

Evaluación de riesgo ambiental en el área de influencia minera del río crucero por plomo y mercurio - distrito de Ananea

Environmental risk assessment in the area of mining influence of the river cruising by lead and mercury - Ananea district

Moisés Pérez Capa¹

¹Universidad Nacional del Altiplano, Escuela de Posgrado, ciudad universitaria, Av. Floral N° 1152, Puno, Perú.

mperezca5@hotmail.com

RESUMEN

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

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

ABSTRACT

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

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

INTRODUCCIÓN

La industria minera es una actividad productiva vital para la macroeconomía de nuestro país; la mayoría de las actividades mineras se concentran en las cuencas altas de los ríos, y el mal manejo contribuye a desencadenar efectos ambientales adversos que repercuten en toda la cuenca y también en el desarrollo de otras actividades productivas. Esto nos lleva a definir el concepto de **impacto ambiental** de una actividad: la diferencia existente en el medio natural entre el momento en que la actividad comienza, el momento en que la actividad se desarrolla, y, sobre todo, el momento en que cesa. Estas cuestiones, que hace algunos años no se percibían como un **factor de riesgo** para el futuro de la humanidad, hoy se contemplan con gran preocupación, que no siempre está justificada, pues el hombre viene alterando el medio desde que ha sido capaz de ello, pero ciertamente los abusos cometidos en este campo han hecho que crezca la conciencia de la necesidad de regular estos impactos. De cualquier manera, también debe quedar claro que el hombre necesita los recursos mineros hoy, y los necesitará en el futuro. Se ha estimado que más de la mitad de las 5818 comunidades campesinas ubicadas principalmente en la sierra del Perú coexisten con actividades mineras, lo cual constituye un riesgo ambiental al modo de vida rural, porque ellos dependen de actividades agropecuarias como medios de sustento, donde la agricultura se encuentra amenazada por el riego de aguas contaminadas con metales pesados (elementos tóxicos), producto del ineficiente tratamiento de aguas residuales de la minería y de la presencia de pasivos.

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

Contaminación ambiental

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

La Organización Mundial para la Salud adopta la concepción de Salud como aquellos aspectos

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

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

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

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

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

Se reconoce que el proceso de valoración de los impactos ambientales tiene un componente subjetivo basado en el juicio de valor o criterio profesional de los expertos involucrados en el estudio de impacto. Como este criterio es variable entre los distintos expertos, dependiendo de su profesión y del grado de desarrollo de las teorías fundamentales de cada disciplina, es recomendable que la valoración la realice un grupo interdisciplinario de expertos a fin de incrementar la validez de la tarea. Más aún, los distintos métodos desarrollados apuntan a asegurar que la identificación y valoración de los impactos se fundamente en juicios de valor explícitos, de modo de poder ser inspeccionados o analizados por colegas que sean técnicamente aceptables (Gómez, 2003).

MATERIALES Y METODOS

Ananea está ubicado en los Andes Centrales a 4160 msnm, en el flanco oriental al sur de Perú, en la provincia de San Antonio de Putina región Puno. La tabla 1 presenta la ubicación de los puntos para los muestreos de los componentes físico-químicos y biológicos a lo largo del curso del río Crucero.

Tabla 1. Ubicación de los puntos de muestreo

Punto	de	Descripción	Coordenadas UTM
-------	----	-------------	-----------------



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

MATERIALES Y MÉTODOS

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. **Reactivos y materiales de referencia:** Patrón de Pb (1000 mg/L), Solución de referencia de Pb (SPS-WW1 Batch No 108), Material for trace metals- Nacional Research Council Canada, Acido nítrico suprapur de 65 a 70 %, Acido clorhídrico suprapur, Modificador: solido $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 1%, Modificadores: Solución de Pd 10 mg/L, Solución de $\text{Mg}(\text{NO})_3$ 0,06%, Agua milli-Q, Solución de dilución de HNO_3 suprapur 0,2 % v/v. **Método:** Solución de referencia: de Pb (50 $\mu\text{g/l}$): se pipetea una alícuota de 5 mL de la solución de muestra de referencia (SPS-WW 1 Batch No108) de Pb (100 $\mu\text{g/l}$) a una matraz aforado de 10 ml, para obtener una concentración de 50 $\mu\text{g/l}$ de Pb debe aforarse a 10 ml con la solución de dilución (0,2 % HNO_3 v/v) hasta la marca de calibración del matraz, se tapa y se agita vigorosamente hasta homogeneizar la solución.

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. **Reactivos y materiales de referencia:** Patrón de Hg (1000 mg/L), Standard referente material (SRM) 1641d, Acido nítrico suprapur de 65 a 70 %, Agua milli-Q, Solución de disolución de HNO_3 suprapur 1% v/v, SnCl_2 1,1% en 3% de HCl, 3% (v/v) de HCl. **Método:** Solución de referencia de Hg (4,0 $\mu\text{g/l}$): se pipeteó una alícuota de 1 ml de la solución de muestra de referencia 141d de Hg a un matraz aforado de 100 ml, para obtener una concentración de 16,013 $\mu\text{g/l}$ de Hg. Para aforarse a 100 ml con una solución de dilución hasta la marca de aforo del matraz, se tapa y se agita vigorosamente hasta homogeneizar la solución.





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 las tablas siguientes:

Tabla 2. Tipo de impacto

Tipo de impacto	Efecto pronosticado
Positivo	+
Negativo	-

Tabla 3. Rangos de valor

Rangos de valor	Efecto pronosticado
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 4, que permite identificar los impactos ambientales potenciales mediante las interacciones entre las actividades del proyecto y los componentes.

Tabla 4. 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	3		
Mitigabilidad (Mi)	Bajo	1	1		
	Moderado	2	2		
	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

$$S = M + A_i + D + M_i$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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

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

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

Geomorfológica

La actividad minera en la zona de Ananea está alterando la topografía del lugar debido a las actividades de explotación a tajo abierto, disposición de material estéril procesado, disposición de relaves y operación de depósito de relaves. La extensión de los impactos asociados a las actividades de explotación minera sobre la topografía es puntual y circunscrita al sector donde se encuentran las actividades mineras y depósito de relaves. Los impactos de las actividades mineras legales, informales y principalmente ilegales sobre el suelo se pueden resumir en pérdida de suelos por movimiento de tierras y emplazamiento de infraestructura y pérdida de suelos por llenado paulatino de depósito de relaves.

Contaminación ambiental de la zona de influencia del río Crucero

La contaminación ambiental se configura mediante los relaves provenientes de la explotación minera llevada a cabo en los sectores de Oriental, Wacchani, donde existen mineros artesanales, informales, ilegales y pequeños mineros formales.

Niveles de contaminación aguas, sedimentos y plantas

Variación de la concentración de mercurio y plomo



a. Aguas

a.1. Mercurio

Tabla 5. Concentración de mercurio en las muestras de aguas (mg/L), río Crucero.

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

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

El mercurio no muestra solubilidad en el agua por su alta densidad y que más bien es depositado en los sedimentos y/o absorbido por las plantas o algas que se encuentran en el cauce del río como se observará más adelante, corroborado por Arizaca, *et.al* (2010) no reporta valores de las concentraciones de mercurio en aguas en la cuenca del río Ramis y Cuentas (2009) refiere que la concentración del mercurio en las estaciones E-01 y E-02 no se puede evaluar por encontrarse el límite de detección de análisis por encima del valor límite establecido en la norma sanitaria.

a.2. Plomo

Tabla 6. Concentración de plomo en las muestras de aguas (mg/L), río Crucero.

Setiembre 2015						
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Plomo	0,005	0,019	0,031	0,020	0,018	0,005

Marzo 2016						
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Plomo	0,019	0,185	0,059	0,012	0,01	0,01

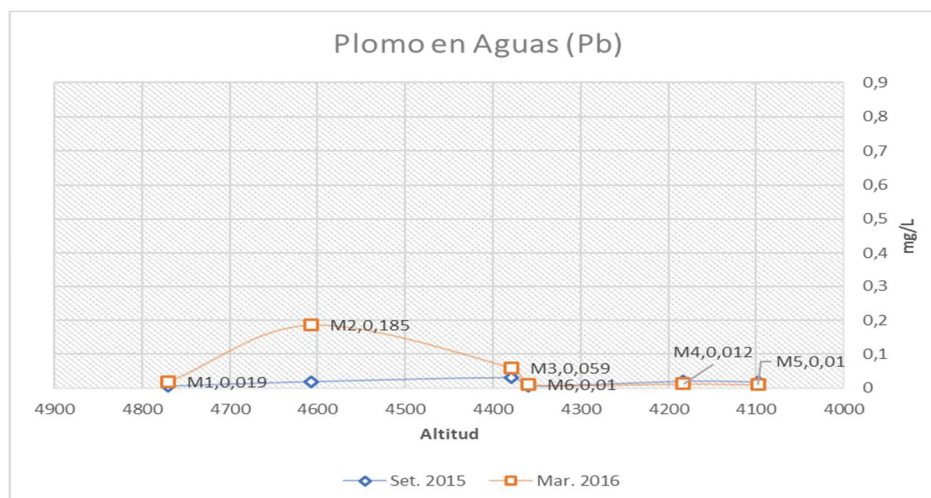


Figura 1 Variación del contenido de Plomo en Agua del río Crucero, setiembre - 2015 y marzo-2016.

Los valores de la concentración de plomo a lo largo del río Crucero fluctúan entre el valor máximo 0,031 mg/L y mínimo 0,005 mg/L para el periodo set-2015 y el valor máximo 0,185 mg/L y mínimo 0,01 mg/L para el periodo mar-2016 (Tabla 6, figura 1), en consecuencia, el incremento en la concentración de plomo está por encima de los límites permitidos, especialmente en los puntos M2 y M3 hasta en cuatro veces del valor mínimo. En referencia Arizaca, *et al* (2010) concluyen, que el plomo como contaminante del agua presenta una concentración: min 0,01 mg/L y max 0,08 mg/L; es decir hasta 8 veces por encima de los estándares de calidad de aguas, en los puntos L-3 y L-4 de la sub cuenca Azángaro que corresponde al distrito de Crucero, por la presencia de pasivos ambientales en la zona y por erosión litogénica, Cuentas (2009) el parámetro plomo no cumple con la Ley General de Aguas en la estación E-01 sobrepasando 1,37 veces su concentración y en la estación E-03 sobrepasando 1,1 veces su valor límite.

b. Sedimentos
 b.1. Mercurio

Tabla 7. Concentración de mercurio en las muestras de sedimentos (mg/kg)

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

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

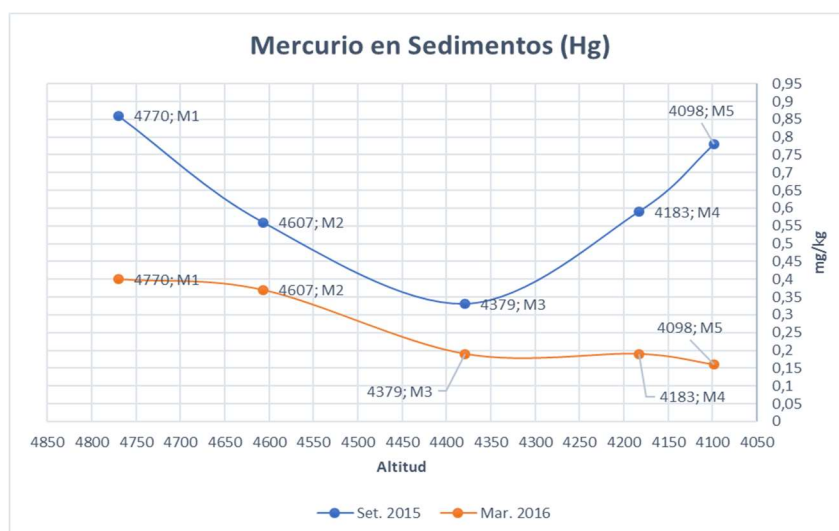


Figura 2 Variación del contenido del mercurio en los sedimentos del río Crucero, setiembre-2015 y marzo-2016

Los valores de la concentración de mercurio en sedimentos a lo largo del río Crucero fluctúan entre el valor máximo 0,860 mg/kg y mínimo 0,330 mg/kg para el periodo setiembre-

2015 y el valor máximo 0,400 mg/kg y mínimo 0,160 mg/kg para el periodo marzo-2016 (Tabla 7, figura 2), este transporte que realiza el río Crucero y por efectos de peso específico o deslizamiento suave del río, el mercurio se va depositando en las riberas del río cuyo análisis e interpretación nos muestra que la presencia de este metal está presente en todo el trayecto del río Crucero.

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

b.2. Plomo

Tabla 8. Concentración de plomo en las muestras de sedimentos (mg/kg)

Setiembre 2015					
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5
Plomo	26,000	26,000	20,000	29,000	55,000

Marzo 2016					
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5
Plomo	17,000	30,000	26,000	18,000	25,000

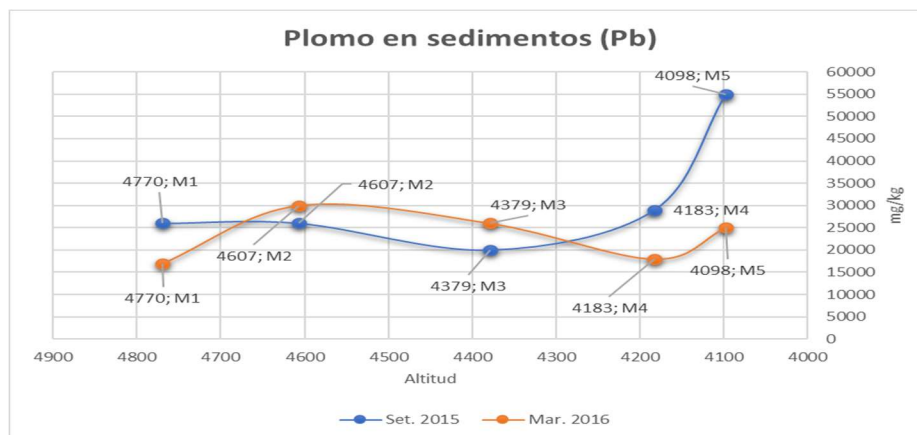


Figura 3 Variación del contenido de Plomo en los sedimentos del Río Crucero, setiembre-2015 y marzo-2016

Los valores de la concentración de plomo en sedimentos a lo largo del río Crucero entre el valor máximo 55 mg/kg y mínimo 20 mg/kg para el periodo setiembre-2015 y el valor máximo 30 mg/kg y mínimo 17 mg/kg para el periodo marzo-2016 (Tabla 8, figura 3). La variación del contenido de plomo en los puntos de muestreo es preocupante ya que presenta una alta concentración, en consecuencia, la presencia de Plomo en el río Crucero está por encima de los límites permitidos, el aumento es considerable en los puntos M2, M3, M4 y M6. En referencia

Arizaca, *et al* (2010), reportan y concluyen que los resultados de análisis en sedimentos para los metales de, mercurio y plomo las concentraciones son: mercurio, mínimo 0,02 mg/kg y máximo 0,14 mg/kg; y plomo, mínimo 1 mg/kg y máximo 56 mg/kg; con valores altos en los puntos L-3 y L-4, según los estándares de referencia MINEM (1999) concluye, los valores de concentración de plomo en los sedimentos son mayores en la estación Lt7 y Lt8 con 150.06 y 132.12 mg/kg, respectivamente.

c. Plantas

c.1. Mercurio

Tabla 9. Muestras orgánicas (plantas acuáticas) mercurio total (mg/kg)

Setiembre 2015						
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Mercurio	0,200	0,220	0,350	0,480	0,620	0,750

Marzo 2016						
Parámetro	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Mercurio	0,200	0,260	0,300	0,410	0,520	0,460

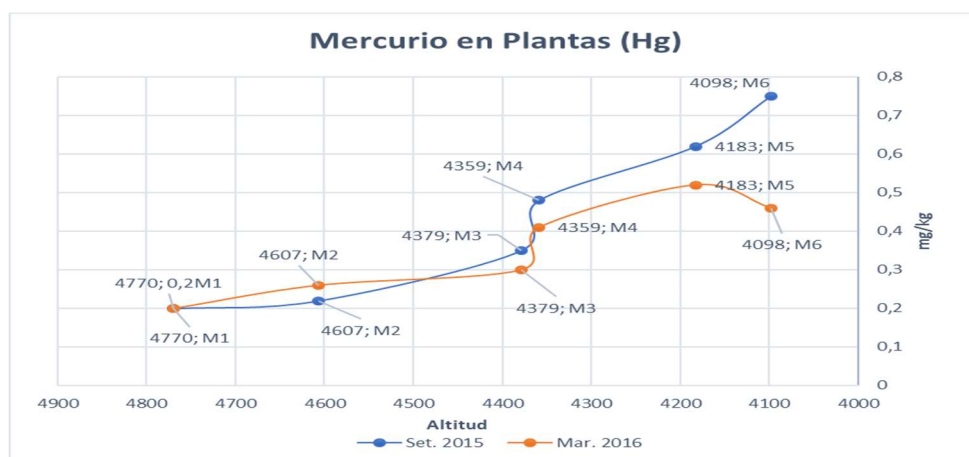


Figura 4 Variación del contenido de Mercurio en las plantas del río Crucero, setiembre - 2015 y marzo -2016

Los valores de la concentración de mercurio en macrófitas a lo largo del cauce del río Crucero fluctúan entre el valor mínimo 0,200 mg/kg y máximo 0,750 mg/kg, en los puntos de muestreo M1 y M6, para el periodo Setiembre-2015 y el valor mínimo 0,200 mg/kg y máximo 0,520 mg/kg, en los puntos de muestreo M1 y M5, para el periodo Marzo-2016 (Tabla 9, figura 4).

En todos los puntos de muestreo, hay presencia de mercurio en los micrófitos, en consecuencia estos valores indican una acumulación progresiva en macrófitos existentes, debido a la actividad minera presente en toda el área de influencia, (Figura 9). En referencia Arizaca, *et al*, (2010) reportan los análisis de los resultados de mercurio para algas filamentosas y macrofitas en la subcuenca Azángaro fluctúan entre el valor mínimo 0,02 mg/kg y máximo 0,09 mg/kg. Aquino,

(2005). Entre agosto 2005 y febrero del 2006 del río Ramis obtuvo valores en mercurio los valores son menores a 0,2 y 0,3 mg/kg.

c.2. Plomo

Tabla 10. Muestras orgánicas (plantas acuáticas) plomo total (mg/kg)

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

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

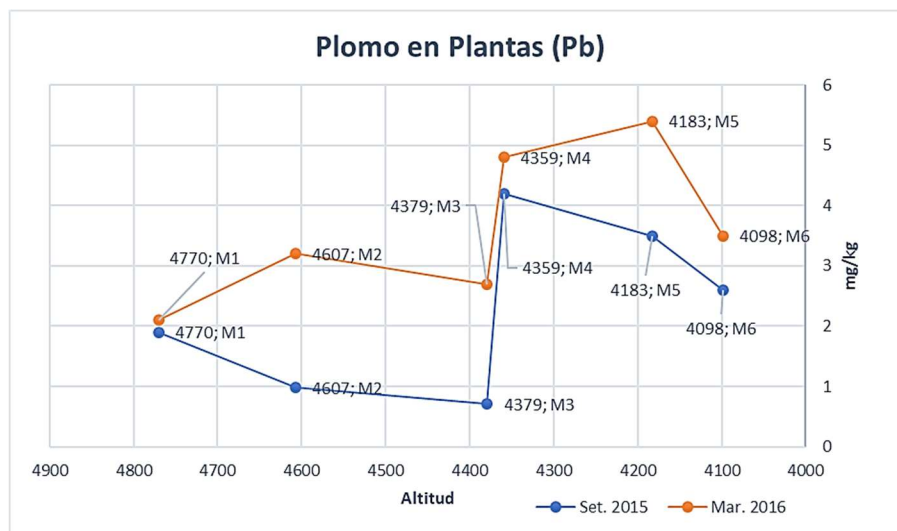


Figura 5 Variación del contenido Plomo en las plantas del Rio Crucero, setiembre- 2015 y marzo-2016.

Los valores de la concentración de plomo en macrófitas a lo largo del río Crucero fluctúan entre el valor mínimo 0,710 mg/kg y máximo 4,200 mg/kg, en los puntos de muestreo M3 y M4, para el periodo Setiembre-2015 y el valor mínimo 2,100 mg/kg y máximo 5,400 mg/kg, en los puntos de muestreo M1 y M5, para el periodo Marzo-2016 (Tabla 10, figura 5). En referencia Arizaca, *et al* (2010) reportan los resultados para el plomo en algas filamentosas y macrofitas en la sub cuenca Azángaro fluctúan entre el valor mínimo 0,56 mg/kg y máximo 16,0 mg/kg, que corresponde al punto de muestreo L-3, MINEM (1999) los valores de concentración de plomo, cuyo LMP es de 12 mg/kg, se puede observar valores mayores en Lemna minuta con 69.5 mg/kg en la estación Lt7(a), Azolla filiculoides con 46.7 mg/Kg en Lt7(8), otros valores para Eleodea, Scirpus y Myriophyllum son 21.7, 14.7 y 13.6 mg/Kg, en las estaciones de Lt7(6), Lt7(5) y Lt7(3) respectivamente, Aquino (2005) entre agosto 2005 y febrero del 2006 del río Ramis se obtuvieron valores en plomo, los valores registrados estuvieron entre 0,10 y menores e iguales a 0,05 mg/kg.

4.4. Evaluación de los riesgos ambientales

Tabla 11. Resultados de la valoración de riesgos ambientales

Categoría	Elemento de	Acciones		Extracción, transporte y tratamiento de mineral					Acarreo de material desmonte					Disposición de relaves					Lixiviación de relaves					Contaminación del Río Crucero					Impacto ambiental	Riesgo ambiental
		Parámetros		M	A	D	M	S	M	A	D	M	S	M	A	D	M	S	M	A	D	M	S	M	A	D	M	S		
A. FÍSICO	aire	Calidad de aire	-2	-1	-2	1	-4	-2	-2	-2	1	5	-2	-1	-1	-1	5	-1	-1	-2	-1	5	-1	-2	-2	-1	-6	-25	bajo	
		Aguas subterráneas	-1	-1	-1	-1	-4	-1	-1	-1	-1	4	-1	-1	-1	-2	5	-1	-1	-2	-2	6	-1	-1	-2	-1	-5	-24	bajo	
	agua	Aguas superficiales	-2	-1	-2	-1	-6	-2	-1	-2	-1	6	-2	-2	-2	-2	8	-2	-2	-3	-2	9	-3	-3	-3	-2	-1	-1	-40	alto
		Calidad del suelo	-3	-1	-3	1	-6	-2	-1	-2	1	4	-2	-1	-2	-1	6	-3	-2	-2	-2	9	-3	-3	-3	-1	0	-35	moderado	
	suelo	Sedimentación y relaves	-3	-1	-3	-1	-8	-3	-1	-3	-2	9	-2	-1	-3	-2	8	-3	-1	-2	-2	8	-3	-3	-3	-1	0	-43	alto	
		Ecosistemas	-2	-1	-3	1	-5	-3	-1	-3	1	6	-2	-1	-2	-1	6	-3	-1	-2	-2	8	-3	-3	-3	-1	0	-35	moderado	
B. BIOLÓGICO	Flora	Flora terrestre	-3	-1	-2	1	-5	-2	-1	-3	-1	7	-2	-1	-2	-1	6	-3	-1	-3	-1	8	-3	-2	-3	-1	-9	-35	moderado	
		Flora acuática	-1	-1	-2	1	-3	-1	-1	-2	-1	5	-1	-1	-2	-2	6	-1	-1	-2	-2	6	-3	-2	-3	-1	-9	-29	moderado	
		Hábitat	-3	-1	-3	1	-6	-3	-1	-3	-1	8	-3	-1	-2	-1	7	-2	-2	-3	-2	9	-2	-2	-3	-1	-8	-38	alto	
	Fauna	Espacio terrestre	-3	-1	-3	1	-6	-3	-1	-3	-2	9	-3	-1	-2	-2	8	-2	-1	-3	-1	7	-2	-2	-3	-1	-8	-38	alto	
		Espacio acuático	-1	-1	-2	-1	-5	-1	-1	-1	-2	5	-2	-1	-1	-2	6	-1	-1	-1	-1	4	-3	-2	-3	-2	0	-30	moderado	
		Generación de ingresos	4	3	3	2	2	3	2	2	1	8	1	1	2	2	6	1	1	2	2	6	-1	-2	-2	-2	-7	25	bajo	
C. SOCIOECONÓMICO	Economico	Empleo	3	3	3	3	2	2	2	2	2	8	1	1	2	2	6	1	1	-2	1	1	-2	-2	-2	-2	-8	19	bajo	
		Salud	-2	-2	-2	-1	-7	-2	-1	-1	-1	5	-2	-1	-3	-1	7	-3	-1	-3	-1	8	-3	-2	-3	-1	-9	-36	alto	
	Social	Seguridad de la población	-2	-2	-3	-1	-8	-2	-1	-1	-1	5	-2	-1	-3	-1	7	-3	-1	-3	-1	8	-3	-2	-3	-1	-9	-37	alto	
IMPACTO AMBIENTAL																									489					



Los resultados indican el impacto negativo o positivo de las interacciones entre la categoría, componentes, parámetros y las actividades de la investigación que ocasionan significatividad negativas y positivas son: extracción de mineral es de -73 unidades, 24 unidades, material de desmonte -78 unidades, 16 unidades, disposición de relaves -85 unidades, 12 unidades, lixiviación de relaves -95 unidades, 7 unidades, contaminación del río Crucero -129 unidades, 0 unidades, en total la significatividad negativa representa el 88,6% y la significatividad positiva el 11,4% (Tabla 11).

Los resultados de la valoración de riesgos ambientales del total de componentes ambientales son: calidad de aire (riesgo ambiental bajo), aguas subterráneas (riesgo ambiental bajo), aguas superficiales (riesgo ambiental alto), calidad del suelo (riesgo ambiental moderado), sedimentación y relaves (riesgo ambiental alto), ecosistemas, flora terrestre, flora acuática (riesgo ambiental moderado), hábitat, espacio terrestre, (riesgo ambiental alto), espacio acuático (riesgo ambiental moderado), salud y seguridad de la población (riesgo ambiental alto), presentan impactos de carácter negativo y generación de ingresos (riesgo ambiental bajo) y empleo (riesgo ambiental bajo), reflejan riesgos positivos (Tabla 12).

Tabla 12. 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





Análisis por componente

Tabla 13.

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

De acuerdo con los resultados de la Tabla 13, del total de componentes ambientales analizados: aire el 5,11%, agua el 13,09%, suelo el 15,95%, flora el 20,25%, fauna el 21,68%, y social el 14,93% presentan impactos de carácter negativo y el económico 9,00% refleja riesgo positivo; un tercio de los componentes: aire, agua y suelos reciben los impactos negativos, del cual el agua recibe el 13,09% de ellos, en cambio la dinamización del comercio en el área de influencia y otros ingresos contribuyen en un 9,00% de riesgos positivos de magnitud baja, debido a la oferta de trabajo disponible para la población y la consecuente mejora de la calidad de vida a través de la Corporación Minera Ananea S.A, Jesús 2004 Tres y demás empresas en proceso de formalización que generan una cantidad de puestos de trabajo, tanto calificados como no calificados, paralelamente se está incrementando la actividad minera artesanal, aumentando los ingresos familiares de las personas involucradas en esta actividad, a pesar de ello los pobladores de la zona no pueden priorizar la protección ambiental de la zona de acuerdo a la curva de Kuznets, por ser el impacto económico bajo y Puno al tener ingreso per cápita promedio inferiores al ingreso mínimo vital de 799,50 (INEI, 2016):

Tabla 14. Ingreso per cápita en el departamento de Puno.

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

Fuente: INEI, 2016

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

Tabla 15. Ingreso familiar per cápita en el distrito de crucero.

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





Fuente: INEI, 2013

Al respecto Cuentas (2009), concluye que el 57,6% de familias tienen un ingreso familiar que está por debajo de los 350 nuevos soles mensuales, otro 31,9% percibe entre 350 y 699 nuevos soles y, sólo el 10,5% de las familias tiene ingresos por encima de los 700 nuevos soles. Por lo tanto, dado a los bajos ingresos per cápita, no se puede priorizar la protección ambiental sino aceptar la degradación ambiental como un efecto secundario, tal como sucede en estos momentos.

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

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

CONCLUSIONES

La contaminación del río Crucero, es una realidad instalada e insoslayable, soportada y sufrida por la población que habita ancestralmente en toda la zona de influencia del río Crucero, quienes identifican los sedimentos y vientos sedimentosos (lama) que fluyen por las aguas del río Crucero y sus aires, destruyendo flora y fauna acuática, praderas de pastizales y áreas agrícolas adyacentes a su cauce, afectando a la salud humana y animal, generando conflictos sociales activos más comunes, tienen que ver con problemas socio ambientales por actividades mineras. La concentración de plomo en las aguas del río Crucero fluctúan entre el valor máximo 0,031 mg/L y mínimo 0,005 mg/L para el periodo setiembre-2015 y el valor máximo 0,185 mg/L y mínimo 0,01 mg/L para el periodo marzo-2016, comparado con el ECA de aguas de nuestro país el valor 0,185 mg/L del punto M2 sobre pasa el límite permitido hasta en cuatro veces.

La concentración de mercurio en sedimentos a lo largo del río Crucero fluctúan entre el valor máximo 0,860 mg/kg y mínimo 0,330 mg/kg para el periodo setiembre-2015 y el valor máximo 0,400 mg/kg y mínimo 0,160 mg/kg para el periodo marzo-2016, la presencia de mercurio en el río Crucero está por debajo de los límites permitidos en lo que respecta a la Norma Holandesa (Ministerie VROM 1983). La concentración de plomo en sedimentos a lo largo del río Crucero entre el valor máximo 55 mg/kg y mínimo 20 mg/kg para el periodo setiembre-2015 y el valor máximo 30 mg/kg y mínimo 17 mg/kg para el periodo marzo-2016, en consecuencia, la presencia de Plomo en el río Crucero está por encima de los límites permitidos.





La concentración de mercurio en plantas macrofitas fluctúan entre el valor mínimo 0,200 mg/kg y máximo 0,750 mg/kg, en los puntos de muestreo M1 y M6, para el periodo setiembre-2015 y el valor mínimo 0,200 mg/kg y máximo 0,520 mg/kg, en los puntos de muestreo M1 y M5, para el periodo marzo-2016. La concentración de plomo en plantas macrofitas fluctúan entre el valor mínimo 0,710 mg/kg y máximo 4,200 mg/kg, en los puntos de muestreo M3 y M4, para el periodo setiembre-2015 y el valor mínimo 2,100 mg/kg y máximo 5,400 mg/kg, en los puntos de muestreo M1 y M5, para el periodo marzo-2016.

Del total de componentes ambientales analizados indican que muestran una afectación negativa debido a las actividades mineras son: calidad de aire el 5,11%, aguas subterráneas el 4,91% (riesgo ambiental bajo), aguas superficiales el 8,18% (riesgo ambiental alto), calidad del suelo el 7,16% (riesgo ambiental moderado), sedimentación y relaves el 8,79% (riesgo ambiental alto), ecosistemas el 7,16%, flora terrestre el 7,16%, flora acuática el 5,93% (riesgo ambiental moderado), hábitat el 7,77%, espacio terrestre el 7,77% (riesgo ambiental alto), espacio acuático el 6,13% (riesgo ambiental moderado), salud el 7,36% y seguridad de la población el 7,57% (riesgo ambiental alto), presentan impactos de carácter negativo y solamente generación de ingresos el 5,11% (riesgo ambiental bajo), y empleo el 3,89% (riesgo ambiental bajo), reflejan riesgos positivos.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades. (2007). Resumen de Salud Pública Arsénico CAS#: 7440-38-2.
- Andaluz, Carlos. (2011). Manual de derecho ambiental. Tercera. Lima: Editorial Iustitia.
- Aquino E. (2005). Contaminación por mercurio y cianuro en el Distrito Minero de Ananea Puno. Reflexiones y Propuestas. OUI. UNA (Puno - Perú); 153
- Arizaca J, Aguilar T, Cornejo D, Huanqui R, Medina R, Miranda N, Pacheco M, Pérez M, Pimentel J, Roque F, Tito S. (2010). Estudio integral de la contaminación en la cuenca del Ramis. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Arroyo, E. (2006). Aplicación de la Matriz de Leopold para la Identificación y Valoración de Impacto Ambiental en Minería.
- Bryan, G.w. Langston, W.j. (1992). Bioavailability, accumulation and effects of heavy metals insediments with special reference to united kingdom estuaries.
- Canter, L.W. (2002). Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Técnicas para la elaboración de Estudios de Impacto. Madrid: McGraw Hill.
- Cappuyns v., Swennen r., Vandamme a., Niclaes m. (2006). Environmental impact of the former pb-zn mining and smelting in east belgium. j. geochem. explor. 88(1-3): 6-9.
- Conesa Fernández-Vitoria, V. (2003). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. 3ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. España
- Cuentas Alvarado, Mario (2009). Evaluación cualitativa del impacto ambiental generado por la actividad minera en la rinconada puno, Repositorio Institucional PITHUA, Universidad de Piura. Maestría en Gestión y Auditorías Ambientales, Julio 2009.
- Defensoría del Pueblo. (2016). Minería, desarrollo sostenible, y derechos ciudadanos: una aproximación inicial de la Defensoría del pueblo. Lima, 2005. Reporte de Conflictos Sociales N° 136. Junio de 2015. N° 143. Enero de 2016. N° 145. Marzo de 2016.





- Forstner U. (1993) Metals speciation general concept and application. en proceeding of the workshop on the sequential extraction of trace metals in soils and sediments.
- Gómez O.D (2003). Evaluación de impacto ambiental. Ediciones mundi prensa . Madrid
- Goyzueta Gilmar y Ciria Trigos. (2009). Foro Salud Puno. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2013). Perú: Evolución de los Indicadores de Empleo e Ingreso por Departamento 2004-2012. Noviembre de 2013.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2016). Comportamiento de la Economía Peruana en el Segundo Trimestre de 2014. Producto Bruto Interno. 2014.
- Ministerio de Energía y Minas, (1999): investigación y monitoreo de los ríos carabaya - ramis y cabanillas, ejecutado por la Universidad Nacional Agraria la Molina. Facultad de Ciencias Forestales Informe final. Lima.
- Ministerio de Salud. (2007). Plan nacional concertado de salud. Lima: MINSA.
- Nriagu J.o., Pacyna J.m. (1988). quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. nature 333: 134-139.
- Paoliello M.m.b., de Capitani E.M., Da Cunha F.G., Matsuo T., Carvalho M.D.F., Sakuma A., Figueiredo B.R. (2002). Exposure of children to lead and cadmium from a mining area of Brazil. Environ. res. 88(2): 120-128.
- Parmo, R. (2002). Tratamiento pasivo de drenaje acido de minas, estado actual y perspectivas de futuro. Instituto geológico minero de España, Madrid.
- Rodríguez, D. H. (2005). Estudios de Impacto Ambiental. ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA.
- Sundeeep Waslekar, Saahil. (2014). World environmental Kuznets curve and the flobal future. Procedia- Social and Behavioral Sciences 133: 310-319.
- Zamora E. Gerardo, (2007). Evaluación ambiental del lago poopó y sus rios tributarios. Monitoreo del Lago Poopó y sus rios Tributarios, 169.
- Zavala, B. y Guerrero, C. (2005). Estudio geoambiental de la cuenca del río Ramis, informe en edición. Normas Riverside.

