

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**VALORACIÓN DE RIESGO AMBIENTAL POR PRESENCIA DE
PLOMO Y MERCURIO EN LA: TRUCHA (*Salmo trutta*),
PEJERREY (*Odontesthes regia regia*), PROVENIENTES DE LA
ZONA DE ARAPA**

TESIS

PRESENTADA POR:

JOSE ANTONIO FORAQUITA GUZMAN

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

PUNO – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

**VALORACIÓN DE RIESGO AMBIENTAL POR PRESENCIA DE
PLOMO Y MERCURIO EN LA: TRUCHA (*Salmo trutta*),
PEJERREY (*Odontesthes regia regia*), PROVENIENTES DE LA
ZONA DE ARAPA**

TESIS PRESENTADA POR:

JOSE ANTONIO FORAQUITA GUZMAN

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO



APROBADA POR:

PRESIDENTE:


Ing. D.Sc. LIDIA ENSUEÑO ROMERO IRURI

PRIMER MIEMBRO:


Ing. D.Sc. MOISÉS PÉREZ CAPA

SEGUNDO MIEMBRO:


Ing. ALFREDO ABRAHAM BARTOLO LEÓN

DIRECTOR DE TESIS:


Ing. Mg. HIGINIO ALBERTO ZUÑIGA SÁNCHEZ

ÁREA: Procesos industriales

TEMA: Valoración de riesgo ambiental

LINEA: Tecnología Ambiental y Recursos Naturales

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 18 DE OCTUBRE DEL 2018

DEDICATORIA

A Dios, por ser el creador y estar
siempre presente

Con infinita gratitud y cariño, a mi
Madre y a mi Padre por su
constante apoyo, por permitirme
cumplir mis metas deseadas,
seguir confiando en mi y apoyo
moral

A mi hermano por su apoyo,
Paciencia y comprensión brindada

AGRADECIMIENTOS

- **A la universidad nacional del altiplano por haber logrado mis metas**
- **A todos mis docentes por apoyarme por haber logrado todos mis objetivos**

INDICE

INDICE DE FIGURAS	6
INDICE DE TABLAS	7
RESUMEN	8
ABSTRACT.....	9
I. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.2 JUSTIFICACION	12
1.3 OBJETIVOS	14
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	14
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 ANTECEDENTES.....	15
2.2 MARCO TEORICO.....	22
III. MATERIALES Y METODOS	40
3.1 MATERIALES	40
3.1.1. MATERIALES.....	40
3.1.2. EQUIPOS	40
3.2 METODOLOGIA	40
3.2.1. Metales pesados.....	62
3.2.2. Factores inherentes a los metales	62
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	63
V. CONCLUSIONES	69
VI. RECOMENDACIONES.....	70
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
VIII. ANEXOS.....	74

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Google hearth	35
Figura 2. Google hearth.	36
Figura 3. Porcentaje de impactos positivos y negativos.	58
Figura 4. Porcentaje de impactos por categoría.	59
Figura 5. Porcentaje de impactos por componente.	60
Figura 6. Características químicas	64
Figura 7. Figura de mercurio y plomo	65
Figura 8. Parámetros de metales pesados de pejerrey	67

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación Taxonómica de la trucha Arcoíris	24
Tabla 2. Ubicación geográfica de la laguna de Arapa	34
Tabla 3. Acciones propuestas que pueden causar Impacto Ambiental (Matriz de Leopold, 1971)	46
Tabla 4. Componentes Ambientales susceptibles de ser impactados	47
Tabla 5. Interacción entre actividades y los Componentes Ambientales	48
Tabla 6. Identificación de Riesgos.....	49
Tabla 7. Impactos y los procesos que ocasionarían su ocurrencia.....	50
Tabla 8. Criterios de calificación	52
Tabla 9. Valores para calificación de impactos	53
Tabla 10. Tipo de impacto y Código de color	54
Tabla 11. Rangos de valor y Código de color.....	54
Tabla 12. Matriz de identificación de impacto ambientales	55
Tabla 13. Matriz de valoración de impacto ambientales	56
Tabla 14. Valoración de riesgos ambientales en el área de influencia.	57
Tabla 15. Consolidado de la valoración de impactos ambientales negativos y	57
Tabla 16. Análisis por categoría	58
Tabla 17. Análisis por componente	59
Tabla 18. Características organolépticas	63
Tabla 19. Características químicas	63
Tabla 20. Contenido de metales pesados en la trucha	65
Tabla 21. Contenido de metales pesados en el pejerrey	66

RESUMEN

El presente trabajo de investigación ha permitido realizar un estudio del riesgo ambiental en la zona, para determinar el grado de contaminación Ambiental actual de la laguna en un sector de la zona de Arapa donde se ha realizado el trabajo de investigación en especies como la trucha y pejerrey, determinado sus concentraciones de metales pesados para la valoración de riesgos ambientales, como consecuencia de la contaminación por la presencia de plomo y mercurio. El objetivo del presente estudio es determinar la valoración ambiental en el grado de concentración de los metales pesados mercurio (Hg) y plomo (Pb) en los pescados trucha y pejerrey provenientes de la zona de Arapa; así como analizar la composición fisicoquímica que tiene el agua donde habitan los peces. La metodología que se ha seguido fue la recolección de la muestra para su respectivo análisis, para realizar la identificación, evaluación de los riesgos ambientales cuyos resultados es el siguiente: donde la valoración ambiental en la laguna de Arapa tiene un impacto moderado respecto la medie ambiente según el análisis Leopold realizado entonces los análisis de los componentes fisicoquímicos del agua como la dureza igual o mayor a 300 mg/l de CaCO_3 se encuentra dentro de los parámetros permisibles., es decir que, niveles altos de CaCO_3 están asociados con tasas altas en la prevalencia de ocasionar alteraciones en la muestra; La concentración de plomo en las especies de trucha y pejerrey de la laguna de arapa fluctúan entre un valor 0,052 mg/Kg , comparado con el ECA de aguas de nuestro país el valor 0,185 mg/L La concentración de mercurio en las especies como son trucha y pejerrey de la laguna de arapa es de 0.0082 mg/Kg , la presencia de mercurio en la laguna está por debajo de los límites máximos permisibles, esto nos hace concluir que más adelante puede aumentar la contaminación en la zona por un manejo no adecuado de la cuenca hidrográfica si bien es cierto en la actualidad es bajo la contaminación.

Palabras claves (Keywords): Contaminación, evaluación, riesgo ambiental, plomo, mercurio

ABSTRACT

This research work has allowed a study of environmental risk in the area, to determine the current level of environmental pollution of the lagoon in a sector of the Arapa area where research work has been carried out on species such as trout and pejerrey, determined its concentrations of heavy metals for the valuation of environmental risks, as a consequence of contamination by the presence of lead and mercury. The objective of this study is to determine the environmental assessment of the degree of concentration of heavy metals mercury (Hg) and lead (Pb) in trout and pejerrey fish from the Arapa area; as well as analyzing the physicochemical composition of the water where the fish live. The methodology that has been followed was the collection of the sample for its respective analysis, to carry out the identification, evaluation of the environmental risks whose results are the following: where the environmental assessment in the Arapa lagoon has a moderate impact with respect to the environment According to the Leopold analysis carried out then the analysis of the physicochemical components of water such as hardness equal to or greater than 300 mg / l of CaCO₃ is within the permissible parameters., that is, high levels of CaCO₃ are associated with high rates in the prevalence of causing alterations in the sample; The concentration of lead in the species of trout and silverside of the Arapa lagoon fluctuates between a value 0.052 mg / Kg, compared with the ECA of waters of our country the value 0.185 mg / L The concentration of mercury in the species such as trout and silverside of the Arapa lagoon is 0.0082 mg / Kg, the presence of mercury in the lagoon is below the maximum permissible limits, this makes us conclude that later on pollution in the area may increase due to inadequate management of The watershed although it is true at present is low pollution.

Keywords: Pollution, evaluation, environmental risk, lead, mercury

I. INTRODUCCIÓN

La industria es una actividad productiva vital para la macroeconomía de nuestro país; pues la mayoría de las actividades mineras se concentran en las cuencas altas de los ríos, cuyo 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 industriales, domésticos y el procesamiento de minerales y por la existencia de pasivos ambientales mineros, sin embargo, el impacto negativo y acumulativo del mal manejo de sus residuos generados constituye un problema grave para la salud de la población y del medio ambiente.

Esto nos lleva conceptualizar el 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 preguntas, 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.

Se ha estimado que más de la mitad de las 5818 comunidades campesinas ubicadas principalmente en la sierra del Perú coexisten con actividades industriales 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 provenientes de la minería y de la presencia de pasivos. Al respecto, los metales pesados se han convertido en un tema actual tanto en el campo ambiental como en el de salud pública.

Los daños que causan son tan severos y en ocasiones tan ausentes de síntomas, que las autoridades ambientales y de salud de todo el mundo ponen mucha atención en minimizar la exposición de la población, en particular de la población infantil, a estos elementos tóxicos.

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. La contaminación de las aguas puede provocar alteraciones estructurales, morfológicas y hasta la muerte celular en la biota.

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 pecuaria de la zona de Arapa, 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 plomo o por la diseminación de enfermedades infecciosas debido a la utilización de fuerza de trabajo migratoria.

A través del trabajo de Tesis, se evaluó los riesgos ambientales, los niveles de concentración de los metales pesados Plomo y mercurio. Esta situación negativa hace necesario una Evaluación de la Contaminación y el riesgo ambiental de la Bahía de Arapa, nos permite evaluar y valorar los potenciales riesgos negativos que podrían presentarse como consecuencia de la contaminación de la Bahía de Arapa, instrumento que permitirá disponer de una herramienta de trabajo a través de la cual será posible identificar y establecer prioridades, a fin de implementar las medidas de mitigación que eviten, rechacen y/o minimicen los riesgos ambientales negativos sobre el área afectada con el fin de mejorar la calidad de vida y proteger los recursos naturales de la Micro Cuenca de la Bahía de Arapa.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los grandes avances tecnológicos y científicos han logrado el progreso del hombre frente a la vida cotidiana a la que se debe enfrentar ya que el propósito siempre ha sido mejorar la calidad y condiciones de vida de la humanidad. Sin embargo, estos avances tecnológicos traen consigo una gran cantidad de contaminantes, provocando así el deterioro del medio ambiente, poniendo por consecuente en peligro la flora, la fauna y la vida humana. Por ello, existe la preocupación por analizar los posibles factores de

riesgo que se han presentado debido a la contaminación que el mismo hombre ha provocado en el mundo.

La incidencia de metales pesados al medio ambiente es variada, la contaminación en el agua se produce, bien por la presencia de compuestos o elementos que normalmente no estarían sin la acción del hombre, o por un aumento o descenso de la concentración normal de las sustancias ya existentes debido a la acción humana. Las consecuencias que pueden llegar a tener estas contaminaciones pueden ser variadas y de distintas magnitudes, algunas pueden disminuir el buen hábitat del hombre en relación a dichas aguas y otras incluso pueden llegar a destruir comunidades acuáticas enteras.

Es por ello que se hace importante determinar la concentración de dichos metales en los pescados de mayor consumo del departamento.

1.2 JUSTIFICACION

Justificación Ambiental

Actualmente la población de la Bahía de Arapa, enfrenta potenciales riesgos hacia su salud y bienestar físico, debido a la contaminación de la biota por la presencia de plomo y mercurio. Es conocido que en el medio acuático, el mercurio metálico (Hg) es oxidado a monometilmercurio (CH_3Hg), proceso que se desarrolla fundamentalmente bajo condiciones de pH menor que 7, suficiente carga orgánica y baja concentración de oxígeno. De esa manera, en los reservorios acuáticos, el mercurio puede ser incorporado a la cadena trófica y finalmente llegar hasta los peces donde se bioacumula como monometilmercurio CH_3Hg , sustancia neurotóxica capaz de ocasionar graves daños al organismo, en muchos casos irreversibles. Se estima que la ingesta de peces contaminados constituye una vía importante para la introducción del monometilmercurio CH_3Hg en el organismo humano.

Segura (2006) los estudios de metales pesados se han incrementado en las dos últimas décadas, como respuesta a la eliminación de los contaminantes por las concentradoras de minerales localizadas en la zona alto andina, los cuales llevan abundantes residuos minerales, que se dispersan en el cauce de los ríos a lo largo y ancho de las cuencas, los cuales producen efectos tóxicos en los peces.

El consumo de pescado contaminado con metilmercurio CH_3Hg representa un riesgo mayor para las mujeres embarazadas que para el hombre adulto, ya que este contaminante pasa al feto provocándole daños neurológicos severos, por ser éste un organismo más susceptible. Se ha encontrado una asociación entre las anomalías neurológicas y la exposición a metilmercurio, mediante el consumo de pescado contaminado en hombres y mujeres adultos.

El plomo inhibe diversos sistemas enzimáticos, especialmente mitocondriales, repercutiendo en la médula ósea, interfiriendo con el metabolismo del calcio (Shanon, 1998). El saturnismo es la enfermedad por metales más frecuente, el saturnismo hídrico a través del agua contaminada ingerida se considera la más común, este metal proviene de las minas y es absorbido por pulmones y del tracto gastrointestinal.

La situación actual configura una problemática de tipo ambiental, social, de salud pública negativa. La existencia de la contaminación ambiental genera importantes riesgos negativos que afectan directa o indirectamente, tanto los ingresos económicos de la población así como su calidad de vida.

Una de las dificultades que se ha podido comprobar es que las aguas del Lago Titicaca y en particular la bahía de Arapa no cuentan con un plan, programa o estudio de riesgo ambiental que pueda remediar esta contaminación.

Esta situación negativa hace necesario una Evaluación de la Contaminación y el riesgo ambiental de la Bahía de Arapa, que permitirá evaluar y valorar los potenciales riesgos negativos que podrían presentarse como consecuencia de la contaminación de la Bahía de Arapa, instrumento que permitirá disponer de una herramienta de trabajo a través de la cual será posible identificar y establecer prioridades, a fin de implementar las medidas de mitigación que eviten, rechacen y/o minimicen los riesgos ambientales negativos sobre el área afectada con el fin de mejorar la calidad de vida y proteger los recursos naturales de la Micro Cuenca de la Bahía de Arapa.

Justificación económica

La inversión así como el período de recuperación de la inversión de una descontaminación para el tratamiento suele ser en muchos casos más competitiva de acuerdo a la aplicación de otras tecnologías para la mitigación de la contaminación de las

aguas de la laguna de Arapa.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la valoración del riesgo ambiental en el grado de concentración de los metales pesados mercurio y plomo en los pescados: trucha, pejerreyes provenientes de la zona de Arapa.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la composición fisicoquímica que tiene el agua y responsables de la posible contaminación de los pescados: trucha, pejerrey provenientes de la zona de Arapa.
- Evaluar las concentraciones de los metales pesados Mercurio y plomo por medio de la técnica de absorción atómica y determinar la valoración de riesgo ambiental

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 ANTECEDENTES

Existen suficientes indicadores sobre la presencia de metales pesados acumulados en la vegetación acuática (microalgas y macrófitas). Lo referido ha sido demostrado y reportado en el año 1999 por la Universidad Agraria la Molina y la Universidad de Montana - Estados Unidos en convenio con la Universidad Nacional del Altiplano de Puno. 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 (según USEPA) 0,3mg/g para EEUU y 0,5mg/g para otros países. Por las razones expuestas y sin llegar al alarmismo, es imperante considerar este hecho como un problema de urgente solución ya que el origen de la contaminación por metales pesados proviene del drenaje de las aguas con mercurio por la extracción del oro en los centros mineros de los alrededores, convirtiéndose en una amenaza para la salud pública. (Gerbrant, 2004),

Los estudios realizados en el río Magdalena (Colombia), y sus afluentes, para determinar las concentraciones de mercurio muestran que existe una relación directa entre las altas concentraciones en peces con la cercanía a las zonas con influencia directa de vertimientos de aguas de minería aurífera, encontrándose valores críticos en la región de la Mojana y zona del nordeste antioqueño, zonas donde casi todas las muestras presentaron valores superiores a la norma de 0,5 µg/g de mercurio. (Mancera-Rodríguez, 2006).

Investigadores de la Universidad Nacional Autónoma de México realizaron varios estudios en la cuenca del río Coatzacoalcos, en la costa del Golfo de México, en el estado de Veracruz, y detectaron niveles de mercurio entre 3,0 y 63,0 ug/l en aguas superficiales. También se encontraron niveles de mercurio entre 0,2 y 0,4 ug/l en las aguas superficiales de las lagunas del Carmen, Machona y Mecoacan en Tabasco en Veracruz.

Núñez y Nogueira (1998) en estudios realizados en el Golfo de México en especies *R. terranova* y *C. limbatus*; determinó que las concentraciones de metales pesados, incluyendo al mercurio en diferentes tejidos de dos especies de tiburones (*R. terranova* y *C. limbatus*), presentaron concentraciones en músculo de 0,74 y 3,2 µg/g peso húmedo (p.h.) respectivamente. Asimismo, determinaron la concentración de

mercurio en el músculo dorsal del tiburón *R. terraenovae* en las costas de Tabasco y Veracruz, concluyendo que el consumir 280 g diarios de carne de tiburón podría ser peligroso para la salud

En 1953 apareció en la Bahía de Minamata (Japón) una extraña enfermedad que afectó primero a los gatos, que se suicidaron masivamente arrojándose al mar, y posteriormente a las familias de pescadores, produciendo en muchos casos la muerte y en otros daños irreversibles. El origen de esta misteriosa enfermedad llamada desde entonces «enfermedad de Minamata», fue descubierto 10 años más tarde. El causante era un derivado orgánico del mercurio: el metilmercurio. Esta sustancia, arrojada al mar por una industria de acetaldehído y cloruro de vinilo, produjo una peligrosa contaminación en los peces y mariscos de la Bahía de Minamata que resultó en muchos casos mortal para los habitantes de la zona cuyo régimen alimenticio se basaba en peces y mariscos.

Según (Mantilla, 2008) con su tesis “Efectos de la Acuicultura en Jaulas Flotantes en el Ecosistema Acuático de la Bahía de Chucuto – Lago Titicaca”, concluye:

La truchicultura en jaulas flotantes causa un impacto simple encontrándose dentro de los estándares de calidad de aguas continentales, causando un efecto moderado en la transparencia del agua en las zonas A y B, ocasionado por acciones y actividades antropogénicas.

(Arroyo, 2006), 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. El presente trabajo puede ser adoptado como guía en las evaluaciones de impacto ambiental para actividades mineras y todas aquellas que pudieran tener efectos adversos al medio ambiente.

El agua es esencial para la vida y puesto que su contaminación puede tener consecuencias graves en la salud, especialmente si la contaminación conduce a compuestos patogénicos, la ciencia ha dedicado un enorme esfuerzo al tratamiento de

las aguas, tanto potables como residuales. Sea el caso de los metales, que llegan al agua desde las grandes industrias o desde cualquier casa y a los que no hace mucho no se daba gran importancia. Hoy se sabe que en el medio acuático puede ocurrir una serie de reacciones que pueden convertir un material “inofensivo” en uno tóxico. Son muy numerosas las industrias que lanzan metales a las aguas, siendo los metales más peligrosos: mercurio, plomo, cadmio, arsénico, cromo y manganeso. Además de estas industrias y las viviendas particulares, los metales pueden llegar al agua por efecto de la lluvia sobre el suelo y las rocas, actividad agrícola, etc. (Rodríguez Reinoso, 1991, pág. 5).

Al evaluar metales pesados en *Schoenoplectus tatora* en muestras del Lago Titicaca determinaron en la desembocadura del río Ramis, que el plomo en un valor de 0.014 mg/l, se encuentra por encima del límite permisible según los valores guía de USEPA (0.0058 mg/l) referida para metales totales. Indican que la vegetación natural expuesta a metales pesados puede incluir toxicidad, captación y bioacumulación, pueden ser biológicamente magnificados en la cadena alimenticia ya que el hombre y animales mayores, se contaminarán ingiriendo animales afectados.

Los porcentajes de casos con niveles hemáticos de plomo en sangre desde 0 hasta 69 µg/dL en La Oroya y Concepción divididos en cuatro grados de elevación: de menos de 10 µg/dl; de 10 a 19 µg/dl; de 20 a 44 µg/dl; y de 45 a 69 µg/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 µg/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 µg/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.

Estudios efectuados en la cuenca del Río Ramis, en Perú evidenciaron serios problemas de contaminación y perturbación ambiental como producto de la actividad minera intensiva y artesanal, estas aguas tienen como destino final el lago Titicaca (principal afluente). Existen suficientes indicadores sobre la presencia de metales pesados acumulados en la vegetación acuática (microalgas y macrófitas). Lo referido ha sido demostrado y reportado en el año 1999 por la Universidad Agraria la Molina y la Universidad de Montana - Estados Unidos en convenio con la Universidad Nacional del Altiplano de Puno. 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 (según USEPA) 0,3 mg/g para EEUU y 0,5 mg/g para otros países. Por las razones expuestas y sin llegar al alarmismo, es imperante considerar este hecho como un problema de urgente solución ya que el origen de la contaminación por metales pesados proviene del drenaje de las aguas con mercurio por la extracción del oro en los centros mineros de La Rinconada, Ananea convirtiéndose en una amenaza para la salud pública.

Los estudios realizados en el río Magdalena (Colombia), y sus afluentes, para determinar las concentraciones de mercurio muestran que existe una relación directa entre las altas concentraciones en peces con la cercanía a las zonas con influencia directa de vertimientos de aguas de minería aurífera, encontrándose valores críticos en la región de la Mojana y zona del nordeste antioqueño, zonas donde casi todas las muestras presentaron valores superiores a la norma de 0,5 µg/g de mercurio.

Investigadores de la Universidad Nacional Autónoma de México realizaron varios estudios en la cuenca del río Coatzacoalcos, en la costa del Golfo de México, en el estado de Veracruz, y detectaron niveles de mercurio entre 3,0 y 63,0 ug/l en aguas superficiales. También se encontraron niveles de mercurio entre 0,2 y 0,4 ug/l en las aguas superficiales de las lagunas del Carmen, Machona y Mecoacan en Tabasco en Veracruz.

Lozada (2017) realizó estudios para obtener los resultados de los metales de estudio en las aguas de la Laguna de Metztiltan en época de estiaje y en época de lluvias; este estudio determinó el logaritmo natural (LOGn) de cada concentración más uno, para así de esa manera, tener una mayor visualización sobre la concentración de metales pesados. La concentración que se encontró de metales pesados (Pb, Cd, y Cr) en los tejidos de la carpa en ambas épocas, siguieron un igual orden de concentración en los tejidos Pb>Cd>Cr, de donde en épocas de estiaje la mayor afinidad bioacumular este metal fue en los huesos y como segundo lugar la piel, mientras que en épocas de lluvias no se presentó en ninguno de los tejidos, esto sugiere que este metal es menos disponible debido al constante movimiento y a la alta dilución por el efecto de las

lluvias, ya que el Pb es un metal pesado que muestra gran absorción a través de las branquias y la piel.

En 1953 apareció en la Bahía de Minamata (Japón) una extraña enfermedad que afectó primero a los gatos, que se suicidaron masivamente arrojándose al mar, y posteriormente a las familias de pescadores, produciendo en muchos casos la muerte y en otros daños irreversibles. El origen de esta misteriosa enfermedad llamada desde entonces «enfermedad de Minamata», fue descubierto 10 años más tarde. El causante era un derivado orgánico del mercurio: el metil-mercurio. Esta sustancia, arrojada al mar por una industria de acetaldehído y cloruro de vinilo, produjo una peligrosa contaminación en los peces y mariscos de la Bahía de Minamata que resultó en muchos casos mortal para los habitantes de la zona cuyo régimen alimenticio se basaba en peces y mariscos.

Jaramillo Á, Amancio F (2012 – 2013). En su estudio denominado “Bioacumulación de metales pesados en peces y análisis de agua del río Santa y de

La laguna Chinancocha-llanganuco” tuvieron como objetivo determinar el grado de bioacumulación de metales pesados en peces de la zona, la metodología que se empleó en estudio de determinación de hierro, cobre, plomo, cadmio, cromo y zinc a sido el método de espectrofotometría de absorción atómica, y para la determinación de Mercurio se efectuó por la EEA acoplado a la cámara de vapor frío en el laboratorio SAG. De acuerdo a los resultados se observó que en todos los puntos donde se muestreo de la cuenca del Ríos Santa, tanto en creciente como en vaciante, superaron los límites máximos permisibles con respecto a la bioacumulación de Pb, Zn y Cr comparados con los límites máximos permisibles reportados por las Normas Internacionales.

Huancaré R. (2014) En sus tesis denominada “Identificación histopatológica de lesiones inducidas por bioacumulación de metales pesados en branquias, hígado y músculo de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de cultivo en etapa comercial de la laguna de Mamacocha, área de influencia minera en Cajamarca-Perú.” Tuvieron como objetivo identificar las lesiones histopatológicas presentes en la especie de cultivo por exposición a un ambiente contaminado. Se colectaron 35 peces con las siguientes características: edad de entre 8 a 9 meses, peso=200 g \pm 1,7 y talla=26,65 cm \pm 1,43) al azar para obtener muestras de branquias, hígado y músculo estriado esquelético, además se tomó muestra de un litro de agua de la laguna. En la investigación se utilizó el método

de espectrofotometría de absorción atómica. Obteniendo como resultados que los metales pesados en agua no superaron el límite máximo permisible; sin embargo, algunos valores de As, Cd y Hg en sedimento estuvieron por encima del nivel permitido. Los tres tejidos analizados bioacumulaban mayor cantidad de Zn y Ba y en menor cantidad Cd, Cr, Cu y Pb. Y finalmente mediante una técnica de tinción histopatológica identificaron en branquias las alteraciones más importantes, las lamelas presentaron degeneración hidrópica, acortamiento, fusión y necrosis, en el filamento se observó hiperplasia de células basales indiferenciadas y necrosis.

Chanamé F. (2009). En su Tesis de doctorado titulada “Bioacumulación de metales pesados procedentes de la contaminación minera y metalúrgica en tejidos de *Oncorhynchus mykiss* “trucha Arco iris” de los centros de producción de la provincia de Yauli – Junín”, estudio la bioacumulación Cu, Zn, Fe y Pb en tejidos del hígado, riñón y músculo de 7 centros de producción de dicha provincia. Para el análisis de metales pesados totales del agua usada por los centros de producción, se tomaron muestras en forma mensual, y para determinar la concentración de metales en los tejidos se colectaron 28 truchas de 250 g y 27 cm, en promedio. La determinación y cuantificación de metales pesados del agua y de los tejidos de las truchas, se realizó por la técnica de espectrofotometría de absorción atómica, según la metodología recomendada por la FAO. En dicha investigación se confirmaron los niveles elevados de Zn, Fe y Pb en el agua a excepción del Cu, así mismo se encontró niveles de Zn, Fe y Pb en el agua, superiores a los estándares de calidad ambiental, establecidos por el Ministerio del Ambiente del Perú para los ríos de la costa y sierra y a los límites máximos permisibles de la Unión Europea para el cultivo de trucha.

Argota G, Miranda E, Argota H. (2013). En su tesis titulada “Predicción Eco toxicológica de parámetros fisicoquímicos, plomo y cadmio en el río Ramis - Cuenca hidrográfica Titicaca, Puno-Perú”, tuvieron como objetivo evaluar la predicción eco toxicológica de parámetros físico químicos de calidad ambiental de las aguas, así como el efecto de toxicidad por exposición a plomo y cadmio mediante un bioensayo piloto con la especie *Gambusia punctata*. Como parámetros físico-químicos se determinó la conductividad eléctrica, dureza total, alcalinidad total, sólidos totales, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno. Con todos los parámetros se realizó una predicción ecotoxicológica mediante el programa Gecotox,

además de determinarse el efecto de toxicidad aguda de las aguas a través de la especie como modelo experimental. Con esta especie fue determinado conjuntamente, el efecto bioacumulativo en las branquias e hígado, niveles de plomo y cadmio. Como resultados obtuvieron que entre los meses no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) y que tuvieron un gran peso dentro del sistema, explicando el 82,89 por ciento del peso y la varianza. El programa Gecotox, indicó riesgo alto para las aguas en la zona de convergencia residual ambiental ya que estas presentaron un efecto de toxicidad aguda letal muy cercano al 50 por ciento de dilución total, finalmente, los metales estudiados mostraron capacidad de bioacumulación, y se confirmó que las aguas del río Ramis presentan efectos eco toxicológicos.

Pis M. et al (2008). Realizaron por primera vez en Cuba un estudio sobre los metales pesados en la especie de trucha (*Micropterus salmoides floridanus*) cultivada en la presa Hanabanilla, una de las atracciones turísticas de la provincia de Villa Clara. El objetivo de su investigación fue estudiar la concentración de Pb, Cd, Hg Fe, Cu, Zn y Mn, tanto en la especie como en el agua y sedimento de la presa, teniéndose en cuenta que a la misma son emitidos residuales urbano-industriales y agrícolas sin tratar portadores de estos elementos. El método analítico utilizado fue la Espectrofotometría de Absorción Atómica. Los resultados encontrados mostraron que en el pescado los niveles de plomo promedio ($0,82 \pm 0,07$ mg/kg) se encontraron por encima de los límites máximos establecidos en las normas nacionales (0,3 mg/kg) y que las concentraciones más bajas de todos los metales se observaron en los ejemplares de menor talla y peso. El agua de esta presa no presentó concentraciones de metales por encima de lo establecido en las normas nacionales, y en el sedimento los metales aumentaron su concentración en la época de lluvia lo que indicó su arrastre a la presa, presentándose los niveles más elevados en la estación debido a la abundancia de materia orgánica presente. La secuencia de concentración hallada de los metales fue: Truchas: Fe > Zn > Pb > Mn > Cu > Hg > Cd; 2) Agua: Pb > Fe > Zn = Mn = Cu > Cd; y Sedimento: Fe > Mn > Zn > Cu > Pb > Cd > Hg. Por estos resultados los autores recomiendan que este pescado sea consumido de forma limitada para evitar riesgos a la salud humana salud.

Anadón A. et al (1984) Realizaron una investigación con el propósito de determinar el contenido de metales pesados en truchas de río. *Salmo Truta fario* como posible causa a cuatro casos de mortandad aparecidos en diferentes regiones fluviales españolas en 1981. Las muestras de truchas fueron recogidas en las localidades próximas

a Ramales (Santander). Burgos y Teruel y en Juarros del Río Moros en Segovia-España las cuales se sometieron a análisis y se determinaron las concentraciones de zinc, plomo, cobre, hierro y cromo en diversos tejidos. Los resultados de esta investigación mostraron la presencia de niveles elevados de metales en todos los tejidos seleccionados, principalmente, en branquias e hígado, seguido de gónadas y músculo. Se evidenció una bioacumulación pasiva de metales incluso en aquellas poblaciones que viven alejadas de fuentes de contaminación.

2.2 MARCO TEORICO

CARACTERISTICAS DEL HABITAD DE LA BIOTA TRUCHA

La trucha “*Salmo trutta*” es la especie de los salmónidos que más se adapta a las aguas de la región, y cuyo ciclo biológico se puede controlar en cautiverio. Es un pez de cuerpo fusiforme, cubierto de escamas y mucus; el dorso es de color azulado y los flancos laterales de color plateado iridiscente. La parte ventral es de color blanco cremoso. Tanto en el dorso como en los flancos, presenta manchas lineares negras y marrones. El macho se diferencia de la hembra por tener el cuerpo más alargado y la cabeza triangular, en cambio la hembra tiene el cuerpo más ensanchado y de cabeza redonda.

La trucha es ovípara, la reproducción artificial es una de las actividades del proceso por la cual fecundan los huevos de las hembras, homogeneizándolas con el esperma de los machos. Es un animal carnívoro y voraz, que en cautiverio puede cambiar fácilmente su régimen alimentario a los alimentos secos concentrados en forma de gránulos o pellets.

Para la cría de la trucha, se considera los siguientes factores físicos y químicos del agua. El exceso de cloro en el agua de riego es de importancia para los cultivos. Su efecto se establece a través del término “salinidad potencial de agua”.

El crecimiento de la trucha fresca está en función del volumen de agua, temperatura, oxígeno y cantidad de alimento que se disponga, por lo tanto el manejo de vivero, en forma integral, es un factor en el cual se considera como objetivo de cría el mejorar las tasas de crecimiento y sobrevivencia.

En el lago Titicaca, el tiempo de recría oscila entre 8 a 10 meses. En la captura a los 8 meses se obtienen peces con pesos promedio de 257 gramos. A los 10 meses se obtiene peso promedio de 350 gramos y 26 cm de longitud.

TRUCHA ARCOÍRIS (*Oncorhynchus mykiss*)

Características fenotípicas de la trucha peruana

A nivel de cada región el crecimiento y desarrollo de la trucha varía considerablemente, la crianza de esta especie sobre el nivel del mar y en óptimas condiciones fisicoquímicas y biológicas del recurso hídrico, no es la misma que cuando se realiza la crianza a 3,500 m.s.n.m., ya que fisiológicamente esta especie responde en forma diferente a dichas condiciones, principalmente con el oxígeno disuelto del agua, pues a una misma temperatura y diferente altitud, la solubilidad del oxígeno varía sustancialmente.

El desarrollo de truchas en zonas alto andinas de nuestro país presenta una serie de ventajas en comparación a las truchas que crecen sobre el nivel del mar como: Mejor relación talla/peso, son más resistentes a las enfermedades, presentan mejor asimilación del alimento natural y el artificial, mejor configuración fenotípica de la trucha, buen proceso reproductivo y poca mortalidad

La trucha introducida en el Perú que viene desarrollándose en las diferentes zonas alto andinas, presenta un comportamiento de hábito alimenticio omnívoro bien definido. Durante su ciclo de desarrollo natural la trucha se alimenta indistintamente de vegetales y animales (zooplantófago) y todo tipo de alimento que pueda encontrar en el ambiente acuático es decir, de acuerdo a las posibilidades que presente el recurso hídrico. Este criterio de alimentación da como resultado una configuración externa diferente en relación a la trucha desarrollada sobre el nivel del mar.

Se ha observado que durante el proceso de crianza hasta lograr truchas comerciales, la relación talla/peso en la trucha peruana en comparación a la trucha criada sobre el nivel del mar por ejemplo en el país vecino Chile, indica que a igual talla, el peso de la trucha criada en zonas alto andinas es mayor, es decir que las truchas peruanas tienen mayor musculatura.

Tabla 1. Clasificación Taxonómica de la trucha Arcoíris

Reino :	Animal
Sub-reino :	Metazoarios
Phyllum :	Cordados
Sub-phyllum :	Vertebrados
Súper-clase	Gnastostomata
Clase :	Osteichthyes
Sub-clase :	Actinopterygii
Orden :	Salmoniformes
Familia :	Salmonidae
Género :	<i>Oncorhynchus</i>
Especie :	<i>O. Mykiss,</i>

Publicación de Smith, 1989.

PEJERREY

El pejerrey pertenece a la Familia Atherinidae.

- **Cuerpo:** alargado, fusiforme, más o menos comprimido. Costillas en relación con parapófisis muy fuertes. Vértebras pueden variar de 32 a 60; faja plateada longitudinal lateral siempre presente.
- **Escamas:** medianas o pequeñas; ordinariamente cicloideas.
- **Cabeza:** aplanada superiormente; boca terminal hendida oblicuamente, premaxilar generalmente muy protráctil. Maxilar excluido del borde la maxila superior y terminado en punta en su extremidad posterior.
- **Línea lateral:** dividida, nunca completa. A veces se ven a distintos niveles fragmentos de línea lateral.
- **El aparato branquial:** Opérculo sin espinas ni puntas; mejillas y piezas operculares escamosas. Agallas anchas, membranas branquiostegas separadas del istmo. Cuatro branquias con un surco detrás de la cuarta. Pseudobranquias presente.

Poseen dos aletas dorsales bien separadas. La anterior con tres a ocho espinas delgadas y flexibles; la posterior membranosa. Aletas ventrales pequeñas más o menos distantes de las pectorales. Inserción de las pectorales muy elevada, encontrándose a nivel del ángulo postero superior del opérculo. Aleta anal con una espina débil, caudal en horqueta.

El aparato digestivo: Premaxilares protráctiles; boca que se abre en embudo. Rastrillo branquial con 5 pares de branquiespinas. Se calcula que la mayor eficiencia de filtrado se sitúa para partículas desde alrededor de 1 mm. Poseen placas faríngeas para la trituración de moluscos y crustáceos decápodos. El tubo digestivo: relación long. intestino a longitud del cuerpo: Estómago corto, simple, un poco más ancho que el intestino. Sin ciegos pilóricos. La vejiga natatoria: Presente, alargada, extendiéndose a menudo detrás del ano en un canal formado por las vértebras caudales. (Vera, J. et al.1989).

Área de distribución original. El pejerrey bonaerense (*Odontesthes bonariensis*) es originario de Argentina, Uruguay y Sur de Brasil. En la Argentina predomina en lagunas de la región pampeana y penetra en los sistemas de los ríos Paraná, Uruguay y de la Plata.

Área de dispersión actual. Actualmente el pejerrey se encuentra en una amplia región de Sudamérica que comprende además de los países mencionados anteriormente, el altiplano boliviano y la sierra Peruana. (Vera, J. et al.1989).

DEL 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 (agua del subsuelo o acuífero subterráneo) y los océanos. Según su estado puede ser líquida, sólida o evaporada.

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, desarrollar actividades de recreación y para el transporte fluvial y lacustre.

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. Es pues un recurso **finito** que está sujeto a una **creciente competencia** y, por lo mismo, es materia de **conflictos** en cuanto a su uso y asignación de derechos.

CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS

Alcalinidad

La alcalinidad de un agua es su capacidad para neutralizar ácidos y es la suma de todas las bases titulables. Por lo general se debe fundamentalmente a su contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos aunque otras sales o bases también contribuyen a la alcalinidad.

Acidez

La acidez de un agua es su capacidad cuantitativa para reaccionar con una base fuerte hasta un pH designado. Por tanto, su valor puede variar significativamente con el pH final utilizado en la valoración. Se puede deber a la presencia entre otros, de dióxido de carbono no combinado, de ácidos minerales o de sales de ácidos fuertes y bases débiles.

Dureza

En la práctica se define la dureza total del agua como la suma de las concentraciones de iones calcio y magnesio expresado como carbonato de calcio en mg/L.

Cloruros

El ion cloruro es uno de los principales aniones de las aguas, incluidas las aguas negras. En concentraciones altas, el cloruro puede impartir al agua un sabor salino.

Sulfatos

Los sulfatos se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza y son relativamente abundantes en las aguas duras.

METALES PESADOS

MERCURIO

La corteza terrestre contiene aproximadamente 50 ng/g de Hg, principalmente como sulfuro. El mercurio se halla en todo tipo de rocas (ígneas, sedimentarias y metamórficas). El contenido de mercurio en muchas rocas ígneas generalmente es <200 ng/g, con una concentración media inferior a 100 ng/g. Muchas rocas sedimentarias tienen contenidos de mercurio por debajo de 200 ng/g, excepto para esquistos que son mucho más elevados. Los esquistos con altos porcentajes en materia orgánica están particularmente más enriquecidos por el mercurio

El mercurio habitualmente no se encuentra en el medio natural y su presencia significa una contaminación de carácter antropogénico.

El mercurio, dada su volatilidad puede encontrarse en las tres fases: atmósfera, medio acuoso y sedimentos. En los medios aerobios de los reservorios, el mercurio se encuentra en la forma iónica libre, Hg^{2+} , formando compuestos orgánicos, así como en complejos con OH^- : HgOH^+ , y con el Cl^- : HgCl^+ , $\text{HgCl}_{2(\text{ac})}$, HgCl_3^- , HgCl_4^{2-} .

Este metal es considerado como el más tóxico de todos los metales pesados que aquí se tratan. El origen principal del mercurio es el uso de pesticidas mercuriales, la amalgamación del oro, las industrias químicas, la minería e industrias en general.

El mercurio entra en el ambiente como resultado de la ruptura de minerales de rocas y suelos a través de la exposición al viento y agua. La liberación de mercurio desde fuentes naturales ha permanecido en el mismo nivel a través de los años. Actualmente la concentración de mercurio en el medioambiente está creciendo; debido a la actividad humana.

La mayoría del mercurio liberado por las actividades humanas es liberado al aire, a través de la quema de productos fósiles, minería, fundiciones y combustión de residuos sólidos.

Algunas formas de actividades humanas liberan mercurio directamente al suelo o al agua, por ejemplo; en la amalgamación para la recuperación de oro, en la aplicación de fertilizantes en la agricultura y en los vertidos de aguas residuales industriales.

En la agricultura se usan fungicidas de compuestos órgano mercuriales como el 2-cloro-4-hidroxifenilmercurio y el acetato de 2-(fenil-mercuriamino), etanol, y fungicidas de follaje como el acetato de 2-(fenil-mercuriamino), etanol.

El cloruro mercúrico, HgCl_2 , es muy venenoso y peligroso por su gran solubilidad en agua (71.5 g/L a 25 °C). El acetato fenilmercúrico se usa en pinturas látex como conservador y contra el ataque de hongos o el enmohecimiento. El fulminato mercúrico, es soluble en agua, en solventes orgánicos y se usa como detonador de explosivos.

Contaminación por Mercurio

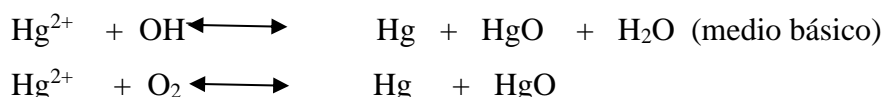
Todo el mercurio que es liberado al ambiente eventualmente terminará en suelos o aguas superficiales.

Aguas

La solubilidad del mercurio en agua libre de aire a 25 °C es de 6.39×10^{-7} g/l.

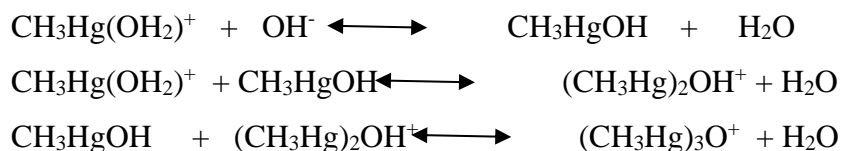
El mercurio se pierde con facilidad de las soluciones acuosas diluidas, debido a la reducción de las mismas por residuos de materiales reductores y por la desproporción del catión Hg^{2+} , además de su capacidad de absorber oxígeno del aire y regenerarse de nuevo en forma de metal puro.

Las reacciones en estos casos son:



El mercurio que se libera en el medio ambiente como metal se convierte en CH_3Hg^+ por una metilación biológica.

El CH_3Hg^+ se hidrata en soluciones acuosas y se tienen reacciones que dependen del pH y que dan iones oxonio sustituido por el mercurio:



Las aguas superficiales ácidas pueden contener significantes cantidades de mercurio. Cuando los valores de pH están entre 5 y 7, las concentraciones de mercurio en el agua se incrementarán debido a la movilización del mercurio en el sedimento.

Sedimentos

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/kg¹¹.

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. (Castro & Monroy, m. 2002.)

Algas

La EPA considera que el mercurio es uno de los elementos más tóxicos, lo que quiere decir que son muy perjudiciales en pequeñas cantidades. En cuanto a los porcentajes de adsorción de mercurio en algas sin tratamiento químico previo, fluctúan entre 12,72 % y 89,01 % respectivamente. Asimismo se demuestra también, que el incremento de la proporción y el tiempo de contacto favorecen el grado de adsorción de mercurio, en pellets de alga *Gigartina (Chondracanthus chamissoi)*.

Salud

El mercurio inhibe los mecanismos enzimáticos celulares por combinación con los grupos sulfhídrido, el mecanismo de neurotoxicidad reporta daño en el hipocampo. 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. Se ha descrito una mayor sensibilidad a la intoxicación crónica por mercurio en el cerebro de los niños menores de cinco años¹⁵. 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.

Anatomía patológica y manifestaciones clínicas

Las lesiones más importantes aparecen en los sitios de absorción y de excreción, como la necrosis de la mucosa bucal, esofágica, gástrica y eritema, pápulas y pústulas en piel. La mucosa del colon se ulcera y necrosa, en el hígado y miocardio pueden presentarse lesiones degenerativas.

La presencia de ribete gingival (diente mercurial de Letulle), genera una intensa faringitis eritematosa (laqueado mercurial). El contacto crónico con vapor de mercurio metálico produce un temblor intencional característico.

El “eretismo mercurial” está caracterizado por una serie de alteraciones psíquicas; insuficiencia renal aguda, con disminución del filtrado glomerular y oligoanuria. Alteraciones dermatológicas aparecen en niños pequeños.

El mercurio durante el embarazo origina trastornos del desplazamiento neuronal fetal, cuyo resultado es un retraso mental profundo con rendimiento neuroconductual deficiente, los compuestos mercuriales atraviesan la barrera placentaria, con concentraciones similares de mercurio en sangre materna y cordón umbilical.

Diagnóstico

Entre las exploraciones complementarias de importancia diagnóstica, figuran las pruebas toxicológicas, la radiografía y el electrocardiograma (ECG). (Farreras, 2004). La concentración en la sangre (cuando es reciente) o el cabello (cuando es crónico); puede reportar toxicidad incluso para valoración fetal cuando el cabello de la madre tiene un contenido de mercurio >30 nmol/g (6 μ g/g).

PLOMO

El plomo es un elemento frecuente en la litosfera, su contenido en la corteza terrestre es aproximadamente 15mg/g, puede encontrarse en forma de galena (PbS), cerucita (PbCO₃) y anglesita (PbSO₄). Es un metal gris azulado, maleable y dúctil, resistente al ácido sulfúrico, se disuelve rápidamente en ácido nítrico y es solubilizado por ácidos orgánicos.

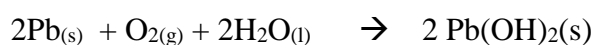
Contaminación por Plomo

Aguas

En el medio acuático a un pH comprendido entre 7 y 9, el plomo se encuentra como ión libre divalente, así como también como carbonato disuelto. En presencia de sulfatos se forma la sal soluble PbSO₄. Las sales de plomo (II) y los compuestos orgánicos del plomo son dañinos desde un punto de vista toxicológico.

Las sales de plomo tienen en el agua un peligro de clase 2, y por lo tanto son dañinas desde un punto de vista toxicológico. Lo mismo se aplica a otros compuestos como (CH₃COO)₂ Pb, PbO, Pb(NO₃)₂ y Pb(CO₃)₂. Los compuestos de plomo son generalmente solubles en agua blanda y levemente ácida.

En condiciones normales el plomo no reacciona con el agua. Sin embargo, cuando el plomo se pone en contacto con el aire húmedo, la reactividad con el agua aumenta. En la superficie del metal se forma una pequeña capa de óxido de plomo (PbO), en presencia de oxígeno y agua, el plomo metálico se convierte en hidróxido de plomo Pb (OH)₂:



Sedimentos

Los minerales de silicatos, feldespatos y magnetitas son notables sumideros de plomo en los sedimentos (Adriano, 1986). El plomo es un metal muy poco móvil y que tiende a adsorberse en la zona no saturada de los ríos, por el material arcilloso, la materia orgánica y con el aumento del pH puede precipitar como Pb(OH)₂.

Las concentraciones de plomo halladas en sedimentos no contaminados van aproximadamente de <10 mg/kg a 50 mg/kg.

Pese a que el plomo no se considera uno de los metales más móviles en el medio ambiente, a menudo está unido fuertemente a las partículas en suspensión y a los sedimentos, hay evidencias considerables de que el Pb de los sedimentos se encuentra disponible para las especies que se alimentan en ellos.

En suelos y sedimentos, el destino del plomo se ve afectado por procesos similares que llevan a la formación de complejos metálicos orgánicos relativamente estables. La mayor parte del plomo queda retenido y muy poco se transporta a las aguas superficiales o subterráneas. Sin embargo, es posible que se produzca un reingreso a las aguas superficiales como resultado de la erosión de partículas de suelo con contenido de plomo o mediante la conversión en sulfato de plomo, esta forma es relativamente soluble en la superficie del suelo o sedimento. Asimismo, el plomo puede descender por lixiviación del suelo a las aguas subterráneas.

Algas

El plomo disminuye la fotosíntesis, forma una variedad de complejos orgánicos y compuestos metal-orgánicos. En las plantas su concentración es menor a 5 mg/Kg (base seca), un incremento en la concentración de plomo ocasiona la disminución en las funciones de crecimiento y fotosíntesis.

El plomo limita la síntesis clorofílica de las plantas, no obstante las plantas pueden absorber del suelo altos niveles de plomo, hasta 500 ppm, concentraciones más altas perjudican el crecimiento de las plantas. Mediante la absorción por parte de las plantas, el plomo se introduce en la cadena alimenticia. Consecuentemente, la aplicación de pesticidas de plomo está prohibida en la mayor parte de los países. El plomo se acumula en los organismos, en los sedimentos y en el fango.

Salud

El plomo 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. Se considera que la vida media del plomo circulante es de unos 2 meses, pero la del depositado en los huesos puede aproximarse a los 30 años.

Anatomía patológica y manifestaciones clínicas

El plomo inhibe diversos sistemas enzimáticos, especialmente mitocondriales, repercutiendo en la médula ósea, interfiriendo con el metabolismo del calcio. El plomo depositado en hueso *no contribuye a la toxicidad*. El plomo provoca lesiones encefálicas difusas, efectos desmielinizantes sobre el SNP (sistema nervioso periférico), afección hepática y renal, disminución de la espermatogénesis y cruza la placenta y la barrera hematoencefálica. Finalmente se excreta por orina en un 90%, y en menor cantidad en la bilis, piel, cabello, uñas, sudor y leche materna (Valdivia ,2005). El saturnismo es la enfermedad por metales más frecuente, el saturnismo hídrico a través del agua contaminada ingerida se considera la más común, este metal proviene de las minas y es absorbido por pulmones y del tracto gastrointestinal.

En la intoxicación crónica hay una fase subclínica o de impregnación, en la cual el paciente se encuentra asintomático, pero puede tener ya alteraciones biológicas, la intoxicación presenta, ribete de Burton. La fase clínica se caracteriza por astenia, debilidad, mialgias e irritabilidad, polineuropatía periférica, con la sinología de parálisis radial “mano del pintor”¹⁹. Neurológicamente destaca la afección del SNC, (sistema nervioso central) mucho más frecuente en los niños, provocando trastornos irreversibles sobre su rendimiento intelectual futuro, son más susceptibles en relación con su talla y tomando en cuenta, la velocidad de su desarrollo cerebral. Se ha descrito anomalía vertebral, atresia anal, defectos cardiacos, fístula esofágica, anomalías renales y anormalidades de las extremidades en un recién nacido de una madre con plombemias altas durante el primer trimestre del embarazo. El plomo tiene acción negativa contra la espermatogénesis. El plomo trastorna el equilibrio biológico de ciertos oligoelementos, entre ellos el magnesio, lo que presenta aún consecuencia fisiológicamente importante.

Diagnóstico

La intoxicación crónica por plomo incluye determinación radiológicas, las alteraciones como el "franjeado metafisario" no son patognomónicas. La medición de los niveles séricos de plomo es un biomarcador confiable, aceptado y verificable de exposición crónica al elemento por parte del paciente

CARACTERISTICAS DEL LAGO ARAPA

Aspectos Generales del Lago Arapa.

El lago Arapa se encuentra a 3 820 m.s.n.m. y está situada políticamente, entre los distritos de Arapa, Chupa y Samán (Provincia de Azángaro). Tiene una superficie total del orden de 149 km², (17,2 Km² la laguna Titihue y 131,8 Km² la laguna Arapa propiamente dicha), cuenta con dos áreas netamente definidas, cuyas delimitaciones son aproximadamente las siguientes:

a) Zona pelágica: Esta área (aproximadamente 90.57 Km²) es la más profunda y está comprendida entre la Isla de Arapa y la comunidad de Iscayapi por el Oeste; al Norte, se encuentran la punta Lajas (en Impuchi), Compi, Tequena y Tacachillani; por el Sur, está limitado por las comunidades: Pesquería, Pucamocco, Santa Clara Quejonmocco, Hombrehuate y Cariquita.

b) Zona ribereña: Esta área es la más amplia, está comprendido aproximadamente entre: la punta de Tacachillane y Cariquita por el Oeste; por el Norte está limitado por las bahías de Chupa y Choco y las comunidades de Caminacoya y Chacamarca; mientras que, por el Sur, está definido por las comunidades de Chucaripo y Chacamarca. Entre las comunidades de Titihue y Chacamarca (Sur), se forma un estrecho que entre junio y diciembre se seca formándose una isla que une a ambas comunidades, esta isla (Pampa Chacamarca), separa a la laguna de Arapa en dos partes, por lo que la laguna aislada al Este, toma el nombre de Laguna Titihue.

Tabla 2. Ubicación geográfica de la laguna de Arapa

Lagunas	Ubicación			Extensión (km ²)
	Departamento	Provincia	Distrito	
Laguna Arapa	Puno	Azángaro	Arapa Samán	131.80
Laguna Titihue	Puno	Azángaro	Samán	17.20
L. Arapa Titihue	Puno	Azángaro	Arapa Samán	149.00

Fuente: Google hearth



Figura 1. Google hearth

Actividad acuícola en la Laguna Arapa.

En 1939 se introdujo al Lago Titicaca las truchas (*Salvelinus namaycush*, *Salvelinus fontinalis*, *Salmo trutta* y *Oncorhynchus mykiss*), de las que se mantuvo con éxito *O. mykiss* (trucha arcoíris) con la cual se ha iniciado la truchicultura en el Perú, trayéndose entre 1941 y 1942 ejemplares probablemente de estados Unidos para instalarse como primera piscigranja en la localidad de Chucuito (Loubens, 1991).

Actualmente se utilizan para la crianza jaulas artesanales (de palos) de 5 m de largo, 5 m de ancho y 3 m de profundidad, después se implementaron las jaulas "semi-artesanales" de estructuras metálicas de 6 m de largo por 6 m de ancho y octagonales; y ya en la última década se viene utilizando jaulas metálicas "industriales" de 10 m x 10 m.

Otorgamiento de autorizaciones y concesiones.

Hasta 2015 en la región Puno se han otorgado un total de 792 derechos de acuicultura en las 13 provincias, de los cuales 743 están vigentes y 49 declaradas caducas. De estas, tres Resoluciones otorgan derechos para producción a mayor escala, 653

Resoluciones otorgan derechos para producción a menor escala (2 a 50 t/año), para subsistencia incluyen 52 Resoluciones, para incubación de ovas son 40 Resoluciones y para actividades de repoblamiento 43 Resoluciones, para investigación se ha otorgado una resolución.

En general, por el tipo de recurso hídrico: destacan el Lago Titicaca con mayor número de derechos (59,3%), seguido de la Laguna Lagunillas (12,8%), Lagunilla Iniquilla (5,5%), Laguna Saguanani (4,2%), Laguna Arapa (2,1%) y otros (L3,8%). Los manantes o ríos, representan 8,6% (Loza, A., 2015).

Concesiones otorgadas en el Lago Arapa.

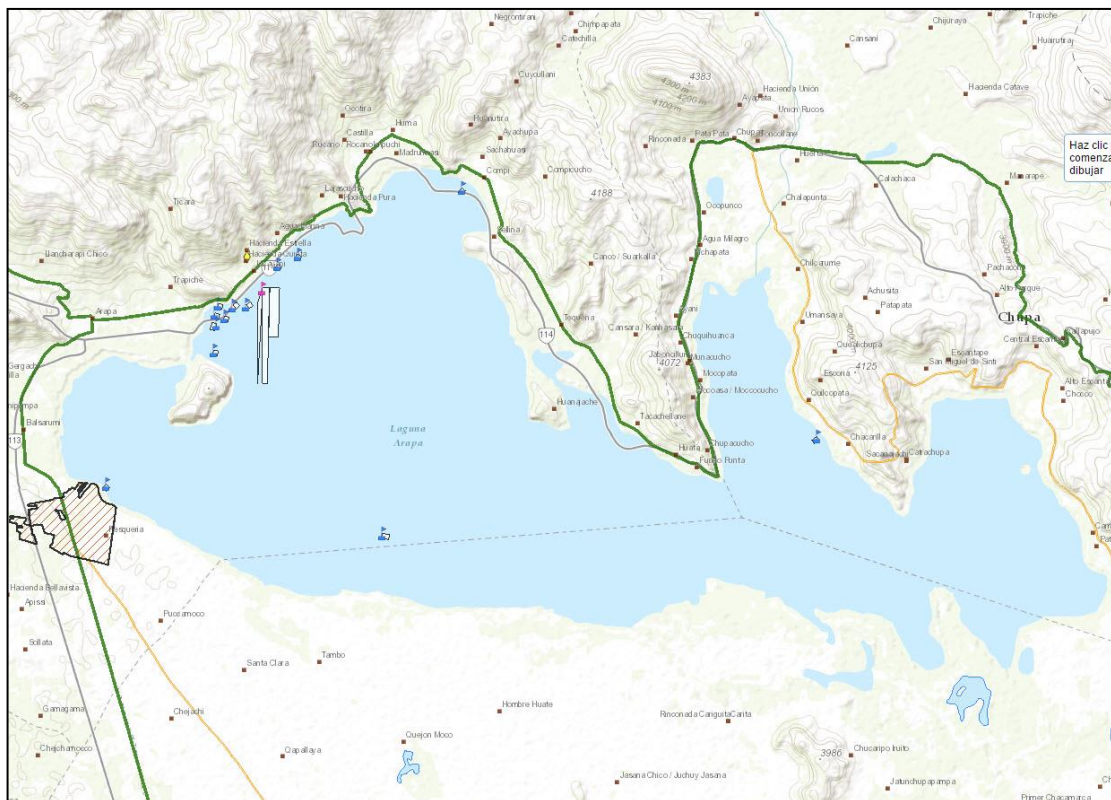


Figura 2. Google hearth.

Siendo el Ministerio de la Producción quien otorga los derechos (autorizaciones y concesiones) para el desarrollo de la actividad acuícola, de la revisión del Catastro Acuícola Nacional del Ministerio de la Producción, las concesiones para desarrollar actividad de acuicultura continental mediante la crianza intensiva de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en el Lago Arapa son 17 los derechos otorgados.

Método de Leopold

Desarrollado por el Servicio Geológico del Departamento del Interior de Estados Unidos, inicialmente fue diseñado para evaluar los impactos asociados con proyectos mineros y posteriormente ha resultado útil en proyectos de construcción de obras. Se desarrolla una matriz al objeto de establecer relaciones causa-efecto de acuerdo con las características particulares de cada proyecto, a partir de dos listas de chequeo que contienen 100 posibles acciones proyectadas y 88 factores ambientales susceptibles de verse modificados por el proyecto (Leopold et al., 1971).

Realmente, no es un sistema de evaluación ambiental, es esencialmente un método de identificación y puede ser usado como un método de resumen para la comunicación de resultados.

Para la utilización de la Matriz de Leopold, el primer paso consiste en la identificación de las interacciones existentes, para lo cual, se deben de tomar en cuenta todas las actividades que pueden tener lugar debido al proyecto. Se recomienda operar con una matriz reducida, excluyendo las filas y las columnas que no tienen relación con el proyecto. Posteriormente y para cada acción, se consideran todos los factores ambientales que puedan ser afectados significativamente, trazando una diagonal en las cuadrículas donde se interceptan con la acción.

Cada cuadrícula marcada con una diagonal admite dos valores:

1).- Magnitud: *valoración del impacto o de la alteración potencial a ser provocada; grado, extensión o escala;* se coloca en la mitad superior izquierda. Hace referencia a la intensidad, a la dimensión del impacto en sí mismo y se califica del 1 al 10 de menor a mayor, anteponiendo un signo + para los efectos positivos y – para los negativos.

2.- Importancia: *valor ponderal, que da el peso relativo del potencial impacto,* se escribe en la mitad inferior derecha del cuadro. Hace referencia a la relevancia del impacto sobre la calidad del medio, y a la extensión o zona territorial afectada, se califica también del 1 al 10 en orden creciente de importancia.

Una vez llenas las cuadrículas el siguiente paso consiste en evaluar o interpretar los números colocados.

Un ejemplo sencillo sería el vertido de unas aguas residuales con un caudal de 30 l/h y con una concentración de DBO_5 de 100mg/l, que se descargue a un río con un caudal de estiaje de $8 \text{ m}^3/\text{s}$, o a otro río con un caudal de estiaje de $50 \text{ m}^3/\text{s}$. La magnitud en ambos casos es la misma (se esta vertiendo la misma cantidad de materia orgánica), pero el impacto es mucho más importante en el primer caso que en el segundo.

Puede haber factores ambientales que sean afectados de forma crítica, pero que dentro del medio receptor, ese factor no tenga excesiva importancia o al contrario, un impacto de magnitud limitada, aunque solo sea temporalmente, sea de una gran importancia al afectar a un factor ambiental que posea una gran calidad ambiental.

El texto que acompañe la matriz consistirá en la discusión de los impactos más significativos, es decir aquellos cuyas filas y columnas estén señalados con las mayores calificaciones y aquellas celdas aisladas con números superiores.

Ciertas celdas pueden señalizarse, si se intuye que una condición extrema puede ocurrir, aunque su probabilidad sea baja.

La matriz de Leopold es "global", ya que cubre las características geobiofísicas y socioeconómicas, además de que el método incluye características físicas, químicas y biológicas.

El método no es "selectivo", no se distingue por ejemplo, entre efectos a corto y largo plazo. La propiedad de "mutuamente exclusivo" no está preservada, ya que hay la oportunidad de contar doble, siendo este un fallo de esta matriz y no de los métodos de matriz en general.

La matriz puede acomodar datos cuantitativos y cualitativos. Pero no prevé medios para discriminar entre ambos tipos de datos. Además las magnitudes de las predicciones no están relacionadas explícitamente con las situaciones "con acción" y "sin acción".

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 entre el 1 y el 10 y no contempla metodología alguna para determinar la magnitud ni la importancia de un impacto.

El enfoque matricial tiene sus limitaciones, aunque puede proveer una ayuda inicial en la configuración de los estudios necesarios y ser conveniente para efectuar un análisis preliminar entre diferentes alternativas, reducir el número de relaciones causa-efecto (impactos/celdas) a considerar y que sean preparadas una serie de matrices de acuerdo a las necesidades del estudio:

- Un conjunto para los efectos ambientales y otro conjunto para los indicadores de impacto.
- Un conjunto según diferentes escalas en el tiempo.
- Un conjunto para cada alternativa

A continuación se indican distintos méritos y desventajas que este método presenta:

Méritos:

- Fuerza a considerar los posibles impactos de acciones proyectuales sobre diferentes factores ambientales.
- Incorpora la consideración de magnitud e importancia de un impacto ambiental.
- Permite la comparación de alternativas, desarrollando una matriz para cada opción.
- Sirve como resumen de la información contenida en el informe de impacto ambiental.

Desventajas:

- Difícil reproducibilidad, debido al carácter subjetivo del proceso de evaluación, pues no contempla metodología alguna para determinar la magnitud ni la importancia de un impacto.
- No tiene en consideración las interacciones entre diferentes factores ambientales.
- No distingue entre efectos a corto y largo plazo, aunque pueden realizarse dos matrices según dos escalas de tiempo.

Los efectos no son exclusivos o finales, existe la posibilidad de considerar un efecto dos o más veces.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 MATERIALES

Se menciona los equipos y materiales a continuación:

3.1.1. MATERIALES

Muestras de las dos variedades de pescado.

3.1.2. EQUIPOS

- ✓ Bureta
- ✓ Erlenmeyers de vidrio, preferiblemente de 200-300 mL
- ✓ Agitador magnético
- ✓ Equipos de laboratorio

3.2 METODOLOGIA

Estudio que incluye aquellos proyectos (obras o actividades) cuya ejecución pueda tener impactos ambientales que afectarían muy parcialmente el ambiente y donde sus efectos negativos pueden ser eliminados o minimizados mediante la adopción de medidas conocidas y fácilmente aplicables.

La investigación es de Tipo Descriptivo, Experimental, que consistió en la determinación de la concentración de los metales pesados y la caracterización de los parámetros fisicoquímicos más distintivos que forman parte del proceso de contaminación del lugar de estudio y su incidencia en los resultados de la evaluación de riesgo ambiental del área de influencia en la zona de Arapa; donde se analizó la composición fisicoquímica que tiene el agua de la laguna de Arapa que es una fuente responsable de la posible contaminación de las especies de pescado trucha y pejerrey provenientes de la zona de Arapa.

Se tomará muestras de las especies de pescado donde se realizará la identificación, extracción y determinación de la concentración de metales pesados como el plomo y mercurio en las dos variedades de pescado trucha y pejerrey.

Metodologías de evaluación del impacto ambiental

Evaluación del Impacto Ambiental

Numerosos tipos de métodos han sido desarrollados y usados en el proceso de evaluación del impacto ambiental (EIA) de proyectos. Sin embargo, ningún tipo de método por sí sólo, puede ser usado para satisfacer la variedad y tipo de actividades que intervienen en un estudio de impacto, por lo tanto, el tema clave está en seleccionar adecuadamente los métodos más apropiados para las necesidades específicas de cada estudio de impacto.

Los métodos más usados, tienden a ser los más sencillos, incluyendo analogías, listas de verificación, opiniones de expertos (dictámenes profesionales), cálculos de balance de masa y matrices, etc.. Aún más, los métodos de *evaluación de impacto ambiental* (EIA) pueden no tener aplicabilidad uniforme en todos los países debido a diferencias en su legislación, marco de procedimientos, datos de referencia, estándares ambientales y programas de administración ambiental.

Las características deseables en los métodos que se adopten comprenden los siguientes aspectos:

1. Deben ser adecuados a las tareas que hay que realizar como la identificación de impactos o la comparación de opciones.
2. Ser lo suficientemente independientes de los puntos de vista personales del equipo evaluador y sus sesgos.
3. Ser económicos en términos de costes y requerimiento de datos, tiempo de aplicación, cantidad y tiempo de personal, equipo e instalaciones.

Las metodologías no proporcionan respuestas completas a todas las preguntas sobre los impactos de un posible proyecto o conjunto de alternativas ni son libros de cocina que conduzcan a un fin con solo seguir las indicaciones.

Canter y Sadler (1997) clasificaron las metodologías para la evaluación de impacto ambiental en veintidós grupos listados alfabéticamente y no en orden de importancia o de uso, los cuales se describen a continuación:

(1) **Analógicos.** Básicamente se remite a la información de proyectos existentes de un tipo similar al que está siendo analizado por un estudio de impacto. La información obtenida en la medición y seguimiento de los impactos ambientales actuales puede ser usada como una analogía a los impactos anticipados del proyecto propuesto.

(2) **Listas de chequeo.** Hay muchas variedades de **listas de chequeo**, este tipo de metodología es la más frecuentemente utilizada en los procesos de EIA. Típicamente, la lista de chequeo contiene una serie de puntos, asuntos de impacto o cuestiones que el usuario atenderá o contestará como parte del estudio de impacto.

(3) **Listas de chequeo enfocadas a decisiones,** representan un grupo de métodos los cuales están inicialmente referidas a comparar alternativas y conducir a un análisis de equilibrio. En este considerando, tales métodos son inicialmente útiles para la síntesis de información de estudios de impacto.

(4) **Análisis ambiental coste-beneficio** (Environmental Cost-Benefit Analysis ECBA). Este método complementa el tradicional análisis de coste-beneficio con una atención adicional a los recursos naturales y su valor económico. Las técnicas de estimación varían en complejidad y alcance, pero han tenido una considerable demanda entre los profesionales y usuarios de tales estudios (Azqueta, 1994).

(5) **Índices o indicadores.** Se refiere a características específicas o integradas de factores medioambientales o recursos. Se utilizan dentro de los estudios de impacto para representar parámetros de amplitud de medios o recursos. Específicamente, los **índices** se refieren a información numérica o bien información catalogada. Se usa como sistema auxiliar para describir los ambientes afectados así como para la predicción y evaluación de impactos.

(6) **Pruebas de Laboratorio y Modelos a Escala.** Se pueden aplicar para conseguir información cualitativa / cuantitativa sobre impactos anticipados de un determinado tipo de proyecto en una localización geográfica dada.

(7) **Cálculos de balance de materia.** Están basados inicialmente en inventarios de condiciones existentes para compararlas con los cambios que resultarán de una acción propuesta. Tales inventarios son frecuentemente usados en los procesos de EIA en el contexto de las emisiones de contaminantes al aire, al agua, y la generación de residuos sólidos y peligrosos. Los **cálculos de balance de materia** requieren la descripción del área de estudio para establecer las condiciones iniciales. Una manera de expresar el impacto es considerar los cambios absolutos y porcentuales en el inventario (o **balance de materia**) como resultado de una acción propuesta.

(8) **Matrices de interacción,** representan un tipo de método ampliamente usado en los procesos de EIA. Las variaciones de las matrices sencillas de interacción han sido desarrolladas para enfatizar rasgos característicos deseables, las matrices representan un tipo de método muy útil para el estudio de diversas actividades dentro de los procesos de EIA.

(9) **Monitorización.** Se refiere a mediciones sistemáticas para establecer las condiciones existentes de los ambientes afectados así como dotar de una base inicial de datos para interpretar la importancia de cambios anticipados de un proyecto propuesto. La selección de indicadores apropiados para el seguimiento deberá ser realizado tanto en función de la disponibilidad de la información existente como del tipo de proyecto y de los impactos previstos.

(10) **Estudios de campo.** Representa un tipo de método muy especializado. Específicamente, monitorización y análisis de impactos evidentes, manifestados actualmente a consecuencia del proyecto, resultantes de proyectos similares al proyecto del que se quiere prevenir los impactos.

Para seleccionar una metodología, se recomienda tomar en cuenta algunas características importantes como: si da una visión global, si es selectivo, mutuamente excluyente, si considera la incertidumbre, si es objetivo e interactivo.

Entre las varias metodologías generales existentes, se pueden seleccionar en función de que representan un amplio rango de opciones, las siguientes:

- Listas de chequeo
- Matriz de Leopold
- Sistema de evaluación ambiental Batelle-Columbus
- Método de transparencias (Mc Harg)
- Análisis costes-beneficios
- Modelos de simulación
- Sistemas basados en un soporte informatizado del territorio

A continuación se desarrollan de manera específica el método de leopold, donde se incluyen las listas de factores ambientales que pudieran verse impactados y la de acciones probables de un proyecto.

Factores Ambientales (Matriz de Leopold, 1971)

A. CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS	
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	e. Sorción (intercambio de iones, complejos)
b. Erosión	f. Compactación y asentamientos
c. Deposición (sedimentación y precipitación)	g. Estabilidad
d. Solución	h. Sismología (terremotos)
	i. Movimientos de aire
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 DEL TERRITORIO	
a. Espacios abiertos y salvajes	f. Zona residencial
b. Zonas húmedas	g. Zona comercial
c. Selvicultura	h. Zona industrial
d. Pastos	i. Minas y canteras
e. Agricultura	
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	f. Parques y reservas
b. Naturaleza	g. Monumentos
c. Espacios abiertos	h. Especies o ecosistemas especiales
d. Paisajes	i. Lugares u objetos históricos o arqueológicos
e. Agentes físicos singulares	j. Desarmonías
C.4. NIVEL CULTURAL	
a. Modelos culturales (estilos de vida)	c. Empleo
b. Salud y seguridad	d. Densidad de población
C.5. SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURA	
a. Estructuras	d. Disposición de residuos
b. Red de transportes (movimiento, accesos)	e. Barreras
c. Red de servicios	f. Corredores
D. RELACIONES ECOLÓGICAS	
a. Salinización de recursos hidráulicos	e. Salinización de suelos
b. Eutrofización	f. Invasión de maleza
c. Vectores, insectos y enfermedades	g. Otro
d. Cadenas alimentarias	

Tabla 3. Acciones propuestas que pueden causar Impacto Ambiental (Matriz de Leopold, 1971)

A. MODIFICACIÓN DEL REGIMEN:	
a) Introducción de flora y fauna exótica	g) Control del río y modificación del flujo
b) Controles biológicos	h) Canalización
c) Modificación del hábitat	i) Riego
d) Alteración de la cubierta terrestre	j) Modificación del clima
e) Alteración de la hidrología	k) Incendios
f) Alteración del drenaje	l) Superficie o pavimento
	Ruido y vibraciones
B. TRANSFORMACIÓN DEL TERRITORIO Y CONSTRUCCIÓN:	
a) Urbanización	k) Revestimiento de canales
b) Emplazamientos industriales y edificio	l) Canales
c) Aeropuertos	m) Presas y embalses
d) Autopistas y puentes	n) Escolleras, diques, puertos deportivos y terminales marítimas
e) Carreteras y caminos	o) Estructuras en alta mar
f) Vías férreas	p) Estructuras recreacionales
g) Cables y elevadores	q) Voladuras y perforaciones
h) Líneas de transmisión, oleoductos y corredores	r) Desmontes y rellenos
i) Barreras incluyendo vallados	s) Túneles y estructuras subterráneas
j) Dragados y alineado de canales	
C. EXTRACCIÓN DE RECURSOS:	
a) Voladuras y perforaciones	e) Dragados
b) Excavaciones superficiales	f) Explotación forestal
c) Excavaciones subterráneas	g) Pesca comercial y caza
d) Perforación de pozos y transporte de fluidos	
D. PROCESOS:	
a) Agricultura	h) Industria química
b) Ganaderías y pastoreo	i) Industria textil
c) Piensos	j) Automóviles y aeroplanos
d) Industrias lácteas	k) Refinerías de petróleo
e) Generación energía eléctrica	l) Alimentación
f) Minería	m) Herrerías (explotación de maderas)
g) Metalurgia	n) Celulosa y papel
	o) Almacenamiento de productos
E. ALTERACIONES DEL TERRENO:	
a) Control de la erosión, cultivo en terrazas o bancales	d) Paisaje
b) Sellado de minas y control de residuos	e) Dragado de puertos
c) Rehabilitación de minas a cielo abierto	f) Aterramientos y drenajes
F. RECURSOS RENOVABLES:	
a) Repoblación forestal	c) Recarga aguas subterráneas
b) Gestión y control vida natural	d) Fertilización
	e) Reciclado de residuos
G. CAMBIOS EN TRÁFICO:	
a) Ferrocarril	g) Deportes náuticos
b) Automóvil	h) Caminos
c) Camiones	i) Telecillas, telecabinas, etc.
d) Barcos	j) Comunicaciones
e) Aviones	k) Oleoductos
f) Tráfico fluvial	
H. SITUACIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS	
a) Vertidos en mar abierto	h) Vertido de aguas de refrigeración
b) Vertedero	i) Vertido de residuos urbanos
c) Emplazamiento de residuos y desperdicios mineros	j) Vertido de efluentes líquidos
d) Almacenamiento subterráneo	k) Balsas de estabilización y oxidación
e) Disposición de chatarra	l) Tanques y fosas sépticas, comerciales y domésticas
f) Derrames en pozos de petróleo	m) Emisión de corrientes residuales a la atmósfera
g) Disposición en pozos profundos	n) Lubricantes o aceites usados
I. TRATAMIENTO QUIMICO:	
a) Fertilización	c) Estabilización química del suelo
b) Descongelación química de autopistas, etc.	d) Control de maleza y vegetación terrestre
	e) Pesticidas
J. ACCIDENTES:	
a) Explosiones	c) Fallos de funcionamiento
b) Escapes y fugas	
K. OTROS:	
a)...	..b).

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

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.

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 4. Componentes Ambientales susceptibles de ser impactados

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

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 aguas residuales industriales
- Disposición de aguas residuales domesticas
- Contaminación de la Laguna de Arapa

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 éste 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 6, de interacción para identificar los impactos potenciales que se derivaron de las actividades de desarrollo de la investigación.

Tabla 5. Interacción entre actividades y los Componentes Ambientales

Categoría	Elemento de medida	Extracción, Transporte y tratamiento de mineral	Acarreo de material desmonte	Disposición de aguas residuales industriales	Disposición de aguas residuales domesticas	Contaminación de la Laguna de Arapa
A. FÍSICO	Aire	X	X			
	Agua	X	X	X	X	X
B. BIOLÓGICO	Suelo	X	X	X	X	X
	Flora	X	X	X	X	X
	Fauna	X	X	X	X	X
C. SOCIOECONOMICO	Económico	X	X	X	X	X
	Social	X	X	X	X	X

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 6. Identificación de Riesgos

Categoría	Elemento de medida	Extracción, Transporte y tratamiento de mineral	Acarreo de material desmonte	Disposición de aguas residuales industriales	Disposición de aguas residuales domesticas	Contaminación de la Laguna de Arapa
A. FÍSICO	Aire	A-1	A-1			
	Agua			H-1	H-1	H-1
		H-2	H-2	H-2	H-2	H-2
	Suelo	SU-1	SU-1			
			SU-2	SU-2	SU-2	
B. BIOLÓGICO	Flora	FL-1	FL-1	FL-1	FL-1	
		FL-2	FL-2	FL-2	FL-2	
						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-2	E-2		E-2
	Social	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1
		S-2	S-2	S-2	S-2	S-2

Tabla 7. 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 vertimiento de aguas residuales doméstica e industriales, derrames accidentales de hidrocarburos, lavado de maquinaria, relaves y procesos.
B. BIOLÓGICO	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.
	Flora	FL-1	Posible alteración del ecosistema	Se relaciona con la alteración de la estructura natural del ecosistema producto de las actividades locales u otros.
		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 actividades locales o 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 actividades propias de la zona u otros.
		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. SOCIOECONÓMICO	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 de recursos propios y 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 de la Laguna de Arapa como consecuencia de la actividad de la zona y 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.

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).

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 de la zona de influencia a la laguna de Arapa y minera en la zona de Ananea:

Tabla 8. Criterios de calificación

Atributo	Calificación	Definición
Tipo de impacto	Positivo	Si el impacto de la actividad local es beneficiosa
	Negativo	Si el impacto de la actividad local 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

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 9. Valores para calificación de impactos

Atributo de evaluación	Calificación	Definición
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

Tabla 10. Tipo de impacto y Código de color

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

Tabla 11. 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 12, 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 13, donde se evalúan los impactos identificados en la matriz anterior, para cuyo efecto se utilizan los criterios de evaluación.

Tabla 12. Matriz de identificación de impacto ambientales

Criterios de evaluación	Nivel de incidencia potencial	Valor de ponderación			
		Impactos positivos	Impactos negativos	IMPACTO AMBIENTAL	RIESGO AMBIENTAL
Tipo de impacto (Ti)	Positivo	P	N		
	Negativo				
Magnitud (M)	Bajo	1	1		
	Moderado	2	2		
	Alto	3	3		
	Severo	4	4		
	Critico	5	5		
Área de influencia (Ai)	Puntual	1	1		
	Local	2	2		
	Zonal	3	3		
Duración (D)	Corta	1	1		
	Moderada	2	2		
	Permanente	3	4		
Mitigabilidad (Mi)	Bajo	1	1		
	Moderado	2	3		
	Permanente	3	3		
Nivel de significancia (S)	Bajo	3 -4	4 -5	20 – 25	Bajo
	Moderado	5 -7	6 -7	26 – 35	Moderado
	Alto	8 -9	8 – 10	36 – 50	Alto
	Severo	9 – 10	11 -12	51 -60	Severo
	Critico	10 - 11	12 - 14	61 - 70	Critico

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

Tabla 14. 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
		espacio acuático	-30	moderado
SOCIOECONOMICO	ECONOMICO	generación de ingresos	25	Bajo
		Empleo	19	Bajo
	SOCIAL	Salud	-36	Alto
		seguridad de la población	-37	Alto

Tabla 15. 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

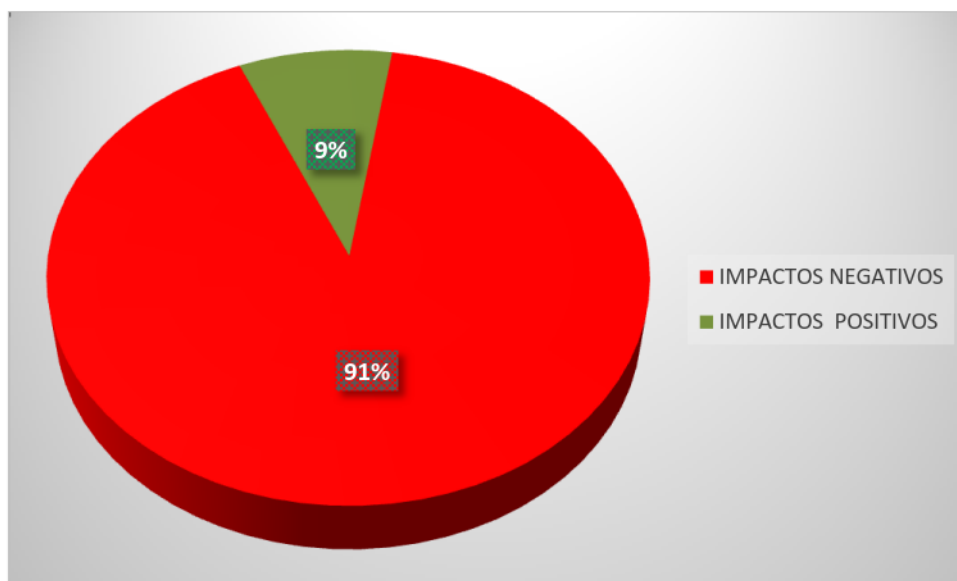


Figura 3. Porcentaje de impactos positivos y negativos.

De acuerdo con los resultados de la Tabla 14, representado en la Figura 3 el máximo valor de afectación negativa al medio ambiente por las acciones de las actividades domésticas pecuarias y 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 16. 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

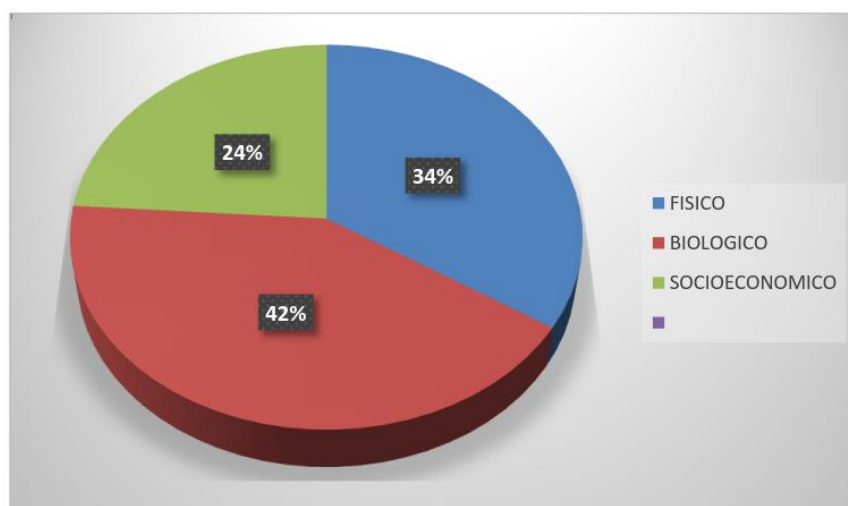


Figura 4. Porcentaje de impactos por categoría.

De acuerdo con los resultados de la Tabla 15, representado en la Figura 4, 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 17. 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

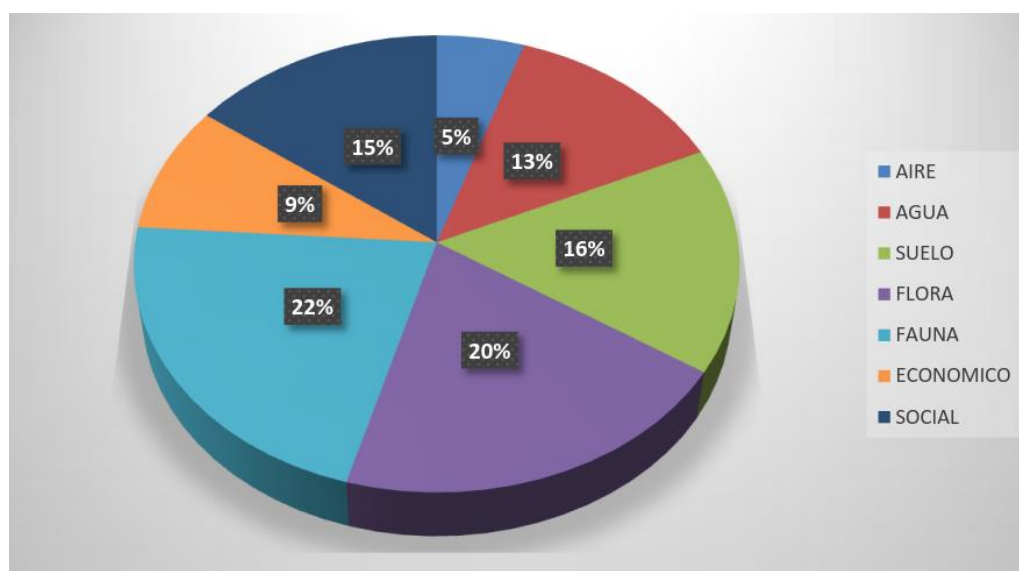


Figura 5. Porcentaje de impactos por componente.

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 receptionan los impactos negativos, del cual el agua receptiona 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 las empresas comunales y privadas de la zona además de las que se encuentran en proceso de formalización que generan una cantidad de puestos de trabajo, tanto calificados como no calificados, paralelamente se está incrementando la actividad pesquera y productiva 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 por ser el impacto económico bajo y Puno al tener ingreso per cápita promedio inferiores al ingreso mínimo vital de 799,50 (INEI, 2016).

DETERMINACION DE COMPOSICIÓN FISICOQUÍMICA

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).

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).

Determinación de otros parámetros en el 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 (García, 2005).

Para el análisis químico de estos metales pesados se han tomado los servicios del laboratorio: Laboratorios Analíticos del Sur de la ciudad de Arequipa.

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 análisis 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.

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.

3.2.1. 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 en 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).

3.2.2. 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 tóxico para la biota, tanto terrestre como acuática, cuando se moviliza a un pH ácido (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).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de haber realizado el experimento que compete a la determinación de las características del habitat de los pescados trucha (*salmo trutta*), pejerrey (*odontesthes regia regia*), además de la cuantificación de plomo, mercurio y demás metales pesados, en la laguna de Arapa, se obtuvieron los siguientes resultados que a continuación se detallan:

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS

En el siguiente cuadro se presenta los resultados de la Identificación de las características organolépticas del agua:

Tabla 18. Características organolépticas

ASPECTO	Líquido
COLOR	Incoloro
OLOR	Inodoro
SABOR	Insípido

FUENTE: Elaboracion propia

CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS

pH 8.65

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

En el siguiente cuadro se presenta los resultados de la Identificación de las características organolépticas del agua analizado in situ de la bahía de arapa.

Tabla 19. Características químicas

Dureza total como CaCO_3	2.8 mg/L
Alcalinidad como CaCO_3	2.7 mg/L
Cloruros como Cl^-	94.06 mg/L
Sulfatos como SO_4^{2-}	190.80 mg/L
Nitratos como NO_3^-	
Turbidez	15 TU

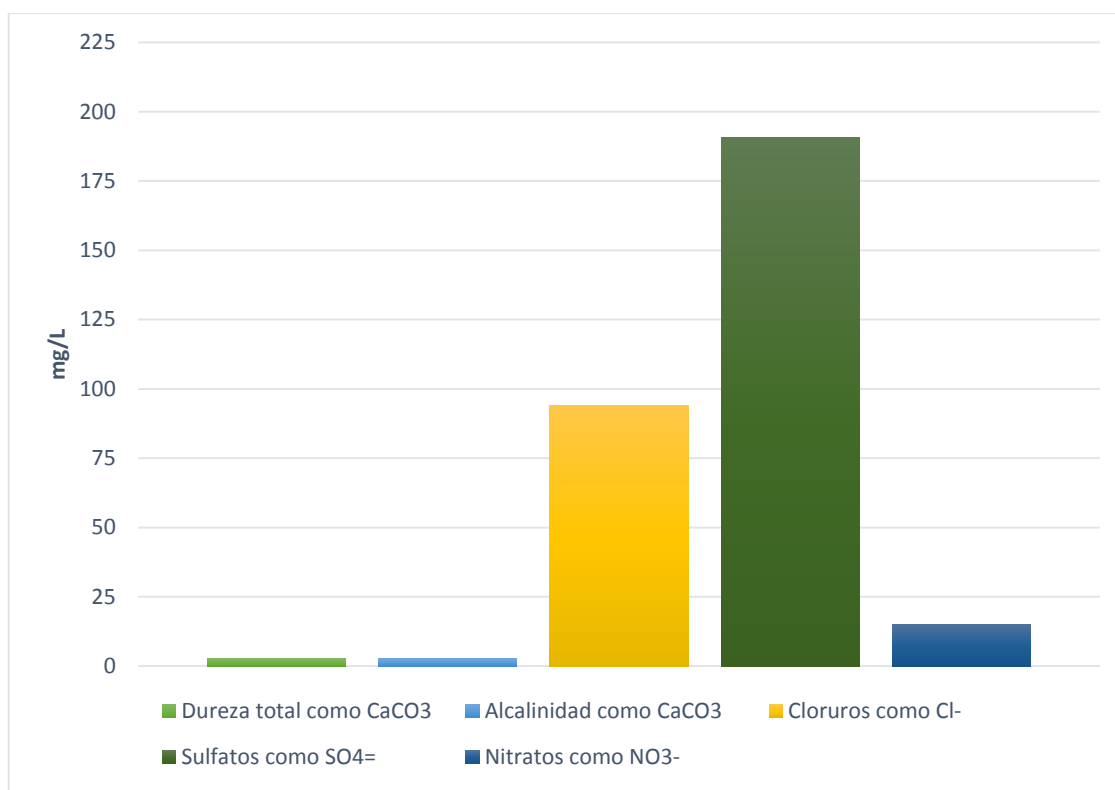


Figura 6. Características químicas

La dureza igual o mayor a 300 mg/l de CaCO₃ incrementa la probabilidad de padecer litiasis urinaria en vista de que esto no es así se encuentra dentro de los parámetros permisibles, por lo que no hay riesgo de dicha enfermedad. Esto concordó con los hallazgos de Mora *et al.* (2002) y Medina-Escobedo *et al.* (2002), quienes mencionan que existe una relación entre la prevalencia de la litiasis y la dureza del agua (> 120 mg/l y ≥ 400 ppm respectivamente), es decir que, niveles altos de CaCO₃ están asociados con tasas altas en la prevalencia de litiasis, los demás parámetros están dentro del rango permitido según los estándares de calidad del agua

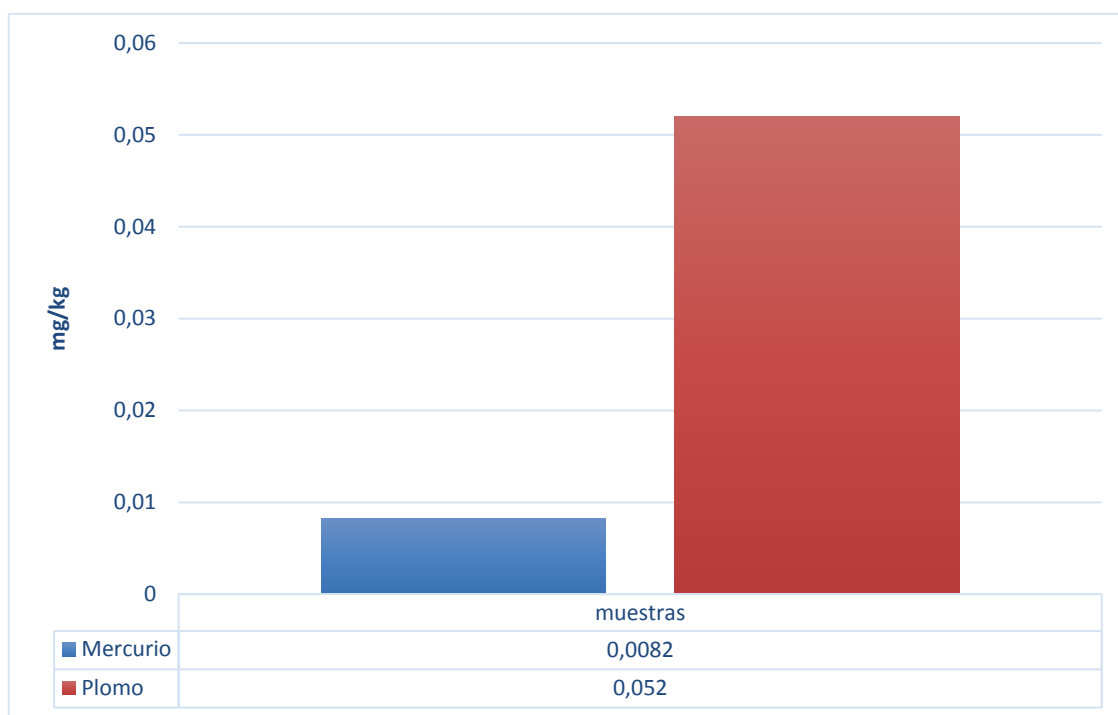
METALES PESADOS

En los siguientes cuadros se presentan los resultados de la cuantificación de los metales pesados presentes en el agua, trucha, pejerrey:

TRUCHA**Tabla 20. Contenido de metales pesados en la trucha**

Mercurio (Hg)	0.0082 mg/kg
Plomo (Pb)	0.052 mg/kg

FUENTE: Informe de ensayo.

**Figura 7. Figura de mercurio y plomo**

Ciertos metales pesados, como cadmio, plomo y cromo, se acumulan en tejidos humanos, especial mente como riñón y pulmón, alterando sus funciones básicas y provocando efectos tóxicos como neumonía, disfunción renal y enfisemas. En intoxicaciones crónicas son habituales las osteopatías que parecen estar relacionadas con alteraciones del metabolismo del calcio. Algunos tipos de cáncer relacionados con el aparato reproductor masculino (Bernard y Lauwerys 1984).

En el reporte se puede que la cantidad alta en concentraciones de plomo en trucha (0.052 mg/kg), valor que está por encima de los estándares de la Comunidad Europea.

Otros autores reportan: En un estudio sobre “Concentración de plomo en la sangre humana y diferentes partes del sábalo”, de pez sábalo (*Prochilodus lineatus* y *P.*

nigricans) provenientes del Río Pilcomayo y Río Grande. Y obtuvieron los siguientes resultados en laboratorio de Canadá 2.15 mg/kg en vísceras y 0.23 mg/kg en musculo; en laboratorios de la Paz 1.60 mg/kg en vísceras y 0.33 mg/kg en musculo (Quevillon M.; Groves R. y Castro R, 1997).

Se reportó valores menores a 0.006 mg/100g de plomo en base seca en músculos, branquias y vísceras bioacumulados en peces de Laguna de Metztlán, Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán, que se encuentra al Centro Este del estado de Hidalgo (Lozada E. et. at., 2003).

Mientras que el mercurio se ha constituido en uno de los elementos de contaminación mas importantes con efectos sobre la salud pública, ya que se estableció que las personas poblaciones expuestas a niveles bajos pueden desarrollar alteraciones en las funciones del sistema *nervioso* (Lebel *et al.*, 1996) el cual es especial mente sensible al metilmercurio, con consecuencias neuro-fisiologicas particularmente en el desarrollo de los fetos y en los niños pequeños.

La figura N° 7 muestra concentraciones de mercurio por debajo de los estándares de la comunidad Europea, se puede deducir cantidad de mercurio (0.0082 mg/kg).

El Perú no cuenta con Legislación de límites permitidos para carnes, tejidos y otros para consumo humano por lo que se tomó como referencia para metales considerados como tóxicos plomo, cadmio y mercurio el REGLAMENTO (Comunidad Europea) No 1881/2006 DE LA COMISIÓN de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios

PEJERREY

Tabla 21. Contenido de metales pesados en el pejerrey

Mercurio (Hg)	0.0082 mg/kg
Plomo (Pb)	0.052 mg/kg

FUENTE: Informe de ensayo.

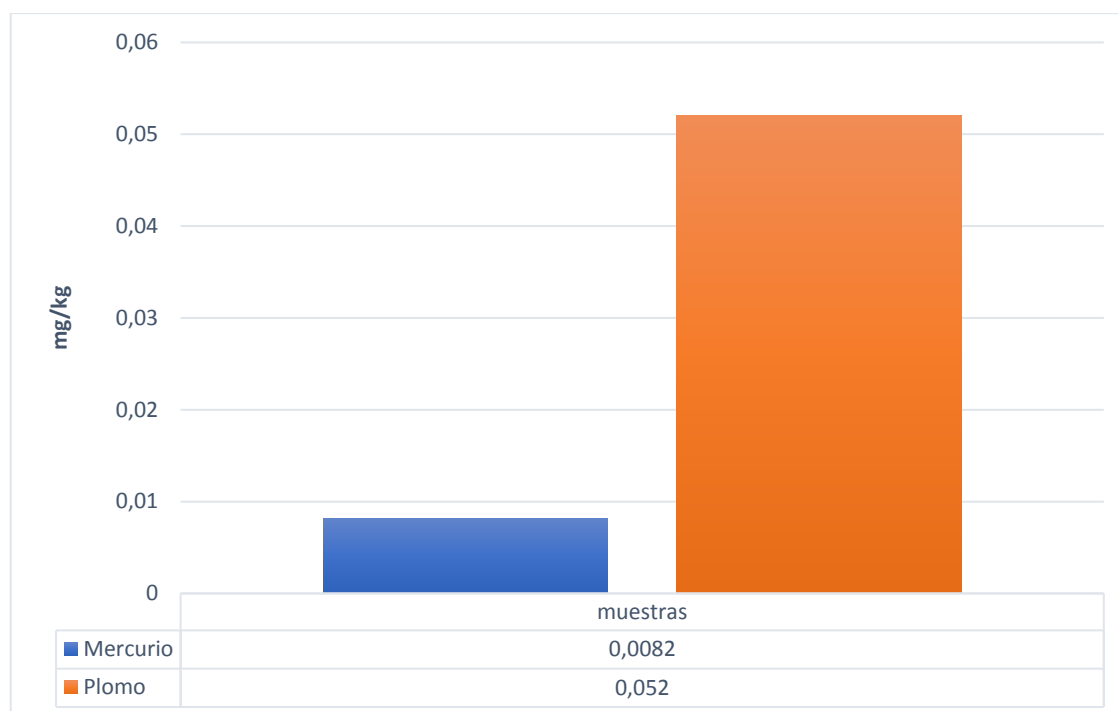


Figura 8. Parámetros de metales pesados de pejerrey

Ciertos metales pesados, como cadmio, plomo y cromo, se acumulan en tejidos humanos, especial mente como riñón y pulmón, alterando sus funciones básicas y provocando efectos tóxicos como neumonía, disfunción renal y enfisemas. En intoxicaciones crónicas son habituales las osteopatías que parecen estar relacionadas con alteraciones del metabolismo del calcio. Algunos tipos de cáncer relacionados con el aparato reproductor masculino (Bernard y Lauwerys 1984).

En el reporte se puede que la cantidad alta en concentraciones de plomo en el pejerrey (0.052 mg/kg), valor que está por encima de los estándares de la Comunidad Europea.

Otros autores reportan: En un estudio sobre “Concentración de plomo en la sangre humana y diferentes partes del sábalo”, de pez sábalo (*Prochilodus lineatus* y *P. nigricans*) provenientes del Río Pilcomayo y Río Grande. Y obtuvieron los siguientes resultados en laboratorio de Canadá 2.15 mg/kg en vísceras y 0.23 mg/kg en musculo; en laboratorios de la Paz 1.60 mg/kg en vísceras y 0.33 mg/kg en musculo (Quevillon M.; Groves R. y Castro R, 1997).

Se reportó valores menores a 0.006 mg/100g de plomo en base seca en músculos, branquias y vísceras bioacumulados en peces de Laguna de Metztlán, Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán, que se encuentra al Centro Este del estado de Hidalgo (Lozada E. et. at., 2003).

Mientras que el mercurio se ha constituido en uno de los elementos de contaminación mas importantes con efectos sobre la salud pública, ya que se estableció que las personas poblaciones expuestas a niveles bajos pueden desarrollar alteraciones en las funciones del sistema *nervioso* (Lebel *et al.*, 1996) el cual es especial mente sensible al metilmercurio, con consecuencias neurofisiológicas particularmente en el desarrollo de los fetos y en los niños pequeños.

El Grafico No muestra concentraciones de mercurio en el pejerrey por debajo de los estándares de la comunidad Europea, se puede deducir cantidad de mercurio (0.0082 mg/kg).

El Perú no cuenta con Legislación de límites permitidos para carnes, tejidos y otros para consumo humano por lo que se tomó como referencia para metales considerados como tóxicos plomo, cadmio y mercurio el REGLAMENTO (Comunidad Europea) No 1881/2006 DE LA COMISIÓN de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios

V. CONCLUSIONES

- La contaminación en la laguna de Arapa, está dado más por el plomo (0.052 mg/kg) que es uno de los metales pesados de la presente investigación, que en lo posterior producirá efectos a la salud humana, en donde se identifica los niveles de contaminación de las aguas de la laguna de Arapa y está en el proceso de crianza y producción de trucha.
- La composición fisicoquímica del agua en la zona de arapa. La dureza igual o mayor a 300 mg/l de CaCO_3 la cual se encuentra dentro de los parámetros permisibles., es decir que, niveles altos de CaCO_3 están asociados con tasas altas en la prevalencia de ocasionar alteraciones en la muestra de agua que se está investigando, los demás parámetros están dentro del rango permitido según los estándares de calidad del agua.
- La concentración de plomo en las especies de trucha y pejerrey de la laguna de Arapa fluctúan entre un valor 0,052 mg/Kg, y 0,050 mg/Kg comparado con el ECA de aguas de nuestro país que tienen el valor de 0,185 mg/L del punto de monitoreo el cual se encuentra dentro de los parámetros permisibles. La concentración de mercurio en las especies como son trucha y pejerrey de la laguna de arapa es de 0.0082 mg/Kg, la presencia de mercurio en la laguna está por debajo de los límites permitidos en lo que respecta a la Guía Holandesa que establece un parámetro de 6.6 mg/kg. Y a su vez esta por debajo de Resolución de Dirección Ejecutiva N° 057- 2016 SANIPES en el Perú

VI. RECOMENDACIONES

- Se sugiere a la Autoridad Nacional del Agua contar con equipos interdisciplinarios para un adecuado monitoreo permanente de dicha laguna. Actualmente, los datos que se maneja de la laguna son en las especies de trucha y pejerrey son básicamente fisicoquímicos, y algunos datos biológicos del análisis de la calidad del agua.
- 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 de la alguna de Arapa.
- Frente a la problemática ambiental que representan las jaulas de crianza de pescados, a pesar de que no se puedan remediar por el momento, se deben tomar ciertas medidas. Por ejemplo, adecuado uso de alimentos fortificantes en la alimentación de la trucha y un control de impacto ambiental en la zona de la laguna.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta y Asociados .(2001), “Inventario en sitios de México con concentraciones elevadas de Mercurio Comisión para la cooperación Ambiental INE México.”
- Alloway, B.J. (1990). “Heavy metals in soils” ISBN 0-470-21598-4, Blackie and Son Ltd. Glasgow/London, UK
- Aquino E.(2005) “Contaminación por mercurio y cianuro en el Distrito Minero de Ananea Puno. Reflexiones y Propuestas”. OUI. UNA (Puno - Perú)
- Barbour, A.K. y Shaw, I.C. (2000). “Ecotoxicological impacts of the extractive industries en Environmental Policy in Mining” Londres: Lewis Publishers, pp 57-80.
- Bryan, G.W. Langston, W.J. (1992)“Bioavailability, accumulation and effects of heavy metals insediments with special reference to United Kingdon Estuaries: a review. Environmental Plution 76, 89- 131.
- Castro ,J. Monroy, M. (2002). "Parámetros Geológicos de Protección Ambiental, Geoquímica, Minería y Medio Ambiente". San Luis de Potosí, México. UNESCO – INGEMMET – Perú.
- Cotton y Wilkinson. 1986. “Química Inorgánica Avanzada”. México: Ed.Limusa
- Dreisbach RH. (1974) “Handbook of Poisoning”. Seventh edition. Los altos, California: Lange Medical Publications, 208-11.
- Ellenhor Matthew J. (1997) ”Metals and related compounds en Ellenhorn’s Medical Toxicology: Diagnosis and Treatment of Human Poisoning”. William & Wilkins editores, Los Angeles, California, 2da edición,.
- Farreras Pedro Valentí, Ciril Rozman Borstnar 2004 Medicina Interna. Editorial: Elsevier España Nº Edición: 15ª
- Forstner U., salomons W. 1980. “ Trace metals analysis on polluted sediments. I assesment of sources and intensities” . Environmental technology letters 1, 494-505.
- Goodman Gilman. (1996) “Las bases farmacológicas de la Terapéutica”. 9a. ed. México: Mc Graw- Hill- Interamericana,; 1756.
- Harrison, Tinsley Randolph Fauci, Anthony Brau nwald, Eugene Kasper, (2005) “Intoxicaciones, sobredosis medicamentosas y envenenamientos. Intoxicación por metales pesados” Principios de Medicina Interna Edición en Español Capítulo

376. 16Ed.. D.L.Editorial: McGraw-Hill / Interamericana de España, S.A. (Madrid)
- Landrigan PJ, Carlson G, Berrer CF, Cranmer JS, Bullard RD, Etzel RA, et al (1998) “Childrens health and tha environment: a new agenda for prevention research”. Environ Healt perspect.106 Suppl 3:787- 794.
- Muhlendahl Von. (1991) “Feer’s disease”. Monatsschr-Kinderheilkd Apr ; 139(4) : 224-27.
- Oskarsson, A. et al. (1994) “Mercury levels in the hair of pregnant women in a polluted area in Sweden”. Sci. Total Environ.;151: 29.
- Patra, M. y Sharma, A. (2000) “Mercury Toxicity In Plants” Bot. Rev. 66: 379-422.
- Patrick L. (2006) “Lead Toxicity” A Review of the Literature. Part 1: Exposure, Evaluation and Treatment. Altern Med Rev.
- Salomons W. Forstner, U. (1984) “Metals in the Hydrocycle. ISBN 3-540-12755-0, Spring-Verlag, Berlín, Heidelberg, New York, Tokyo
- Shannon Michael. (1998). “Clinical Management of Poisoning and Drug Overdose” «Lead» en Haddad, Shanon y Winchester editores: WB Saunders, 3ra edición,
- Soldatovic Danilo y Svetislav Milic. La influencia de la intoxicación crónica por plomo en la cantidad de magnesio en suero en personas profesionalmente expuestas. Belgrado (Yugoslavia) <http://www.infomagnesio.com/francia/fr22.pdf> .
- Soto JA. (1973) “Alteraciones del tejido óseo en la etapa de crecimiento”. Radiología pediátrica Montevideo: Delta Editorial.. Págs. 17- 41.
- Universidad Nacional Del Altiplano; Universidad Montana Tech, California -Usa.(2003) “Evaluación Ambiental de Procesamiento de Oro por Amalgamación por Mercurio. (Puno)”: Universidad Nacional del Altiplano.
- Valdivia Melinda M. (2005) “Infantas Intoxicación por plomo”. Rev. Soc. Per. Med. Inter.
- López Barrera Ellie y Barragán González Rafael. ¿PECES CON METALES TÓXICOS EN NUESTRA MESA?. Instituto de Estudios y Servicios Ambientales- IDEASA, Universidad Sergio Arboleda Bogotá, Colombia 2014*
- Lozada-zarate Ernesto, MONKS Scott, PULIDO-FLORES Griselda, Alberto José GORDILLO-MARTÍNEZ Alberto y PRIETO-GARCÍA Francisco. DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN *Cyprinus carpio* EN LA

LAGUNA DE METZTITLÁN, HIDALGO, MÉXICO. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Apartado Postal 1-69 C.P. 42001. 2003.

Ramírez A.(2002) Toxicología del cadmio conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. Anales de la Facultad de Medicina, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Peru;63.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Estándares nacionales de calidad ambiental para agua

Decreto Supremo No 002-2008 MINAM

CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
FÍSICOS V QUÍMICOS						
Aceites y grasas (MEH)	mg/L	1	1,00	1,00	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,005	0,022	0,022	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	0,08	0,08	0,08	**
Cloruros	mg/L	250	250	250	**	**
Color	Color verdadero	15	100	200	sin cambio normal	sin cambio normal
Conductividad	uS/cm ^m	1500	1600	**	**	**
D.B.O...	mg/L	3	5	10	5	10
DQO	mg/L	10	20	30	30	50
Dureza	mg/L	500	**	**	**	**
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	0,5	na	0,5	Ausencia de espuma persistente
Fenoles	mg/L	0,003	0,01	0,1	**	**
Fluoruros	mg/L	1	**	**	**	**
Fosforo Total	mg/L P	0,1	0,15	0,15	**	**
Materiales Flotantes		Ausencia de material flotante	**	**	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos	mg/L N	10	10	10	10	**
Nitritos	mg/L N	1	1	1	1(5)	**
Nitrógeno amoniacal	mg/LN	1,5	2	3,7	**	**
Olor		Aceptable	**	**	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto	mg/L	= 6	>=5	>=4	>=5	=4
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	5,5-9,0	5,5-9,0	6-9 (2,5)	**
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1000	1000	1500	**	**
Sulfatos	mg/L	250	**	**	**	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**	**	0,05	**
Turbiedad	UNTw	5	100	**	100	**
INORGÁNICOS						
A uminic	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	0,006	0,006	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,05	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	0,7	**
Berlio	mg/L	0,004	0,04	0,04	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	0,5	0,75	0,5	**
Cadmico	mg/L	0,003	0,003	0,01	0,01	**
Cobre	mg/L	2	2	2	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	1	1	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	0,4	0,5	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	0,025	0,025	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1	0,1		0,1
Zinc	mg/L	3	5	5		**
ORGÁNICOS						
I COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES						
Hidrocarburos totales de	mg/L	0,05	0,2	0,2		
Trihalometanos	mg/L	0,1	0,1	0,1	**	**
Compuestos Orgánicos COVs						
1,1,1-Tricloroetano —71-55-6	mg/L	2	2	**	**	**

1.1-Dicloroetano -75-354	mg/L	0,03	0,03	**	**	**
1.2 Dicloroetano -107-06-2	mg/L	0,03	0,03	**	**	**
2-D clorobenceno - 95-50-1	mg/L	1	1	**	**	**
Hexaclorobutadieno -87-67-3	mg/L	0,0006	0,0006	**	**	**
Tetracloroetano —127-18-4	mg/L	0,04	0,04	**	**	**
Tetracloruro de Carbono -56-	mg/L	0,002	0,002	**	**	**
Tricloroetano --79-01-6	mg/L	0,07	0,07	**	**	**
BETX						
Benceno - 71-43-2	mg/L	0,01	0,01	**	**	**
Etilbenceno-10041-4	mg/L	0,3	0,3	**	**	**
Tolueno -108-38-3	mg/L	0,7	0,7	**	**	**
Xilenos - 133C-20-7	mg/L	0,5	0,5	**	**	**
Hidrocarburos Aromaticos						
Benzo(a)pireno ~ 50-32-S	mg/L	0,0007	0,0007	**	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**	**	**
Triclorobencenos (Totales)	mg/L	0,02	0,02	**	**	**
Plaguicidas						
Organofosforados:						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	**	**	**
Metamidofos (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Paraquat (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Paratión	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Organoclorados (COP)*						
Aldrin - 309-00-2	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Clordano	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
DDT	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Dieldrín - 6J-57-1	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	*	**	**
Endrín --72-20-S	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Heptacloro - 7644-3	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Heptacloroepóxido 1024-57-3	mg/L	0,00003	0,00003	*	**	**
Lindano	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Carbamatos:						
Aldicarb (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Poli cloruros Bifenilos Totales (PCBs)	mg/L	0,000001	0,000001	**	**	**
Otros						
Asbesto	Millones de fibras/L	7	**	**	**	**
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes TE rmololerantes	NMP/1000mL	0	2 000	20 000	200	1000
Coliformes Totales (35- 37 °C)	NMP/1000mL	50	3 000	50 000	1000	4 000
Enterococos fecales	NMP/1000mL	0	0		200	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/1000mL	0	0		Ausencia	Ausencia
Formas parasitarias	Organismo/L	0	0		0	
<i>Giardia duodenalis</i>	Organismo/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<i>Salmonella</i>	Presencia/100 mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	0
<i>Vibrio Cholerae</i>	Presencia/100 mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

UNT Unidad Nefelométrica Turbiedad

NMP/100 mL Número más probable en 100 mL

* Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP)

** Se entenderá que *para* esta subcategoría, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la Autoridad competente determine.

Anexo 2. Certificado de Resultado del Análisis de Laboratorio

**Laboratorios Analíticos del Sur**Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Telf: (054) 443294 Fax: (054) 444582

www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

INFORME DE ENSAYO LAS-17-06094

Pág: 1/1

Señores: JOSE ANTONIO FORAQUITA GUZMAN
 Dirección: JR MELGAR 350 PUNO
 Atención: JOSE ANTONIO FORAQUITA GUZMAN


Nro de muestras: 2
 Muestreo a cargo de(l): JOSE ANTONIO FORAQUITA GUZMAN
 Registro de muestreo: 013-17
 Fecha de recepción: 11/11/2017
 Fecha de ensayo: 11/11/2017
 Fecha de emisión: 17/11/2017
 Condiciones de recepción de la muestra:
 Observaciones : ----

Método de ensayo aplicado

*5035 Método de Ensayo para Plomo en matrices complejas por ICP

*5060 Método de ensayo para Mercurio total digestión por microondas ICP-ES

Cod int. #	Nombre de muestra	Lugar de muestreo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	*5060 Hg mg/Kg	*5035 Pb mg/Kg
AL17000071	TRUCHA (SALMO TRUTTA)	LAGUNA DE ARAPA / ARAPA / PUNO	09/11/17	10:00 a.m.	a<0,0082	a<0,052
AL17000072	PEJERREY (ODONTESTHES REGIA REGIA)	LAGUNA DE ARAPA / ARAPA / PUNO	09/11/17	10:00 a.m.	a<0,0082	a<0,052


 Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
 Leslie A. Torres Calizaya
 INGENIERO QUIMICO
 C.I.P. 128629

^{ns}<Valor numérico> = Límite de detección del método, ^{nb}<Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Anexo 3. RESOLUCION DE DIRECCION EJECUTIVA N° 057- 2016 SANIPES