Horizonte Académico
Revista Multidisciplinaria
Recibido:12/10/2024 Aprobado:20/11/2024

DOI: https://doi.org/10.70208/3007.8245.v4.n2.35

Contaminación de aguas y suelos en el municipio de machacamarca y comunidades colindantes, por descargas líquidas residuales mineras

Zulema Zeballos López
zzeballos1975zu@gmail.com
https://orcid.org/0000-0001-8915-3377
Universidad Técnica de Oruro
Bolivia -Oruro

RESUMEN

La actividad minera en la región de Machacamarca y la cuenca Huanuni ha generado una grave contaminación ambiental, provocando la degradación de suelos y ríos afectando directamente a las comunidades locales y a la biodiversidad de la zona. Los principales contaminantes son los metales pesados como el cadmio, plomo y arsénico, los cuales se encuentran en concentraciones muy elevadas a los limites según reglamentación ambiental. Estos residuos tóxicos provienen de la descarga directa de afluentes mineros, del drenaje acido de mina y del uso indiscriminado de químicos en los procesos mineros. Son innumerables las consecuencias de esta contaminación, originando más pobreza por la falta de productividad. La consecuencia es especialmente critica en el municipio de Machacamarca, donde se encuentra la mayor área contaminada con sedimentos mineros, representando una amenaza para la salud de las comunidades y el medio ambiente. La investigación fue cualitativa al identificar factores ambientales contaminados en varíos puntos geográficos del área d estudio. Por otra parte, se utilizó el método cuantitativo In situ a través del análisis físico químico de muestras de aguas contaminadas por las actividades mineras, con la emisión de resultados que evidenciaron parámetros de acidez y conductividad por encima de los parámetros establecidos en la norma ambiental de Bolivia.

Palabras clave: contaminación, minería, suelos, machacamarca

Water and soil contaminationin the municipality of machacamarca and surrounding communities, due to mining wastewater discharges

ABSTRACT

Bolivia's economy has been linked to mining activities since its founding. As a result of this activity, the land has endured and continues to endure strongly negative environmental impacts, causing dire consequences for all mining areas and surrounding communities. Mining exploitation is an activity that, despite the risks involved, is undertaken daily by residents who have mineral deposits in their territories, under precaríous conditions that exacerbate environmental problems by using chemical reagents in their operations without control or precaution. Through varíous academic and private studies, short- and long-term environmental and socioeconomic impacts of mining during its operational processes have been evaluated at different levels in communities and areas near the municipality of Machacamarca. To fulfill the research objectives, it is of utmost importance to evaluate the environmental impacts generated by mining exploitation, the concentration process in mining mills using chemical reagents, and the mining waste discharged into rivers, silting large areas of soil, and creating lifeless rivers, with numerous communities consequently plunged into poverty. Mining is a real alternative for generating economic resources for the population living throughout the study area; therefore, it will be necessary to assess the negative environmental and socioeconomic impacts generated in the short and long term.

Keywords: pollution, mining, soils, machacamarca

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar Todo el contenido de Horizonte Académico- Revista Científica, publicado en este sitio están disponibles bajo Licencia Creative Commons

INTRODUCCIÓN

La economía de Bolivia, desde su fundación estuvo ligado a la actividad minera, a raíz de dicha actividad los suelos soportaron y aun soportan los impactos ambientales, fuertemente negativos generando consecuencias funestas a todas las zonas mineras y a las comunidades aledañas.

La explotación minera es una actividad que a pesar de los riesgos que conlleva, es una labor que se encara cotidianamente por pobladores que cuentan en sus territorios con yacimientos mineralógicos, bajo condiciones precarias y que ahondan mucho más la problemática ambiental por utilizar en sus labores reactivos químicos sin control ni precaución. Por otra parte, algunas cooperativas, empresas privadas y estatales demuestran que sus actividades generan una degradación ambiental, por consecuencia la perdida de la biodiversidad comprometiendo la capacidad de desarrollo de futuras generaciones. A través de varios estudios académicos y particulares se evaluaron a corto y largo plazo los impactos ambientales y socioeconómicos que la minería ocasiona durante el proceso de sus operaciones en diferentes niveles en comunidades y zonas cercanas al municipio de Machacamarca.

Es de suma importancia, para cumplir con los objetivos de la investigación, evaluar los impactos ambientales que genera la explotación minera, el proceso de concentración en los ingenios mineros con el uso de reactivos químicos, los desechos mineros que se vierten al río, colmatando grandes extensiones de suelos provocando ríos sin ningún tipo de vida, en consecuencia, numerosas poblaciones sumergidas en la pobreza. L a minería es una alternativa real para la generación de recursos económicos de la población que habita en toda la zona de estudio, es así como será necesario evaluar los impactos ambientales negativos y socioeconómicos que se generan a corto y largo plazo.

Toda la cuenca del lago Poopó-Uru Uru abarca a 14 municipios, los siete municipios más afectados por la minería se concentran en la región noreste de la cuenca de Oruro, Huanuni, Poopó, Antequera, Pazña, Machacamarca y Challapata. (Perales, 2010).

La cuenca del río Huanuni ocupa una superficie de 726.59 Km2; el punto más bajo de la cuenca se halla a 3.735 msnm (salida de la cuenca), mientras que su punto más alto está situado a una cota de 4.820 msnm. El cauce principal de la cuenca es el río Huanuni denominándose a partir del pueblo de Sora Sora

en río San Juan de Sora Sora, el cual tiene una longitud aproximada de 52 Km y una pendiente promedio de 1.55%. (Zamora E., 2012). Los suelos de las zonas circundantes a la Cuenca Huanuni y el municipio de Machacamarca no está al margen de la contaminación de suelos, provocados por la contaminación minera provenientes de los centros mineros de Huanuni, Santa Fé, Moroco cala, Japo y otras cooperativas mineras privadas que realizan actividades de tratamiento de concentrados que descargan directamente al río Huanuni, sin ningún tipo de tratamiento, es una realidad que estos suelos presentan fuertes niveles de degradación, salinización de suelos (Sora Sora, Realenga, Toraca Baja, Toraca Alta, Alantañita, Caravi, Cochipiacala, Sora y Machacamarca). (Jemio, 2017).

Se ha evidenciado que estas comunidades presentan suelos pobres de cobertura vegetal efecto de las condiciones naturales del área, pero sobre todo por el escurrimiento de aguas acidas de las explotaciones mineras y el proceso de concentración en los ingenios mineros, ocasionando el taponamiento de los suelos dejándolos sin capacidad de producir alimentos. Las actividades mineras que se desarrollan en la Cuenca Huanuni, realiza descargas de colas directamente al río Huanuni, esta situación significa un grave impacto al área, situando a la población circundante en una situación de riesgo debido a las características de las descargas, mismas que son causantes de la acidificación de las aguas, la deposición de metales pesados, aportando además un total de 15557 kg/día de sólidos suspendidos, 5390 kg/día de cloruros, 1363 kg/día de Zn, 0.124 kg/día de As, 24.46 kg/día de Cd y 1.63 kg/día de Pb al lago Poopó. (Zamora E., 2012).

Las subcuencas de los ríos Desaguadero, Huanuni, Poopó y Antequera, son cuencas tributarias del Lago Poopó ubicadas en la parte Norte y Nororiental del lago. Están ubicadas en las zonas donde existe mayor flujo de agua en toda la cuenca, y precisamente allí es donde se han asentado las operaciones mineras. En esta zona, los estudios de calidad de las aguas evidencian una contaminación hídrica, pues revelan la presencia de pasivos ambientales mineros, drenaje ácido de roca y metales traza, así como altos niveles de acidez de las aguas. Así mismo esta zona está estrechamente relacionada con las fluctuaciones de los precios de los minerales (estaño, plomo y plata) en los mercados mundiales y la necesidad de fuentes de trabajo de la fuerza laboral local (CEDLA, 2008).

De hecho, los estudios hidroquímicos realizados en las cuatro subcuencas revelan la existencia de elementos clásicos como el sodio y cloruro, así como metales pesados como el plomo y arsénico en el río Desaguadero; mientras en el río San Juan de Sora Sora (Huanuni) se halló como elemento clásico al sulfato y los siguientes metales pesados: cadmio, plomo, arsénico, hierro y zinc. En el río Poopó se encontró elementos como el sodio y sulfato y metales pesados como el cadmio, plomo y arsénico.

En el Río Pazña (Antequera) se hallaron elementos como el sodio y sulfato y metales pesados como el cadmio, arsénico y zinc. En todos los casos, estos elementos superaron los límites permisibles por la legislación boliviana relativa a la prevención y control de la contaminación hídrica (Quintanilla y García, 2009). Los suelos de las zonas circundantes a la Cuenca Huanuni por efecto de la disposición de residuos sólidos y descargas de colas presentan fuertes niveles de degradación y salinización de suelos (Sora Sora, Realenga, Toraca Baja, Toraca Alta, Alantañita, Caravi, Cochipiacala, Sora y Machacamarca). (D.S. N° 335, 2010).

En el municipio de Machacamarca la combinación de factores como ser: las condiciones climáticas adversas y la contaminación de suelos por metales pesados, principalmente plomo y cadmio proveniente de la empresa Huanuni y cooperativas mineras, reduce significativamente la capacidad agrícola productiva.

La contaminación altera la estructura del suelo y disminuye la capacidad de drenaje, lo que provoca la saturación de los suelos y dificulta el desarrollo de cualquier actividad agropecuaria de las familias.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación sobre la determinación de contaminantes en los causes naturales de aguas en proximidades a la localidad de Machacamarca y comunidades aledañas, se llevó a cabo aplicando dos procedimientos que permitirán identificar el grado de contaminación en aplicación y cumplimiento de la Ley Ambiental N° 1333 por las actividades mineras ubicados en la zona de investigación.

a) Método Cualitativo

La investigación cualitativa identificó el entorno social, la calidad de vida ambiental de las familias en el Municipio de Machacamarca y comunidades aledañas, que están próximas a los terrenos

contaminados, realizando principalmente entrevistas sociales a los pobladores cercanos.

b) Método Cuantitativo

La investigación se llevó a cabo de manera objetiva, mediante análisis fisicoquímicos realizados in situ, los resultados evidenciaron el grado de contaminación de las aguas causado por actividades mineras.

1. Localización

Toda la cuenca del lago Poopó-Uru Uru abarca a 14 municipios, los siete municipios más afectados por la minería se concentran en la región noreste de la cuenca de Oruro, Huanuni, Poopó, Antequera, Pazña, Machacamarca y Challapata. (Perales, 2010).

La investigación se desarrolló en la segunda sección Municipal de la provincia Pantaleón Dalence que corresponde al municipio de Machacamarca que territorialmente limita al norte con el municipio de Soracachi, al sud con el municipio de villa Poopó, al este con el municipio de Villa Huanuni y al oeste con el municipio del Choro, con una extensión territorial aproximadamente de 25 Km^2.

METODOLOGÍA

El estudio se realizó en las siguientes fases:

Trabajo de gabinete	Trabajo de campo
Revisión bibliográfica	Reconocimiento del área de estudio
Acopio de información relacionado al tema	Monitoreo de la calidad de agua de los operadores mineros, ríos principales (Río Japo, Santa Fe, Payrumani, Huanuni, San Juan de Sora Sora), utilizando equipo de laboratorio multiparamétrico
Sistematización de información	Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo de aguas.
Elaboración de cronograma de actividades	Descripción de suelos y vegetación
Análisis de los resultados	. Ubicación geográfica del área afectada
Redacción del documento	.

En el trabajo de campo se utilizó el equipo de laboratorio multiparamétrico portátil para la cuantificación de parámetros in situ, como pH, temperatura y conductividad, analizando el estado químico de la

muestra; la calibración y esterilización de los instrumentos y materiales se realizó previo al desarrollo del muestreo en el área de estudio. Se seleccionó como puntos de muestreo los factores ambientales de la calidad del agua en diversos sitios estratégicos que se traducen en los principales ríos de la región: Japo, Santa Fe, Payrumani, Huanuni, San Juan de Sora Sora, estos puntos incluye áreas clave de descarga y de acumulación de sedimentos, como la salida de los desechos generados en el ingenio Santa Elena de la Empresa Minera Huanuni, la salida de las lagunas de sedimentación en el puente Playa Verde, cuya área tiene la finalidad de reducir la carga de contaminantes que fluye hacia el río de Huanuni, la salida de la mina de Moroco cala, el canal de salida en la mina de la Cooperativa Santa Fe, se apreció que el agua que fluye de interior mina, no tiene un tratamiento continuo por lo que las aguas que salen tienen parámetros fuera de norma.

En la cooperativa de Japo se determinó dos puntos de muestreo, en el ingenio de concentración de minerales y en la salida de la bocamina donde se cuenta con un sistema de tratamiento del agua que sale de interior mina, pero también se evidenció que el tratamiento es inestable por diversos factores que van desde lo económico hasta la falta de control.

En el río Payrumani se consideró el tramo que atraviesa la comunidad Florida, específicamente bajo el puente del mismo nombre. En el municipio de Machacamarca se incluyeron los siguientes puntos: En la laguna de evaporación del ingenio, bajo el puente y detrás del cementerio.

La toma de muestras in situ implica seguir una serie de pasos estandarizados que garanticen la representatividad, precisión y seguridad de los datos obtenidos, en primer lugar, es fundamental identificar los puntos estratégicos donde las muestras serán más representativas. Así mismo es indispensable disponer del equipo adecuado que incluye recipientes de plástico esterilizados y libres de contaminación, termómetro, pH- metro, conductímetro, guantes, gafas de protección y la libreta para registrar los parámetros observados.

El muestreo de aguas exige procedimiento estandarizados, como el lavado previo del frasco con agua del sitio y la medición de la temperatura, que influye en parámetros como el PH y la conductividad.

También se evalúan características organolépticas, como olor (metálico, o a huevo podrido) y colores típicos de aguas de mina (anaranjado, café o amarillo verdoso).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Dr. Gerardo Zamora, en su libro Bases Técnicas para la Implementación de la Economía Circular en Operaciones Minero Metalúrgicas, enfoca la gran cantidad de residuos mineros existentes en la subcuenca de Huanuni y los procesos minero metalúrgicos que se desarrollarían en base a estos residuos generados Corroborando la problemática ambiental evidenciada en esta investigación.

CEPA. Publicó varios artículos que evidencia la injusticia ambiental que sufren las comunidades, al perder su capacidad productiva por el vertido de residuos mineros en los ríos de la subcuenca de Huanuni, los informes más relevantes que muestran esta realidad son: Posición de las comunidades afectadas por la contaminación minera frente a la aprobación de la ley minera, también las Demandas de las comunidades afectadas por la contaminación minera y la responsabilidad socio- ambiental de las operadoras mineras, por otra parte el articulo Oruro no se hizo rico con la minería.

El artículo Las Huellas de la Investigación sobre Contaminación Minera en Oruro y Potosí. por Rita Gutiérrez Agramont, muestra “La problemática ambiental de la región occidental relacionada con la actividad minera, los impactos generados por esta actividad y la incidencia en el deterioro permanente de los ecosistemas y la degradación del medio ambiente”, prueba, que no es suficiente solo el componente técnico para evidenciar los impactos negativos y entender en su amplitud la problemática ambiental planteada; que hasta el día de hoy no se accionaron adecuaciones y remediaciones ambientales en toda el área de estudio.

Existe varias coincidencias de impacto ambiental en el presente trabajo de investigación en comparación con la contaminación en la cuenca del río Pampa Huari que se encuentra al sur de Bolivia, asentada en la ciudad de Potosí. Esta es una cuenca drenada por diferentes afluentes que dan origen al río Tarapaya, donde es uno de los principales tributaríos del río transfronterizo Pilcomayo, que hace parte sistema hidrográfico de la macrocuenca del Plata. En la cuenca alta y media se encuentran los tramos de río en conflicto, se realizó una evaluación de la calidad de agua con el fin de determinar la vulnerabilidad de

las comunidades a la contaminación. Como resultado, se identificó que el mayor riesgo ante el cual están expuestas es el consumo de agua con altos contenidos de plomo. Yesica Rodríguez.

4.1 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL MINERA EN LA ZONA DE INVESTIGACIÓN

La contaminación de las aguas y suelos del municipio de Machacamarca deriva de los afluentes que se vierten a los ríos de la cuenca de la región, llegando al río San Juan de Sora Sora a través del río Payrumani provocando un ensanchamiento del curso natural.

Las aguas contaminadas del río, con altas concentraciones de minerales y metales pesados son aprovechadas por los mineros en áreas concesionadas a los cooperativistas mineros, que trabajan extrayendo de manera extremadamente rudimentaria en aguas residuales mineras, provocando el desborde y la contaminación del suelo donde se depositan los pasivos mineros.

4.1.1. Contaminación por pasivos mineros

En estudios por Zurita, M. 2002, determinaron la acumulación de pasivos ambientales en la subcuenca Huanuni, siendo los principales terrenos donde existe acumulación de residuos mineros las comunidades de Japo, Moroco cala, Santa Fé, Huanuni, Sora Sora y Machacamarca, de características sulfurosas y por tanto muy favorables a generar drenaje ácido de roca. En el siguiente cuadro se detalla el área y volumen de los pasivos mineros, en lo que corresponde al municipio de Machacamarca.

Cuadro n.º 1. Área y volumen de pasivos

Área	Depósito de colas	Área miles de m^2	Volumen en m^3	Tonelaje Miles de Tn	Área cubierta en miles de m^2
Río	Japo	83.0	388	681	83
Payrumani	Moroco cala	8.5	72	108	10
	Santa Fé	9.0	42	68	9
Río Huanuni	Porvenir	108.5	1463	2365	318
	Duncan	8.56	24	36	22
	Machacamarca	288	492	779	290

Fuente: Estudio PPO. 1996

De acuerdo a los estudios técnicos del Proyecto Piloto de Oruro (1996), indica que la categoría de riesgo se determina por el contenido de cadmio y la prioridad de mitigación por la cantidad total de tonelaje.

El estudio determinó en sus resultados al municipio de Machacamarca que tiene la mayor cantidad de área expuesta con sedimentos mineros con un valor de 288.460 m^2 (28.846,00 Has), siendo su categoría de riesgo la más alta en comparación con los otros distritos, por tanto, la prioridad de mitigación también es la más alta.

Cuadro n.º 2. Categoría de riesgo y prioridad de mitigación de residuos mineros

CATEGORÍA DE RIESGO Y PRIORIDAD DE MITIGACIÓN DE RESIDUOS MINEROS									
Depósito de residuos	Área expuesta en m^2	Flujo lixiviado m^3/año	TRANSPORTE					Categoría de riesgo	Prioridad de mitigación
			Cu% del total	Zn% del total	Cd% del total	Pb% del total	Total Ton		
Japo	7.750	465.000	0.40	0.14	0.63	0.00	67.600	2	8
Moroco Cala	8.500	510.000	0.01	0.01	0.06	4.40	50.400	1	9
Santa Fe	9.000	540.000	0.85	16.90	7.40	13.20	896.500	5	5
Machaca-marca	288.460	17.308	17.10	12.90	15.00	15.0	1923.300	7	3
Huanuni	108.500	6.510	7.77	2.73	2.01	18.90	481.500	3	7

Fuente: Estudio PPO. 1996

a) Llanura fluvio lacustre inundable

Geológicamente presenta suelos formados por sedimentos arenosos en la capa superficial, lo que dificulta la retención de nutrientes y un subsuelo franco a franco arcilloso. Estos suelos presentan un pH neutro, con baja fertilidad y deficiencias en materia orgánica, nitrógeno, y fosforo, además de ser altamente susceptibles a la erosión eólica. Clasificados como tierras no arables, Clase V, son aptos principalmente para pastoreo extensivo, en algunas áreas podrían destinarse para el cultivo de la quinua clase IV (tierras arables) pero requieren prácticas integrales de manejo y conservación para reducir su vulnerabilidad a la erosión.

b) Situación ambiental de la flora

De acuerdo a los estudios del PPO, 1996, el incremento expansivo de la actividad humana modifica continuamente el hábitat, en la subcuenca Poopó se tienen trece comunidades vegetales, de éstas, tres son vulnerables a la actividad antrópica y natural, estando representadas por matorrales de thola localizada en la planicie no inundable y totora en el lago Uru- Uru.

4.1.2. Contaminación del suelo

a) Fuentes Puntuales de Descarga y Contaminación - Centro Minero Huanuni

Una de las principales fuentes de contaminación del suelo es el río Huanuni, que se encuentra en todo el sistema de la actividad minera de Huanuni; existen dos tipos de descarga con metales: agua de mina y agua de proceso del ingenio de Santa Elena. En el caso del agua de mina, esta proviene del bombeo para el desagüe de las partes más profundas de la mina Huanuni; es evacuada a un tanque de recolección y continua al ingenio, una fracción es utilizada como agua de proceso, el consumo total es de 1180 m^3/h; debido a su corrosividad se evita su uso, aunque en estaciones secas se llega a utilizar hasta 72 m^3/h como máximo; el excedente desborda del tanque y fluye entre los residuos que se encuentran debajo y alrededor del tanque. PMIC. Sora Sora, 2008.

Las concentraciones de los metales que arrastran estas aguas, se tienen las siguientes tasas de transporte para cada metal de importancia. PMIC. Sora Sora, 2008.

Cuadro n.º 3. Tasa de transporte agua de mina huanuni
Flujo normalizado=19 l/s; conductividad=1.04-3.55ms/cm

Elemento	Rango de Concentración mg/l	Tasa de Transporte Tn/año
$SO4^2$	2138- 2817	1400
Zn	13.8- 132	55
Cd	4- 23.6	2.4
Cu	0.02 – 0.2	6.2
Pb		0.1

Fuente: PPO 9612: impacto de la minería: extracto
tabla 4.1 concentracion de algunos elementos y flujo estimado de agua de mina Huanuni, pag.24

Los ríos Huanuni y Santa Fe se caracterizan por concentraciones elevadas de Fe, Zn, Mn; las concentraciones de Cu y Cd son medianamente altas. En general todos estos metales sobrepasan los límites permisibles. Como observamos en el cuadro N.º 4 estas características se mantienen para el río San Juan de Sora Sora. La contaminación de las minas con Drenaje Acido de Mena (DAM) y los ingenios por el empleo de reactivos químicos como cal, ácido sulfúrico, cianuro de sodio, sulfato de cobre, xantatos y ditio fosfatos, además de una diversidad de compuestos orgánicos como aceites y otros de los centros mineros de Huanuni, Santa Fe Japo y Moroco cala, afectan directamente la calidad de los ríos receptores debido a que no emplean ningún tipo de control ambiental para reducir el impacto que ocasionan. A lo largo del lecho del río, estas colas son reprocesadas por las cooperativas. Según el proyecto (PPO 9612), en 1994 el flujo de residuos del ingenio Santa Elena alcanzo a 84000 toneladas de colas arenosas, 11000 tn. de colas piritas del circuito de flotación y 23000 toneladas de colas finas y lamas del circuito de recuperación de agua.

La fuente de agua del socavón Paco, es una fuente que no tiene contaminación ambiental; sin embargo, al pasar por los pasivos del socavón, su pH baja de 6.7 a 5.5 y su conductividad aumentan a 1500 µmS/cm.

Cuadro n.º 4. Promedio de flujo de metales de contaminación aguas abajo del ingenio santa elena (kg/día)

Peso en bruto	Metales disueltos	Sólidos en suspensión	Colas de arena	Colas finas(lamas)	Colas de flotación
			230000	63000	30000
Fe	4420	9500	6900	10500	16800
Cu	140	180	90	230	170
Zn	790	140	50	270	120
As	20	80	90	70	170
Cd	19	2	1	4	2
Sn	0.4	1990	1150	1370	290
Pb	10	45	14	33	36

Fuente: PPO 9612: impacto de la minería, promedio de flujo de metales de contaminación estimado aguas abajo del ingenio de mina Huanuni, pag.28

b) Distrito Japo y Santa Fe

Desde el cierre de la mina Japo en el año1989, son las cooperativas que emprenden trabajos a pequeña escala; para lo cual se bombea el agua de mina intermitentemente, cuyo pH es de 2.03 y una conductividad eléctrica de 1873µS/cm. (PPO, 1996).

El agua utilizada en el ingenio Santa Teresa es directamente vertido al río Japo sin ningún tratamiento.

En la cooperativa Santa Fe, el tratamiento de agua de mina se lo realiza en interior mina con cal, hasta alcanzar un pH de 3, conductividad eléctrica de 2630 µS/cm, por tanto, el DAR es vertido al río Santa Fe previo tratamiento y monitoreo permanente por parte de la cooperativa. (PPO, 1996).

Cuadro n.º 5. Concentracion maxima y minima de contaminantes en los ríos de santa fe y huanuni

Efluente	Ubicación punto de monitoreo	Períodos monitoreos	pH	Conduc µS/cm	Valor	Cl mg/l	SO4 mg/l	Ag mg/l	Cd mg/l	Cu mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	Pb mg/l	Sn mg/l	Zn mg/l	As mg/l
Río Japo	Salida del ingenio	-	2.03	1873 µS/cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Río Santa Fe Japo	La escalera 2.9 Km NE de Pairumani aguas abajo de la confluencia (Material percolado: Sustrato de lava colas piríticas	25-8-94 27-3-96	2.75	1994 µS/cm	Min Max	49 189	120 0 3000	0.01 0.25	0.9 4.8	1.7 7.6	73 910	3.4 34	0.0001 3.2	0.001 1.4	40 190	0.1 0.2
Río Santa Fe Japo	La escalera 3.5 Km NE de Pairumani aguas arriba de la confluencia (Material percolado: Sustrato de lava colas piríticas)	25-8-94 27-3-96			Min Max	18 161	2.9 2200	0.01 0.04	0.6 3.0	0.7 6.5	6 320	5.9 40	0.0001 0.7	0.001 0.8	64 250	5.3 150

Río Huanuni	Pata Huanuni 3.0 Km E del pueblo de Huanuni, aguas arriba río Tocotoconi (Material percolado: Sedimentos aluviales en Bedrok paleozoico.	15-9-94 25-3-96			Min Max	12 46	26 95	0.0001 0.001	0.002 0.012	0.02 0.029	0.05 1.84	0.02 0.086	0.005 0.010	0.06 0.014	0.03 0.954	0.007 0.009
Río Huanuni	Dique de bombeo 0.5 Km N de Venta y Media río Venta y Media, material percolado: Sedimentos aluviales pocos depósitos de colas	10-6-94 10-8-94			Min Max		0.1 0.1	0.002 0.004	0.004 0.009	0.02 0.075		0.01 0.002		0.006 0.008	0.002 0.019
Río Huanuni	Playa Verde 4.0 Km NO del pueblo de Huanuni, aguas arriba río Venta y	7-9-94 25-3-96	2.96	3.42 mS/cm	Min Max	64 110	110 2600	0.01 0.03	0.2 1.0	1.1 18.0	6 1100	2.6 39	0.001 0.2	0.01 14	7.9 540	

	Media, material percolado: Sedimentos aluviales y colas reprocesadas.															
Río Huanuni	Paco Pampa 14.4 Km NO del pueblo de Paco Pampa aguas debajo de aguas calientes, material percolado: Sedimentos aluviales y depósito de colas.	29-8-94 25-3-96	2.82	1849 µS/cm	Min Max	26 100	330 1800	0.01 0.02	0.2 1.5	0.6 7.8	1.0 240	7.6 39	0.00 8 0.4	0.02 1.1	0.02 57	0.00 02 0.02

Fuente: PPO-9612

De acuerdo a la información consultada, las concentraciones de sulfato, como parámetro de descarga de DAR, se puede apreciar que en la subcuenca de Japo no tiene variación apreciable durante todo el año, debido a que se tiene un flujo muy bajo, capaz de diluir todo el residuo oxidado que en pocas ocasiones genera un drenaje de pH entre 2.5 a 3,4 con una concentración de sulfatos alrededor de 3000 mg/l.

El río de Huanuni es alimentado por descargas de DAR de la parte superior, que sin embargo se diluyen rápidamente por el elevado caudal; en este caso, a pesar de la dilución, las concentraciones se incrementan aguas abajo; esto se debe a las colas oxidadas que se sedimentaron en el lecho del río. Por otro lado, las concentraciones de cobre, hierro y plomo del sistema del río Santa Fe son iguales a las concentraciones en las descargas de Japo y Morco cala; habiendo variaciones por encima en zinc y por debajo en cadmio.

Cuadro n.º 6. Flujo anual de contaminantes en toneladas/año

Contaminante	Río Santa Fe	Río Huanuni	Total
Sulfato	20000	20000	40000
Cloruro	590	1000	1590
Zinc	1300	530	1830
Cadmio	12	12	24
Cobre	13	44	57
Plomo	0.3	2	2.3
Arsénico	0.8	0.2	1
Antimonio	2	5	7

Fuente: PPO 9612: impacto de la minería; extracto tabla 5.1flujo anual de contaminantes

Cuadro n.º 7. Monitoreo de río san juan de sora sora, consecuencias de los aportes de las subcuencas superiores concentración máxima y minima de contaminantes del río san juan de sora sora

Efluente	Ubicación punto de monitoreo	Períodos monitoreos	pH	Condu. S/cm	Val	Cl mg/l	SO_4 mg/l	Ag mg/l	Cd mg/l	Cu mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	Pb mg/l	Sn mg/l	Zn mg/l
Río San juan de Sora Sora	Sora Sora 1.9 Km SE. Del pueblo de Sora Sora río san juan de Sora Sora Material percolado sedimentos aluviales	26-4-95 25-8-96	3.4	2420	Min	28	490	0.01	0.3	0.7	6	0.01	0.0001	0.0001	14
					Max	180	2000	0.9	1.1	2.5	6.5	34	0.1	0.5	95
Río San juan de Sora Sora	Puente camino principal sobre el río Sora Sora 2.5 Km (material parcelado) sedimentos aluviales arenosos contaminados por colas	13-7-94 25-3-96	3.4	2420	Min	25	480	0.004	0.3	1.0	0.7	5.6	0.01	0.004	12
					Max	220	2100	0.22	1.3	3.1	3.60	33	0.8	0.8	91

Río San juan de Sora Sora	Ruta Caravi 1.7 Km. al SO. de Machacamarca en San Juan de Sora Sora, propiedad de infiltración (material percolado: lecho arenoso muy suave contaminado por colas.	1-11-95 25-3-96	3.7	1510	Min Max	35 235	530 2600	0.3 1.5	3.5 250	5.9 49	0.0001 0.2	0.0001 0.2	14 103

Fuente: PPO:96/12 Impacto de la minería; extracto tabla 5.2 concentración de cloruros y metales de ríos que drenan los distritos mineros.

El río San Juan de Sora Sora, con los resultados del monitoreo in situ del pH, como parámetro referencial de contaminación, se observa la naturaleza de su contaminación. Las concentraciones de contaminantes en el seno del río confirman el alto riesgo ambiental que conlleva el río San Juan de Sora Sora que es uno de los aportes al brazo izquierdo del río Desaguadero que va a desembocar primero al lago Uru-Uru y posteriormente al lago Poopó.

c) Caracterización de suelos

La Cordillera Occidental, es una zona minera, con minerales polimetálicos como el estaño, plata, zinc y otros. Los suelos cercanos a los centros mineros presentan contaminación por metales pesados (mercurio, plomo, cadmio, etc.) lo que afecta la fertilidad y aumenta la toxicidad, estos suelos tienen baja porosidad, alta compactación y bajo contenido de materia orgánica, lo que dificulta la infiltración de agua, reduce la retención de nutrientes y favorece la erosión. En las zonas periféricas al Poopó y Uru-Uru, cuya extensión abarca aproximadamente 2450.5Km2, existe una compactación y estratificación de suelos, debido fundamentalmente a la descomposición de vegetación, lo que posteriormente se convierte en materia orgánica (recubrimiento de una capa de arena limosa).

Orsag (1994 y 2001) menciona que los suelos jóvenes de las serranías y colinas del altiplano, formados sobre materiales ricos en metales y que no han sufrido alteraciones marcadas debido al clima seco y frío de la región, pueden presentar contenidos importantes de metales como el arsénico, gracias a la acción de la materia orgánica y arcilla que ayudan a fijarlos luego de su mineralización. Mientras que los suelos de la parte plana de la cuenca (llanura del Poopó), tienen menos metales, debido a su formación con materiales heterogéneos transportados de diferentes lugares de la cuenca.

d) Concesiones y operaciones mineras en el sector

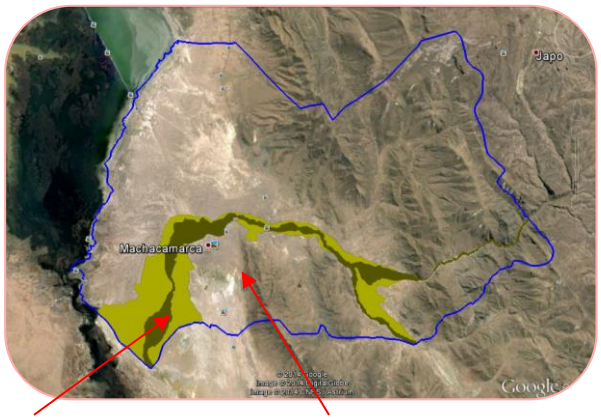
La presencia de metales pesados en las aguas del Lago Poopó está directamente relacionada con operaciones mineras que se desarrollaron en el pasado y que han dejado pasivos ambientales mineros y descargas de aguas ácidas de mina que contribuyen a la carga permanente de metales disueltos al lago; asimismo, operaciones mineras que, pese a contar con las normativas ambientales vigentes, aún continúan con sus descargas de colas de sus operaciones a los cuerpos receptores acuosos. ALT, 1996.

5. Ubicación del estudio y análisis de suelos referenciales

El área contaminada con sedimentos de los ingenios mineros de Huanuni, Machacamarca, y cooperativas mineras privadas, donde no queda rastros de especies vegetales abarca una extensión de 2332 Has. Siendo la superficie del lecho del río 1275 Has, lo que hace una superficie total afectado de 3607 Has.

Para la elaboración del mapa, se utilizó el apoyo de sistemas de información geográfica en entorno de Arc Gis, la determinación del área del lecho del río y de los suelos afectados se utilizó las herramientas de Arc Tool Boox, Raster Calculator.

Figura Nº 1. Ubicación del lecho del río y suelos afectados por contaminación minera



Lecho del río Suelos afectados

Figura Nº 2. Ubicación del municipio en 3D de la zona



También se verificó la presencia y desaparición de especies nativas, las especies que presenta resistencia a la contaminación del suelo es la paja brava y cauchi, sin embargo, con el paso del tiempo estos son quemados por los óxidos y sulfuros de los sedimentos ácidos y agua ácida. https://www.youtube.com/watch?v=foIpkzhnv3U.

Los suelos de la zona de Payrumani, son planas a casi planas con suelos profundos. La textura en las capas superficiales es franco arcillo limosa, mientras que en el subsuelo aumentan los contenidos de

arena y limo y disminuyen los contenidos de arcilla. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es moderado en estos suelos.

La conductividad eléctrica (CE), son suelos con problemas de acumulación de sales, especialmente en la capa arable, por consiguiente, presentan limitaciones para algunos cultivos y su uso para una agricultura de riego. De acuerdo a sus características y limitaciones, estos pertenecen a las Tierras No Arables (clase V), con limitaciones de suelo y clima, son más aptos para pastos.

De acuerdo al Cuadro N° 8, los suelos presentan un pH entre 3.9 a 7.6 (suelos ácidos a ligeramente alcalino)

Cuadro n° 8. Caracterización físico- químico de suelos de payrumani

Payrumani		Propiedades físicas				Propiedades químicas					
horizonte	Prof.	Textura				pH	CE	Cationes intercambiables			
	cm.	% Arena	% limo	% arcilla	Clase textural		Us/cm	Ca	Mg	Na	K
A1	0-06	29.0	41.4	29.6	FYL.	3.9	6210	7.51	6.02	1.21	1.19
A2	06-36	43.3	44.1	12.6	F.	6.3	2680	7.36	2.94	0.43	1.19
C1	36-66	59.9	35.3	4.8	FA.	7.6	1939	6.33	2.12	0.17	0.88
C2	>66	58.2	37.4	4.4	FA.	4.2	1585	11.37	0.61	0.21	0.60

PMIC-Sora Sora, 2008

Los suelos de Collpa Churu, ubicados en un fondo de Valle en áreas planas, son profundos sin presencia de piedras y grava. Tienen una textura franco arenoso a arenoso francoso en superficie, lo que los hace susceptibles a la erosión eólica e hídrica. Su pH neutro en las capas superficiales, mientras que en horizonte B son francos. Son suelos sin problemas de salinidad en todo el perfil, por consiguiente, podrían ser utilizados para una agricultura de riego, si existe manejo del agua y suelo.

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es muy baja, por consiguiente, son suelos con baja capacidad para retener nutrientes y agua.

De acuerdo a sus propiedades físico-químicas y limitaciones, estos suelos pertenecen a las Tierras No Arables y a la clase V, con limitaciones de suelo, erosión y clima, son más aptos para pastos. En caso de ser utilizadas para cultivos (Clase IV) requieren ser utilizados bajo un manejo adecuado de suelos.

Cuadro n° 9. Caracterización físico- químico de suelos de collpa churo

Collpa Churu		Propiedades físicas				Propiedades químicas					
horizonte	Prof.	Textura				pH	CE	Cationes intercambiables			
	cm.	% Arena	% limo	% arcilla	Clase textural		Us/cm	Ca	Mg	Na	K
A1	0-29	72.4	17.7	9.9	FA.	6.7	346	4.04	0.76	0.11	0.22
AB	29-40	85.7	9.9	4.4	AF.	6.8	334	5.60	1.06	0.32	0.15
B1	>40	50.2	36.2	13.6	F.	7.8	563	7.80	1.55	0.24	0.11

PMIC-Sora Sora, 2008

Los suelos de Realenga, están ubicados en una zona casi plana, en la parte baja de la subcuenca del río Huanuni (fondo de valle). La textura en la capa superficial es franco arenoso, mientras en el horizonte (B) es franco limoso, lo que favorece la disminución del drenaje y el almacenamiento del agua durante la época de lluvias.

Son suelos con un pH muy ácido para el Altiplano (poco común) en la capa superficial, mientras que en el subsuelo es ligeramente ácido. La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es muy baja, son suelos sin problemas de acumulación de sales. Estos suelos por su textura gruesa tienen buen drenaje y sin problemas de sales, podrían ser utilizados bajo riego, por sus características físicas –químicas, pertenecen a las Tierras Arables, clase IV, con limitaciones de suelo, erosión y clima y por lo tanto su uso es solo de manera ocasional.

Cuadro n° 10. Caracterización físico- químico de suelos de realenga

Collpa churo		Propiedades físicas				Propiedades químicas					
Horizonte	Prof.	Textura				pH	CE	Cationes intercambiables			
	cm.	% Arena	% limo	% arcilla	Clase textural		Us/cm	Ca	Mg	Na	K
A1	0-26	56.4	39.9	3.7	FA.	4.4	506	3.97	0.68	0.14	0.09

B	26-44	43.3	51.3	5.4	FL.	6.4	249	5.63	0.98	0.14	0.11
C1	>44	78.2	15.3	6.5	FA.	6.0	347	8.39	1.39	0.29	0.18

PMIC-Sora Sora, 2008

Los suelos de C'uchupampa, están ubicados en la parte baja de la subcuenca del río Huanuni-Sora Sora, son tierras planas a casi planas, profundos. La textura en las capas superficiales es franco arenoso, el contenido de arcilla aumenta sustancialmente en el horizonte B, lo que limita el drenaje del agua, especialmente en la época de lluvias. Suelos bastante frágiles a la erosión especialmente si se los utiliza para cultivos anuales, con un pH neutro en la capa superficial, mientras que en el horizonte B, disminuye a ligeramente ácido, con contenidos importantes de sales, especialmente en las capas inferiores, lo que limita su uso para algunos cultivos.

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), es moderada, de la misma manera la presencia de cationes intercambiables (Ca y Mg). Debido a la topografía plana, limitaciones en el drenaje y elevada presencia de sales, no pueden ser utilizados bajo riego, considerando la poca disponibilidad de las aguas en estas zonas semiáridas, no permite utilizar láminas adicionales de agua para lavar el exceso de sales, pertenecen a la clase de Tierras no Arables (clase V), con limitaciones de clima, suelo y drenaje. En años lluviosos existe el riesgo de anegamiento por la presencia de un horizonte arcilloso que pone en riesgo los cultivos anuales como la papa.

Cuadro N° 11 Caracterización físico- químico de suelos de c'uchupampa

C'uchupampa		Propiedades físicas				Propiedades químicas					
Horizonte	Prof. cm.	Textura				pH	CE Us/cm	Cationes intercambiables			
		% Arena	% limo	% arcilla	Clase textural			Ca	Mg	Na	K
A1	0-20	56.30	31.8	11.9	FA.	7.5	2900	11.20	3.64	0.75	0.64
B1	20-38	21.1	37.4	41.5	A.	6.3	4840	10.17	4.16	1.01	1.27
C1	>38	54.8	43.2	2.0	FA.	7.1	4730	8.89	1.58	0.16	0.46

PMIC-Sora Sora, 2008

Los suelos de la Subcuenca del río Huanuni-Sora Sora, ubicados en el fondo de valle, son moderadamente profundos a profundos, con textura en las capas superficiales de franco limoso y arcilloso (a partir de los 78 cm). Debido al predominio de arena y limo en las capas superficiales, susceptibles a la erosión eólica e hídrica, si se utilizara para cultivos anuales, con un pH de ligero medianamente alcalinos en la capa superficial, de acuerdo a la conductividad eléctrica, no son aptos para riego. Se clasifican como tierras No arables y pertenecen a la clase V, con limitaciones de clima, suelo y drenaje y por lo tanto su aptitud es más para pasturas nativas.

Cuadro n° 12. Caracterización físico- químico de suelos de la zona baja de la subcuenca del río huanuni-sora sora

Machacamarca		Propiedades físicas				Propiedades químicas					
horizonte	Prof.	Textura				pH	CE	Cationes intercambiables			
	cm.	% Arena	% limo	% arcilla	Clase textural		Us/cm	Ca	Mg	Na	K
A1	0-15	43.1	50.8	6.1	FL.	8.0	4320	9.47	3.89	1.40	1.68
B1	15-50	23.9	65.6	10.5	FL.	7.9	3140	13.06	4.57	0.16	1.62
B/C	50-78	31.1	60.7	8.2	FL.	7.6	2350	35.65	3.43	0.30	1.40
C1	>78	7.3	22.3	70.2	A.	7.5	3090	15.97	6.00	0.83	1.25

PMIC-Sora Sora, 2008

6. Monitoreo de aguas in situ

El grado de contaminación de los suelos por aguas residuales mineras se produce por el arrastre de las colas del ingenio de Santa Elena de la Empresa Minera Huanuni, por las cooperativas mineras del grupo Japo, Moroco cala y Santa Fe, además del ingenio de Machacamarca y las cooperativas mineras que operan aguas abajo del ingenio de Machacamarca. Por consiguiente, es necesario la realización del monitoreo de la calidad de las aguas de los distritos mineros, responsables de la contaminación al municipio de Machacamarca.

En la Vista N° 1 se aprecia el trabajo de muestreo de aguas contaminadas in situ, donde se monitoreo los parámetros de pH, conductividad eléctrica y temperatura.

Vista n° 1. Monitoreo de aguas en zonas contaminadas



Imagen de fuente propia

Los resultados obtenidos del muestreo de aguas contaminadas por la actividad minera en la zona de estudio serán comparados con los Límites Permisibles que rige el Anexo A-2 del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica para los parámetros de pH y Temperatura y para el factor de la conductividad eléctrica se contrastará con la Norma Boliviana NB 512.

Muestreo n° 1 Cooperativa minera "El Porvenir" de centro minero de Japo

Lugar	Coordenadas	PH	Conductividad Eléctrica	Temperatura
Salida de Bocamina	E = 728109 N = 8000924	2,6	2003 µS/cm	10 ºC

Fecha	AOP	Lugar	Coordenadas	pH	Conductividad Eléctrica	Temperatura
20-08-14	Coop. Japo	Salida de Ingenio	E=727612 N=8000429	2.03	1873 µS/cm	11.2 ºC

Fuente, Elaboración propia

Evaluación: Los resultados muestran que en los tres parámetros los datos obtenidos sobrepasan los límites permisibles que rige la normativa ambiental de Bolivia.

Muestreo n° 2. Cooperativa minera moroco cala del centro minero de moroco cala

Fecha	AOP	Lugar	Coordenadas	pH	Conductividad Eléctrica	Temperatura
20-08-14	Coop. Moroco cala	Salida de mina	E=728042 N=7981400	7.46	92.1 µS/cm	7.5 ºC

Fuente, Elaboración propia

Evaluación: Los resultados muestran que en los tres parámetros los datos obtenidos sobrepasan los límites permisibles en los parámetros referidos al pH y Temperatura, en comparación con la normativa ambiental de Bolivia.

Muestreo n° 3. Cooperativa minera Santa Fe del centro minero de Santa Fe

Fecha	AOP.	Lugar	Coordenadas	pH	Conductividad Eléctrica	Temperatura
20-08-14	Coop Santa Fe	Salida de mina canal revestido	E=732783 N=7992692	3.0	2630 µS/cm	10.9 ºC

Fuente, Elaboración propia

Evaluación: Los resultados muestran que en los tres parámetros muestreados los datos obtenidos sobrepasan los límites permisibles referidos al pH, conductividad y Temperatura, en comparación con la normativa ambiental de Bolivia.

Muestreo n° 4. Río payrumani

Fecha	AOP.	Lugar	Coordenadas	PH	Conductividad Eléctrica	Temperatura
4-09-14	Río Payrumani	comunidad florida	E= 721211 N=7987361	2.75	1994 µS/cm	16.7ºC

Fuente, Elaboración propia

Evaluación: Los resultados muestran que, en los tres parámetros analizados, los datos obtenidos sobrepasan los límites permisibles referidos al pH, conductividad y Temperatura, en comparación con la normativa ambiental de Bolivia.

Muestreo n° 5. Puente payrumani

echa	AOP.	Lugar	Coordenadas	pH	Conductividad Eléctrica	Temperatura
26-08-14	Puente payrumani	Bajo el puente payrumani	E=717523 N= 7988407	2.82	1849 µS/cm	16.2

Fuente, Elaboración propia

Evaluación: Los resultados muestran que en el punto tomado en el Puente Payrumani, los tres datos obtenidos sobrepasan los límites permisibles referidos al pH, conductividad y Temperatura, en comparación con la normativa ambiental de Bolivia.

Muestreo n° 6. Puente machacamarca

Fecha	AOP.	Lugar	Coordenadas	pH	Conductividad Eléctrica	Temperatura
4-09-2014	Puente Machacamarca	Bajo el puente Machacamarca	E= 712772 N=7990437	3.18	1990 µS/cm	13.4

Fuente: Elaboración propia

Evaluación: Los resultados muestran que en el punto tomado en el Puente Payrumani, los tres datos obtenidos sobrepasan los límites permisibles referidos al pH, conductividad y Temperatura, en comparación con la normativa ambiental de Bolivia.

Muestreo n° 7. Ingenio Santa Elena de E.M.H.

Fecha	AOP.	Lugar	Coordenadas	pH	Conductividad Eléctrica	Temperatura
26-08-14	Ingenio Santa Elena de E.M.H	Salida de ingenio	E=729440 N=7976844	3.83	4.04 µS/cm	13.8

Fuente, Elaboración propia

Evaluación: Los resultados determinan que, en el punto tomado en el ingenio de Santa Elena, los tres datos obtenidos sobrepasan los límites permisibles referidos al pH, conductividad y Temperatura, en comparación con la normativa ambiental boliviana.

Vista n° 2



Imagen de fuente propia

Cooperativistas mineros rescatan colas de estaño aguas abajo del ingenio de machacamarca.

Acumulados por descarga de aguas residuales del ingenio de huanuni

Vista n° 3



Imagen de fuente propia

Muestreo n° 8. Ingenio minero de Machacamarca

Fecha	AOP.	Lugar	Coordenadas	pH	Conductividad Eléctrica	Temperatura
26-08-14	Machacamarca	laguna de evaporación	E.-711711 N.-7989858	3.18	3.45µS/cm	11.4ºC

Fuente, Elaboración propia

Evaluación: Los resultados muestran que en el punto monitoreado en el Ingenio de Machacamarca, los tres datos obtenidos sobrepasan los límites permisibles referidos al pH, conductividad y Temperatura, en comparación con la normativa ambiental de Bolivia.

Vista n° 4. Aguas acidas provenientes del dique de colas del ingenio de machacamarca



Imagen de fuente propia

Muestreo n° 9. Río San Juan de Sora Sora (Salida de la población de Machacamarca)

Fecha	AOP.	Lugar	Coordenadas	pH	Conductividad Eléctrica	Temperatura
4-09-14	Machacamarca	Salida de población detrás del cementerío	E=709962 N=7989505	2.97	2.4 µS/cm	15.8ºC

Fuente, Elaboración propia

Evaluación: Los resultados muestran que en el punto muestreado en el río San Juan de la Comunidad de Sora Sora, dos datos obtenidos sobrepasan los límites permisibles referidos al pH y Temperatura, en comparación con la normativa ambiental de Bolivia.

Vista N° 5- Suelos contaminados de Sora Sora



Imagen de fuente propia

Muestreo N° 10. Puente Playa Verde

Fecha	AOP.	Lugar	Coordenadas	pH	Conductividad Eléctrica	Temperatura
26-08-14	Puente playa verde	Salida de las lagunas de sedimentación	E=725096 N=7978412	2.96	3.42 µS/cm	16.7ºC

Fuente: Elaboración propia

Evaluación: Los resultados muestran que, en el punto muestreado en el puente de Playa Verde, dos datos obtenidos sobrepasan los límites permisibles referidos al pH y Temperatura, en comparación con la normativa ambiental de Bolivia.

CONCLUSIONES

La contaminación generada por las actividades mineras en Huanuni, Santa Fe, Moroco cala y Japo impacta en los suelos del municipio de Machacamarca por el arrastre de aguas contaminadas con minerales y reactivos químicos, además estos suelos reciben las aguas acidas de roca de las minas de Posokoni, Leonor y Santa Fe. Y los pasivos ambientales generados por COMIBOL con actividades mineras de décadas pasadas.

Así mismo, se debe tomar en cuenta que el Drenaje Ácido de Roca "DAR" de los pasivos ambientales que se encuentran abandonados por COMIBOL en los diferentes centros mineros próximos a la zona de estudio, es otro factor de contaminación que hasta el presente no fue resuelto por las Autoridades Ambientales de Competencia.

La contaminación de las aguas y suelos de la zona de estudio, son producto de las operaciones de las actividades mineras de Huanuni, Santa Fe, Moroco cala y Japo y de verter sus desechos mineros sin previo tratamiento al río y que son arrastradas aguas abajo del ingenio de Machacamarca.

Se identificó que a lo largo del río de Huanuni hasta llegar al municipio de Machacamarca, existen cooperativas mineras que desarrollan sus actividades en el proceso de recuperación de estaño generando una mayor contaminación de aguas y suelos que llegan hasta el lago Uru Uru y lago Poopó.

Las aguas de estos ríos arrastran todos los contaminantes (residuos sólidos, sulfuros, óxidos, metales pesados, aguas ácidas y sedimentos) acelerando el proceso de contaminación de los suelos agrícolas en las comunidades del municipio de Machacamarca y comunidades colindantes

Se concluye que en el área afectada deberá implementarse las siguientes medidas de mitigación:

Construcción de dique de colas de los ingenios mineros de acuerdo a las normas técnicas recomendadas y enmarcado dentro la normativa ambiental como es el Reglamento Ambiental para Actividades Mineras "RAAM" dispuesto en la Ley de Medio Ambiente Nª 1333.

Deberá realizarse un proyecto para la construcción de plantas de tratamiento de aguas ácidas, con el propósito de evitar la contaminación en la zona de estudio y otras zonas colindantes.

A partir del presente trabajo de investigación se recomienda realizar una ampliación en el trabajo de muestreo con el análisis de metales pesados que al igual que el impacto ambiental en la cuenca Pampa Huari, existe la certeza que las aguas, suelos y sedimentos contienen elevadas concentraciones de metales pesados que deberá ser parte de un futuro estudio con mayores recursos técnicos y económicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Perales, V.H. (2010). Conflictos geopolíticos por el agua en las cuencas mineras del Departamento de Oruro, Bolivia. VertigO.

Zamora, E. (2012). La cuenca del río Huanuni declarada zona de desastre ambiental por contaminación minera.

Jemio, M.T. (2017, marzo 6). Décadas de contaminación: Ríos cargados de metales pesados recorren las comunidades de Oruro en Bolivia. Minería extrema. Bolivia.

Sánchez, CEPA. (2009). El departamento de Oruro declarada en situación de emergencia por el daño acumulativo minero en la cuenca Huanuni. Centro de Ecología y Pueblos Andinos (CEPA).

Centro de Estudios para el Desarrollo Laboral y Agrarío (CEDLA). (2008). Impacto de la crisis financiera internacional en la economía boliviana.

Mercado, M., García, M.E., & Quintanilla, J (2009). Evaluación de los niveles de contaminación por plomo y arsénico en nuestros suelos y productos agrícolas procedentes de la región cercana al complejo metalúrgico Vinto. Revista Boliviana de Química

Estado Plurinacional de Bolivia. (2009,21 de octubre). Decreto Supremo Nº0335 Gaceta Oficial del Estado Plurinacional De Bolivia

Perales Miranda, V. H. (2010). La cuenca social como criterío metodológico para el análisis de conflictos sociales por la contaminación minera del agua en la cuenca Antequera del departamento de Oruro, Bolivia (Tesis de Maestría, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia).

Ministerío de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Secretaria Nacional de Minería. Proyecto Piloto Oruro. 1996-1997. Oruro, Bolivia.

PPO. 1996 Hidrología del área del proyecto piloto Oruro

PPO. 9603 Apreciación global de la fisiografía y geología del área del PPO. PPO. 1996 Evaluación de recursos minerales y su utilización

PPO. 9611 Depósitos de colas de minerales en el área de PPO.

PPO. 9607 Aspectos ambientales de los metales y metaloides en el sistema hidrológico del Desaguadero.

PPO. 9608 Flora terrestre y contaminación de suelos

PPO. 9612 Impacto de la minería y el procesamiento de minerales en cursos de aguas y lagos.

Ministerío de Medio Ambiente y Agua. (2008). Plan de Manejo Integral de Cuencas (PMIC) de la Cuenca de Sora Sora. La Paz, Bolivia: Ministerío de Medio Ambiente y Agua.

Orsag, V. (2010). El recurso suelo: Principios para su manejo y conservación.

Autoridad Binacional Autónoma del Sistema Hídrico del Lago Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó y Salar de Coipasa. (1996).

Instituto Boliviano de Normalización y Calidad. (2017). Reglamento Boliviano para la Calidad del Agua Potable (NB512). Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA).

CEDLA. (2008). Impacto de la crisis financiera internacional en la economía boliviana. Centro de Estudios para el Desarrollo Laboral y Agrarío. La Paz, Bolivia.

Gutiérrez Agramont, R. Las Huellas de la Investigación sobre Contaminación Minera en Oruro y Potosí.

Zamora,G. Bases técnicas para la Implementación de la economía circular en operaciones minero metalúrgicas.

Rodriguez, Y. Riesgo ambiental en la cuenca Pampa Huari: Alternativas para responder al impacto en la calidad del agua por la minería.

Pérdida de suelos por contaminación minera en el municipio de Machacamarca https://www.youtube.com/watch?v=foIpkzhnv3U.

Producción minera y su impacto ambiental Huanuni https://www.youtube.com/watch?v=BVj3I431wGg.