestras de aguas (mg/L), río Crucero.

Setiembre 2015						
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Mercurio	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Marzo 2016						
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Mercurio	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

El mercurio no muestra solubilidad en el agua por su alta densidad y que más bien es depositado en los sedimentos y/o absorbido por las plantas o algas que se encuentran en el cauce del río como se observará más adelante, corroborado por Arizaca, *et al* (2010) no reporta valores de las concentraciones de mercurio en aguas en la

cuenca del río Ramis y Cuentas (2009) refiere que la concentración del mercurio en las estaciones E-01 y E-02 no se puede evaluar por encontrarse el límite de detección de análisis por encima del valor límite establecido en la norma sanitaria.

a.2. Plomo

Los resultados de la concentración de plomo (mg/L) en las muestras de agua en los diferentes periodos muestreados y en los mismos puntos de muestreo, analizadas de acuerdo a la metodología expuesta en el ítem 3.4.1.2.1 se muestran en la Tabla

22.

Tabla 22. Concentración de plomo en las muestras de aguas (mg/L), río Crucero.

Setiembre 2015						
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Plomo	0,005	0,019	0,031	0,020	0,018	0,005
Marzo 2016						
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Plomo	0,019	0,185	0,059	0,012	0,01	0,01

Los valores de la concentración de plomo a lo largo del río Crucero fluctúan entre el valor máximo 0,031 mg/L y mínimo 0,005 mg/L para el periodo set-2015 y el valor máximo 0,185 mg/L y mínimo 0,01 mg/L para el periodo mar-2016 (Tabla 26), en consecuencia, el incremento en la concentración de plomo está por encima de los límites permitidos, especialmente en los puntos M2 y M3 hasta en cuatro veces del valor mínimo (Figura 6); los mismos que corresponden a las zonas comprendidas entre la unión del río

Carabaya (Crucero o Grande) y el río proveniente del valle de la mina Cecilia (Río Cecilia) lugar donde existen pasivos mineros de la concentración de plomo-zinc-cobre (ahora mina abandonada), hasta 10 km aprox., de la parte inferior de la unión del río Crucero y el río Antauta.

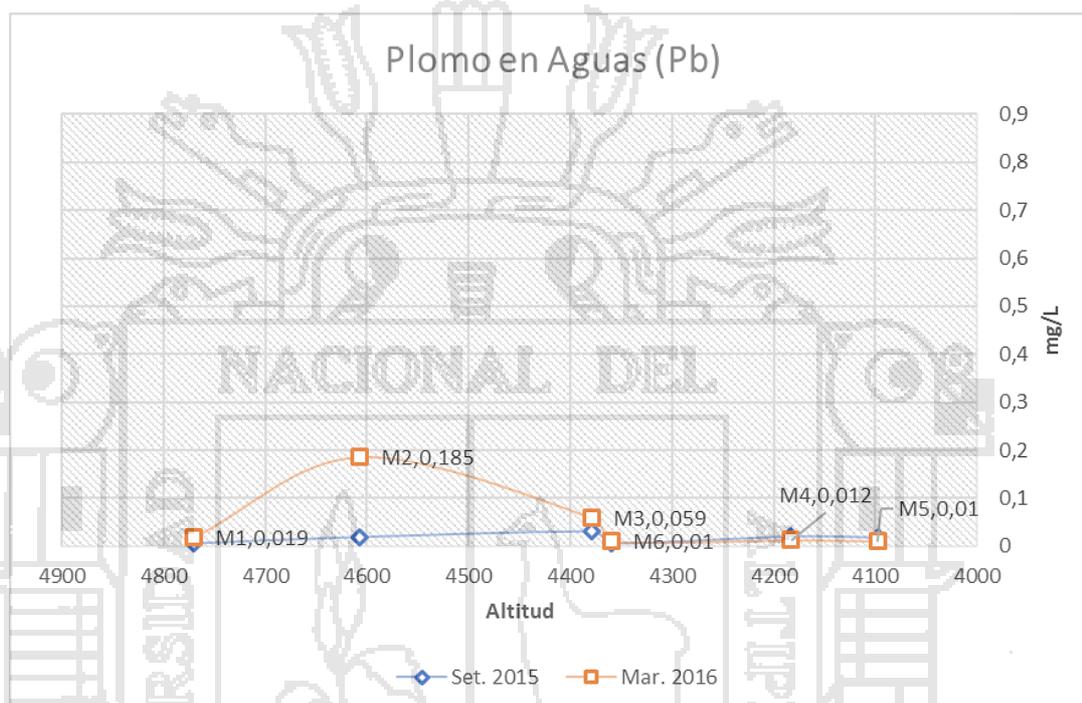


Figura 6. Variación del contenido de Plomo en Agua del río Crucero, setiembre - 2015 y marzo-2016.

Mencionaremos que además de la confluencia del río Cecilia existe varias confluencias pequeñas como la del río Ayarai (cerca al Centro Poblado de Carlos Gutiérrez), los que incrementan el caudal del río crucero y diluyen la concentración de plomo aguas abajo después del punto de muestreo M4 (Figura 6). En referencia Arizaca, *et al* (2010) concluyen, que el plomo como contaminante del agua presenta una concentración: mínimo 0,01 mg/L y máximo 0,08 mg/L; es decir hasta 8 veces por encima de los estándares de

calidad de aguas, en los puntos L-3 y L-4 de la sub cuenca Azángaro que corresponde al distrito de Crucero, por la presencia de pasivos ambientales en la zona y por erosión litogénica, Cuentas (2009) el parámetro plomo no cumple con la Ley General de Aguas en la estación E-01 sobrepasando 1,37 veces su concentración y en la estación E-03 sobrepasando 1,1 veces su valor límite, cumpliendo con esta ley en la estación E-02.

No existe una diferencia estadísticamente significativa con respecto a las concentraciones de plomo en aguas (mg/L) entre los meses de setiembre 2015 y marzo 2016, ($P= 0.5752$) (Tabla 38).

b. Sedimentos

Los resultados obtenidos para sedimentos se comparan con los estándares considerados en el ítem 3.2.5 de la investigación.

En base a los resultados y estándares se tiene que tener la siguiente consideración: a lo largo del río Crucero se observó apreciable cantidad de sedimentos ocasionado por la actividad minera empezando desde Ananea hasta unos 50 a 60 km a lo largo del cauce, en toda la zona de influencia existe un fuerte movimiento de material además de utilizarse bombas y monitores; el proceso es el siguiente: primeramente se mueve y acumula el material en un lugar (utilizando cargadores frontales y volquetes de hasta 16 m³), y utilizando grandes bombas a presión se realiza el lavado de este material con el uso de riflería (trampas para atrapar el oro en sus canales) y el material remanente se acumula en una depresión

que utiliza una manta de polietileno y/o plástico y se agrega mercurio para amalgamar el oro fino que no haya sido atrapado por el proceso anterior (riflería); para realizar toda esta actividad se desvía el agua del río cada cierto tramo, utilizándose grandes cantidades de agua y mercurio los cuales son nuevamente vertidos hacia el río y que 50 ó 100 m., aguas abajo otros mineros realizan la misma acción y esto ocurre desde la relavera de la Corporación Ananea hasta el Centro poblado Carlos Gutierrez (a lo largo de 50 a 60 km), como se puede notar el agua del río arrastra grandes cantidades de sólidos en suspensión conteniendo: arcilla, minerales y roca molida (< malla 100 = 150 micrones) a lo largo de todo su recorrido el mismo que sedimenta sobre la superficie del cauce del río alcanzando espesores de 20 cm (parte superior del río) a 3 a 5 cm de espesor que aparecen en las pampas del Centro poblado de Potoni. Razón por la cual se realizó un muestreo simple y directo, como ya se explicó en la metodología para sedimentos.

b.1. Mercurio

Los resultados de la concentración de Mercurio (mg/kg), en las muestras de sedimentos en los periodos muestreados y en los mismos puntos de muestreo a lo largo del Río Crucero, analizadas de acuerdo a la metodología expuesta en el ítem 3.4.1.2.2 se muestran en la Tabla 23.

Tabla 23. Concentración de mercurio en las muestras de sedimentos (mg/kg).

Setiembre 2015					
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5
Mercurio	0,860	0,560	0,330	0,590	0,780

Marzo 2016					
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5
Mercurio	0,400	0,370	0,190	0,190	0,160

Los valores de la concentración de mercurio en sedimentos a lo largo del río Crucero fluctúan entre el valor máximo 0,860 mg/kg y mínimo 0,330 mg/kg para el periodo setiembre-2015 y el valor máximo 0,400 mg/kg y mínimo 0,160 mg/kg para el periodo marzo-2016 (Tabla 23), este transporte que realiza el río Crucero y por efectos de peso específico o deslizamiento suave del río, el mercurio se va depositando en las riberas del río cuyo análisis e interpretación nos muestra que la presencia de este metal está presente en todo el trayecto del río Crucero, lo que en la práctica nos dice que años de uso de mercurio para amalgamar y recuperar el oro en los yacimientos de cabecera, ya se distribuyeron en todo el cauce y también en toda la cuenca del río Ramis llegando ya a contaminar el lago Titicaca, en consecuencia, la presencia de Mercurio en el río Crucero está por debajo de los límites permitidos en lo que respecta a la Norma Holandesa (Ministerie VROM, 1983), que tomamos como tabla de referencia para sedimentos, en vista a que nuestro país aún no tiene establecido estándares para sedimentos, pero si comparamos con el ECA de aguas de nuestro país estos valores son altos.

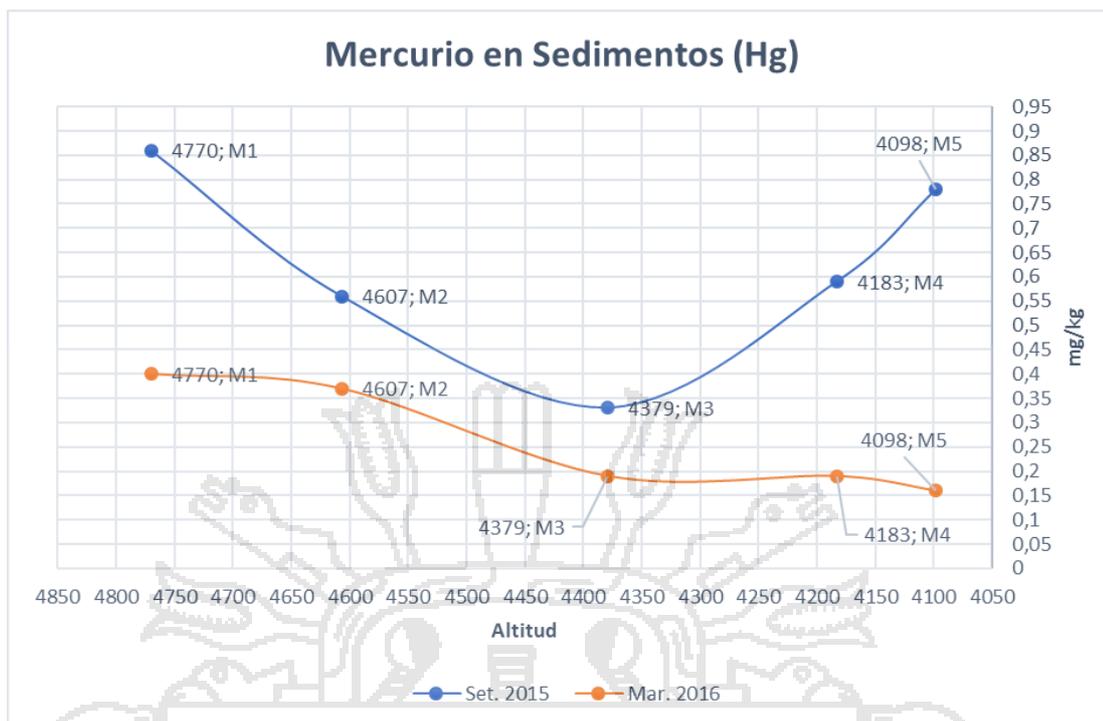


Figura 7. Variación del contenido del mercurio en los sedimentos del río Crucero, setiembre-2015 y marzo-2016

La concentración de mercurio en los sedimentos a lo largo del recorrido del río Crucero es variable, encontrándose en los sedimentos un promedio de 0.624 mg/kg en el periodo setiembre-2015 y de 0.262 mg/kg en el periodo marzo-2016 (Figura 7), los cuales son valores muy altos comparado con un ECA de suelos para este elemento, En referencia Arizaca, *et al* (2010), reportan y concluyen que los resultados de análisis en sedimentos para el metal mercurio las concentraciones son: mínimo 0,02 mg/kg y máximo 0,14 mg/kg; con valores altos en los puntos L-3 y L-4, según los estándares de referencia, Acosta, F (2001) reporta que se han detectado niveles de mercurio de 0,062 a 57,94 ug/l en sedimentos.

No existe una diferencia estadísticamente significativa con respecto a las concentraciones de mercurio en sedimentos (mg/kg) entre los meses de setiembre 2015 y marzo 2016, ($P= 0.5373$) (Tabla 39).

b.2. Plomo

Los resultados de la concentración de plomo (mg/kg), en las muestras de sedimentos en los periodos muestreados y en los mismos puntos de muestreo a lo largo del Rio Crucero, analizadas de acuerdo a la metodología expuesta en el ítem 3.4.1.2.1 se muestran en la Tabla 24.

Tabla 24. Concentración de plomo en las muestras de sedimentos (mg/kg).

Setiembre 2015					
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5
Plomo	26,000	26,000	20,000	29,000	55,000
Marzo 2016					
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5
Plomo	17,000	30,000	26,000	18,000	25,000

Los valores de la concentración de plomo en sedimentos a lo largo del rio Crucero entre el valor máximo 55 mg/kg y mínimo 20 mg/kg para el periodo setiembre-2015 y el valor máximo 30 mg/kg y mínimo 17 mg/kg para el periodo marzo-2016 (Tabla 24). La variación del contenido de plomo en los puntos de muestreo es preocupante ya que presenta una alta concentración, en

consecuencia, la presencia de Plomo en el río Crucero está por encima de los límites permitidos, el aumento es considerable en los puntos M2, M3, M4 y M6.

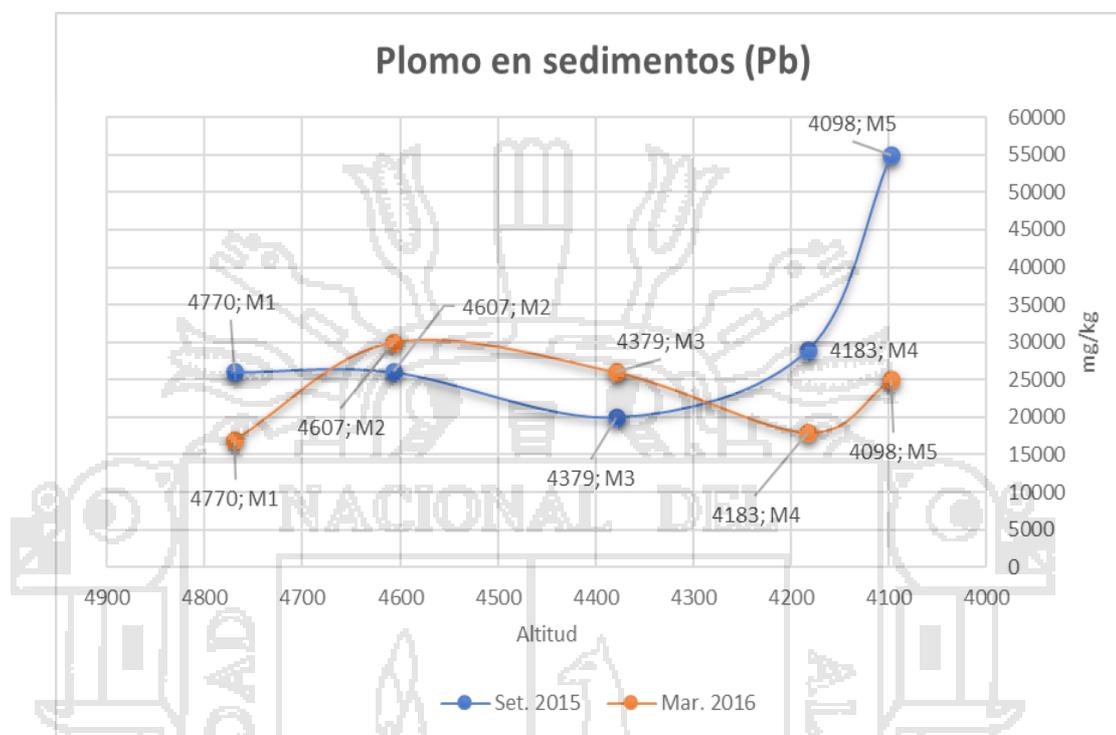


Figura 8. Variación del contenido de Plomo en los sedimentos del Río Crucero, setiembre-2015 y marzo-2016.

En todos los puntos de muestreo, hay presencia de plomo por la actividad minera y que la cúspide que presentan los puntos M2 y M5 corresponden no solo a la actividad minera sino también a los pasivos mineros de la mina abandonada Cecilia y otras minas abandonas cercanas al Centro poblado de Carlos Gutiérrez. También hay que considerar que el plomo es un metal soluble en agua y por esto se puede notar su presencia en altas concentraciones (Figura 8). En referencia Arizaca, *et al* (2010), reportan y concluyen que los resultados de análisis en sedimentos para los metales de cobre, mercurio y plomo las concentraciones

son: mercurio, mínimo 0,02 mg/kg y máximo 0,14 mg/kg; y plomo, mínimo 1 mg/kg y máximo 56 mg/kg; con valores altos en los puntos L-3 y L-4, según los estándares de referencia MINEM (1999) concluye, los valores de concentración de plomo en los sedimentos son mayores en la estación Lt7 y Lt8 con 150.06 y 132.12 mg/kg, respectivamente, por encima del rango de 31 a 150 mg/kg y de 40-60 mg/kg de la OMEE y USEPA (Guerrero, 2009). En la evaluación de Pb, Cu y Zn en sedimentos y relaves de la cuenca del río Rimac en el tramo Ticlio – San Bartolomé, del total de 23 puntos muestreados, 15 excedieron los límites máximos permisibles en plomo (promedio de concentración de 765 mg/kg), tomando como base la Norma Holandesa para suelos, cuyo LMP en mg/Kg es: 600.

No existe una diferencia estadísticamente significativa con respecto a las concentraciones de plomo en sedimentos (mg/kg) entre los meses de setiembre 2015 y marzo 2016, ($P= 11,13497$) (Tabla 40).

c. Plantas

Se estudiaron especies de macrófitas a lo largo del cauce del río Crucero, de acuerdo a la distancia del origen de la contaminación minera, se encontró concentraciones de mercurio y plomo los que variaron en función a los puntos de muestreo y a los periodos de muestreo.

c.1. Mercurio

Los resultados de la concentración de mercurio (mg/kg), en las muestras de plantas en los periodos muestreados y en los mismos puntos de muestreo a lo largo del Rio Crucero, analizadas de acuerdo a la metodología expuesta en el ítem 3.4.1.2.2 se muestran en la Tabla 22.

Tabla 25. Muestras orgánicas (plantas acuáticas) mercurio total (mg/kg).

Setiembre 2015						
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Mercurio	0,200	0,220	0,350	0,480	0,620	0,750
Marzo 2016						
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Mercurio	0,200	0,260	0,300	0,410	0,520	0,460

Los valores de la concentración de mercurio en macrófitas a lo largo del cauce del rio Crucero fluctúan entre el valor mínimo 0,200 mg/kg y máximo 0,750 mg/kg, en los puntos de muestreo M1 y M6, para el periodo Setiembre-2015 y el valor mínimo 0,200 mg/kg y máximo 0,520 mg/kg, en los puntos de muestreo M1 y M5, para el periodo Marzo-2016 (Tabla 25).

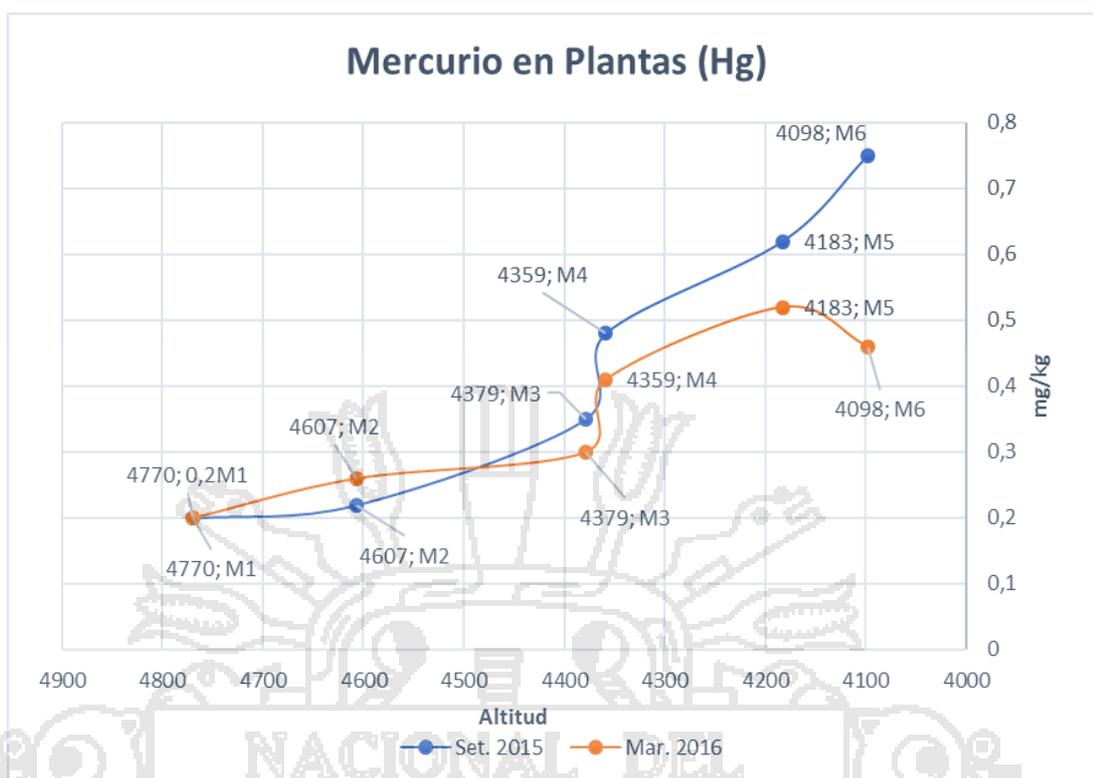


Figura 9. Variación del contenido de Mercurio en las plantas del río Crucero, setiembre - 2015 y marzo -2016

En todos los puntos de muestreo, hay presencia de mercurio en los micrófitos, en consecuencia, estos valores indican una acumulación progresiva en macrófitos existentes, debido a la actividad minera presente en toda el área de influencia, (Figura 9). En referencia Arizaca, *et al*, (2010) reportan los análisis de los resultados de mercurio para algas filamentosas y macrofitas en la sub cuenca Azángaro fluctúan entre el valor mínimo 0,02 mg/kg y máximo 0,09 mg/kg. Aquino, (2005) entre agosto 2005 y febrero del 2006 del río Ramis obtuvo valores en mercurio los valores son menores a 0,2 y 0,3 mg/kg, además Arizaca, *et al*, (2010), para mercurio en lana reporta los valores: mínimo 0,20 y máximo de 0,054 mg/kg, en la sub cuenca Azángaro; y mínimo de 0,26 y máximo de 0,077 mg/kg, en la sub cuenca Ayaviri; y en fibra valor

mínimo de 0,02 y máximo de 0,087 mg/kg, en la sub cuenca Azángaro y valores menores para la sub cuenca Ayaviri, probablemente debido a la actividad minera.

Existe una diferencia estadísticamente significativa con respecto a las concentraciones de mercurio en macrófitas (mg/kg) entre los meses de setiembre 2015 y marzo 2016, (P= 0,045089) (Tabla 41).

c.2. Plomo

Los resultados de la concentración de plomo (mg/kg), en las muestras de plantas en los periodos muestreados y en los mismos puntos de muestreo a lo largo del Rio Crucero, analizadas de acuerdo a la metodología expuesta en el ítem 3.4.1.2.1 se muestran en la Tabla 26.

Tabla 26. Muestras orgánicas (plantas acuáticas) plomo total (mg/kg).

Setiembre 2015						
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Plomo	1,900	0,980	0,710	4,200	3,500	2,600
Marzo 2016						
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Plomo	2,100	3,200	2,700	4,800	5,400	3,500

Los valores de la concentración de plomo en macrófitas a lo largo del rio Crucero fluctúan entre el valor mínimo 0,710 mg/kg y máximo 4,200 mg/kg, en los puntos de muestreo M3 y M4, para el periodo Setiembre-2015 y el valor mínimo 2,100 mg/kg y máximo 5,400

mg/kg, en los puntos de muestreo M1 y M5, para el periodo Marzo-2016 (Tabla 26).

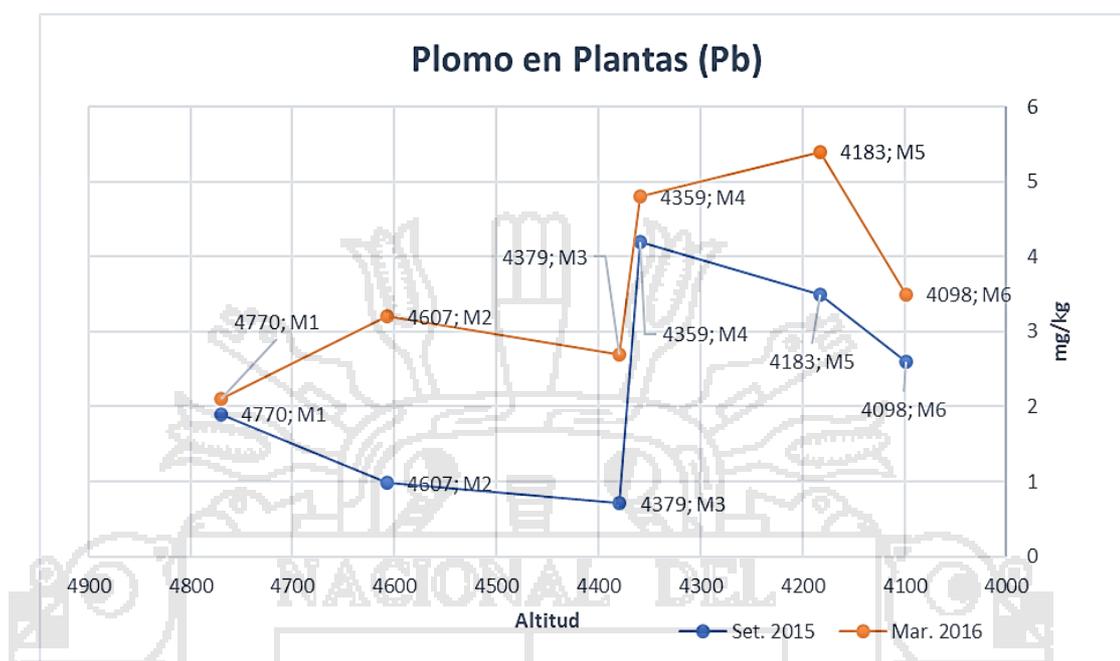


Figura 10. Variación del contenido Plomo en las plantas del Rio Crucero, setiembre- 2015 y marzo-2016.

En todos los puntos de muestreo, hay presencia de plomo en los micrófitos, en consecuencia, estos valores indican una acumulación progresiva en los macrófitos existentes, probablemente debido a la actividad minera, erosión litogénica, residuos urbanos sin tratamiento y pasivos mineros (Figura 10). En referencia Arizaca, *et al* (2010) reportan los resultados para el plomo en algas filamentosas y macrofitas en la sub cuenca Azángaro fluctúan entre el valor mínimo 0,56 mg/kg y máximo 16,0 mg/kg, que corresponde al punto de muestreo L-3, MINEM (1999) los valores de concentración de plomo, cuyo LMP es de 12 mg/kg, se puede observar valores mayores en Lemna minuta con 69.5 mg/kg en la estación Lt7(a), Azolla filiculoides con 46.7 mg/Kg en

Lt7(8), otros valores para Eleodea, Scirpus y Myriophyllum son 21.7, 14.7 y 13.6 mg/Kg, en las estaciones de Lt7(6), Lt7(5) y Lt7(3) respectivamente, Aquino (2005) entre agosto 2005 y febrero del 2006 del río Ramis se obtuvieron valores en plomo, los valores registrados estuvieron entre 0,10 y menores e iguales a 0,05 mg/kg, además Arizaca, *et al* (2010), para plomo en lana reporta los valores: mínimo de 0,19 y máximo de 0,56 mg/kg, en la sub cuenca Azángaro; y mínimo de 0,56 y máximo de 0,97 mg/kg en la sub cuenca Ayaviri; y en fibra mínimo de 0,089 y máximo de 1,4 mg/kg, en la sub cuenca Azángaro.

No existe una diferencia estadísticamente significativa con respecto a las concentraciones de plomo en macrófitos (mg/kg) entre los meses de setiembre 2015 y marzo 2016, ($P= 0,119$) (Tabla 42).

4.3.2 Parámetros fisicoquímicos

4.3.2.1 Variación de la Conductividad

Los resultados de la conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), en las muestras de aguas en los periodos muestreados y en los mismos puntos de muestreo a lo largo del Río Crucero, analizadas de acuerdo a la metodología expuesta en el ítem 3.4.1.1.1 se muestran en la Tabla 27.

Tabla 27. Parámetro fisicoquímico: Conductividad.

Setiembre 2015						
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Conductividad	175,00	205,00	355,00	195,00	180,00	170,00

Marzo 2016						
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Conductividad	170,00	195,00	330,00	190,00	170,00	150,00

Los valores de la variación de la conductividad a lo largo del río Crucero fluctúan entre el valor mínimo 170,00 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y máximo 355 $\mu\text{s}/\text{cm}$, en los puntos de muestreo M6 y M3, para el periodo Setiembre-2015 y el valor mínimo 150,00 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y máximo 330 $\mu\text{s}/\text{cm}$, en los puntos de muestreo M6 y M3, para el periodo Marzo-2016 (Tabla 27).

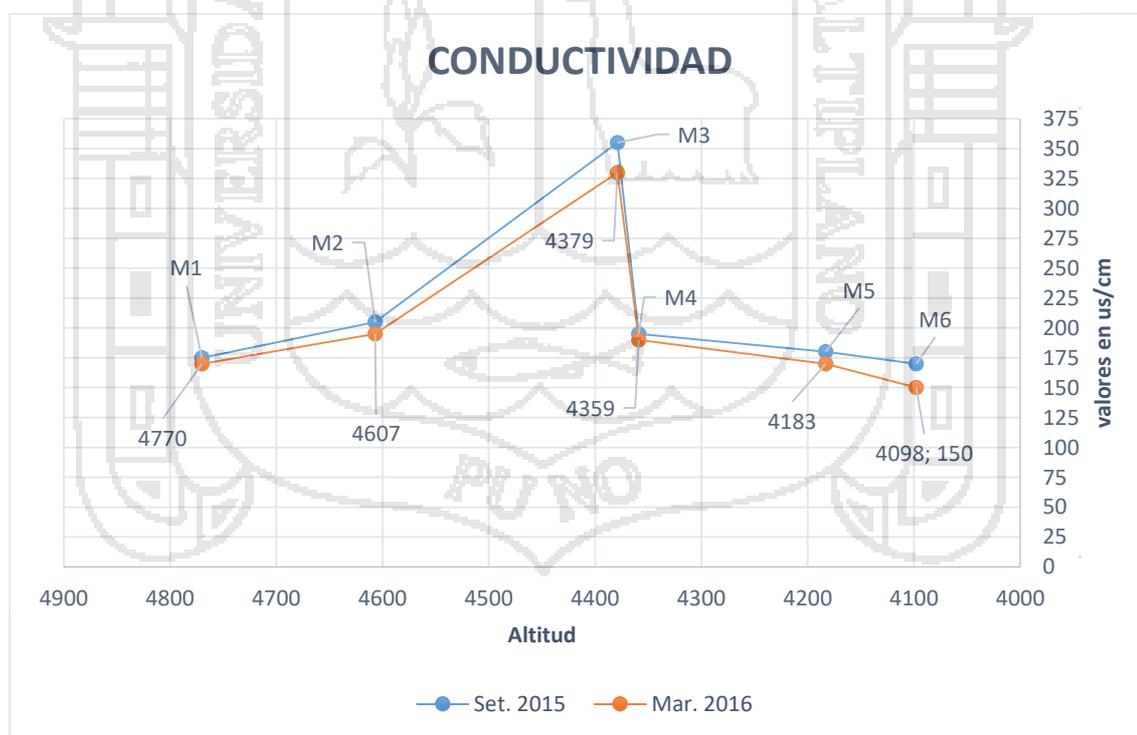


Figura 11. Variación de la conductividad a lo largo del Río Crucero, setiembre-2015 y marzo-2016.

La conductividad en el punto M1 tiene un valor 175 uS/cm para el periodo Setiembre-2015 y de 170 uS/cm para el periodo Marzo-2016, para luego incrementarse ligeramente en el punto M2 para luego tener un notable incremento en el punto M3 cuyo valor 355 uS/cm para el periodo Setiembre-2015 y de 330 uS/cm para el periodo Marzo-2016 (Figura 11), que corresponde a la zona entre el Centro poblado de Oriental y Crucero: probablemente se debe a la erosión litogénica de zonas alcalinas; como también al uso de pesticidas y otros en ganadería y agricultura; vertido de aguas residuales del poblado de Carlos Gutiérrez y/o comunidades aledañas, que en su conjunto incrementan la presencia de iones en el agua, y luego baja sistemáticamente a lo largo del cauce esto debido a que las sales disueltas y los sólidos conductores se depositan junto con los sedimentos en la ribera del río aguas arriba por su mayor peso específico en su avance aguas abajo. En referencia Arizaca, *et al* (2010) reportan que la conductividad del agua son: mínimo 130 uS/cm y máximo 871 uS/cm; es mínimo en los puntos L-1 y K-7.

4.3.2.2 Variación del pH

Los resultados del pH, en las muestras de aguas en los periodos muestreados y en los mismos puntos de muestreo a lo largo del Río Crucero, analizadas de acuerdo a la metodología expuesta en el ítem 3.4.1.1.2 se muestran en la Tabla 28.

Tabla 28. Parámetro fisicoquímico: pH

Setiembre 2015						
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5	M6
pH	6,30	5,90	5,20	6,40	6,80	7,40

Marzo 2016						
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5	M6
pH	6,50	6,20	5,80	6,60	6,90	7,20

Los valores de la variación del pH a lo largo del rio Crucero fluctúan entre el valor mínimo 5,20 y máximo 7,40, en los puntos de muestreo M3 y M6, para el periodo setiembre-2015 y el valor mínimo 5,80 y máximo 7,20 en los puntos de muestreo M3 y M6, para el periodo marzo-2016 (Tabla 28).

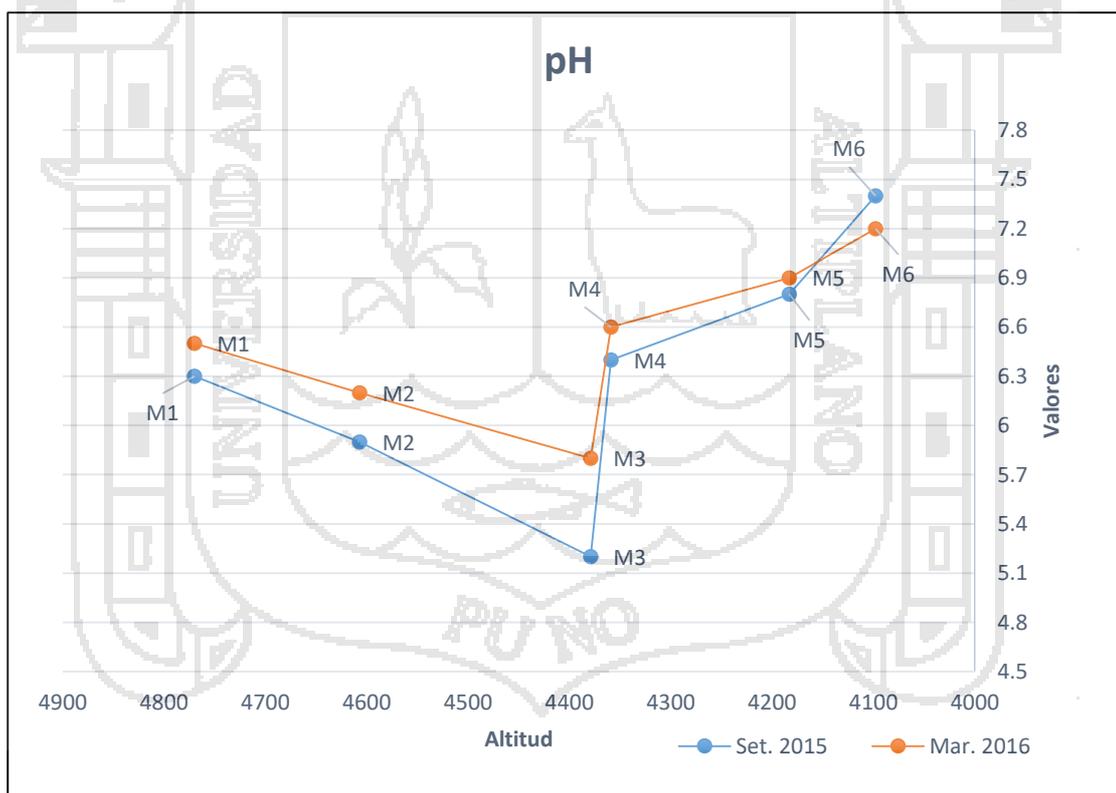


Figura 12. Variación del pH a lo largo del Rio Crucero, setiembre-2015 y marzo-2016.

El comportamiento del pH, a lo largo del curso del rio Crucero, se puede apreciar que el punto **M6**, corresponde a agua de deshielo, en

este caso representa la muestra en blanco (por estar en el rango permitido: 7 a 7,5), y ser considerado como agua neutra; conforme el río avanza en su curso se va incrementando el pH, debido a la presencia de iones, materia orgánica, erosión litogénica y otros factores, llegando a un valor máximo de pH en el punto **M3**, para luego ir disminuyendo el pH, debido al incremento del caudal por la unión de riachuelos que confluyen con el río Crucero (Figura 12).

Estos cambios de pH influyen fuertemente en la adsorción o liberación de cationes (desorción) por las sustancias orgánicas, por ejemplo, a pH alcalinos se precipitan algunos metales como hidróxidos y contrariamente a pH ácidos algunos metales incrementaran su movilidad (por ejemplo el plomo), es decir se vuelven solubles. En referencia Arizaca, *et al* (2010) reportan que el pH, es menor en las cabeceras de la cuenca de río Ramis Punto L-1 (sub cuenca Azángaro) y punto K-7 (sub cuenca Ayaviri) que corresponden a agua de deshielo donde el pH mínimo es 7,1; y se incrementa a medida que recorre el río, llegando a un pH máximo de 9,3; Guerrero (2009), siendo el parámetro más importante el pH, se encuentra entre 7.0 –9.0, lo cual tiende a inhibir la movilidad del As, Cu, Pb, Fe por la formación de hidróxidos que generan material en suspensión y finalmente son precipitados.

4.4 EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS AMBIENTALES

La Matriz de Leopold modificada, se convierte en eje del Estudio del riesgo Ambiental a la hora de evaluar la magnitud e importancia, y formó parte de la estructura de la Evaluación de los riesgos ambientales en la zona de estudio.

Para la valoración de los riesgos ambientales potenciales en el área de influencia se ha utilizado el Método de Leopold, el cual es un método bidimensional que posibilita la integración entre los componentes ambientales y las actividades mineras en la zona de Ananea.

De acuerdo con los criterios expuestos en las Tablas 13 y 14, se evaluó los riesgos ambientales, en el área de influencia del río Crucero, Distrito de Ananea, llegándose a los siguientes resultados que se dan en la Tabla 29.



Los resultados indican el impacto negativo o positivo de las interacciones entre la categoría, componentes, parámetros y las actividades de la investigación que ocasionan significatividad negativas y positivas son: extracción de mineral es de -73 unidades, 24 unidades, material de desmonte -78 unidades, 16 unidades, disposición de relaves -85 unidades, 12 unidades, lixiviación de relaves -95 unidades, 7 unidades, contaminación del río Crucero -129 unidades, 0 unidades, en total la significatividad negativa representa el 88,6% y la significatividad positiva el 11,4% (Tabla 29). En referencia, Cuentas (2009) del total de componentes de las actividades del proyecto que ocasionan mayor afectación negativa son: La minería artesanal (-78,46 unidades y 21 impactos), la disposición del desmonte (-66,12 unidades y 14 impactos), el depósito de relaves (-49,30 unidades y 15 impactos), recuperación artesanal del oro (-32,88 con 14 impactos).

Los resultados de la valoración de riesgos ambientales del total de componentes ambientales analizados por parámetro indican que muestran una afectación negativa debido a las actividades mineras son: calidad de aire (riesgo ambiental bajo), aguas subterráneas (riesgo ambiental bajo), aguas superficiales (riesgo ambiental alto), calidad del suelo (riesgo ambiental moderado), sedimentación y relaves (riesgo ambiental alto), ecosistemas, flora terrestre, flora acuática (riesgo ambiental moderado), hábitat, espacio terrestre, (riesgo ambiental alto), espacio acuático (riesgo ambiental moderado), salud y seguridad de la población (riesgo ambiental alto), presentan impactos de carácter negativo y solamente generación de ingresos (riesgo ambiental bajo) y empleo (riesgo ambiental bajo), reflejan riesgos positivos (Tabla 30).

Tabla 30. Valoración de riesgos ambientales en el área de influencia.

CATEGORÍA	ELEMENTO DE MEDIDA	PARÁMETROS	IMPACTO AMBIENTAL	RIESGO AMBIENTAL
FISICO	AIRE	calidad de aire	-25	Bajo
	AGUA	aguas subterráneas	-24	Bajo
		agua superficiales	-40	Alto
	SUELO	calidad del suelo	-35	moderado
		sedimentación y relaves	-43	Alto
BIOLOGICO	FLORA	Ecosistemas	-35	moderado
		flora terrestre	-35	moderado
		flora acuática	-29	moderado
	FAUNA	Hábitat	-38	Alto
		espacio terrestre	-38	Alto
SOCIOECONOMICO	ECONOMICO	espacio acuático	-30	moderado
		generación de ingresos	25	Bajo
	SOCIAL	Empleo	19	Bajo
		Salud	-36	Alto
		seguridad de la población	-37	Alto

Tabla 31. Consolidado de la valoración de impactos ambientales negativos y positivos.

	IMPACTOS AMBIENTALES	
		%
IMPACTOS NEGATIVOS	-445	91,00
IMPACTOS POSITIVOS	44	9,00
TOTAL	489	100,00

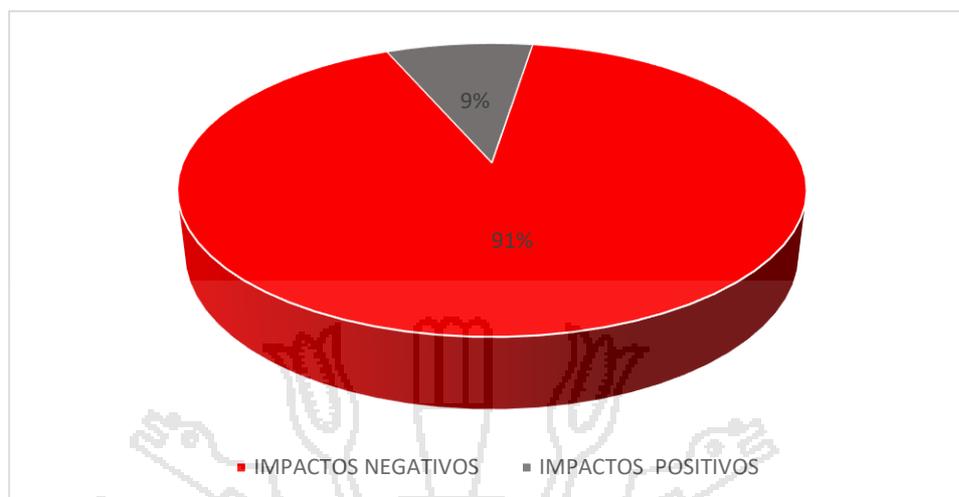


Figura 13. Porcentaje de impactos positivos y negativos.

De acuerdo con los resultados de la Tabla 31, representado en la Figura 13 el máximo valor de afectación negativa al medio ambiente por las acciones de las actividades mineras es de -445 unidades cuando todos los riesgos presenten las características más adversas; de esto, el valor resultante para el proyecto es de 489 unidades que representa un riesgo porcentual negativo total de 91,00% y un riesgo porcentual positivo total de 9,00%. En referencia, Cuentas (2009) del total de componentes ambientales analizados el 77,89% presentan impactos de carácter negativo y solamente un 22,11% refleja impactos positivos.

Tabla 32. Análisis por categoría.

CATEGORIA	IMPACTO AMBIENTAL	%	
FISICO	-167	34,15	
BIOLOGICO	-205	41,92	
SOCIOECONOMICO	Económico	44	23,93
	Social	-73	
TOTAL	489	100,00	

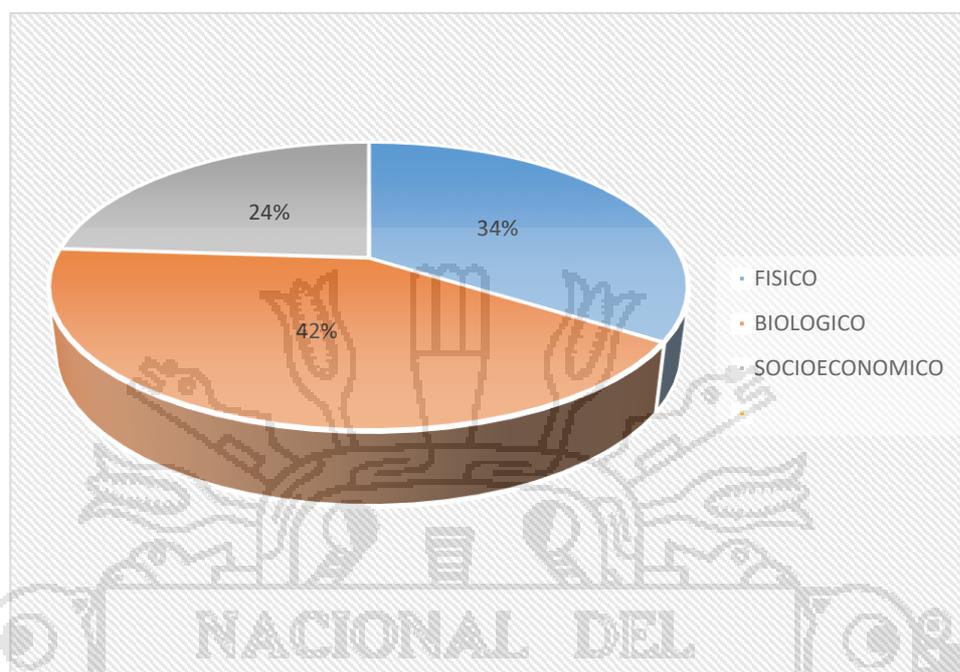


Figura 14. Porcentaje de impactos por categoría.

De acuerdo con los resultados de la Tabla 32, representado en la Figura 14, del total de componentes ambientales analizados por categoría: físico el 34,15%, biológico 41,92% y socioeconómico 14,93% presentan riesgos de carácter negativo y un 9,00% refleja riesgo positivo. En referencia, Cuentas (2009) concluye se ocasionará 14 impactos severos: 8 en el medio físico, 6 en el medio socio económico cultural, 68 impactos moderados (42 en el medio físico y 26 en el medio socio económico cultural), 32 impactos irrelevantes, existirán 20 impactos positivos correspondientes principalmente a la generación del empleo en las diferentes actividades del proyecto y la dinamización del comercio local.

Tabla 33. Análisis por componente

COMPONENTE	IMPACTO AMBIENTAL	%
AIRE	-25	5,11
AGUA	-64	13,09
SUELO	-78	15,95
FLORA	-99	20,25
FAUNA	-106	21,68
ECONOMICO	44	9,00
SOCIAL	-73	14,93
TOTAL	489	100,00

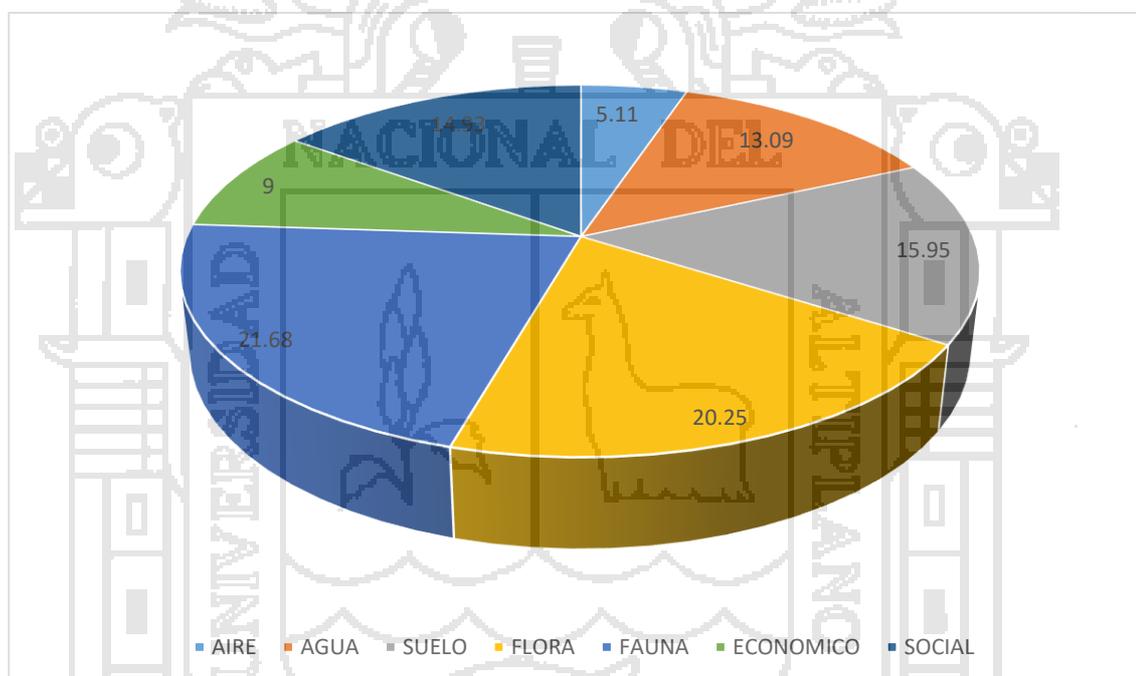


Figura 15. Porcentaje de impactos por componentes.

De acuerdo con los resultados de la Tabla 33, representado en la Figura 15, del total de componentes ambientales analizados: aire el 5,11%, agua el 13,09%, suelo el 15,95%, flora el 20,25%, fauna el 21,68%, y social el 14,93% presentan impactos de carácter negativo y el económico 9,00% refleja riesgo positivo; un tercio de los componentes: aire, agua y suelos reciben los impactos negativos,

del cual el agua recepciona el 13,09% de ellos, en cambio la dinamización del comercio en el área de influencia y otros ingresos contribuyen en un 9,00% de riesgos positivos de magnitud baja, debido a la oferta de trabajo disponible para la población y la consecuente mejora de la calidad de vida a través de la Corporación Minera Ananea S.A, Jesús 2004 Tres y demás empresas en proceso de formalización que generan una cantidad de puestos de trabajo, tanto calificados como no calificados, paralelamente se está incrementando la actividad minera artesanal, aumentando los ingresos familiares de las personas involucradas en esta actividad, a pesar de ello los pobladores de la zona no pueden priorizar la protección ambiental de la zona de acuerdo a la curva de Kuznets (Figura 1), por ser el impacto económico bajo y Puno al tener ingreso per cápita promedio inferiores al ingreso mínimo vital de 799,50 (INEI, 2016):

Tabla 34. Ingreso per cápita en el departamento de Puno.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Puno	413,8	466,9	509,9	588,3	632,0	720,7	811,0	879,9	799,5

Fuente: INEI, 2016

Cuyo valor monetario de la línea de pobreza en la sierra rural es de 354.0 (INEI, 2016). Siendo Crucero considerado de extrema pobreza, donde el ingreso familiar per cápita de 218,56 (INEI, 2013), en el distrito de crucero:

Tabla 35. Ingreso familiar per cápita en el distrito de crucero.

	2009	2010	2011	2012
Crucero	128,28	195,23	194,60	218,56

Fuente: INEI, 2013

Al respecto Cuentas (2009), concluye que el 57,6% de familias tienen un ingreso familiar que está por debajo de los 350 nuevos soles mensuales, otro 31,9% percibe entre 350 y 699 nuevos soles y, sólo el 10,5% de las familias tiene

ingresos por encima de los 700 nuevos soles. Por lo tanto, dado a los bajos ingresos per cápita, no se puede priorizar la protección ambiental sino aceptar la degradación ambiental como un efecto secundario, tal como sucede en estos momentos.

Tabla 36. Análisis por parámetro.

PARAMETRO	IMPACTO AMBIENTAL	%
Calidad de aire	-25	5,11
Aguas subterráneas	-24	4,91
Agua superficiales	-40	8,18
Calidad del suelo	-35	7,16
Sedimentación y relaves	-43	8,79
Ecosistemas	-35	7,16
Flora terrestre	-35	7,16
Flora acuática	-29	5,93
Hábitat	-38	7,77
Espacio terrestre	-38	7,77
Espacio acuático	-30	6,13
Generación de ingresos	25	5,11
Empleo	19	3,89
Salud	-36	7,36
Seguridad de la población	-37	7,57
TOTAL	489	100

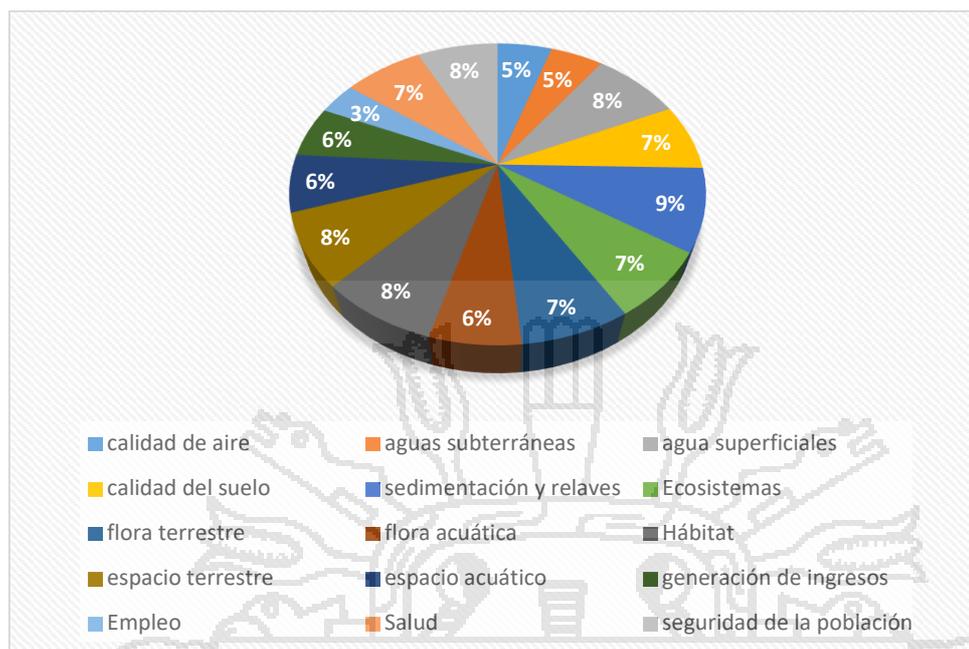


Figura 16. Porcentaje de impacto por parámetros

De acuerdo con los resultados de la Tabla 36, representado en la Figura 18, del total de componentes ambientales analizados por parámetro indican que muestran una afectación negativa debido a las actividades mineras son: calidad de aire el 5,11%, aguas subterráneas el 4,91%, aguas superficiales el 8,18%, calidad del suelo el 7,16%, sedimentación y relaves el 8,79%, ecosistemas el 7,16%, flora terrestre el 7,16%, flora acuática el 5,93%, hábitat el 7,77%, espacio terrestre el 7,77%, espacio acuático el 6,13%, salud el 7,36% y seguridad de la población el 7,57%, presentan impactos de carácter negativo y solamente generación de ingresos el 5,11%,y empleo el 3,89%, reflejan riesgos positivos; en referencia Cuentas (2009) indica que los componentes ambientales que muestran una mayor afectación negativa por las actividades del proyecto son la suelos (-39,53 con 7 impactos), usos del territorio (-33,47 unidades con 4 impactos), la topografía (-33,28 con 5 impactos), paisaje (-25,37 unidades con 5 impactos),

fauna terrestre (-24,06 unidades con 5 impactos) y calidad de agua superficial (-22,56 unidades con 6 impactos). Los factores ambientales que son impactados positivamente son la dinamización del comercio local (+37,31 unidades con 9 impactos) y el empleo (+18,19 con 5 impactos).

Con respecto a los riesgos de salud pública por contaminación ambiental de acuerdo a la Tabla 36, se tiene una afectación negativa del 7,36% (riesgo ambiental alto), se estima el riesgo por la exposición a plomo y mercurio a partir de los datos ambientales del sitio (Tablas del 44 al 49) y se corrobora los niveles de plomo y mercurio a partir de parámetros toxicocinéticos de plomo y mercurio en la población realizado en diversos trabajos de investigación, Censo-Care-Salud (2002) encontró que la presencia de afecciones y enfermedades de salud que se registran en los pobladores de la zona, mayormente son las infecciones agudas a las vías respiratorias, que afectan a las mujeres en una incidencia del 28.2%, que es ligeramente superior al de los varones (26.1%), existiendo algunas afecciones que con mayor frecuencia se estarían dando entre ambos sexos. Como el de los traumatismos en diferentes partes del cuerpo (12.8%), traumatismos en la cabeza (5.9%), que es mayor en los varones, describiendo los riesgos a los que estaría sujetos los pobladores en el difícil trabajo; en referencia Indimedia-Perú (2005) determinó el 100% de impactos por plomo, cadmio, arsénico y mercurio (Relavera Mayoc), por encima de los límites máximos permisibles (LMP), ratificados por DISA IV Lima Este, encontró entre los 293 evaluados, (grupos de pobladores de Mayoc, y casco urbano de San Mateo), el 67,8% con valores altos de plomo; un 19%, con mercurio y el 14,8%., con arsénico. En lo mental, la evaluación psicológica arrojó en el 86% de los niños, niveles de capacidad intelectual inferior al término medio y en

los adultos el 45%. De igual forma, los resultados de un análisis de muestras de orina realizadas por el Ministerio de Salud a través del Establecimiento de Salud en la localidad de Huepetuhe muestran que, aunque los resultados son muy variados, existen casos de personas con valores muy altos de mercurio (508 $\mu\text{gHh/L}$, siendo los máximos recomendables $< 5 \mu\text{gHg/L}$), a ello se suman los resultados de este estudio en lo que respecta a la aparición de síntomas clínicos asociados con la exposición a mercurio: 31.2% refirieron pérdida de memoria, 29.5% cambio de ánimo, 24.3% irritabilidad, 31.2% debilidad muscular, 12.7% temblores musculares, 37.7% dolor de cabeza, 22.3% alergias y el 15.1% descamación de piel (Brack, *et al*, 2011).

El mayor problema es de contaminación ambiental generado por la minería informal por el uso exagerado e inadecuado de mercurio para la extracción de oro, que altera a la flora y fauna silvestre, así como cultivos y ganadería, con los consiguientes riesgos sobre la salud pública de más de 1 000 000 de habitantes (peruanos y bolivianos). Se estima que se pierden cada año alrededor de 15 toneladas de mercurio líquido en la zona de Puno, al año 2009 el valor de pérdida estaría en 120 toneladas, acrecentando la contaminación ambiental y los riesgos de salud pública (Mosquera, 1999).

Debido a la deficiente tecnología en la recuperación del oro por refogeo y lixiviación por cianuro, más del 50% del mercurio usado se libera al aire y se precipita en las zonas inmediatas y fuentes de agua. Kuramoto (2011), Hurtado, *et al* (2006), encontraron altos niveles de mercurio en sangre en todos los miembros de las familias que habitan en las casas donde se quema la amalgama. Las fuentes de agua derivan en el río Ramis que acarrea los relaves mineros al lago Titicaca

Gammons, *et al* (2006), evidenciaron la contaminación mercurial en peces que habitan en las aguas del Titicaca y del río Ramis.

Pese a tener una legislación que resguarda la calidad de vida desde la Constitución Política, la Ley de General de Salud, así como políticas del Ministerio de Salud a nivel nacional y regional (Ministerio de salud, 2007). Goyzueta, *et al* (2009), concluyen que se percibe que las mismas no se cumplen en este lugar del país, lo que evidencia la ausencia del Estado que no asume con responsabilidad sus obligaciones con medidas de promoción, prevención e intervención en este centro poblado, principalmente con programas tendientes a disminuir las condiciones de exposición a contaminantes como consecuencia de la actividad minera.

La actividad minera es uno de los más importantes medios con que cuenta el Estado para el desarrollo económico y mejoramiento del bienestar social del país. Se requiere el equilibrio entre la actividad minera y el medio ambiente, pero es más importante los principios de salud de la población humana, por ello se requieren diversas intervenciones en toda la zona de Ananea para proteger la salud de los pobladores.

El estudio realizado en la zona de influencia del río Crucero, permitió evaluar la exposición ambiental y ocupacional de los pobladores, a la par con la valoración integral del estado de salud, generando información relevante sobre la magnitud de la problemática sobre todo en los aspectos de salud, medio ambiente y trabajo, que contribuirá para la implementación de programas y acciones tendiente a afrontar esta triste realidad que golpea a los habitantes de la zona.

CONCLUSIONES

- La contaminación del río Crucero, es una realidad instalada e insoslayable, soportada y sufrida por la población que habita ancestralmente en toda la zona de influencia del río Crucero, quienes identifican los sedimentos y vientos sedimentosos (lama) que fluyen por las aguas del río Crucero y sus aires, destruyendo flora y fauna acuática, afectando a la salud humana y animal, generando conflictos sociales activos debido a las actividades mineras.
- La concentración de plomo en las aguas del río Crucero fluctúan entre el valor máximo 0,031 mg/L y mínimo 0,005 mg/L para el periodo setiembre-2015 y el valor máximo 0,185 mg/L y mínimo 0,01 mg/L para el periodo marzo-2016, comparado con el ECA de aguas de nuestro país el valor 0,185 mg/L del punto M2 sobre pasa el límite permitido hasta en cuatro veces.
- La concentración de mercurio en sedimentos a lo largo del río Crucero fluctúan entre el valor máximo 0,860 mg/kg y mínimo 0,330 mg/kg para el periodo setiembre-2015 y el valor máximo 0,400 mg/kg y mínimo 0,160 mg/kg para el periodo marzo-2016, la presencia de mercurio en el río Crucero está

por debajo de los límites permitidos en lo que respecta a la Norma Holandesa. La concentración de plomo en sedimentos a lo largo del río Crucero entre el valor máximo 55 mg/kg y mínimo 20 mg/kg para el periodo setiembre-2015 y el valor máximo 30 mg/kg y mínimo 17 mg/kg para el periodo marzo-2016, en consecuencia, la presencia de Plomo en el río Crucero está por encima de los límites permitidos.

- La concentración de mercurio en plantas macrofitas fluctúan entre el valor mínimo 0,200 mg/kg y máximo 0,750 mg/kg, en los puntos de muestreo M1 y M6, para el periodo setiembre-2015 y el valor mínimo 0,200 mg/kg y máximo 0,520 mg/kg, en los puntos de muestreo M1 y M5, para el periodo marzo-2016. La concentración de plomo en plantas macrofitas fluctúan entre el valor mínimo 0,710 mg/kg y máximo 4,200 mg/kg, en los puntos de muestreo M3 y M4, para el periodo setiembre-2015 y el valor mínimo 2,100 mg/kg y máximo 5,400 mg/kg, en los puntos de muestreo M1 y M5, para el periodo marzo-2016.
- Del total de componentes ambientales analizados indican que muestran una afectación negativa debido a las actividades mineras son: calidad de aire el 5,11%, aguas subterráneas el 4,91% (riesgo ambiental bajo), aguas superficiales el 8,18% (riesgo ambiental alto), calidad del suelo el 7,16% (riesgo ambiental moderado), sedimentación y relaves el 8,79% (riesgo ambiental alto), ecosistemas el 7,16%, flora terrestre el 7,16%, flora acuática el 5,93% (riesgo ambiental moderado), hábitat el 7,77%, espacio terrestre el 7,77% (riesgo ambiental alto), espacio acuático el 6,13% (riesgo ambiental moderado), salud el 7,36% y seguridad de la población el 7,57% (riesgo

ambiental alto), presentan impactos de carácter negativo y solamente generación de ingresos el 5,11% (riesgo ambiental bajo),y empleo el 3,89% (riesgo ambiental bajo), reflejan riesgos positivos.



RECOMENDACIONES

- Se sugiere a la Autoridad Nacional del Agua contar con equipos interdisciplinarios para la recuperación del río Crucero. Actualmente, los datos que se maneja del río son básicamente fisicoquímicos, y algunos datos biológicos del análisis de la calidad del agua. Deberían realizarse otros tipos de estudios como los análisis de la fauna y biota fluviales.
- El monitoreo biológico debería ser más amplio, ya que considerar el estudio de la biota acuática, la fauna, permitirán obtener indicadores para evaluar la afectación tanto del ecosistema acuático como de la fauna.
- Frente a la problemática ambiental que representan los relaves mineros, a pesar de que no se puedan remediar por el momento, se deben tomar ciertas medidas. Por ejemplo, para que el ganado no ingrese al área de relaves, se pueden construir barreras construidas por parte de las empresas mineras.
- Es necesario el fortalecimiento de capacidades en medio ambiente para los diferentes profesionales de la Dirección Regional de Minería. De esta manera, las personas que tienen a cargo la aprobación de instrumentos de

gestión ambiental para el sector extractivo minero se inmiscuyan de manera eficiente en la problemática del medio ambiente.

- Las empresas mineras deben evaluar la implementación de programas de apoyo socioeconómicos a las comunidades ya que, en algunos casos, tendrían mayor impacto positivo que la presencia del Estado.



BIBLIOGRAFIA

- Acosta, F. (2001). *Inventario en sitios de México con concentraciones elevadas de Mercurio Comisión para la cooperación Ambiental INE México.*
- Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades. (2007). *Resumen de Salud Pública Arsénico CAS#: 7440-38-2.*
- Amezaga, J, y Balvín D. (2006). *Environmental Regulation of Mine Waters in South America.*
- Andaluz, C. (2011). *Manual de derecho ambiental.* Tercera. Lima: Editorial Iustitia.
- Aparicio, F. (1999). *Fundamentos de hidrología de superficie.* Limusa, México.
- Aquino, E. (2005). *Contaminación por mercurio y cianuro en el Distrito Minero de Ananea Puno. Reflexiones y Propuestas.* OUI. UNA (Puno - Perú); 153
- Arizaca, J., Aguilar, T., Cornejo, D., Huanqui, R., Medina, R., Miranda, N., Pacheco, M., Pérez, M., Pimentel, J., Roque, F., Ttito, S.. (2010). *Estudio integral de la contaminación en la cuenca del Ramis.* Universidad Nacional del Altiplano, Puno.

- Arrow, K y Franks, D. (1996). *Economic Growth, Carrying Capacity, and the Environment. Ecological Applications* 6, nº 1: 13-15.
- Arroyo, E. (2006). *Aplicación de la Matriz de Leopold para la Identificación y Valoración de Impacto Ambiental en Minería.*
- Baron, D. (2002). *Meeting Ecological and Societal Needs for Freshwater. Ecological Applications* 12, nº 5: 1247-1260.
- Bebbington, A y Bury, J. (2010). *Federating and Defending: Water, Territory and Extraction in the Andes. En Out of the Mainstream, de Rutgerd Boelens, Getches, 307-327. London: Earthscan.*
- Bebbington, A y Williams, M. (2007). *Minería y desarrollo en el Perú: con especial referencia al Proyecto Río Blanco, Piura. Lima: Oxfam Internacional; IEP; CIPCA; PSG, 2007.*
- Brack, A., Ipenza, C., Alvarez, J., Sotero, V. (2011). *Estudio de la contaminación por mercurio. Instituto del medio ambiente.*
- Bryan, G.W. Langston, W.J. (1992). *Bioavailability, accumulation and effects of heavy metals insediments with special reference to united kingdom estuaries: a review. environmental plution* 76, 89- 131.
- Bubb, J. M., Williams, T. P., Lester, J. N. (1993). *The behavior of mercury within a contaminated Tidal river system. Water Science Technology* 28(8-9), 329-338.
- Camacho, A. (2000). *Términos Ambientales. La Habana.*

- Canter, L.W. (2002). *Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Técnicas para la elaboración de Estudios de Impacto*. Traducción al español de Ignacio Español. Madrid: McGraw Hill.
- Cappuyens, V., Swennen, R., Vandamme, A., Niclaes, M. (2006). *Environmental impact of the former pb-zn mining and smelting in east belgium*. j. geochem. explor. 88(1-3): 6-9.
- Care (2002). *Situación socio económica de la población de la Rinconada al 2002*.
- Carranza, R. (2001). *medio ambiente problemas y soluciones. universidad nacional del callao*.
- Castañé, P.M., Topalián, M.L., Cordero, R., Salibián, A. (2003). *Influencia de la especiación de los metales pesados en el medio acuático como determinante de su toxicidad*. Rev Toxicol; 20:13-8.
- Castro, J. y Monroy, M. (2002). *Parámetros Geológicos de protección Ambiental, Geoquímica, Minería y Medio –ambiente San Luis de Potosí, México*. UNESCO – INGEMMET- Perú.
- CESEL, I. (2009). *Estudio de factibilidad del aprovechamiento termoelectrico del gas natural en ayacucho – electrocentro S.A. Ayacucho*.
- Chafe, Z. (2007). *Las crecientes amenazas de desastre y su potencial riesgo de desplazamientos de población*. Ecología Política, nº 33: 84-87.
- Chávez, C. (2004). *Evaluación de riesgos ambientales para sitios mineros: caso del distrito minero santa maría de la paz*. México.

- Chincheros, J. (2009). *Muestreo de Aguas y sedimentos y preservación. Laboratorio de calidad Ambiental*. UMSA. Bolivia.
- Choluca, M. D. (2002). *Estudio de Impacto Ambiental para el Proyecto de Construcción y Operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el Municipio de San Andres Choluca*. Choluca.
- Chuecas, I. (1989). *Contaminación por metales pesados en el litoral de la región del bío-bío, concepción, chile: el caso del mercurio y el cadmio*. Departamento de oceanología, facultad de ciencias biológicas y recursos naturales, universidad de concepción. amb. y des., vol. v - n° 1: 137-145 abril 1989
- Comunidad Andina. (2010). *El agua de los Andes: un recurso clave para el desarrollo e integración de la región*. Secretaría General, Lima.
- Conesa Fernández-Vitoria, V. (2003). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. 3ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. España
- Corzo, A. (2015). *Impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la microcuenca quebrada párac, distrito de san mateo de huanchor*, Pontificia Universidad Católica del Perú, Escuela de Posgrado, Lima.
- Cotton y Wilkinson. (1986). *química inorgánica avanzada*. México. editorial limusa.
- Cuentas, M. (2009). *Evaluación cualitativa del impacto ambiental generado por la actividad minera en la rinconada puno*, Repositorio Institucional PITHUA, Universidad de Piura. Maestría en Gestión y Auditorías Ambientales, Julio 2009.

- De La Puente, L. (2008). *La industria y la rigidez actual en la aplicación de los límites máximos permisibles: caben excepciones*. Themis, Revista de Derecho, nº 56: 219-229.
- Defensoría del Pueblo. (2016). *Minería, desarrollo sostenible, y derechos ciudadanos: una aproximación inicial de la Defensoría del pueblo*. Lima, 2005. Reporte de Conflictos Sociales N° 136. Junio de 2015. N° 143. Enero de 2016. N° 145. Marzo de 2016.
- Duffus, J. (2002). *Heavy Metals - A Meaningless Term International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) Technical Report*. Pure Applied Chemical 74, nº 5: 793-807.
- Environmental Protection Agency. (2001). *Method 200.7: Trace elements in water, solids and biosolids by inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry*. Analytical Methods Staff, U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Washington, D.C.: U.S. EPA - Office of Science and Technology.
- EPA. (2011). *Makah Tribe. Water Quality Standards for Surface Water*. Environmental Protection Agency.
- Forstner, U. (1993) *Metals speciation general concept and application*. en *proceeding of the workshop on the sequential extraction of trace metals in soils and sediments*. ins. j. environ. anal. chen. 51, 5-23.

Fresenius, W; y Schneider, W. (1991). *Manual de disposición de aguas residuales*
CEPIS/OPS Lima.

Gammons, C.H, Slotton. D.G, Gerbrant B, Weight W. (2006). *Mercury concentrations of fish, river water, and sediment in the Río Ramis-Lake Titicaca watershed, Peru*. Sci Total Environ; 368(2-3): 637-48.

García, C. (2005). *metales tóxicos en el sistema lagunar mandinga, veracruz lab. de eco toxicología dpto. hidrobiología universidad autónoma metropolitana – iztapalapa, méxico*, d. f., a 02 de diciembre del 2005.

Gerbrandt, B. (2004). *Contaminación del Lago Titicaca y afluentes por mercurio y otros elementos pesados*. Metalurgia, Materiales y Soldadura, N° 1, pag. 34-39.

Gómez, O.D (2003). *Evaluación de impacto ambiental*. Ediciones mundi prensa . Madrid

Goyzueta, G., Trigos, C. (2009). *Foro Salud Puno*. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú

Guerrero, G. (2009). *Influencia de la contaminación metálica en sedimentos y suelos agrícolas en la cuenca del río Rímac*. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima

Halliday, T., Davey, B. (2007). *Water and Health in an Overcrowded World*. Oxford: Oxford University.

Hamilton, L.,Simpson, S., Ellis, D. (1988). *Cálculos de Química Analítica*, Edit. Mc.

Graw Hill, México.

Harrison, H. (2005). *intoxicaciones, sobredosis medicamentosas y envenenamientos, intoxicación por metales pesados*. Principios de medicina interna edición en español capítulo 376. 16 ed. d.l. editorial: mcgraw-hill / interamericana de españa, s.a. (madrid) edición: 16ª fecha.

Hurtado, J, Gonzales, G.F, Steenland, K. (2006) *Mercury exposures in informal gold miners and relatives in southern Peru*. Int J Occup Environ Health; 12(4): 340-45.

Indymedia - Perú. (2005). *El conflicto ambiental en San Mateo de Huancho*. Lima

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2013). Perú: *Evolución de los Indicadores de Empleo e Ingreso por Departamento 2004-2012*. Noviembre de 2013.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2016). *Comportamiento de la Economía Peruana en el Segundo Trimestre de 2016*. Producto Bruto Interno. 2016.

Jackson, R. (2011). *Water in a Changing World*. *Ecological Applications* 11, nº 4: 1027-1045.

Kuramoto, J. (2001). *La minería artesanal e informal en el Perú*. Lima: GRADE.

López, A.J, Pérez, R., y Moreno, B. (2014). *Environmental cost and renewable energy: Re-visiting the Environmental Kuznets Curve*. *Journal of Environmental Management* 145: 368-373.

Malpartida, A. (1996). *eco toxicología fcnym –unlp*, Buenos Aires, Argentina.

Mancera-Rodríguez, N. (2006). *estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de colombia*, acta biológica colombiana, vol. 11 no. 1.

Manual del derecho ambiental, (2012). Andaluz, pag. 48

Massolo, L. (2015) *introducción a las herramientas De gestión ambiental*.
Universidad la plata

May, P. F. (2010). *Guía Metodologica para la elaboracion de una E.I.A.* leopold. La Plata.

Mejía, J., Carrizales, I., Rodríguez, M., Jiménez-Capdeville M.E., Díaz-Barriga F. (1999). *Un método para la evaluación de riesgos para la salud en zonas mineras*. salud pública méx. 41(2): 132-140.

Ministerio de Energía y Minas, (1999): *investigación y monitoreo de los ríos carabaya - ramis y cabanillas, ejecutado por la Universidad Nacional Agraria la Molina*. Facultad de Ciencias Forestales Informe final. Lima.

Ministerio de Energía y Minas. (2002): Ley N° 27651: *Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y la Minería Artesana*. Lima, 2002, *Proyecto Minería Artesanal y Pequeña Minería*. Sub proyecto: Ica-Arequipa – Ayacucho.

Ministerio de Energía y Minas. (2013). *Guía para la Evaluación del Instrumento de Gestión Ambiental Correctivo* –resolución ministerial N° 121-2013.

Ministerio de Salud. (2007). *Plan nacional concertado de salud*. Lima: MINSA.

Ministerio del Ambiente. (2008). *Estándares Nacionales de Calidad Ambiental - D.S. N° 002-2008- MINAM*. Lima.

Ministerio del Ambiente. (2013). *Guía para Muestreo de Suelos*. Lima.

Moore, A. Ebdon ,F. (1994). *Determination of metals and trace elements in water and wastes*.

Mosquera, C., Trillo, A., Luján, A. (1999). Propuesta para un Plan de Acción para el Proyecto GAMA. Lima: COSUDE.

Muhlendahl, V. (1991). *Feer's disease. Monatsschr-kinderheilkd apr*; 139(4) : 224-27.

Munasinghe, M. (1999). *Is environmental degradation an inevitable consequence of economic growth: tunneling through the environmental Kuznets curve*. Ecological Economics 29, nº 1: 89-109.

Nriagu, J., Pacyna, J. (1988). *quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals*. nature 333: 134-139.

Obando, Alfonso. (1999): *Aspectos organizativos, institucionales de los productores de las comunidades de mineros artesanales*. Lima: EKAMOLLE, 1999.

Organización de las Naciones Unidas. (1987). *Report of the World Commission of Environmental and Development. Our Common Future*. Organización de las Naciones Unidas, Oxford: Oxford University Press.

- Organización Internacional del Trabajo. (1999). *Situación de la Minería Artesanal en el Perú*. En: //www.oitandina.org.pe/publ/peru/doc145/.
- Orlove, B., y Caton, S. (2010). *Water Sustainability: Anthropological Approaches and Prospects*. *Annual Review of Anthropology* 39: 401-415.
- Paoliello, M., Da Cunha F.G., Matsuo T., Carvalho M.D.F., Sakuma A., Figueiredo B.R. (2002). *Exposure of children to lead and cadmium from a mining area of Brazil*. *Environ. res.* 88(2): 120-128.
- Pari, J., Rodríguez, F. (2009). *Intoxicación por plomo y otros problemas de salud en niños de poblaciones aledañas a relaves mineros*. *rev. peru med. exp. salud publica* 26(1): 15-19.
- Parmo, R. (2002). *Tratamiento pasivo de drenaje ácido de minas, estado actual y perspectivas de futuro*. Instituto geológico minero de España, Madrid.
- Pascó-Font, A. (1996). *Minería Informal y Medio Ambiente en el Perú*, GRADE, Lima, diciembre 1996 pp 1.
- Patra, M. y Sharma, A. (2000). *Mercury toxicity in plants* *bot. rev.* 66: 379-422.
- Peralta-Videa, J, Lopez, M., Narayan, M., y Gardea-Torresdey, J. (2009). *The biochemistry of environment heavy metal uptake by plants: Implications for the food chain*. *The International Journal of Biochemistry and Cell Biology*, nº 41: 1665- 1677.
- Preciado, R. (2011). *El agua y las industrias extractivas en el Perú: un análisis desde la Gestión Integrada de Recursos Hídricos*. *En Agua e industrias extractivas:*

cambios y continuidades en los Andes, editado por Patricia Urteaga, 171-215. Lima: Instituto de Estudios Peruanos.

Prosi, F. (1981). *Heavy metals in aquatic organisms. In: Metal Pollution in the aquatic environment* Cap. F.

Quan, L., y Reuveny, R. (2006). *Democracy and Environmental Degradation. International Studies Quarterly* 50, nº 4: 935-956.

Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de las Actividades de la Industria Manufacturera D.L. 019 – ITINCI. Diario el Peruano. Octubre de 1997.

Reservasvalle, G. (2007). *Flora y fauna. obtenido de <http://www.reservasvalle.galeon.comconcepto de fauna y flora.html>*

Rivera, H. (2011). *Geología General*, Editorial Megabyte. Lima.

Rodríguez, D. H. (2005). *Estudios de Impacto Ambiental. ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA.*

Romero, J. (1999). *Tratamiento de Aguas Residuales por lagunas de estabilización*, Edit. Alfaomega, España.

Seoánez, M. (1993). *Ecología Industrial. Ingeniería Medio ambiental Aplicada a la Industria y a la Empresa. España.*

Serra Il, Viedma P (2001). *Seguridad alimentaria. Medición y control de puntos críticos en el sector alimentario.*

Skoog, D., Holler, J. y Crouch, S. (2007). *Principles of Instrumental Analysis*. Sexta. Belmont: Thomson.

Stumm W y Morgan J. (1991). *Estudio de la contaminación por metales pesados de la cuenca de Llobregat*. Ed. John WileyIntersciencie, New York, pp 780.

Sundeeep Waslekar, Saahil. (2014). *World environmental Kuznets curve and the flobal future*. Procedia- Social and Behavioral Sciences 133: 310-319.

Theis, T., y Tomkin, J. (2013). *Sustainability: A Comprehensive Foundation*. Houston: Rice University.

United States Environmental Protection Agency. (2000). *Abandoned mine site characterization and cleanup handbook*. epa 910-b-00-001. 129 pp. usepa, seattle.

Universidad de San Luis en st. Louis, Missouri, Estados Unidos, y el arzobispado de Huancayo, (2005). *Niveles de plomo en niños del centro poblado concepción-la oroya*.

Urteaga, P. (2011). *Agua e industrias extractivas: cambios y continuidades en los Andes*. En *Agua e industrias extractivas: cambios y continuidades en los Andes*, editado por Patricia Urteaga, 9-10. Lima: Instituto de Estudios Peruanos.

Usero, J., Morillo, J., Gracia, I. (1997) *Contaminación por metales en los sedimentos acuáticos*. Tecnología del agua 166, 47-54.

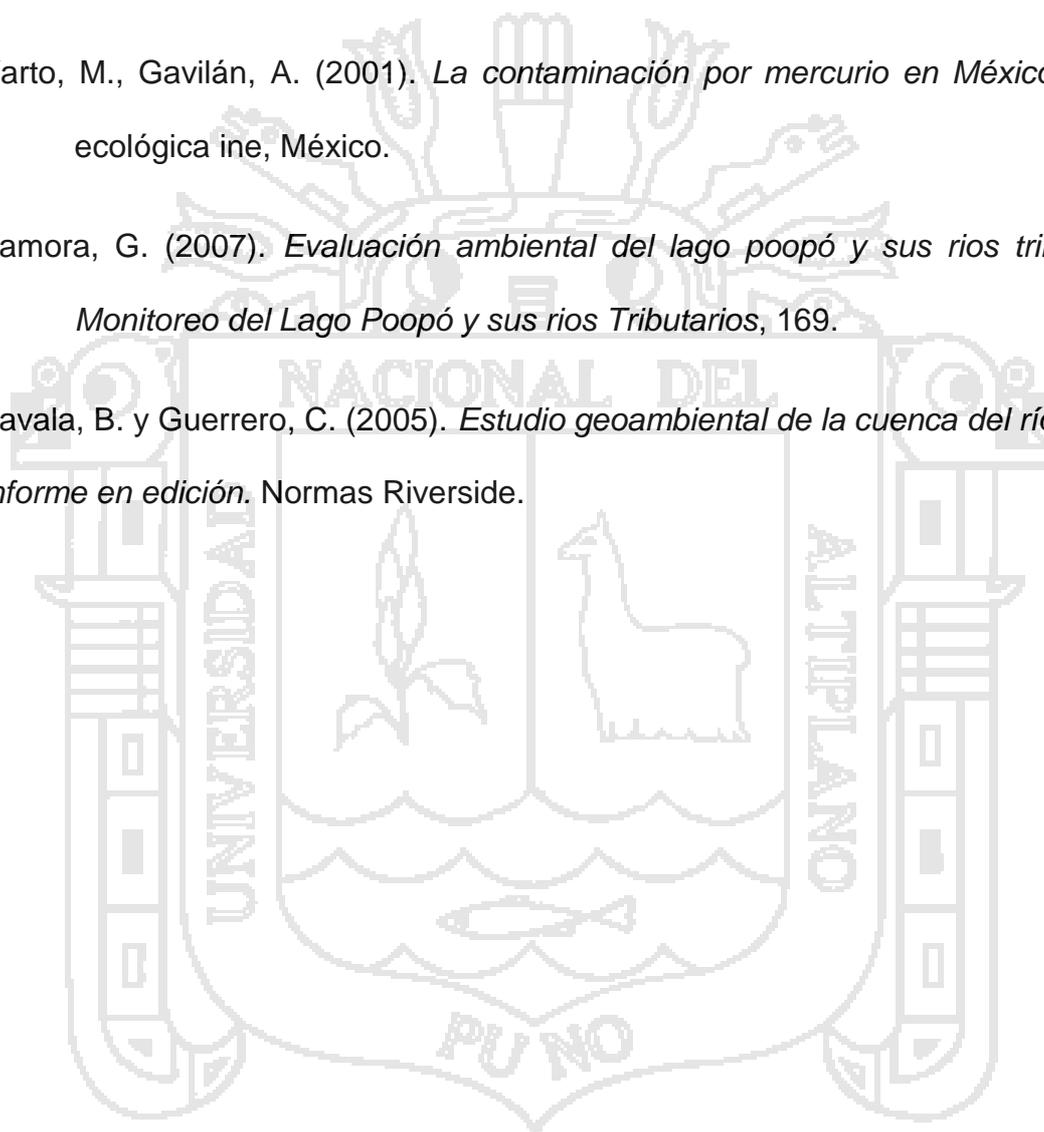
Valdés, F., Cabrera, V. (1999). *La contaminación por metales pesados en torreón, coahuila, México. en defensa del ambiente*, a.c. México septiembre de 1999.

Valdivia, M. (2005). *Infantas intoxicación por plomo*. rev. soc. per. med. inter. 18(1)
| 27

Yarto, M., Gavilán, A. (2001). *La contaminación por mercurio en México* gaceta ecológica ine, México.

Zamora, G. (2007). *Evaluación ambiental del lago poopó y sus rios tributarios. Monitoreo del Lago Poopó y sus rios Tributarios*, 169.

Zavala, B. y Guerrero, C. (2005). *Estudio geoambiental de la cuenca del río Ramis, informe en edición*. Normas Riverside.





Anexo 1. Matriz de Leopold

Tabla 37. Matriz de Leopold

A. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS

A.1. TIERRA

- | | |
|-----------------------------|---|
| a. Recursos minerales | d. Geomorfología |
| b. Material de construcción | e. Campos magnéticos y radiactividad de fondo |
| c. Suelos | f. Factores físicos singulares |

A.2. AGUA

- | | |
|------------------|----------------------------|
| a. Superficiales | e. Temperatura |
| b. Marinas | f. Recarga |
| c. Subterráneas | g. Nieve, hielos y heladas |
| d. Calidad | |

A.3. ATMÓSFERA

- | | |
|--------------------------------|----------------|
| a. Calidad (gases, partículas) | c. Temperatura |
| b. Clima (micro, macro) | |

A.4. PROCESOS

- | | |
|---|---------------------------------|
| a. Inundaciones | d. Compactación y asentamientos |
| b. Erosión | f. Estabilidad |
| c. Deposición (sedimentación y precipitación) | g. Sismología (terremotos) |

B. CONDICIONES BIOLÓGICAS

B.1. FLORA

- | | |
|---------------|-------------------------|
| a. Árboles | f. Plantas acuáticas |
| b. Arbustos | g. Especies en peligro |
| c. Hierbas | h. Barreras, obstáculos |
| d. Cosechas | i. Corredores |
| e. Microflora | |

B.2. FAUNA

- | | |
|--|------------------------|
| a. Aves | f. Microfauna |
| b. Animales terrestres, incluso reptiles | g. Especies en peligro |
| c. Peces y mariscos | h. Barreras |
| d. Organismos bentónicos | i. Corredores |
| e. Insectos | |

C. FACTORES CULTURALES

C.1. USOS DE TERRITORIO

- | | |
|---------------------------------|---------------------|
| a. Espacios abiertos y salvajes | e. Zona residencial |
| b. Zonas húmedas | f. Zona comercial |
| c. Agricultura | g. Zona industrial |
| d. Pastos | h. Minas y canteras |

C.2. RECREATIVOS

- | | |
|-----------------|--------------------|
| a. Caza | e. Camping |
| b. Pesca | f. Excursión |
| c. Navegación | g. Zonas de recreo |
| d. Zona de baño | |

C.3. ESTÉTICOS Y DE INTERÉS HUMANO

- | | |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| a. Vistas panorámicas y paisajes | e. Parques y reservas |
| b. Naturaleza | f. Monumentos |
| c. Espacios abiertos | g. Especies o ecosistemas especiales |
| d. Paisajes | |

C.4. NIVEL CULTURAL

- | | |
|---|--------------------------|
| a. Modelos culturales (estilos de vida) | c. Empleo |
| b. Salud y seguridad | d. Densidad de población |

D. RELACIONES ECOLÓGICAS

- | | |
|---|---------------------------|
| a. Salinización de recursos hidráulicos | e. Salinización de suelos |
| b. Eutrofización | f. Invasión de maleza |
| c. Cadenas alimentarias | Otros |

E. OTROS

Fuente: LEOPOLD, L. *A procedure for evaluating environmental impact*. 1971.

Anexo 2. Diseño Estadístico

Para el análisis y comparación de las determinaciones analíticas se usó el programa estadístico *Statgraphis Plus 5.1* (Copyright 1994-2001). La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas con valor de $p \leq 0,05$ entre el promedio de concentración de los puntos de muestreo en los dos periodos.

1. Aguas

Tabla 38. Diseño estadístico: ANOVA SIMPLE de un factor, para el Parámetro químico concentración de plomo en las muestras de aguas (mg/L).

Parámetro químico concentración de plomo						
Set 2015						
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Plomo	0,005	0,019	0,031	0,020	0,018	0,005
Mar 2016						
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Plomo	0,019	0,185	0,059	0,012	0,01	0,01
ANOVA						
Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P	
Entre grupos	0,0004108	4	0,00010270	1,22	0,5752	
Intra grupos	0,0000845	1	0,0000845			
Total	0,0004953	5				

2. Sedimentos

Tabla 39. Diseño estadístico: ANOVA SIMPLE de un factor, para el Parámetro químico concentración de mercurio en las muestras de sedimentos (mg/kg).

Parámetro químico concentración de mercurio					
Set 2015					
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5
Mercurio	0,860	0,560	0,330	0,590	0,780
Mar 2016					
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5
Mercurio	0,400	0,370	0,190	0,190	0,160

ANOVA					
Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,13792	3	0,0459733	1,36	0,5373
Intra grupos	0,0338	1	0,0338		
Total	0,17172	4			

Tabla 40. Diseño estadístico: ANOVA SIMPLE de un factor, para el Parámetro químico concentración de plomo en las muestras de sedimentos (mg/kg)

Parámetro químico concentración de plomo					
Set 2015					
Parametro	M1	M2	M3	M4	M5
Plomo	26,000	26,000	20,000	29,000	55,000
Mar 2016					
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5
Plomo	17,000	30,000	26,000	18,000	25,000

ANOVA					
Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	750,8	3	250,267		11,13497
Intra grupos	0	1	0		
Total	750,8	4			

3. Plantas

Tabla 41. Diseño estadístico: ANOVA SIMPLE de un factor, para el Parámetro químico concentración de mercurio en las muestras de plantas (mg/kg).

Set 2015						
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Mercurio	0,200	0,220	0,350	0,480	0,620	0,750
Mar 2016						
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Mercurio	0,200	0,260	0,300	0,410	0,520	0,460

ANOVA					
Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,2441	4	0,04883		0,045089
Intra grupos	0	1	0		
Total	0,2441	5			

Tabla 42. Diseño estadístico: ANOVA SIMPLE de un factor, para el Parámetro químico concentración de plomo en las muestras de plantas (mg/kg).

Set 2015						
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Plomo	1,900	0,980	0,710	4,200	3,500	2,600

Mar 2016						
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Plomo	2,100	3,200	2,700	4,800	5,400	3,500

ANOVA					
Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	5,083	4	5,083	2,91	0,119
Intra grupos	17,477	1	1,748		
Total	22,560	5			

Anexo 3. Flora y fauna de la región del altiplano

Flora: La flora está conformada por especies de tipo arbustivas, como thola, ichu, chillihua, maycha, paja brava, iro ichu, abo, pata muña, wichullo, totorilla, yallantta, huarancaycha layo, paypancho, huachanca, puna pylle, pinco pinco, llantha, pille, ancayo, sacarara y chachacoma. Entre otras plantas medicinales herbáceas, se tiene: menta, salvia, muña, chipchipa, sonela, llantén, verbena, berro, yahuarchonca y nabo; como plantas de cultivo, papa, izaño, olluco, habas, oca, cañihua, quinua, cebada, trigo, avena; las no palatables, como pacco pacco, totorilla, cebollín, chirichiri, hinchuinchu, chiqchipa, achicoria, paycu, kanlla, llantén y ortiga. Entre las especies de tipo arbóreas, árboles como la queñua y el kolle.

A continuación, apreciamos fotografías de la flora de la zona, captadas durante las salidas de trabajo de campo.



Figura 17. Flora de la zona (ichu).M2, poblado Wacchani, 2015.



Figura 18. Macrofito: *Cladophora crispata*, punto M3, desvío Sandía, 2015.

Fauna:

En la tabla 43, se citan las principales especies de la fauna del Altiplano.

Tabla 43. Principales especies de la fauna terrestre Altiplánica.

Nombre comun	Nombre científico	Localidad principal
Aves		
Aguilucho	<i>Buteo poecilochrous</i>	Puna
Alcamari	<i>Phaleobaenus albogilaris</i>	Cuenca
Ajojoy	<i>Fulica americana peruviana</i>	Altoandino
Chorlo	<i>Charadrius alticola</i>	Puna
Garza china	<i>Leucophoy thula thula</i>	Puna
Golondrina	<i>Spectyto cucicularia juminensii</i>	Cuenca
Huallata	<i>Chloephaga melanoptera</i>	Bofedales-Lagos
Kakincora	<i>Theristicus caudatus branicki</i>	Bofedales
Lequecho	<i>Ptiloscelys resplendeus</i>	Cuenca
Pampero común	<i>Geositta conicolarie</i>	Puna
Parihuana	<i>Phoenicopterus ruber chilensis</i>	Bofedales-Lagos
Pato cordillerano	<i>Lophonetta specularoides</i>	Lagos

Pato pana	<i>Anas versicolor puna</i>	Lagos
Pato sutro	<i>Anas flavirostris oxyptera</i>	Lagos
Perdiz serrana	<i>Notoprocta pentlandi</i>	Cuenca
Perico cordillerano	<i>Pilopsiagon aurifrons aurifrons</i>	Cuenca
Pichitanka	<i>Zonotrichia capensis peruviansis</i>	Puna
Pito	<i>Colaptes ripicola</i>	Puna
Quilincho	<i>Falco sparverius cinnamomeus</i>	Puna
Suri	<i>Pterocnemia andinus</i>	Puna seca
Tórtola	<i>Metriopela melanoptera</i>	Puna
Tiquicho	<i>Gallinula chloropus germani</i>	Lagos
Tiulingo	<i>Tringa flavipes</i>	Lagos
Yanabico	<i>Plegadis ridowari</i>	Lagos
Zambullidor	<i>Podiceps occipitalis juninensis</i>	Lagos
Mamiferos		
Oveja	<i>Ovis aries</i>	cuencia
Alpaca	<i>Lama pacos</i>	Puna, bofedales
Cuy	<i>Cavia techudii osoodi</i>	Puna
Guanaco	<i>Lama guanicoe</i>	Puna
Llama	<i>Lama lama</i>	Puna
Ratón de campo	<i>Punomis lemminus</i>	Puna
Ratón de campo	<i>Phyllaris pictus</i>	Puna
Rata andina	<i>Andinomis edax edax</i>	Puna
Taruka	<i>Hipocamelus antisensis</i>	Cuenca
Tokoro	<i>Cavia SP.</i>	Puna
Vicuña	<i>Vicugna vicugna</i>	Puna, bofedales
Zorrino	<i>Conepatus rex rex</i>	Cuenca
Zorro	<i>Dusicyon culpaeus andinus</i>	Cuenca

Fuente: Plan Director Binacional, 1993.

Anexo 4. fotografías de la zona de influencia.



Figura 19. Inicio de toma de muestras de agua. Desembocadura Pampa Blanca, 2015.

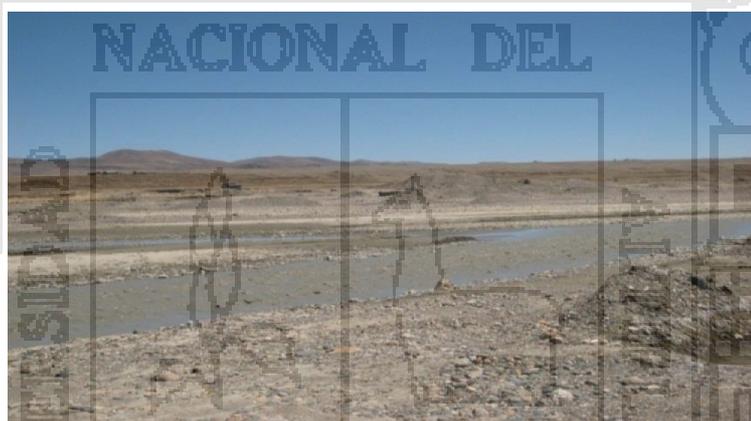


Figura 20. Naciente del río Crucero, con material particulado producto de la minería, 2016.



Figura 21. Toma de muestra de agua punto M2, poblado Wacchani, 2015.



Figura 22. Toma de muestra de sedimento, punto M3, desvío Sandia, 2015.



Figura 23. Toma de muestra de planta, punto M4, C.P. Carlos Gutiérrez, 2016.



Figura 24. Toma de datos, punto M5, Crucero, 2015.

Anexo 5. Formatos de cadenas de custodia

TESIS DE INVESTIGACION “EVALUACIÓN DE RIESGO AMBIENTAL EN EL ÁREA DE INFLUENCIA MINERA DEL RIO CRUCERO POR PLOMO Y MERCURIO -DISTRITO DE ANANEA”									
FORMULARIO PARA TOMA DE MUESTRAS LIQUIDAS					CADENA DE CUSTODIA				
PLANTILLA DE CAMPO									
Código de la muestra	Hora de muestreo	Coordenadas		Matriz liquida-lugar			Parámetros <i>in situ</i>		Observaciones
		Latitud	Longitud	Tipo de muestra	Lugar de muestreo	Nro. de contenedor	pH	Cond. Elect.	
M1									
M2									
M3									
M4									
M5									
M6									

Personal de Muestreo.....:

Nombre de custodio:.....

Firma:.....

TESIS DE INVESTIGACION									
"EVALUACIÓN DE RIESGO AMBIENTAL EN EL ÁREA DE INFLUENCIA MINERA DEL RIO CRUCERO POR PLOMO Y MERCURIO -DISTRITO DE ANANEA"									
FORMULARIO PARA TOMA DE MUESTRAS SOLIDAS					CADENA DE CUSTODIA				
PLANTILLA DE CAMPO									
Código de la muestra	Hora de muestreo	Coordenadas		Matriz sedimento-lugar			Parámetros <i>in situ</i>		Observaciones
		Latitud	Longitud	Tipo de muestra	Lugar de muestreo	Nro. de contenedor	pH	Cond. Elect.	
M1									
M2									
M3									
M4									
M5									
M6									

Personal de

Muestreo.....:.....

Nombre de custodio:.....

Firma:.....

TESIS DE INVESTIGACION									
“EVALUACIÓN DE RIESGO AMBIENTAL EN EL ÁREA DE INFLUENCIA MINERA DEL RIO CRUCERO POR PLOMO Y MERCURIO -DISTRITO DE ANANEA”									
FORMULARIO PARA TOMA DE MUESTRAS BIOLÓGICAS					CADENA DE CUSTODIA				
PLANTILLA DE CAMPO									
Código de la muestra	Hora de muestreo	Coordenadas		Matriz planta-lugar		Nro. de contenedor	Parámetros <i>in situ</i>		Observaciones
		Latitud	Longitud	Tipo de muestra	Lugar de muestreo		pH	Cond. Elect.	
M1									
M2									
M3									
M4									
M5									
M6									

Personal de

Muestreo.....:.....

Nombre de custodio:.....

Firma:.....

Anexo 6. Protocolos de muestreo.

Preparación

Protocolo de limpieza (frascos y materiales para toma de muestras)

Material nuevo:

- ✓ Limpieza con agua caliente y detergente
- ✓ Enjuague con agua de pila y luego con agua destilada
- ✓ Inmersión en baño de HN03 10% (v/v) 10 días
- ✓ Enjuague con agua destilada y desionizada (Milli-Q)
- ✓ Inmersión en baño HN03 5% (v/v) 5 días
- ✓ Enjuague con agua destilada y desionizada

Material que fue utilizado:

- ✓ Enjuague con agua de pila
- ✓ Enjuague con agua destilada
- ✓ Inmersión en baño HNO_3 5% (v/v) 5 días
- ✓ Enjuague con agua destilada y desionizada

Todos los frascos preparados deben conservarse hasta la toma de muestra en bolsas de polietileno.

Protocolo de muestreo

Recomendaciones

- ✓ No salir solo a tomar muestras.
- ✓ El coordinador debe conocer el itinerario de muestreo.
- ✓ Tomar precauciones para muestreo de aguas superficiales.

- ✓ Llevar el implemento de seguridad personal.
- ✓ Llevar identificación personal y una radio de comunicación.

Muestreo simple

- ✓ Se refiere a la toma de muestra puntual en un tiempo.
- ✓ Esta muestra representará las características físicas, químicas y bacteriológicas en ese instante.

Es recomendable el muestreo simple:

- ✓ Cuando el cuerpo de agua no presenta alteraciones a lo largo de ella.
- ✓ Cuando no se tiene efluentes alguno en toda su trayectoria.

Parámetros determinados “in situ”

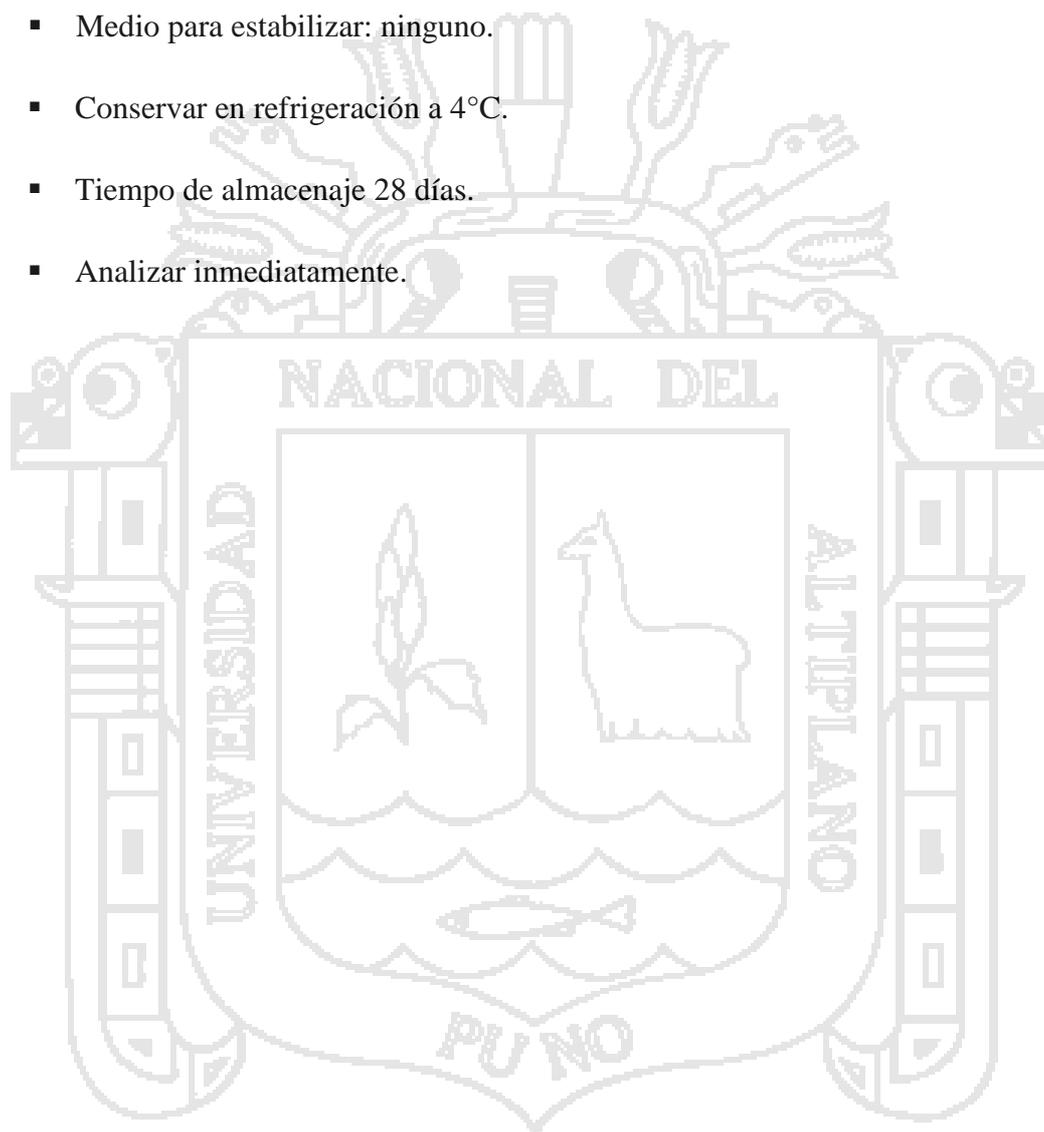
pH

- La concentración del ión hidrógeno del agua se expresa por su valor de pH . Un valor de pH de 7 indica una solución neutra.
- Medio para estabilizar: ninguno.
- Conservar en refrigeración a 4°C.
- Tiempo de almacenaje 6 horas.
- Analizar inmediatamente.
- El pH es importante en:
 - Disolución de minerales
 - Ionización de ácidos y bases
 - Especiación de metales

- Biodisponibilidad de metales

Conductividad Eléctrica

- La conductividad eléctrica es la capacidad de una sustancia de conducir la corriente eléctrica. Es el opuesto a la propiedad llamada resistencia eléctrica.
- Medio para estabilizar: ninguno.
- Conservar en refrigeración a 4°C.
- Tiempo de almacenaje 28 días.
- Analizar inmediatamente.



Anexo 7. Consolidado de los parámetros fisicoquímicos (Informe de ensayos, LCA 2015-2016).

AGUAS

Tabla 44. Parámetros físico químicos de las aguas, 6 puntos de muestreo, setiembre 2015.

PARAMETRO	METODO	UNIDAD	LIMITE DE DETERMINACION					
			M1	M2	M3	M4	M5	M6
Conductividad	Conductímetro	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	175.00	205.00	355.00	195.00	180.00	170.00
pH	pH-metro	pH	6.30	5.90	5.20	6.40	6.80	7.40
METALES								
Plomo	EPA 239.2	mg/L	0.00020	0.019	0.031	0.020	0.018	0.005
Mercurio	EPA 245.1	mg/L	0.0050	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

SEDIMENTOS

Tabla 45. Parámetros químicos de los sedimentos, 5 puntos de muestreo, setiembre 2015.

PARAMETRO	METODO	UNIDAD	LIMITE DE DETERMINACION				
			M1	M2	M3	M4	M5
METALES							
Plomo	EPA 239.2	mg/Kg	0.25	26.00	20.00	29.00	55.00
Mercurio	EPA 245.5	mg/Kg	0.20	0.86	0.33	0.59	0.78

PLANTAS

Tabla 46. Parámetros químicos de las plantas, 6 puntos de muestreo, setiembre 2015.

PARAMETRO	METODO	UNIDAD	LIMITE DE DETERMINACION	M1	M2	M3	M4	M5	M6
METALES									
Plomo	EPA 239.2	mg/Kg	0.25	1.90	0.98	0.71	4.20	3.50	0.31
Mercurio	EPA 245.5	mg/Kg	0.20	0.2	0.22	0.35	0.48	0.62	0.75
AGUAS									

Tabla 47. Parámetros físico químicos de las aguas, 6 puntos de muestreo, marzo 2016.

PARAMETRO	METODO	UNIDAD	LIMITE DE DETERMINACION	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Conductividad	Conductimetro	$\mu\text{S-cm}^{-1}$	-----	170.00	195.00	330.00	190.00	170.00	150.00
pH	pH-metro	pH	-----	6.50	6.20	5.80	6.60	6.90	7.20
METALES									
Plomo	EPA 239.2	mg/L	0.00020	0.019	0.185	0.059	0.012	0.010	0.005
Mercurio	EPA 245.1	mg/L	0.0050	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

SEDIMENTOS

Tabla 48. Parámetros químicos de los sedimentos, 5 puntos de muestreo, marzo 2016.

PARAMETRO	METODO	UNIDAD	LIMITE DE DETERMINACION				
			M1	M2	M3	M4	M5
METALES							
Plomo	EPA 239.2	mg/Kg	17.00	30.00	26.00	18.00	25.00
Mercurio	EPA 245.5	mg/Kg	0.40	0.37	0.19	0.19	0.16

PLANTAS

Tabla 49. Parámetros químicos de las plantas, 6 puntos de muestreo, marzo 2016.

PARAMETRO	METODO	UNIDAD	LIMITE DE DETERMINACION					
			M1	M2	M3	M4	M5	M6
METALES								
Plomo	EPA 239.2	mg/Kg	2.10	3.20	2.70	4.80	5.40	3.50
Mercurio	EPA 245.5	mg/Kg	0.2	0.26	0.30	0.41	0.52	0.46

Anexo 8. Informe de ensayos.

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 121/15

Página 1 de 6

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS A121/15

Cliente: UNA - PUNO
 Solicitante: Ing Moisés Pérez Capa
 Dirección del cliente: Una - Puno
 Procedencia de la muestra: Carabaya
 Departamento: Puno - Perú
 Punto de muestreo: No especificado por el solicitante
 Responsable del muestreo: No especificado por el solicitante
 Fecha de muestreo: 30 de agosto de 2015
 Hora de muestreo: 10:00
 Fecha de recepción de la muestra: 31 de agosto de 2015
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 01 al 17 de septiembre, 215
 Caracterización de la muestra: Agua
 Tipo de muestra: Simple
 Envase: Botella plástica
 Código LCA: 121 - 1
 Código original : M 1

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M 1 121 - 1
Mercurio	EPA 245.1	mg/l	0,00020	< 0,00020
Plomo	EPA 239.2	mg/l	0,0050	< 0,0050

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)
 EPA= Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, Septiembre 22 de 2015



c.c.: Arch.
 JCH/LCA

**Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia**

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 121/15

Página 2 de 6

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS A121/15

Cliente: UNA - PUNO
 Solicitante: Ing Moisés Pérez Capa
 Dirección del cliente: Una - Puno
 Procedencia de la muestra: Carabaya
 Departamento: Puno - Perú
 Punto de muestreo: No especificado por el solicitante
 Responsable del muestreo: No especificado por el solicitante
 Fecha de muestreo: 30 de agosto de 2015
 Hora de muestreo: 10:00
 Fecha de recepción de la muestra: 31 de agosto de 2015
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 01 al 17 de septiembre, 215
 Caracterización de la muestra: Agua
 Tipo de muestra: Simple
 Envase: Botella plástica
 Código LCA: 121 - 2
 Código original: M 2

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M 2 121 - 2
Mercurio	EPA 245.1	mg/l	0,00020	< 0,00020
Plomo	EPA 239.2	mg/l	0,0050	0,019

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)
 EPA= Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, Septiembre 22 de 2015



c.c.: Arch.
 JCH/LCA

**Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia**

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 121/15

Página 3 de 6

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS A121/15

Cliente: UNA - PUNO
 Solicitante: Ing Moisés Pérez Capa
 Dirección del cliente: Una - Puno
 Procedencia de la muestra: Carabaya
 Departamento: Puno - Perú
 Punto de muestreo: No especificado por el solicitante
 Responsable del muestreo: No especificado por el solicitante
 Fecha de muestreo: 30 de agosto de 2015
 Hora de muestreo: 10:00
 Fecha de recepción de la muestra: 31 de agosto de 2015
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 01 al 17 de septiembre, 215
 Caracterización de la muestra: Agua
 Tipo de muestra: Simple
 Envase: Botella plástica
 Código LCA: 121 - 3
 Código original: M 3

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M 3 121 - 3
Mercurio	EPA 245.1	mg/l	0,00020	< 0,00020
Plomo	EPA 239.2	mg/l	0,0050	0,031

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)
 EPA= Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, Septiembre 22 de 2015



c.c.: Arch.
 JCH/LCA

**Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia**

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 121/15

Página 4 de 6

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS A121/15

Cliente: UNA - PUNO
 Solicitante: Ing Moisés Pérez. Capa
 Dirección del cliente: Una - Puno
 Procedencia de la muestra: Carabaya
 Departamento: Puno - Perú
 Punto de muestreo: No especificado por el solicitante
 Responsable del muestreo: No especificado por el solicitante
 Fecha de muestreo: 30 de agosto de 2015
 Hora de muestreo: 10:00
 Fecha de recepción de la muestra: 31 de agosto de 2015
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 01 al 17 de septiembre, 215
 Caracterización de la muestra: Agua
 Tipo de muestra: Simple
 Envase: Botella plástica
 Código LCA: 121 - 4
 Código original : M 4

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M 4 121 - 4
Mercurio	EPA 245.1	mg/l	0,00020	< 0,00020
Plomo	EPA 239.2	mg/l	0,0050	0,020

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)
 EPA= Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, Septiembre 22 de 2015



c.c.: Arch.
 JCH/LCA

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz; Telf./Fax: 2772522
Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ciencias Puras y Naturales
Instituto de Ecología
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 121/15

Página 5 de 6

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS A121/15

Cliente: UNA - PUNO
 Solicitante: Ing Moisés Pérez Capa
 Dirección del cliente: Una - Puno
 Procedencia de la muestra: Carabaya
 Departamento: Puno - Perú
 Punto de muestreo: No especificado por el solicitante
 Responsable del muestreo: No especificado por el solicitante
 Fecha de muestreo: 30 de agosto de 2015
 Hora de muestreo: 10:00
 Fecha de recepción de la muestra: 31 de agosto de 2015
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 01 al 17 de septiembre, 215
 Caracterización de la muestra: Agua
 Tipo de muestra: Simple
 Envase: Botella plástica
 Código LCA: 121 - 5
 Código original : M 5

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M 5 121 - 5
Mercurio	EPA 245.1	mg/l	0,00020	< 0,00020
Plomo	EPA 239.2	mg/l	0,0050	0,018

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)
 EPA= Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, Septiembre 22 de 2015



c.c.: Arch.
 JCH/LCA

**Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia**

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 121/15

Página 6 de 6

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS A121/15

Cliente: UNA - PUNO
 Solicitante: Ing Moisés Pérez Capa
 Dirección del cliente: Una - Puno
 Procedencia de la muestra: Carabaya
 Departamento: Puno - Perú
 Punto de muestreo: No especificado por el solicitante
 Responsable del muestreo: No especificado por el solicitante
 Fecha de muestreo: 30 de agosto de 2015
 Hora de muestreo: 10:00
 Fecha de recepción de la muestra: 31 de agosto de 2015
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 01 al 17 de septiembre, 215
 Caracterización de la muestra: Agua
 Tipo de muestra: Simple
 Envase: Botella plástica
 Código LCA: 121 - 6
 Código original : T

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	T 121 - 6
Mercurio	EPA 245.1	mg/l	0,00020	< 0,00020
Plomo	EPA 239.2	mg/l	0,0050	< 0,0050

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)
 EPA= Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, Septiembre 22 de 2015



c.c.: Arch.
 JCH/LCA

**Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia**

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: S 78/15

Página 1 de 5

INFORME DE ENSAYO EN SEDIMENTOS S78/15

Cliente: UNA - PUNO
 Solicitante: Ing Moisés Pérez Capa
 Dirección del cliente: Una - Puno
 Procedencia de la muestra: Carabaya
 Departamento: Puno - Perú
 Punto de muestreo: No especificado por el solicitante
 Responsable del muestreo: No especificado por el solicitante
 Fecha de muestreo: 30 de agosto de 2015
 Hora de muestreo: 10:00
 Fecha de recepción de la muestra: 31 de agosto de 2015
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 01 al 17 de septiembre, 215
 Caracterización de la muestra: Sedimento
 Tipo de muestra: Simple
 Envase: Bolsa plástica
 Código LCA: 78 - 1
 Código original: M-1

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M-1
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 245.5	mg/kg	0,20	0,86
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0,25	26

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 * La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, Septiembre 21 de 2015



CC.: Archivo
 JCh/ta

**Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia**

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: S 78/15

Página 2 de 5

INFORME DE ENSAYO EN SEDIMENTOS S78/15

Cliente: UNA - PUNO
 Solicitante: Ing Moisés Pérez Capa
 Dirección del cliente: Una - Puno
 Procedencia de la muestra: Carabaya
 Departamento: Puno - Perú
 Punto de muestreo: No especificado por el solicitante
 Responsable del muestreo: No especificado por el solicitante
 Fecha de muestreo: 30 de agosto de 2015
 Hora de muestreo: 10:00
 Fecha de recepción de la muestra: 31 de agosto de 2015
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 01 al 17 de septiembre, 215
 Caracterización de la muestra: Sedimento
 Tipo de muestra: Simple
 Envase: Bolsa plástica
 Código LCA: 78 - 2
 Código original: M-2

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M-2 78 - 2
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 245.5	mg/kg	0,20	0,56
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0,25	26

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 * La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, Septiembre 21 de 2015



CC: Archivo
 JCh/ta

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: S 78/15

Página 3 de 5

INFORME DE ENSAYO EN SEDIMENTOS S78/15

Cliente: UNA - PUNO
 Solicitante: Ing Moisés Pérez Capa
 Dirección del cliente: Una - Puno
 Procedencia de la muestra: Carabaya
 Departamento: Puno - Perú
 Punto de muestreo: No especificado por el solicitante
 Responsable del muestreo: No especificado por el solicitante
 Fecha de muestreo: 30 de agosto de 2015
 Hora de muestreo: 10:00
 Fecha de recepción de la muestra: 31 de agosto de 2015
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 01 al 17 de septiembre, 215
 Caracterización de la muestra: Sedimento
 Tipo de muestra: Simple
 Envase: Bolsa plástica
 Código LCA: 78 - 3
 Código original: M-3

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M-3 78 - 3
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 245.5	mg/kg	0,20	0,33
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0,25	20

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 * La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, Septiembre 21 de 2015



CC.: Archivo
 JCh/Mca

**Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia**

Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ciencias Puras y Naturales
Instituto de Ecología
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: S 78/15

Página 4 de 5

INFORME DE ENSAYO EN SEDIMENTOS S78/15

Cliente: UNA - PUNO
 Solicitante: Ing Moisés Pérez Capa
 Dirección del cliente: Una - Puno
 Procedencia de la muestra: Carabaya
 Departamento: Puno - Perú
 Punto de muestreo: No especificado por el solicitante
 Responsable del muestreo: No especificado por el solicitante
 Fecha de muestreo: 30 de agosto de 2015
 Hora de muestreo: 10:00
 Fecha de recepción de la muestra: 31 de agosto de 2015
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 01 al 17 de septiembre, 215
 Caracterización de la muestra: Sedimento
 Tipo de muestra: Simple
 Envase: Bolsa plástica
 Código LCA: 78 - 4
 Código original: M-4

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M-4 78 - 4
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 245.5	mg/kg	0,20	0,59
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0,25	29

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 * La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, Septiembre 21 de 2015



CC.: Archivo
JChMca

**Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia**

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: S 78/15

Página 5 de 5

INFORME DE ENSAYO EN SEDIMENTOS S78/15

Cliente: UNA - PUNO
 Solicitante: Ing Moisés Pérez Capa
 Dirección del cliente: Una - Puno
 Procedencia de la muestra: Carabaya
 Departamento: Puno - Perú
 Punto de muestreo: No especificado por el solicitante
 Responsable del muestreo: No especificado por el solicitante
 Fecha de muestreo: 30 de agosto de 2015
 Hora de muestreo: 10:00
 Fecha de recepción de la muestra: 31 de agosto de 2015
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 01 al 17 de septiembre, 215
 Caracterización de la muestra: Sedimento
 Tipo de muestra: Simple
 Envase: Bolsa plástica
 Código LCA: 78 - 5
 Código original: M-5

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M-5
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 245.5	mg/kg	0,20	0,78
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0,25	55

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 * La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, Septiembre 21 de 2015



CC.: Archivo
 JCh/Aca

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: MO 34/15

Página 1 de 6

INFORME DE ENSAYO EN PLANTAS MO 34/15

Cliente: UNA - PUNO
 Solicitante: Ing Moisés Pérez Capa
 Dirección del cliente: Una - Puno
 Procedencia de la muestra: Carabaya
 Provincia: Puno - Perú
 Departamento: Puno
 Punto de muestreo: No especificado por el cliente
 Responsable del muestreo: No especificado por el cliente
 Fecha de muestreo: 30 de agosto de 2015
 Hora de muestreo: 10:00
 Fecha de recepción de la muestra: 31 de agosto de 2015
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 31 de agosto al 18 de septiembre, 2015
 Caracterización de la muestra: Plantas
 Tipo de muestra: Simple
 Envase: Bolsa Ziplock
 Código LCA: 34 - 1
 Código original : M-1

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	34 - 1 M-1
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 245.5	mg/kg	0,20	< 0,20
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0,25	1,9

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, Septiembre 22 de 2015

c.c.: Arch.
 JCH/LCA



**Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia**

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: MO 34/15

Página 2 de 6

INFORME DE ENSAYO EN PLANTAS MO 34/15

Cliente: UNA - PUNO
 Solicitante: Ing Moisés Pérez Capa
 Dirección del cliente: Una - Puno
 Procedencia de la muestra: Carabaya
 Provincia: Puno - Perú
 Departamento: Puno
 Punto de muestreo: No especificado por el cliente
 Responsable del muestreo: No especificado por el cliente
 Fecha de muestreo: 30 de agosto de 2015
 Hora de muestreo: 10:00
 Fecha de recepción de la muestra: 31 de agosto de 2015
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 31 de agosto al 18 de septiembre, 2015
 Caracterización de la muestra: Plantas
 Tipo de muestra: Simple
 Envase: Bolsa Ziplock
 Código LCA: 34 - 2
 Código original : M-2

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	34 - 2 M-2
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 245.5	mg/kg	0,20	0,22
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0,25	0,98

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, Septiembre 22 de 2015

c.c.: Arch.
 JCH/LCA



**Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia**

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: MO 34/15

Página 3 de 6

INFORME DE ENSAYO EN PLANTAS MO 34/15

Cliente: UNA - PUNO
 Solicitante: Ing Moisés Pérez Capa
 Dirección del cliente: Una - Puno
 Procedencia de la muestra: Carabaya
 Provincia: Puno - Perú
 Departamento: Puno
 Punto de muestreo: No especificado por el cliente
 Responsable del muestreo: No especificado por el cliente
 Fecha de muestreo: 30 de agosto de 2015
 Hora de muestreo: 10:00
 Fecha de recepción de la muestra: 31 de agosto de 2015
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 31 de agosto al 18 de septiembre, 2015
 Caracterización de la muestra: Plantas
 Tipo de muestra: Simple
 Envase: Bolsa Ziplock
 Código LCA: 34 - 3
 Código original : M-3

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	34 - 3 M-3
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 245.5	mg/kg	0,20	0,35
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0,25	0,71

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, Septiembre 22 de 2015

c.c.: Arch.
 JCH/LCA



**Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia**

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: MO 34/15

Página 4 de 6

INFORME DE ENSAYO EN PLANTAS MO 34/15

Cliente: UNA - PUNO
 Solicitante: Ing Moisés Pérez Capa
 Dirección del cliente: Uña - Puno
 Procedencia de la muestra: Carabaya
 Provincia: Puno - Perú
 Departamento: Puno
 Punto de muestreo: No especificado por el cliente
 Responsable del muestreo: No especificado por el cliente
 Fecha de muestreo: 30 de agosto de 2015
 Hora de muestreo: 10:00
 Fecha de recepción de la muestra: 31 de agosto de 2015
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 31 de agosto al 18 de septiembre, 2015
 Caracterización de la muestra: Plantas
 Tipo de muestra: Simple
 Envase: Bolsa Ziplock
 Código LCA: 34 - 4
 Código original : M-4

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Limite de determinación	34 - 4 M-4
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 245.5	mg/kg	0,20	0,48
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0,25	4,2

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, Septiembre 22 de 2015

e.c.: Arch.
 JCH/LCA



**Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia**

Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ciencias Puras y Naturales
Instituto de Ecología
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: MO 34/15

Página 5 de 6

INFORME DE ENSAYO EN PLANTAS MO 34/15

Cliente: UNA - PUNO
 Solicitante: Ing Moisés Pérez Capa
 Dirección del cliente: Una - Puno
 Procedencia de la muestra: Carabaya
 Provincia: Puno - Perú
 Departamento: Puno
 Punto de muestreo: No especificado por el cliente
 Responsable del muestreo: No especificado por el cliente
 Fecha de muestreo: 30 de agosto de 2015
 Hora de muestreo: 10:00
 Fecha de recepción de la muestra: 31 de agosto de 2015
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 31 de agosto al 18 de septiembre, 2015
 Caracterización de la muestra: Plantas
 Tipo de muestra: Simple
 Envase: Bolsa Ziplock
 Código LCA: 34 - 5
 Código original : M-5

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	34 - 5 M-5
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 245.5	mg/kg	0,20	0,62
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0,25	3,5

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, Septiembre 22 de 2015

c.c.: Arch.
JCH/LCA



Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: MO 34/15

Página 6 de 6

INFORME DE ENSAYO EN PLANTAS MO 34/15

Cliente: UNA - PUNO
 Solicitante: Ing Moisés Pérez Capa
 Dirección del cliente: Una - Puno
 Procedencia de la muestra: Carabaya
 Provincia: Puno - Perú
 Departamento: Puno
 Punto de muestreo: No especificado por el cliente
 Responsable del muestreo: No especificado por el cliente
 Fecha de muestreo: 30 de agosto de 2015
 Hora de muestreo: 10:00
 Fecha de recepción de la muestra: 31 de agosto de 2015
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 31 de agosto al 18 de septiembre, 2015
 Caracterización de la muestra: Plantas
 Tipo de muestra: Simple
 Envase: Bolsa Ziplock
 Código LCA: 34 - 6
 Código original : M-6

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	34 - 6 M-6
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 245.5	mg/kg	0,20	0,75
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0,25	0,31

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, Septiembre 22 de 2015

c.c. Arch.
 JCH/LCA



**Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia**