

# GEOQUÍMICA AMBIENTAL DE LAS AGUAS DEL RÍO COLCA ENTRE LOS SECTORES DE CHIVAY Y TAPAY - AREQUIPA

Nathaly GUILLÉN & Ronald VÁSQUEZ

INGEMMET, Av. Canadá 1470, San Borja, Lima, Perú  
mguillen@ingemmet.gob.pe, rvasquez@ingemmet.gob.pe.

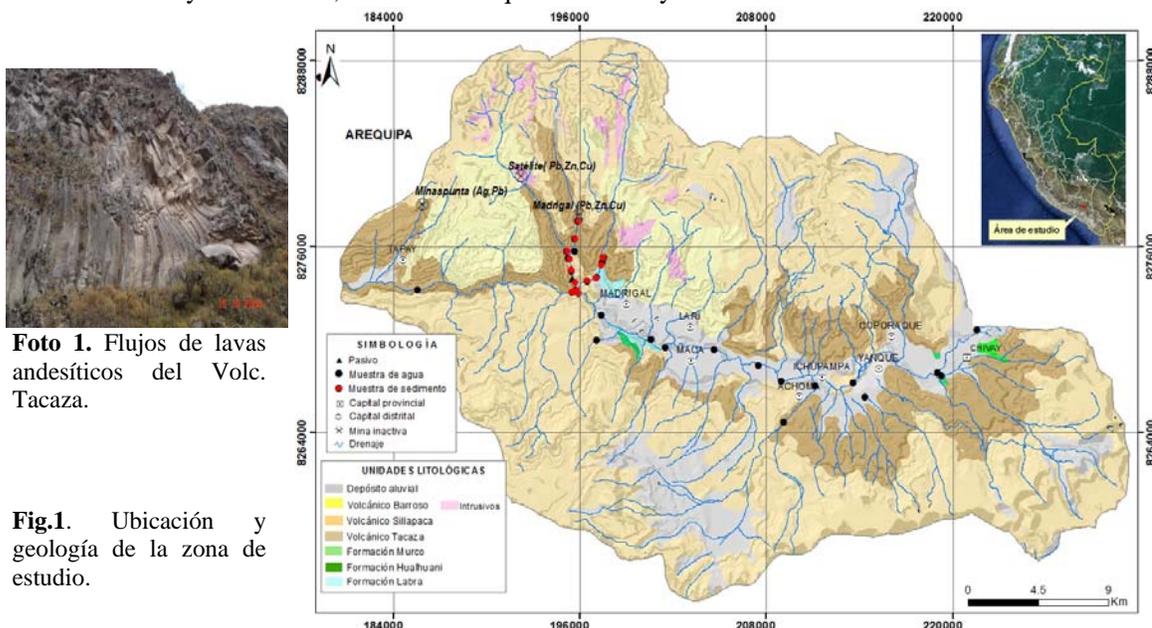
## INTRODUCCIÓN

La geoquímica como parte de la geología es necesaria para la adecuada planeación del desarrollo de las naciones en lo que concierne al bienestar y la salud humana. El objetivo del presente trabajo consiste en determinar el comportamiento geoquímico del As, Cd, Cu, Pb y Zn, además del Al, B, Fe, Ni, Mn, permitiendo identificar los posibles focos de contaminación relacionados a las actividades antropogénicas de la zona o a factores geogénicos (Frau F., et. al., 2009).

El área de estudio se ubica en el departamento de Arequipa, provincia de Caylloma, entre los distritos de Chivay y Tapay e hidrográficamente abarca la cuenca media del río Colca con un área aproximada de 1081Km<sup>2</sup> (Fig.1).

## CONTEXTO GEOLÓGICO Y ACTIVIDAD MINERA

Dentro del contexto regional se presenta la formación Labra del Jurásico superior con areniscas cuarzosas, secuencias de areniscas con limoarcillitas de la formación Hualhuani y areniscas blancas, rojizas de la formación Murco del Cretáceo inferior. Dentro de los ambientes ígneos predominan los volcánicos Tacaza (Foto 1) del Mioceno (lavas andesíticas, tobas dacíticas) con una edad de 6.9+/-1.3 Ma (Cordani et.al., 1985), los volcánicos Sillapaca del Mio-plioceno y en las partes altas comprenden una secuencia de tobas andesíticas y dacíticas del volcánico Barroso. Algunas intrusiones menores de rocas dioríticas y monzonitas, además de diques dacíticos y riolíticos.



La actividad minera de la zona involucra a la mina paralizada Madrigal (foto 7), depósito de sulfuros de Pb, Zn y Cu, de cuya explotación se generó una relavera con evidencia de minerales como piritita, calcopiritita, esfalerita, los cuales se descomponen y reaccionan rápidamente con el agua proveniente de lluvias, ríos, etc., generando condiciones oxidantes que pueden ser posibles fuentes para generar DAR. Otros proyectos mineros en la zona son: Satélite (localidad de Madrigal) y Minas punta (localidad de Tapay) con mineralización de Pb, Ag, Zn y Cu.

## METODOLOGÍA

Se realizó un muestreo de agua de escorrentía (31 muestras) y de sedimentos activos de corriente (13 muestras) en los meses de Agosto y Octubre del año 2008. Se registró los parámetros físico-químicos del agua para cada estación y la descripción de las características geológicas. Las muestras de agua fueron sometidas a análisis por metales totales mediante ICP para 28 elementos y análisis de cloruros, sulfatos y bicarbonato. Las muestras de sedimento se pre tamizaron en campo a malla 30 y analizado finalmente a malla 200, mediante ICP-MS con digestión de agua regia.

## CRITERIOS DE EVALUACIÓN PARA LA CALIDAD DEL AGUA Y SEDIMENTOS

La evaluación del agua se establece teniendo en cuenta los estándares de calidad del agua formulados por el gobierno del Perú (Tabla 1) y los niveles recomendados por la Junta de Andalucía (Tabla 2) para sedimentos, la cual a partir de una investigación de diversas normas internacionales recomienda aplicarlos para suelos de uso agrícola, estableciendo tres niveles y diferenciando los suelos ácidos de los neutros/alcalinos.

Parámetro	Unidad	CLASE I Doméstico	CLASE II Ganadería	CLASE III Agricultura
pH	Unid. pH	6.5-8.5	6.5-8.4	6.5-8.5
Sulfatos	mg/l	250	500	300
Conductividad	uS/cm	1500	<=5000	<2000
Cu	mg/l	2	0.5	0.2
Pb	mg/l	0.01	0.05	0.05
Zn	mg/l	3	24	2
Cd	mg/l	0.003	0.01	0.005
Mn	mg/l	0.1	0.2	0.2
Fe	mg/l	0.3	1	1
As	mg/l	0.01	0.1	0.05
Ni	mg/l	0.02	0.2	0.2
Al	mg/l	0.2	5	5
B	mg/l	0.5	5	0.5-6

Tabla 1. ECA D.S 002-2008-MINAM

Elemento	Junta de Andalucía							
	Nivel de Referencia (ppm)		Nivel de investigación recomendable (ppm)		Nivel de investigación obligatoria (ppm)		Nivel de intervención (ppm)	
	pH <7	pH >7	pH <7	pH >7	pH <7	pH >7	pH <7	pH >7
Cu	<50	<100	50-150	100-300	150-300	300-500	>300	>500
Pb	<100	<200	100-250	200-400	250-350	400-500	>350	>500
Zn	<200	<300	200-300	300-500	300-600	500-1000	>600	>1000
Cd	<2	<3	2-3	3-5	3-7	5-10	>7	>10
As	<20		20-30		30-50		>50	

Tabla 2. Límites de calidad de suelos Junta Andalucía 1999

## INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN

La caracterización del agua se efectuó desde la cabecera de cuenca (Qdas. Cahuira, Keto) hasta su confluencia con el río Colca (Fig.2), para luego recibir el aporte de agua desde el sector de Chivay hasta Tapay. Los niveles de pH elevados (9.8) caracterizan el sector de mina, donde esa agua fue comparada con los límites permisibles para efluentes de mina, los cuales superan los rangos aceptables; aguas abajo en la Qda. Chimpa el pH es netamente ácido (4.78 a 2.85), estos niveles corresponden

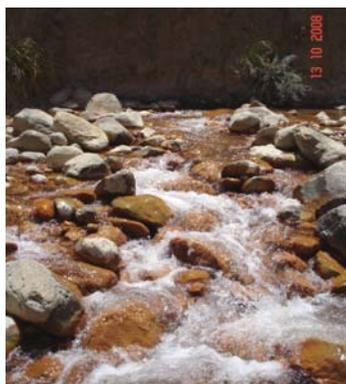


Fig. 2. Qda. Cahuira con pH



Fig. 3. Qda. Chimpa con un pH 4.7.

al sector del relave de mina (Fig.3), ya en el curso del río Colca se mantienen pH's alcalinos (pH 8.5 a 10) que sobrepasan el ECA máximo.

Los elementos con niveles que sobrepasan el ECA son el Mn y Fe desde las partes altas hasta la confluencia con el río Colca (fig.4), sin embargo en Cu, Pb, Zn las concentraciones exceden los límites en el sector de la mina; aguas abajo se diluyen no sólo por la carga de agua sino por el ambiente geológico que por su contenido de sílice y aluminio presente en su composición, actúan como neutralizantes. En el sector de Ichupampa, Yanque y Achoma se concentran valores altos de As y B (fig.5) que pueden estar

controlados por una posible fuente termal en esa zona o factores antropogénicos (M. Guillén, 2010).

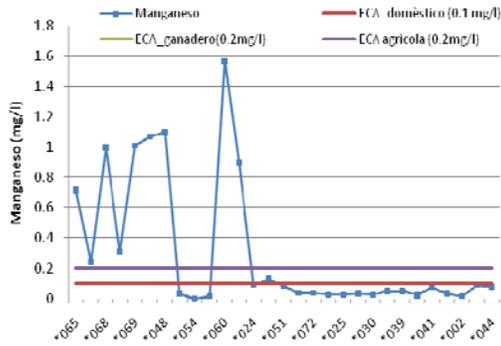


Fig. 4. Distribución del Mn.

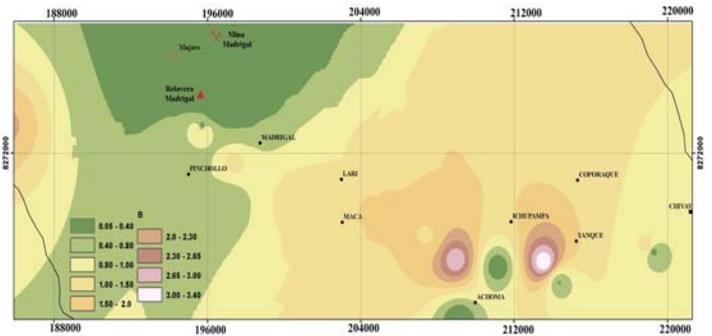


Fig. 5. Isovalores de B en la zona

## CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL AGUA

Se determinó el contenido de sodio y salinidad para la zona de estudio por ser variables importantes. La salinidad afecta la calidad del agua potable o de riego así como la biota acuática, estas sales pueden proceder directamente de las rocas emplazadas en los cursos del agua o de elevadas cantidades de fertilizantes (especialmente los más solubles), afectando negativamente el crecimiento de los cultivos.

En el caso del sodio, sus altos contenidos en las aguas de regadío afectan la permeabilidad del suelo y causa problemas de infiltración.

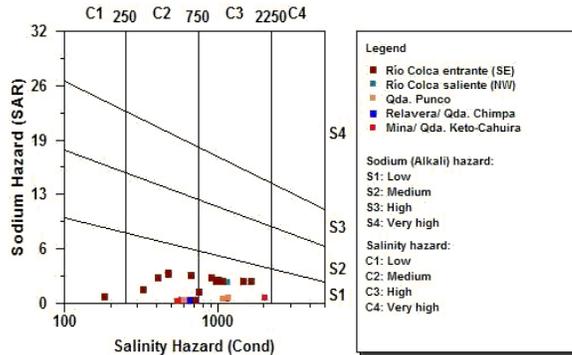


Fig. 6. Diagrama de Salinidad vs. Sodificación.

En la Fig. 6, las muestras de agua del río Colca presentan un potencial de sodicidad bajo, con una salinidad que va de un rango medio a alto, por tanto podemos deducir que estas aguas por su contenido de sodio y sal son aptas para el riego, recomendando su monitoreo para evitar su incremento.

Las concentraciones de los principales cationes y aniones permiten clasificar el agua de la zona de estudio en tres composiciones distintas. Primero el agua que se recibe desde el sector de Chivay hasta el poblado de Madrigal presenta un carácter “bicarbonatada – clorurada sódica”, por posible influencia de una ligera contaminación antrópica (Fig.6a). Sin embargo en el sector de las Qdas. Cahuira y Keto su composición es “sulfatada cálcica” como consecuencia de la actividad minera existente en esta zona (fig.6b), además de los afloramientos volcánicos con mineralización de pirita expuesta al intemperismo. Finalmente el agua que discurre en las Qdas. Chimpa y Puncu, se unen con el río Colca hacia el poblado de Tapay (fig.6c) presentando un carácter “clorurada cálcica” por efectos de dilución.

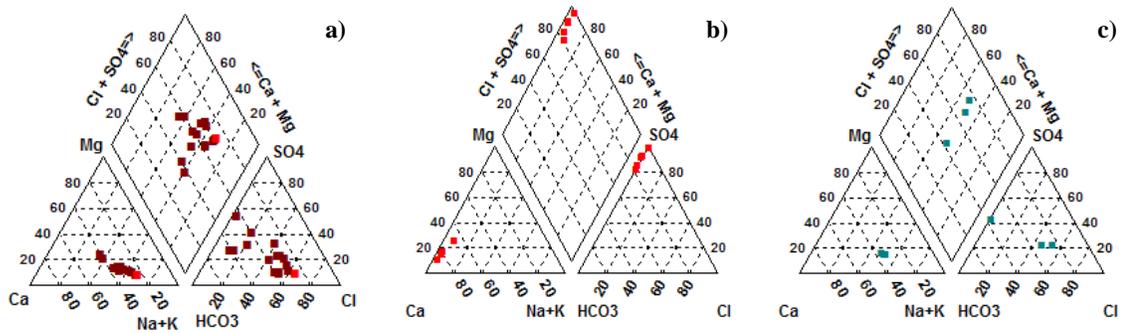
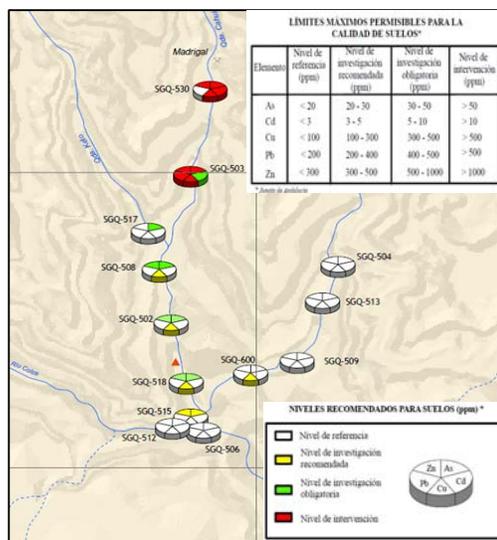


Fig. 6. Diagrama de piper a) sector río Colca entrante b) sector Qda. Cahuira y Keto c) sector río Colca saliente.

## EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS PRODUCTOS SUPÉRGENOS: SEDIMENTOS



El contenido de elementos trazas al carecer de una normatividad peruana, son comparados con los niveles recomendados por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía (1999) para suelos (Tabla 2).

Las concentraciones más elevadas de metales pesados como el As, Cd, Cu, Pb, Zn se presentan en las partes altas de la Qda. Cahuira (fig.7), aguas abajo en la Qda. Chimpa, se presentan concentraciones altas ubicadas dentro del nivel de investigación obligatoria para, ambas quebradas, influenciadas por las antiguas actividades de extracción del depósito y relaves secos. Aguas abajo y en el curso del río Colca hacia el poblado de Tapay las concentraciones de metales en sedimentos son bajas.

Fig.7. Calidad de sedimentos en Pb, Cu, Zn, As, Cd.

## CONCLUSIONES

- El área de estudio presenta un agua “Bicarbonatada-clorurada sódica”, por lo tanto no existen problemas de generación de acidez.
- , Se ha identificado que en el área Coporaque, Achoma, existen valores altos en As, B, asociando estos a posibles zonas termales en Chivay.(¿?)
- Los parámetros físicos (CE, TDS) muestran valores que superan el ECA sobretodo en las zonas cercanas a la mina y sus relaves, esto debido a altas concentraciones de iones metálicos que se encuentran en actividad química.
- La concentración de Cd, Pb, Zn, Cu, presentan valores altos en la zona de la mina y relaves, aguas abajo la concentración disminuye, encontrándose por debajo del límite permitido por el ECA.
- La salinidad del área se encuentra dentro del rango “medio a alto” por la precipitación de sales ya sea por causas naturales o antropogénicas, mientras que la sodicidad es baja no existiendo problemas de permeabilidad de los suelos.
- En el sector de la Qda. Keto – Cahuira y sector Qda. Chimpa; quebradas donde se emplaza la mina y sus relaves, el agua es “sulfatada- cálcica” como consecuencia de las filtraciones de agua oxidada presentando concentraciones muy dispersas.
- Los niveles de As, Cd, Cu, Zn superan las concentraciones aceptables para el medio ambiente, debido a la presencia de los relaves ubicados en la Qda. Chimpa y la extracción de la veta Sta. Rosa en la Qda. Cahuira.

## REFERENCIAS

- Cordani, U. G., et al. (1985). *Geochronological results from the southeastern part of the Arequipa Massif*. Communications (Universidad de Chile), 359:45-51.
- Consejería de medio ambiente de la Junta de Andalucía (1999). *Los criterios y estándares para declarar un suelo contaminado en Andalucía y la metodología y técnicas de toma de muestra y análisis para su investigación*. <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/>.
- Frau F., Ardau C. & Fanfani L. (2009). *Environmental geochemistry and mineralogy of lead at the old mine area of Baccu Locci (south-east Sardinia, Italy)*. Journal of Geochemical Exploration 100, pp.105-115.
- Guillén M. (2010). *Concentración de metales pesados en los alrededores del yacimiento minero Madrigal*. Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Agustín, Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, Arequipa, 224 pp.
- Ministerio de Agricultura del Perú (2008). *Estándares de Calidad Ambiental para agua*. DIGESA. D.S. N°002-2008 MINAM.