

CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DEL RESIDUO MINERO DE LA MINA ABANDONADA PALCA Y SU IMPACTO SOBRE LAS AGUAS SUPERFICIALES

Ing. Sheyla Bethsy, Palomino Oré, Ing. Magdie, Ochoa Zubiarte

Spalomino@ingemmet.gob.pe /Mochoa@ingemmet.gob.pe

INTRODUCCIÓN

Puno es una de las regiones más afectadas por la gran cantidad de pasivos mineros, estos pasivos pertenecen a las minas antiguas, las cuales en la mayoría de los casos fueron abandonadas sin el menor cuidado del ambiente.

Una de las minas abandonadas categorizada como altamente contaminante por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) es la mina Palca, cuya explotación se remonta a la época de los españoles. Sin embargo es en 1976, cuando comienza su explotación por la compañía minera Regina hasta el 2006. Año en que detiene sus operaciones de explotación después de extraer tungsteno durante 30 años.

Entre sus pasivos más contaminantes se encuentra el depósito de relaves y los efluentes ácidos producto del drenaje, que están impactando directamente al río Chilapampa. Es por esta razón, y como parte del proyecto Geoambiental de la región Puno (INGEMMET), se presenta este resumen, que tiene por objetivo mostrar los resultados de la caracterización geoquímica del residuo minero de la Mina abandonada Palca y evaluar su impacto sobre los recursos hídricos.



Foto N°1 Vista panorámica del depósito de relaves abandonado.

OBJETIVOS

- Caracterización geoquímica de los residuos mineros de la mina abandonada Palca.
- Caracterización de la calidad de agua del río Chilapampa.
- Evaluación del impacto sobre los recursos hídricos.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La mina abandonada Palca está ubicada en el distrito de Palca, provincia de Lampa y departamento de Puno. Hidrográficamente pertenece a la Cuenca Coata (conocida también como cabanillas), teniendo como hoya hidrográfica la vertiente del lago Titicaca.

La mina en mención tuvo una mena de tungsteno. Las unidades geológicas del área están constituidas por el Grupo Sillapaca (andesitas, derrames basálticos, tufos y brechas), depósitos aluviales, el Grupo Tacaza (Andesitas, tufos y riolitas, albergando mineralización), depósitos morrenicos, zonas de material fluvial, Formación Palca (serie ignimbrítica intercalada con sedimentos arenosos, limolitas, areniscas tobáceas, conglomerados).

METODOLOGÍA

El estudio geoquímico presentado se basa en el análisis realizado en las muestras de agua y residuos mineros tomadas en las campañas de campo de los meses setiembre 2013 y junio 2014.

El criterio en el muestreo de agua, considero el muestreo cada 1 km, 2km, 4 km, y 20 km de distancia desde el depósito de relaves y el efluente que emana de la bocamina de las operaciones abandonadas. Asimismo se muestreo la laguna Soranccota ubicada en la quebrada aledaña a la zona de estudio, con el objetivo de tener un punto de comparación de la calidad de las aguas sin y con impacto por actividad minera.

Cuadro N°1: Parámetros fisicoquímicos tomados en campo.

CODIGO	TIPO DE MUESTRA	NORTE	ESTE	COT A	TEMP. (°C)	PH	CONDUCTIVIDAD (µs/cm)	TDS (mg/L)	CAUDAL (L/seg)	RDO (mg/L)	GEOLOGIA	Distancia Acumulada (km)
018-159-002	Laguna Soranccota	8311283	313876	4885	11.20	11.32	145.94	72.11		11.77		
0176-155-007	Efluente	8309038	313509	4828	10.10	6.19	13120.00	645.80	10.00	6.17	Nm-si. Grupo Sillabaca.Tobas.	0
0176-155-027	Rio Chilapampa	8310000	314655	4727	14.20	7.40	955.80	468.80	10.00	5.62	PN-ta. Grupo Tacaza.Tobas fracturadas	1.0
0176-155-009	Rio Chilapampa	8311920	315920	4687	15.10	8.23	896.00	439.70	20.00	5.67	Qpl-mo. Depósitos morrenicos.	3.5
0176-155-021	Rio Chilapampa	8314676	317498	4604	5.90	7.36	942.10	463.00	15.00	7.58	Qpl-mo. Depósitos morrenicos.	7.0
0176-155-049	Rio Chilapampa	8315929	327397	4554	6.90	8.91	161.20	79.50	30.00	8.25	Depósitos aluviales.	27.0

Fuente: INGEMMET-Proyecto Geoambiental Puno (GA-47).

Para el análisis de la calidad de agua se tomó los parámetros fisicoquímicos in situ: pH, conductividad eléctrica y temperatura mediante el equipo multiparámetro. Mientras que los análisis químicos obtenidos en laboratorio fueron: metales totales, sulfatos, nitratos, bicarbonatos y cianuro wad.

La calidad de todos los análisis ha sido validada mediante el cálculo del error con balance de cationes y aniones.

Entre los análisis químicos que se realizaron a la muestra de residuo minero se tiene: metales totales ICP MS y el TCLP (Toxicity characteristic leaching procedure), este último test podría estimar la liberación de metales desde residuos puestos en un vertedero y expuestos a lluvia ácida.

RESULTADOS

RESULTADOS DE LAS CARACTERISTICAS DEL RESIDUO MINERO

En la prueba de generación de agua ácida, el pH de la pasta fue de 4.76; dando como resultado un porcentaje de azufre de 85% como sulfato (SO₄) y del 13% como azufre suelto (S-2). La relación del potencial de neutralización y el potencial de producción de ácido es de 1.34. Este valor muestra que el residuo minero puede o no generar aguas ácidas por lo que se utilizó los resultados dados por la prueba TCPL.

Cuadro N°2: Resultados de la prueba ICP masa y TCLP.

Prueba	Al (Tot)	As (Tot)	Pb (Tot)	Mn (Tot)	Zn (Tot)	Mg (Tot)	Na (Tot)	Fe (Tot)	Ca (Tot)
ICP masa (mg/Kg)	15665.46	385.7100	237.5500	2687.77	1215.74	2687.77	118.28	85022.17	13740.9000
TCLP (mg/L)	17.4512	0.0026	0.0880	16.4744	1.4205	7.1515	<0.0100	0.2949	74.0518
EPA TCLP (mg/L)	----	5	5	----	----	----	----	----	----

Fuente: INGEMMET-Proyecto Geoambiental Puno (GA-47).

Con los resultados de la prueba TCPL, se observó que el lixiviado que podría generarse frente a un evento de lluvias simulado en laboratorio, tiene concentraciones altas de hierro, calcio, magnesio, zinc, manganeso y aluminio.

Para conocer la influencia de estos elementos se realizó el análisis espacial de la carga contaminante.

VARIACION ESPACIAL DE LA CARGA CONTAMINANTE EN EL RIO CHILAPAMPA

Figura N°1.- Variación espacial de la carga contaminante en Kg/día (Mn, Zn, Na, Mg, K, Fe)

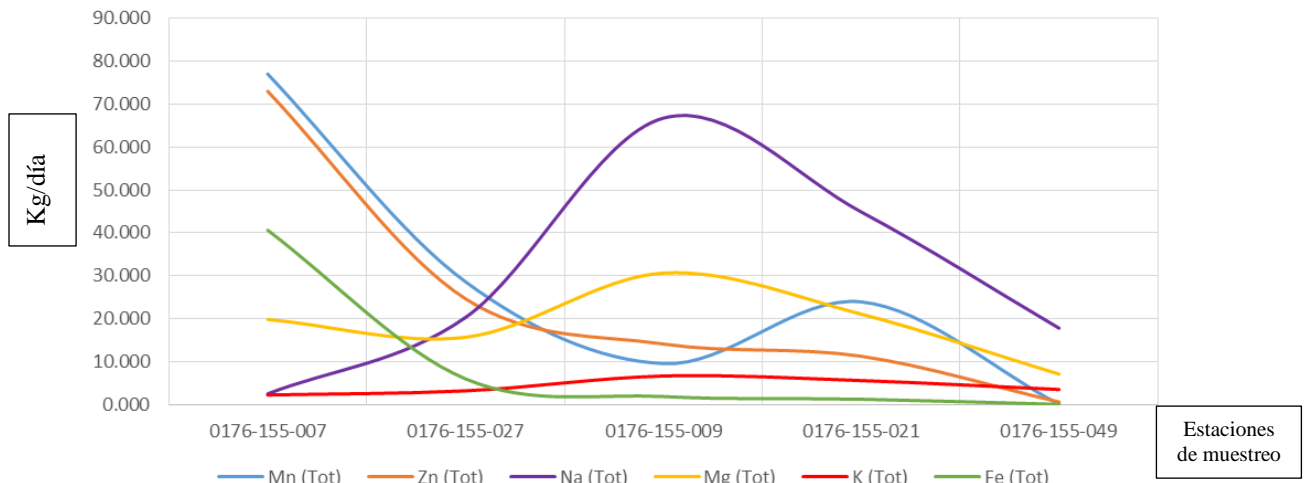


Figura N°2.- Variación espacial de la carga contaminante en Kg/día (Al, As, Pb)

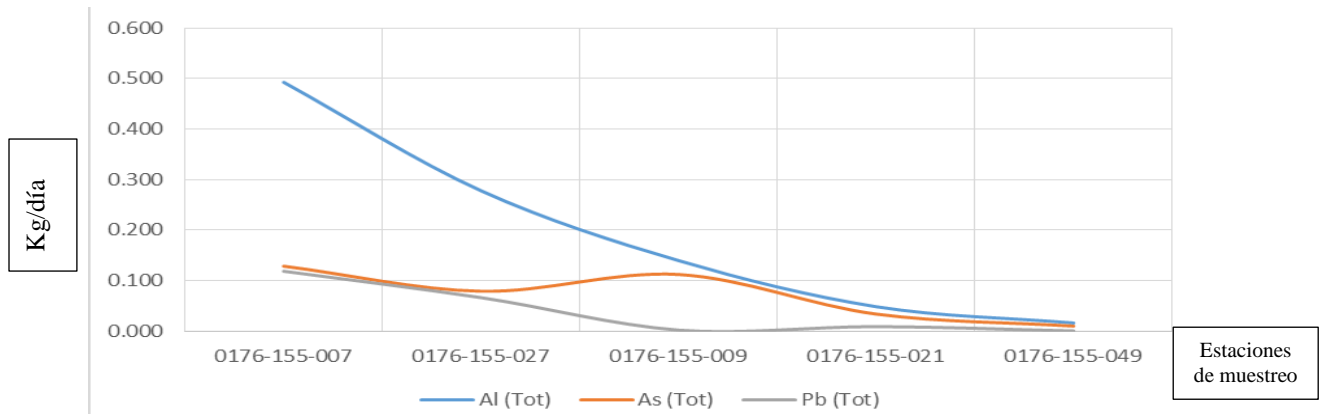
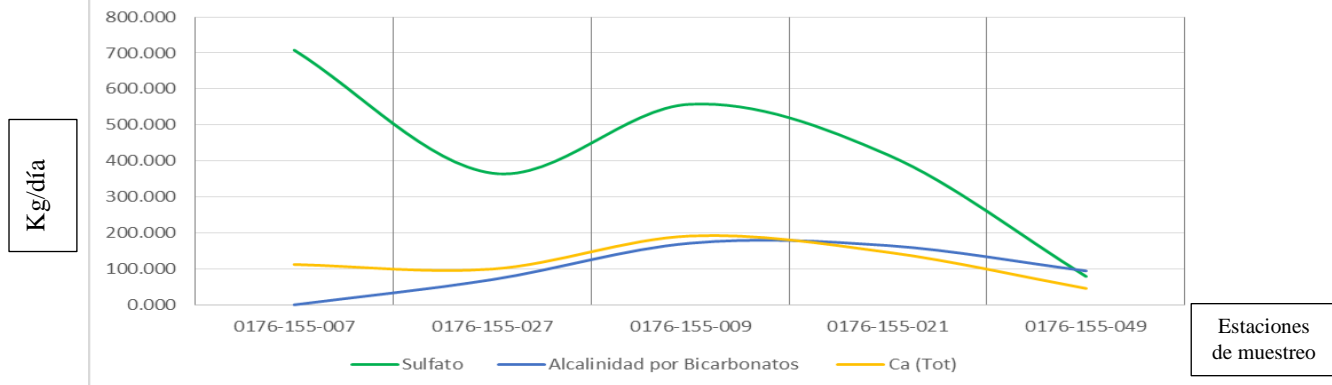


Figura N°3.- Variación espacial de la carga contaminante en Kg/día (sulfato, alcalinidad, calcio)



De los gráficos se puede observar que la carga contaminante (kg/día) de los elementos: aluminio, arsénico, plomo, manganeso, zinc y hierro disminuye a lo largo del cauce, siendo un decrecimiento exponencial en los primeros 3.5 km en el recorrido del río. Esta disminución podría deberse al efecto de la dilución por el incremento del caudal. Esto también está relacionado el incremento del valor del pH y la disminución de la conductividad eléctrica.

Por otro lado existen elementos que a los 3.5 km tienen un incremento importante en su carga contaminante: sulfato, alcalinidad, calcio, sodio, magnesio y potasio posiblemente debido a un posible aporte de otra quebrada.

Asimismo al realizar la comparación de la calidad de agua del río Chilapampa con los Estándares de calidad de agua catg-3. Se pudo verificar que durante el primer kilómetro de recorrido del río, los elementos que superaron el estándar fueron: sulfato, manganeso, zinc, arsénico, plomo y hierro. Mientras que a los 3.5 Km, el hierro y manganeso permanecen superando los estándares de calidad ambiental de agua hasta los 7 km del recorrido del Río. A partir de ese punto la calidad de agua se encuentra cumpliendo los parámetros establecidos por los estándares de calidad ambiental de agua.

POSIBLE INFLUENCIA DEL DEPOSITO DE RESIDUO MINERO SOBRE LOS RECURSOS HIDRICOS

En los primeros kilómetros del río Chilapampa el aporte en concentración de los elementos lixiviados de los residuos mineros es alto, especialmente en los elementos como: hierro, calcio, magnesio, zinc, manganeso y aluminio. Las concentraciones van decreciendo en los primeros 3.5 km del recorrido del río.

Sin embargo a esta altura (3.5 km), el río recibe un aporte de otra quebrada que incrementa los valores como sulfatos, alcalinidad, calcio, sodio, magnesio y potasio. Asimismo se pudo observar surgencias pasadas de aguas termales.

CONCLUSIONES

Los residuos mineros tienen altas concentraciones de metales (Al, As, Pb, Mn, Zn, Mg, Na, Fe, Ca). Confirmando la posible generación de aguas ácidas frente a un evento de lluvias y la lixiviación de concentraciones altas de metales como hierro, calcio, magnesio, zinc, manganeso y aluminio.

Al realizar la evaluación espacial de calidad de agua en el río Chilapampa, se observó concentraciones elevadas de metales en los primeros tramos del recorrido del río, superando los estándares ambientales. Sin embargo se nota un decrecimiento de la carga contaminante a los 3.5 km, por efecto de la dilución por incremento de caudal, los cambios de pH y el posible contacto con material calcáreo. Valores que llegan a cumplir los estándares de calidad ambiental a partir de los 7 km en el recorrido del río.

Debido a la geología, caracterizada por tobas volcánicas y cenizas permeables; se presume la presencia de una potencial reserva de agua subterránea. La que podría estar siendo afectada por los lixiviados del depósito de residuo minero.

RECOMENDACIONES

- Realizar estudios hidrogeológicos en la zona de estudio para evaluar el impacto de los lixiviados de los residuos mineros sobre las aguas subterráneas
- Realizar estudios complementarios con el objetivo de plantear futuros planes de remediación.

REFERENCIAS

1. Alayo León, Edgar William. Lima: 1992. Estudio geológico del yacimiento Palca XI: aspectos operacionales y programas de exploración.
2. Chacón Enríquez, Juan Isaac. Cusco: 1987. Geología económica de la mina Palca.
3. Hammarstrom, J.M., Meier, A.L., Jackson, J.C., Barden, R., Wormington, P.J., Wormington, J.D., and Seal, R.R., II., 1999, Characterization of mine waste at the Elizabeth copper mine, Orange County, Vermont: U.S. Geological Survey.

CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DEL RESIDUO MINERO DE LA MINA ABANDONADA PALCA Y SU IMPACTO SOBRE LAS AGUAS SUPERFICIALES.

Autores: Sheyla B. Palomino(1), Magdie Ochoa (1)

Email: spalomino@ingemmet.gob.pe, mochoa@ingemmet.gob.pe

1)Dirección de Geología Ambiental y Riesgos Geológicos, Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico

1. INTRODUCCIÓN

Perú es una de las regiones más afectadas por la gran cantidad de pasivos mineros, entre pasivos pertenecen a las minas antiguas, las cuales en la mayoría de los casos fueron abandonadas sin en el menor cuidado del ambiente.

Una de las minas abandonadas categorizada como altamente contaminante por el Ministerio de Energía y Minas (MINTEM) es la mina Palca, cuya explotación se remonta a la época de los españoles. Sin embargo es en 1976, cuando comienza su explotación por la compañía minera Regina hasta el 2006. Año en que detiene sus operaciones de explotación después de extraer tungsteno durante 30 años.

Entre sus pasivos más contaminantes se encuentra el depósito de relaves y los efluentes ácidos producto del drenaje, que están impactando directamente al río Chilapampa.

En esta parte del proyecto Operacional de la región Perú (INGEMMET), se presenta este resumen, que tiene por objetivo mostrar los resultados de la caracterización geoquímica del residuo minero de la Mina abandonada Palca y evaluar su impacto sobre los recursos hídricos.



Foto Nº1: Vista panorámica del depósito de relaves abandonado.

2. OBJETIVOS

Caracterización geoquímica de los residuos mineros de la mina abandonada Palca.

Caracterización de la calidad de agua del río Chilapampa.

Evaluación del impacto sobre los recursos hídricos.

3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La mina abandonada Palca está ubicada en el distrito de Palca, provincia de Lamba y departamento de Perú. Hidrográficamente pertenece a la Cuenca Costa (conocida también como cabecera), teniendo como hoya hidrográfica la vertiente del lago Titicaca.

La mina en cuestión tuvo una zona de tungsteno. Las unidades geológicas del área serán constituidas por el Grupo Sitapaca (andesitas, dacitos basálticos, tufos y brechas), depósitos aluviales, el Grupo Tacaza (Andesitas, tufos y riolitas, albedo mineralización), depósitos morrenicos, zonas de material fluvial, Formación Palca (serie igneobólica intercalada con sedimentos arenosos, limolitas, areniscas tobáceas, conglomerados).

4. METODOLOGÍA

El estudio geoquímico presentado se basa en el análisis realizado en las muestras de agua y residuos mineros tomadas en las campañas de campo de los meses setiembre 2013 y junio 2014.

El criterio en el muestreo de agua, considero el muestreo cada 1 km, 2km, 4 km, y 20 km de distancia desde el depósito de relaves y el efluente que emerge de la bocanilla de las operaciones abandonadas. Asimismo se muestro la laguna Sonocota ubicada en la quebrada adyacente a la zona de estudio, con el objetivo de tener un punto de comparación de la calidad de las aguas sin y con impacto por actividad minera.

Cuadro Nº1: Parámetros fisicoquímicos tomados en campo.

CODIGO	TIPO DE MUESTRA	NOFTE	NOFTE	COLA	TSP (FC)	PH	CONDUCTIVIDAD (µmhos/cm)	NO3 (mg/L)	NO2 (mg/L)	NO3+NO2 (mg/L)	CaCO3 (mg/L)	Residuo suspendido (mg/L)
15/10-01	SOLO	0.023	0.005	0.08	0.02	7.02	14.04	0.11	0.11	0.22	11.97	
15/10-02	SOLO	0.001	0.004	0.05	0.10	9.00	10.00	0.00	0.11	0.11	11.97	0
15/10-03	SOLO	0.001	0.001	0.07	0.08	7.40	10.00	0.00	0.10	0.10	11.97	12
15/10-04	SOLO	0.001	0.001	0.10	0.10	8.00	10.00	0.00	0.10	0.10	11.97	2.5
15/10-05	SOLO	0.001	0.001	0.08	0.10	7.20	10.00	0.00	0.10	0.10	11.97	2.0
15/10-06	SOLO	0.001	0.001	0.08	0.10	8.00	10.00	0.00	0.10	0.10	11.97	2.0

Para el análisis de la calidad de agua se tomó los parámetros fisicoquímicos in situ pH, conductividad eléctrica y temperatura mediante el equipo multiparametro. Mientras que los análisis químicos obtenidos en laboratorio fueron: metales totales, sulfatos, nitratos, nitrógeno y cianuro total.

La calidad de todos los análisis ha sido validada mediante el cálculo del error con balance de cationes y aniones.

Entre los análisis químicos que se realizaron a la muestra de residuo minero se fueron: metales totales ICP MS y el TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure), este último test podría estimar la liberación de metales desde residuos pasivos en un vertedero y expuestos a lluvia ácida.

5. RESULTADOS

5.1. RESULTADOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL RESIDUO MINERO

En la prueba de generación de agua ácida, el pH de la pasta fue de 4.70; dando como resultado un porcentaje de acidez de 85% como sulfato (SO4) y del 13% como acidez nitrato (S-2). La relación del potencial de neutralización y el potencial de producción de ácido es de 1.34. Esta valor muestra que el residuo minero puede o no generar aguas ácidas por lo que se utilizó los resultados dados por la prueba TCPL.

Cuadro Nº2: Resultados de la prueba ICP masa y TCLP.

Punto	Al (µg)	As (µg)	Pb (µg)	Mn (µg)	Zn (µg)	Hg (µg)	Ni (µg)	Fe (µg)	Cd (µg)
ICP masa (µg/g)	1000.0	30.700	20.000	201.7	13.0.0	201.7	1.0.0	600.0	0.0
TCLP (mg/L)	0.001	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
EN TCLP (mg/L)	---	5	5	---	---	---	---	---	---

Con los resultados de la prueba TCPL, se observó que el lixiviado que podría generarse frente a un evento de lluvia simulado en laboratorio, tiene concentraciones altas de hierro, calcio, magnesio, zinc, manganeso y aluminio. Para conocer la influencia de estos elementos se realizó el análisis espacial de la carga contaminante.

5.2. VARIACION ESPACIAL DE LA CARGA CONTAMINANTE EN EL RÍO CHILAPAMPA

Figura Nº1.- Variación espacial de la carga contaminante en Egkita (Mn, Zn, Ni, Mg, Fe, Pb)



Figura Nº2.- Variación espacial de la carga contaminante en Egkita (Al, As, Pb)



Figura Nº3.- Variación espacial de la carga contaminante en Egkita (nitrato, sulfato, calcio)



De los gráficos se puede observar que la carga contaminante (kg/día) de los elementos: aluminio, arsénico, plomo, manganeso, zinc y hierro disminuye a lo largo del curso, siendo un decrecimiento exponencial en los primeros 3.5 km en el recorrido del río. Esta disminución podría deberse al efecto de la dilución por el incremento del caudal. Esto también está relacionado al incremento del valor del pH y la disminución de la conductividad eléctrica.

Por otro lado existen elementos que a los 3.5 km tienen un incremento importante en su carga contaminante: sulfato, acidez, calcio, sodio, magnesio y potasio posiblemente debido a un posible aporte de otra quebrada.

Asimismo al realizar la comparación de la calidad de agua del río Chilapampa con los Estándares de calidad de agua categoría-3. Se pudo verificar que dentro el primer kilómetro de recorrido del río, los elementos que superaron el estándar fueron: sulfato, manganeso, zinc, arsénico, plomo y hierro.

Mientras que a los 3.5 Km, el hierro y manganeso permanecen superando los estándares de calidad ambiental de agua hasta los 7 km del recorrido del río. A partir de ese punto la calidad de agua se encuentra cumpliendo los parámetros establecidos por los estándares de calidad ambiental de agua.

5.3. POSIBLE INFLUENCIA DEL DEPÓSITO DE RESIDUO MINERO SOBRE LOS RECURSOS HÍDRICOS

En los primeros kilómetros del río Chilapampa el aporte en concentración de los elementos lixiviados de los residuos mineros es alto, especialmente en los elementos como: hierro, calcio, magnesio, zinc, manganeso y aluminio. Las concentraciones van decreciendo en los primeros 3.5 km del recorrido del río.

Sin embargo a esta altura (3.5 km), el río recibe un aporte de otra quebrada que incrementa los valores como: sulfato, acidez, calcio, sodio, magnesio y potasio. Asimismo se pudo observar surgencias pasadas de aguas termales.

6. CONCLUSIONES

Los residuos mineros tienen altas concentraciones de metales (Al, As, Pb, Mn, Zn, Mg, Ni, Fe, Ca). Confrontados la posible generación de aguas ácidas frente a un evento de lluvia y la liberación de concentraciones altas de metales como hierro, calcio, magnesio, zinc, manganeso y aluminio.

Al realizar la evaluación espacial de calidad de agua en el río Chilapampa, se observó concentraciones elevadas de metales en los primeros tramos del recorrido del río, superando los estándares ambientales. Sin embargo se nota un decrecimiento de la carga contaminante a los 3.5 Km, por efecto de la dilución por incremento de caudal, los cambios de pH y el posible contacto con material calcáreo. Valores que llegan a cumplir los estándares de calidad ambiental a partir de los 7 km en el recorrido del río.

Debido a la geología, caracterizada por rocas volcánicas y oscuras permeables; se postula la presencia de una potencial reserva de aguas subterráneas. La que podría estar siendo afectada por los lixiviados del depósito de residuos mineros.

7. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios hidrogeológicos en la zona de estudio para evaluar el impacto de los lixiviados de los residuos mineros sobre las aguas subterráneas.
- Realizar estudios complementarios con el objetivo de planear futuras fases de remediación.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Chacón Torripa, Juan Isaac. Caso: 1987. Geología económica de la mina Palca.
- Hammond, J.M., Meier, A.L., Jackson, J.C., Barden, R., Worthington, P.J., Worthington, J.D., and Seal, R.R., E., 1999. Characterization of mine waste at the Elizabeth copper mine, Orange County, Vermont: U.S. Geological Survey.