



DRENAJE DE AGUAS Y PASIVOS AMBIENTALES EN LA INACTIVA MINA POMPERIA, PUNO PERÚ

Esteban, Marin Paucara^{1,3}, Fortunato Escobar Mamani^{2,3}

(1) Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, email: esmarinpa@hotmail.com; (2) Oficina Universitaria de Investigación, email: fem.puno@gmail.com-(3) Universidad Nacional del Altiplano

INFORMACIÓN DEL ARTICULO

Art. Recibido 07 de Julio 2014
Art. Aceptado 12 de Diciembre 2014
Publicado: 29 Diciembre del 2014

PALABRAS CLAVE:

- * Calidad de aguas
- * drenaje ácido
- * pasivos ambientales
- * minerales oxidados

ARTICLE INFO

Article Received July 07, 2014
Article Accepted December 12, 2014
Published: December 29, 2014

KEY WORDS:

- * Water quality
- * acid drainage
- * environmental liabilities
- * oxidized minerals

RESUMEN:

El debate sobre las actividades mineras activas o inactivas ha traído consigo muchas vicisitudes sobre su efecto contaminante al medio ambiente, una de ellas, es la calidad de aguas del entorno minero. Esta investigación, pretendió explorar las incidencias de explotación minera del pasado de la Mina Pompería ubicada a ocho kilómetros de la ciudad de Puno Perú, explotada en la colonia española entre los años 1600 a 1668 y por Minero Puno Empresa de Propiedad Social 1975-1977. Respecto a la variación de las aguas por drenaje ácido proveniente del antiguo socavón, en contacto con los escombros compuestos de materiales y rocas mineralizadas en volúmenes; si bien, no considerables expuestos libremente en la superficie, constituyen elementos de pasivo ambiental. Investigación realizada en el año 2013, describe desde el punto de vista minero ambiental. Previa caracterizaron de elementos ambientales del entorno minero, en particular el agua que fluye del antiguo socavón hacia las pasturas abajo. Las muestras fueron sometidas a pruebas fisicoquímicas para aseverar la percepción de la contaminación. Los resultados nos indican que las aguas que discurren desde el socavón hacia las pasturas del riachuelo abajo contiene grado de acidez derivado de la meteorización y oxidación de los sulfuros metálicos, *si bien leve*, los niveles de toxicidad que drenan hacia las pasturas debajo, es de consumo directo de ganado existente en el lugar (ovinos, vacunos y alpacas) que posteriormente llega al mercado para el consumo humano. Por lo tanto, son elementos tóxicos que pueden contaminar las pasturas y los cuerpos de agua subterráneas, por lo tanto, urge implementar medidas mitigatorias.

WATER DRAINAGE AND ENVIRONMENTAL LIABILITIES IN INACTIVE MINE POMPERIA, PUNO PERU

ABSTRACT:

The debate over active or inactive mining has brought many vicissitudes of their polluting effect on the environment, one of which is the quality of water in the mining environment. This research aimed to explore the impact of mining past of the Pomperia mine located to eight kilometers of the Puno Peru city, exploited in the Spanish colony between 1600-1668 and 1975-1977 Mining Puno Social enterprise Property. And the variation of the water for drain acid from the old tunnel, in contact with debris compounds of materials and mineralized rocks in compounds volumes; although not significant freely exposed surface, elements are environmental liabilities. Research conducted in 2013, described from the point of view of environmental mining. Previous characterized by environmental elements of the mining environment, particularly water flowing from the old adit to pastures below. The samples were subjected physicochemical assert pollution perception tests. The results indicate that water flowing from the tunnel toward the creek pasture below contains acidity derived from the weathering and oxidation of metal sulfides, although mild, the toxicity levels that drain into the pastures below, is direct consumption of livestock in place (sheep, cattle and alpacas) which subsequently reaches the market for human consumption. By so, these toxic elements that can contaminate pastures and underground water bodies, by urging implement mitigation measures.

INTRODUCCIÓN:

En los últimos años han surgiendo varios conflictos socios ambientales por incidencias de la actividad minera. Uno de los últimos acontecimientos recientes de connotación nacional e internacional fue en junio de 2011, donde la ciudad de Puno fue sitiada por más de 25000 manifestantes aymaras para solicitar al gobierno central la anulación de la concesión minera Santa Ana ubicada en Distrito de Huacullani y Provincia de Chucuito de la Región Puno, por los posibles efectos contaminantes de la Mina a explotarse, en particular contaminar las fuentes de agua locales, por el que se declararon en huelga indefinida cortando el tránsito vehicular en todas las provincias aymaras del sur de Puno (incluido el bloqueo total de los dos puentes internacionales entre Perú y Bolivia). La huelga aymara en época electoral, obligó al gobierno peruano a revocar la licencia de explotación minera y temporal de la Minera Santa Ana y se detuvieron todos los proyectos nuevos de la industria extractiva en la región Puno (Escobar, 2015; McDonell, 2014; Chambi & Escobar, 2014)

Los conflictos sociales en torno a la actividad minera persisten en la región Puno, sobre los efectos de la actividad minera. Sin embargo, no solo las futuras explotaciones mineras a cielo abierto pueden generar impactos ambientales, sino también las minas inactivas, inclusive los explotados en la colonia española «*que solo dejó a Bolivia la vaga memoria de sus esplendores, las ruinas de sus iglesias y palacios, y ocho millones de cadáveres de indios*» (Galeano, 1971 en Escobar, 2015). Al igual que se evidencia que tóxicos mineros generados nunca será totalmente eliminado. Aseveración que está basada en la experiencia en las minas de Inglaterra en tiempos de Imperio Romano abandonadas hace dos mil años, siguen y siguieran contaminando las aguas a su alrededor. Y nadie sabe, qué hacer al respecto (Mary Ellen Fleweger en Escobar, 2015; Fuentes, 2014; Molán *et al*, 2012).

Por tanto, los pasivos ambientes mineros generados por la actividad minera es un hecho evidente por el riesgo potencial permanente para el medio ambiente y nocivo para la salud humana; toda vez que, todos aquellos elementos ambientales generados en las instalaciones, edificaciones, movimiento de tierras en las superficies del entorno afectadas por vertidos, depósitos de residuos mineros, tramos de cauces perturbados, áreas de talleres, parques de maquinaria o parques de mineral que, estando en la actualidad en entornos de minería abandonada o inactiva constituyen un riesgo potencial permanente para la biodiversidad y por ende contrarios a los establecido en el derecho internacional, como son convenios internacionales de uso racional y conservación de la diversidad cultural y ambiental, como es el caso derivado de la de minería Pompería (Arranz- González 2008 en Milián *et al* 2012; Convenio de Diversidad Biológica, ONU).

El caso de la mina inactiva Pompería en estudio, fue y es parte de las minas de Laykakota explotada por la colonia española entre los años 1600 -1668 por los hermanos Salcedo. Al apogeo de la mina de plata surgieron conflictos hasta choques armados, al que, el mismo Virrey Conde de Lemos llegara a Puno y dictando sentencia de muerte para los hermanos Salcedo. A la muerte de los hermanos Salcedo, el entorno familiar dinamitaron todas las bocaminas, aun cuando posteriormente trataron reflotarlo en otros personalidades

no se logró activarlo como época dorada (Hurtado, 2008; Carnero, 2014).

Posteriormente a los años 1700 diferentes personalidades intentaron rehabilitar el socavón dinamizando hasta la república, entre otros, el hijo de José Salcedo que obtuviera el título de Marqués de la Villa Rica de Puno intento reflotarlo sin mayor éxito. Dentro de ellas, los trabajos realizados en las minas de Laykakota y los otros como Pompería, se efectuaron trabajos de nuevos trazos, excavación y limpieza de galería, hasta la época de Minero Puno Empresa de Propiedad Social (E.P.S.) 1975 a 1977. Período en él se llegó a una etapa de exploración que permitió evacuar una evaluación preliminar del yacimiento a fin de justificar su explotación, aprovechando la tendencia alcista del precio de la plata en el mercado internacional. El mismo que al caer los precios en el mercado internacional obligó a transferir el derecho minero a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno en actual posición a partir del año 2003 (Carnero, 2014).

El historial referido de la inactiva mina Pompería, ubicado a 08 Km. De la ciudad y Distrito, Provincia y Departamento de Puno, carretera a Moquegua a 4 000 msnm, motivo de la presente investigación, es evaluar las incidencias y sus posibles efectos al entorno medio ambiental de la mina. En particular el efecto de calidad de las aguas por drenaje ácido proveniente del socavón de la mina; elementos que están en contacto con los escombros compuestos de materiales y rocas mineralizadas cuyas muestras se evaluaron durante el año 2013. En el que se evidenció la contrariedad ambiental de la Biodiversidad en forma de flujos microscópicos, por lo que la materia viva es tan vulnerable a la modificación de la calidad del agua que la alimenta (Canales, *s/f*). Por otra parte, los parámetros químicos del agua se clasifican en dos: los indicadores y sustancias químicas, donde los indicadores son los parámetros cuyas concentraciones en el agua se deben a la presencia e interacción de varias sustancias como es el *pH*, término utilizado para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua; *la acidez* de las aguas naturales ocasionada por la presencia de CO₂ o la presencia de un ácido fuerte (H₂SO₄, HNO₃, HCl); *la alcalinidad*, entendida como la capacidad que tiene para neutralizar los ácidos, se mide en laboratorio por titulación y los resultados se expresan en mg/L de CaCO₃; *conductividad* que es un indicativo de las sales disueltas en el agua y mide la cantidad de iones de Ca, Mg, Na, P, bicarbonatos, cloruros, y sulfatos. Se mide en micromhos/cm = sólidos disueltos totales. (Sierra, 2011; González, 2008 en Milián *et al* 2012).

Consiguientemente, los riesgos de desborde hidrológicos son aparentemente más severos que en cualquier otro lugar debido a las condiciones climáticas extremas combinados con la de amplia información hidrológica; derivado de roca residual que contiene concentraciones elevadas de sulfatos, metales tóxicos, no-metales, y componentes radioactivos. Dicho proceso desecha en montones en la superficie del suelo al borde de los tajos o fuera de las obras. Muchos contaminantes se filtran de estos montones de desecho, contaminando las aguas superficiales y subterráneas, así como la variación de calidad de agua por drenaje ácido minero (Millán *et al*, 2012; Ministerio de Energía y Minas, 1995). A fin de tener mayores elementos de juicio, fue necesario, efectuar estudios de evaluación de impacto ambiental para identificar, predecir y prevenir las contrariedades medio ambientales durante la exploración,

explotación y tratamiento de minerales, así como luego de haberse cerrado la mina o abandonado, en este último caso con mayor grado. (Instituto Tecnológico Geominero de España, 1996).

Estudios de evaluación de impacto ambiental minero llevados a cabo previo a la explotación minera es la geodisciplinabilidad de materiales hacia el medio ambiente, estos materiales excavados ya sean rocas o minerales en contacto con la atmósfera y agua inician unos complejos procesos de transformaciones físicas, químicas y biológicas que dan origen a unos drenajes de mina que por lo general son ácidos y contienen elevadas concentraciones metálicas. Los efluentes generados son uno de las principales fuentes de biodisiplinabilidad de elementos contaminantes que degradan la calidad de los ecosistemas acuáticos. La exploración o explotación acelera la alteración física y química de los materiales geológicos, al exponer mayores áreas superficiales de los materiales excavados a la meteorización que podrían generar descargas con cargas contaminantes considerables.

La mayoría de los yacimientos contienen mineralizaciones de sulfuros metálicos, y en muchos casos las rocas en donde se emplazan los yacimientos o el cuerpo mineralizado también puede contener minerales tipo sulfuros no comercializables, aunque también existen mineralizaciones emplazadas en rocas calcáreas (Aduvire, 2011; Millan *et al*, 2012).

En consecuencia los escombros de rocas generan ácidos, movilizando muchos otros constituyentes químicos, los que podrían contaminar cuerpos de agua por décadas o incluso cientos de años después del cierre de la mina de Potosí o del Imperio Romano citado anteriormente, como es el caso de Pompería. Incluso el uso de explosivos aumenta las concentraciones de nitrato y amoníaco, provocando el incremento de la eutrofización y la contaminación de cuerpos de agua. La roca residual a menudo contiene concentraciones elevadas de sulfatos, metales tóxicos, no-metales, y componentes radioactivos. Dicha roca generalmente se desecha en montones en la superficie del suelo al borde de los tajos o fuera de las obras. Muchos contaminantes se pueden filtrar de estos montones de desecho, contaminando las aguas superficiales y subterráneas (Millan *et al*, 2012; Escobar, 2015).

Por consiguiente, la variaciones en el nivel freático, variaciones en el régimen de recarga y modificaciones en el flujo subterráneo por efectos barrera, drenajes ácidos inducidos, infiltración restringida/favorecida, compactación, modificación del relieve, deforestación entre otros son contrariedades ambientales como es el caso de la inactiva Mina Pompería – Puno, con sus actividades mineras del pasado, se cataloga como una categoría de impactos ambientales, de *impacto negativo de grado bajo a moderado o medio*, con regular tendencia de impacto negativo alto (Bermúdez *et al*, 2014; Marín, 2012).

Por lo descrito, ésta investigación exploró las incidencias de explotación de la inactiva Minera Pompería, particularmente la variación de la calidad aguas por drenaje ácido proveniente del antiguo socavón desde el punto de vista minero ambiental.

MATERIALES Y METODOS:

El área de estudio que ocupara la mina inactiva de Pompería es parte de las antiguas minas abandonadas de Laikakota, según la Carta Nacional, del Instituto Geográfico Nacional 32 V, sus coordenadas UTM: 388,000 - 390,000 E. y 8'241,000 - 8'243,000 N. Entre los meridianos geográficos 15° 55' Latitud Sur; 70° 01' Longitud Oeste de Greenwich. Es accesible por la carretera asfaltada Puno-Moquegua a 8 Km. El área mineralizada presenta una extensión de 2,000 m. de largo por 1,500 m. de ancho., superficie en la cual se localizan los afloramientos de las estructuras mineralizadas y los escombros fuera del socavón y las pastura abajo se aprecia en el figura N° 01 (Carnero, 2014).



Figura N° 01: vista panorámica y entrada al socavón de la minera Pompería Puno Perú.

El método de investigación es de tipo descriptivo y de carácter pre-experimental, que se inició con la caracterización de elementos ambientales del entorno minero, en particular el agua que fluye del antiguo socavón hacia las pasturas abajo con posibles variaciones por drenaje ácido provenientes de los escombros oxidados expuestos en la superficie. Para lo cual, se tomaron muestras del yacimiento minero Pompería, posteriormente sometidas a pruebas fisicoquímicas para aseverar la percepción de la contaminación, los que fueron complementados con el tratamiento estadístico de los resultados de muestreo a fin determinar los posibles efectos de pasivos ambientales de la actividad minera de Pompería. Asimismo complementado mediante el método de fotointerpretación, compilación de datos del estado actual del medio ambiente, descripción geotectónica detallada del yacimiento y áreas aledañas, consulta a expertos vinculados con el proyecto y conocedores del entorno, información socioeconómica y estadística del poblado, listas de chequeo, proyectos y escenarios comparados. Se pudo establecer la existencia de dos zonas, una de impacto intenso y otra de impacto atenuado. La generación de drenaje ácido y la contaminación de las aguas con elevados niveles de toxicidad, figuran entre los impactos más importantes, por lo que entre las medidas de rehabilitación se propone el tratamiento de las aguas para consumo humano por estar contaminadas.

Muestreo de aguas superficiales y subterráneas: El muestreo de las aguas se llevó a cabo en dos ocasiones in-situ, tomándose muestras del riachuelo que capta las aguas de los escombros de los pasivos ambientales mineros, así mismo se ha registrado

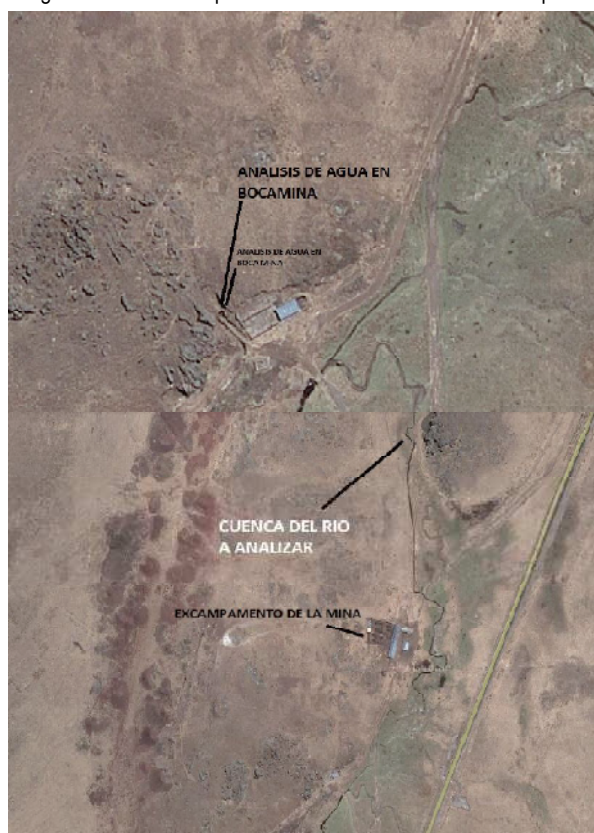
muestras de las aguas subterráneas que afloran de las bocas minas aperturadas y otras derrumbadas ubicados mediante GPS todas los punto de muestreo, para su análisis en forma directa con el pH-metro y Conductívimetro arrojándonos los resultados correspondientes.

Zonificación de pasivos ambientales mineros: Se han localizado los diferentes pasivos ambientales producto de las excavaciones subterráneas que se encuentran expuestas al aire libre sin ninguna remediación, mucho menos con cierre de minas que en la actualidad se exige al dejar de trabajar un yacimiento minero. Las labores subterráneas que han sido localizadas con equipos *GPS etrex-vista Garmin navegador*, con un error de 2 a 3 metros en la zona, con los que se ha determinado la ubicación de dichas excavaciones en coordenadas UTM y la altitud a nivel del mar, utilizando el sistema PSAD-56.

Area ocupada por pasivos ambientales mineros: La ubicación del área de los pasivos ambientales mineros (vista panorámica Figura N° 02) se ha realizado a través de imagen satelital del lugar, donde se observa en forma clara los pasivos producto del abandono de la mina Pompería, como es la exposición al aire libre de las canchas oxidadas que son lixiviadas con las aguas de precipitación pluvial y el drenaje de las mismas por el riachuelo que se encuentra en medio del pequeño valle de Pompería que forma una micro cuenca.

Figura 02

Imagen Satelital de los pasivos ambientales minero de Pompería



Fuente: Google maps. Que muestra la ubicación de minera Pompería

RESULTADOS:

Parámetros químicos (pH y conductividad) del agua de Pompería

pH, es el parámetro químico o indicador, que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, siendo un valor numérico y medido en una escala de 00 a 14, donde 7 implica que la sustancia es neutra, mientras que los valores de pH por debajo de 7 indican que la sustancia es ácida y por encima de 7 indican que dicha sustancia es básica o alcalina.

La medición de pH se realiza forma precisa mediante un potenciómetro cuyos resultados se muestran en la pantalla directamente que es conocido como pH-metro, que es un instrumento que mide la diferencia de potencial entre dos electrodos, siendo un electrodo de referencia que generalmente es de plata/cloruro de plata y un electrodo de vidrio que es sensible al ion de hidrógeno, lo cual en el presente estudio ha sido utilizado este instrumento, cuyos resultados se observan en el tabla 01.

Tabla 01

Resultados de parámetros químicos del drenaje de aguas de Pompería

PUNTO	DESCRIPCION DE PUNTOS MUESTREO	pH	CONDUCTIVIDAD
1	- Cabezera de riachuelo	8.4	165
2	- Unión riachuelos	8.3	506
3	- a 100 m de la bocamina	7.3	256
4	-Bocamina Pompería	6.7	485
5	- Caserío Pompería	8.5	325
6	- Puente de madera cerca al caserío	7.5	397
7	- Bifurcación de riachuelos	7.3	88
8	- Puente al frente de la bocamina	7.2	283
9	- Bocamina principal de Pompería	6.3	646
10	- Drenaje de agua ácida de zona oxidada	5.3	124
11	- Último punto de muestreo del riachuelo	6.3	483

Fuente: Elaboración propia

La tabla 01 muestra que el pH más bajo se registro en el punto 10 con un valor de 5.3 que indica que las aguas que afloran y drenan en este lugar es ácida, específicamente es un lugar donde existe escombros oxidados y además es una boca mina derrumbada a del que fluye el agua, en los otros puntos también se consideran drenaje ácida tales como el agua que sale de la boca mina principal de Pompería y aguas que fluyen de otras bocaminas, dando un resultado de drenaje de las aguas del riachuelo *ligeramente acidas*, que son aguas que provienen de la filtración de las labores mineras subterráneas, entonces en resumen estas aguas resultan de un grado de acidez leve.

La conductividad, es un indicativo de la presencia de las sales disueltas en el agua y mide la cantidad de iones de Ca, Mg, Na, P, bicarbonatos, cloruros, y sulfatos, que contienen en el líquido element. Se mide en micromhos/cm que es igual a los sólidos disueltos totales contenidos en el agua. En Pompería se ha medido este parámetro con el aparato denominado conductívimetro cuyo resultado da directamente los que dio como resultado datos bastante heterogéneas por la misma razón de que son diferentes puntos las muestras, y esto quiere decir existe regular cantidad de sales disueltos en el drenaje de aguas, tal como se observa en la tabla 01.

Drenaje de aguas en Pompería

En la localidad de Pompería, se distingue en forma clara, un drenaje superficial en la época de precipitaciones pluviales, como también por la percolación de las aguas por las rocas a consecuencia de la filtración hacia subsuelo, y que afloran por las boca minas y los manantiales de la localidad, que alimentan a los riachuelos que drenan por los valles poco profundos limitados por los cerros de Pompería, Cancharani y otros de la zona en estudio. El drenaje superficial en la época de precipitaciones pluviales es fuerte así mismo el afloramiento de aguas subterráneas es considerable, dando lugar a que las aguas que fluyen fundamentalmente de las boca minas que son ácidas aunque son de un grado leve, los que no son adecuadas para el consumo, es decir el flujo por el riachuelo es ligeramente ácido, a esto se suman la lixiviación de los residuos sólidos domésticos acumulados en las lomas y en la cabecera de los riachuelos de la localidad, así como de la socavón de Pompería (figuras 03 y 04) muestran el estado inicial de aguas variadas por drenaje ácido.



Figura N° 03: vista dentro del socavón de la mina Pompería, al lado izquierdo discurre la aguas



Figura N° 04: vista dentro del socavón, donde discurren las primeras aguas alteradas por drenaje ácido

Pasivos ambientales de actividad minera de Pompería

Como pasivos ambientales mineros considerados en Pompería son de una extensión considerable, puesto presenta montículos de desmonte o canchas de minerales oxidados que han sido extraídos del interior de la mina en años atrás, las que han sido considerados como minerales de ganga que están expuestos en la superficie al

aire libre, los cuales con el agua de las precipitaciones pluviales son lavadas los minerales de sulfuros que reaccionan y forman soluciones ácidas que drenan en la superficie y la otra parte filtran hacia las labores mineras por las grietas, hundimientos y excavaciones que están aperturadas, para luego salir a través de las boca minas como aguas ligeramente ácidas.

La tabla 02 muestra la ubicación de los desmontes oxidados y la superficie que ocupan, así como de las canchas de mineral oxidados, donde la superficie ocupada es de 750 metros de longitud y 150 metros de ancho aproximadamente, las que están ubicados cada uno de ellos en espacios diferentes, con acumulación en forma de montículos de diferente altura considerándose un promedio estimado de 5 metros de altura en los desmontes y un promedio estimado de 3 metros de altura de una forma troncocónica irregular, que son considerados como pasivos ambientales sólidos, que multiplicados por su peso específico nos arroja gran cantidad de tonelaje estimado.

Tabla 02

Ubicación de escombros de canchas de mineral y desmonte oxidados de la Mina Pompería

N°	DESCRIPCIÓN DE CANCHAS DE MINERAL Y DESMONTES OXIDADOS	COORDENADAS UTM (m) PSAD 56		COTA (m)
		NORTE	ESTE	
1	- Desmontes varios de 50 x 50 m de área	8242311	389822	3995
2	- Desmontes	8242204	389762	3906
3	- Desmontes oxidados de 50 x 80 m de área	8242164	389754	4012
4	- Desmontes rojizos de 100 x 50 m de área	8241964	389687	4033
5	- Desmontes rojizos a violáceos	8241877	389707	4027
6	- Canchas, muestreado, con oxido de limonitas	8241694	389709	4015
7	- Canchas oxidadas con hematitas	8241655	389703	4010
8	- Canchas oxidadas	8241623	389821	3998
9	- Canchas de galería principal de Pompería	8241572	389847	3985

Fuente: Elaboración propia.

DISCUSIÓN

De los resultados presentados, indican que los impactos generados en mina Pompería son evidentes, si bien son *leves*, conllevan a alteraciones de suelo fértil coincidiendo con lo señalado por Marín (2008, 2012), entre otros asociados a efectos contaminantes como Monóxido de Carbono y al Ozono Troposférico presentado por Olaya *et al* (2014). Pero sobre todo la alteración de la calidad de aguas superficiales y subterráneas por drenaje ácido provenientes de material oxidado frentes de canteras y antiguo socavón de Pompería (Milián *et al*, 2012). Toda vez, que el drenaje ácido causado por la oxidación de minerales sulfurosos al entrar en contacto con el agua y el oxígeno y por la lixiviación de metales pesados, asociados a los procesos naturales de la roca (Cardona, 2003). Proceso que altera la calidad de aguas que discurren hacia las pasturas abajo, afecta levemente al ecosistema del entorno minero. Estos organismos son más sensibles que los seres humanos a los niveles elevados de la mayoría de metales. Toda vez que la ganadería domesticada entre ovinos, vacunos y alpacas es destinada al mercado de Puno y a las otras regiones pueden ser asimilados por los organismos vivos, al ingresar en la cadena alimenticia (Bermudes, 2014).

Consecuentemente pueden inhibir el crecimiento de comunidades vegetacionales aledañas a los canales de drenaje, debido a que la acumulación de hierro y de sulfuros en la superficie de los suelos dificulta la penetración de las raíces. También, el ácido sulfúrico afecta la tasa de crecimiento de las plantas. El proceso señalado afecta necesariamente la calidad de las aguas superficiales y

subterráneas (acuíferos poco profundos), el mismo es un hecho contraproducente para las comunidades locales al limitarse o dificultar procesos de revegetación y estabilización adecuada por los residuos mineros, ya que la generación de ácido obstaculiza el establecimiento de una capa vegetal (Bermudes, 2014; Miliean, 2012).

Todos los elementos ambientales caracterizados en los escombros del entorno minero Pompería nos muestra que la roca residual contiene concentraciones elevadas de sulfatos, metales tóxicos, no-metales, y componentes radioactivos que coincide con los estudios de Cardona (2003). Escombros de rocas desechadas en la colonia, post colonia y por Minero Perú a la superficie del suelo al borde de los tajeos, contaminantes que filtran a montones de desecho por tanto existen evidencias de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

Por consiguiente, los relaves y las aguas ácidas vertidos que fluyen has pasturas abajo tienen serias consecuencias ambientales, como lo es el caso de Cerro de Pasto, Chañaral en el centro sur del Perú. Estos relaves tiene consecuencias y pasivos ambientales evidentes, no solo en las aguas sino también ellos otros procesos. Este material muchas veces contiene pH muy altos (10 a 12), así como concentraciones potencialmente tóxicas de numerosos metales y no metales, radiactividad, cianuro y compuestos orgánicos relacionados (Escobar, 2015).

Es así que los desechos o el resto de pasivos ambientales pueden contaminar las aguas superficiales y subterráneas. Los desechos mineros a pesar de numerosos reclamos por las comunidades locales, frecuentemente emiten contaminantes, especialmente donde las aguas que reaccionan tienen un pH inusualmente alto o bajo, y/o son saladas o contienen cal (Hernandez & Olloa, 2014). No obstante, las posibles acciones mitigatorias que pudieran implementarse, deben responder a un programa integral de mantención continua y a largo plazo, pudiendo ser una de las actividades ambientales más costosas relacionadas con la minería (Gonzales, 2014).

En fin, el estudio llevado a cabo bajo la mirada minero-ambiental del yacimiento inactivo Pompería, es evidente la variación de la aguas que discurren pasturas abajo por drenaje ácido tiene efecto contaminante, que en sí constituye un problema ambiental derivado de la meteorización y oxidación de los sulfuros metálicos. Escurrimiento de soluciones ácidas sulfatadas, con un contenido significativo de metales disueltos, resultado de la oxidación química y biológica de minerales sulfurados y la lixiviación de metales pesados asociados. El proceso permite proponer medidas para minimizar los efectos negativos generados por la actividad minera. A fin de evitar daños ambientales y impactos indirectos en los aspectos sociales, educacionales y turísticos de una economía puneña.

CONCLUSIÓN

En el drenaje de las aguas, el pH más bajo registra un valor de 5.3, lugar donde existen escombros oxidados donde fluye el agua ácida. El drenaje de aguas por el riachuelo es *ligeramente ácido*; por ello, es evidente la variación de la aguas que discurren pasturas abajo por drenaje ácido como efecto contaminante, que en sí, constituye

un problema ambiental derivado de la meteorización y oxidación de los sulfuros metálicos; por tanto, no aptas para el consumo humano, ni animales, ni para el riego de las plantas. Sin embargo, las pasturas del entorno del riachuelo consumidas por los ganados vacunos, ovinos y alpacas; sus carcasas vendidos en los mercados de Puno y aledaños, constituyen efectos nocivos para la salud humana. Por tanto, son elementos tóxicos contaminantes de pasturas y cuerpos de aguas superficiales y subterráneas, por los que urge ampliar la investigación e implementar medidas de mitigatorias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Aduvire, Osvaldo (2011). *Técnicas de prevención y control de generación ácida en minería*. S.V.S. Ingenieros S.A.C. Perú.
- Bermúdez A. Jelvys, et al (2014). *Estudio de la contaminación con hidrocarburos de un ecosistema de manglar en Cayo Santa María, jardines del Rey, Cuba*. Revista Investigaciones Marinas Vol. 34 Nro 1, enero-julio 2014: PP.36-48
- Borisov, S; et al(s/f). *Labores mineras*. Editorial MIR. Moscú.
- Canales, G. Ángel (s/f). *Ecología y Saneamiento ambiental*. Puno.
- Carnero C., Erasmo y Godofredo Genaro Carnero (2014). *Reseña histórica de la Mina Escuela (Pumpería)*. Apuntes de Geología. EPIG. UNA. Puno.
- Cardona, Javier (2003). *Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la microcuenca del Río La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras*. Tesis M.Sc. Turrialba, CR, CATIE. 158 p.
- Chambi A., Emilio y Escobar M., Fortunato (2015). *Incidencia de los conflictos sociales en la región Puno*. RIA. 2014; Vol 16 N° 1: 81 - 88
- Cornelius S. Huelbut, Jr. Cornelis Klein (1986). *Manual de Mineralogía de Dana*. 3ra Edición. REVERTE S.A., New York
- Dirección General de Asuntos Ambientales. (1997). *Compendio de normas ambientales para las actividades minero energéticas*. Ministerio de Energía y Minas. FIMART Editores & Impresores S.A. Lima, Perú.
- Escobar M. Fortunato (2014). *Incidencia de los Conflictos Sociales en la Región Puno*, en Rev. Investig. Altoandín. 2014; Vol 16 N° 1: 81 - 88; Puno Perú.
- Escobar M. Fortunato (2015). *fundamentos básicos de evaluación del impacto ambiental: Un enfoque integrado desde la visión Andina*, Júpiter Impresores - Puno Perú.
- Fuentes, Reynaldo Iván y Hernández Arlene-Álvarez (2014). *Gestión ambiental de canteras de materiales para la construcción en la provincia de Matanzas*. Cuba. Revista Minería y Geología / v.30 n.1 /enero-marzo /2014 / p.17-32
- Hernández, Teresa y Ulloa, Mayda (2014). *Impacto ambiental de la ampliación de una presa de colas de la industria cubana del níquel*. Revista Minería y Geología / v.30 n. 3 /julio-septiembre /2014 / p.33-48
- Hoek, E. y Brown, E.T. (1986). *Excavaciones subterráneas en roca*. Ediciones Mc Graw Hill. México.
- Instituto Tecnológico Geominero de España (1996). *Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería*. Imp. Rivadeneira S.A., 3ª Edic., Madrid.
- Instituto Tecnológico Geominero de España (1992). *Evaluación y corrección de impactos ambientales*. Imp. Graficas Monterreina S.A., Madrid,

DRENAJE DE AGUAS Y PASIVOS AMBIENTALES EN LA INACTIVA MINA POMPERIA, PUNO PERÚ

- Jimeno B., Enrique. *Análisis de aguas y desagües*. UNI. Lima.
- Llanque M., Oscar E. y otros (1998). *Explotación subterránea: métodos y casos prácticos*. Editorial Universitaria – UNA. Puno
- Marín P., Esteban (2012). *Grado de impacto ambiental por actividad minera en Pomperia – Puno*. Informe final de investigación presentada a la DUI - UNA – Puno.
- Marín P., Esteban (2012). *Manual de maquinaria minera*. FIM-UNA. Puno
- Marín P., Esteban (2011). *Labores mineras subterráneas antiguas y su impacto ambiental en el Barrio Manto de Puno*. Trabajo final de investigación presentada a la D.U.I.-UNA-Puno
- Marín P., Esteban (2008). *Nivel de contaminación de las aguas por la lixiviación de residuos sólidos del botadero de Cancharani-Puno*. Informe de investigación presentada a OUI-UNA-Puno.
- Marín P., Esteban (2004). *Calidad de las aguas subterráneas que afloran al noroeste de la ciudad de Puno y medio ambiente*. Trabajo final de investigación presentada a DUI – UNA - Puno.
- Milián, Estrella; y otros (2012). *Evaluación minero - ambiental del yacimiento polimetálico Santa Lucía, Pinar del Río, Cuba*: revista Minería y Geología / v.28 n.3 / julio-septiembre / 2012 / p. 18-49.
- Ministerio de Energía y Minas e Instituto de Ingenieros de Minas de Perú. *Minería y medio ambiente*. Revista
- Ministerio de Energía y Minas (1995). *Guía para el manejo de relaves de minas y concentrados*. Dirección General de asuntos Ambientales. Lima. Perú.
- Mora E., Gil (1998). *El agua y el aire en la salud ambiental*. Maestría en salud pública. UNSAAC. Cuzco. Perú.
- Rojas David y otros (1988). *Geología General*. Guía de Practicas. Lima, Perú
- Sánchez Rial, José Enrique y Ferreira Centeno, Juan Pablo (2011). *Drenajes ácidos de mina: alternativa de tratamiento*. Secretaria de minería de Córdoba. Argentina
- Seonez Calvo, Mariano (1998). *Medio ambiente y desarrollo: Manual de gestión de los recursos en función del medio ambiente*. Edic. Mundi-Prensa, España.
- Sierra Ramirez, Carlos (2011). *Calidad de agua-evaluación y diagnóstico*. Ediciones universidad de Medellín. Bogotá. Colombia.
- Tremblay, Gilles A. y otros (s/f). *Iniciativas en natural resources Canada para la gestión de las minas huérfanas y abandonadas*. CANMET-Mining and Mineral Sciences Laboratories. Ottawa. Canadá.
- Torres V., Luis (s/f). *Principios generales para la evaluación de proyectos*. UNALM. Lima.
- Urtado C., Ángel Mario (2008). *Los Salcedo San Luís de Alba y Puno*. Instituto Nacional de Cultura. Puno. Perú.

