



## Determinación de Mercurio, Cadmio, Plomo y Arsénico en ríos de la zona minera de la subcuenca del Río Titihuapa, Cabañas, El Salvador

R. Funes

Grupo de Investigación Vulcanológico,  
Universidad de El Salvador (GIV-UES).

R. Cartagena

Grupo de Investigación Vulcanológico,  
Universidad de El Salvador (GIV-UES).

D. López

Department of Geosciences,  
Ohio University, Athens, Ohio 45701.

E. Orantes

Grupo de Investigación Vulcanológico,  
Universidad de El Salvador (GIV-UES).

B. Henríquez

Grupo de Investigación Vulcanológico,  
Universidad de El Salvador (GIV-UES).

E. Benítez

Grupo de Investigación Vulcanológico,  
Universidad de El Salvador (GIV-UES).

M. Jandres

Centro de Investigaciones y Desarrollo en Salud (CENSALUD),  
Universidad de El Salvador.

ADES

Asociación de Desarrollo Económico y Social.

### Resumen

La subcuenca del río Titihuapa en el departamento de Cabañas alberga parte del vulcanismo Terciario de El Salvador en esa región, y por ende posee una abundancia de minerales. La actividad minera que se desarrolló desde finales del siglo XIX, hizo figurar a esta zona como una de las más propicias para la explotación de oro y plata en El Salvador. Sin embargo, esta prosperidad minera, pudo haber propiciado la contaminación metálica de buena parte de la cuenca del río Titihuapa. La metodología empleada incluyó la toma de muestras de sedimentos en sitios ubicados en los puntos de confluencia de los ríos tributarios a la subcuenca Titihuapa, las cuales fueron resguardadas y transportadas al laboratorio para su respectivo análisis mediante técnicas de absorción atómica, método de horno de grafito y método de generador de flama. Se usó como parámetro el nivel de efectos leves (NEL) de la Guía Para la Evaluación de Sedimentos, del departamento de Protección Ambiental de New Jersey, 1998. Las concentraciones de Hg, Cd y Pb están por debajo de los valores de la NEL. Las concentraciones de As, la mayoría sobrepasa el NEL que es de 6.0  $\mu\text{g/g}$ .

**Palabras clave:** Titihuapa, minerales, minera, contaminación, sedimentos, subcuenca, NEL, Ambiental, mercurio, cadmio, plomo, arsénico.

## Introducción

La subcuenca del río Titihuapa en el departamento de Cabañas alberga parte del vulcanismo Terciario de El Salvador en esa región, y por ende posee una abundancia de minerales. La actividad minera que se desarrolló desde finales del siglo XIX, hizo figurar a esta zona como una de las más propicias para la explotación de oro y plata en El Salvador. Sin embargo, esta prosperidad minera, pudo haber propiciado la contaminación metálica de buena parte de la cuenca del río Titihuapa. Esta contaminación podría relacionarse, en principio con los desechos de los procesos de separación del oro de la ganga, y de su posterior distribución en el suelo, debido al rumbo que siguieron los fluidos residuales de las excavaciones mineras.

## Metodología

La metodología empleada incluyó la toma de muestras de sedimentos en sitios ubicados en los puntos de confluencia de los ríos tributarios a la subcuenca Titihuapa; río Zapotal, río Chiquito, río Machacal, río San Isidro y río Amatitán que por su ubicación geográfica podrían estar influenciados por la actividad minera que se ha practicado en la región desde la época de la conquista española, actividad que tuvo una mayor intensidad durante los primeros años del siglo pasado. Para efectos de observar la influencia de esta actividad en la zona se tomó como punto partida del estudio, el área de la zona minera de cabañas que se indica en el Mapa de monitoreo de la subcuenca del río Titihuapa Cabañas-San Vicente 2011 (Fig. 1).

La recolección de las muestras se realizó en cada uno de los sitios de confluencia de los ríos antes

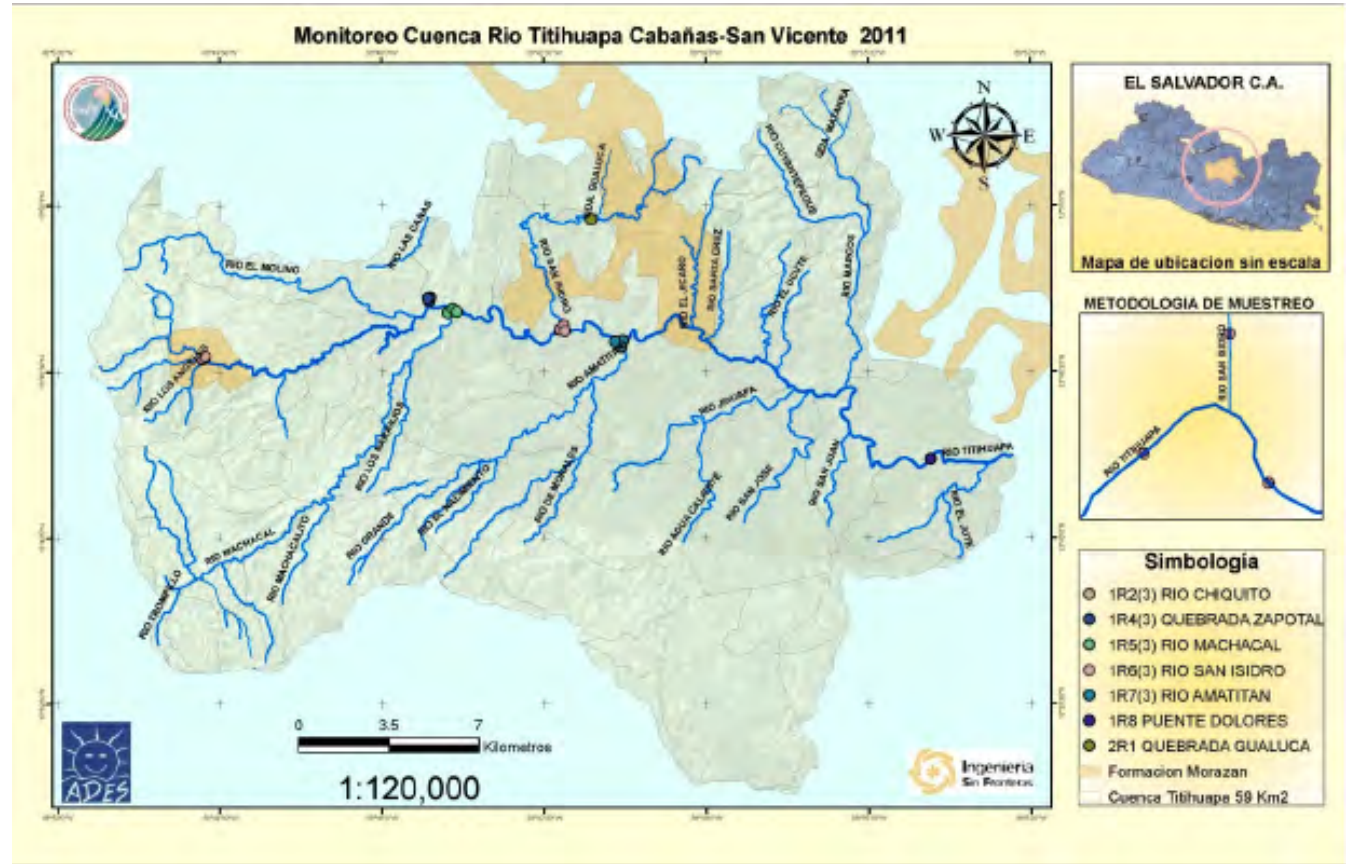


Figura 1. Área de estudio de La subcuenca del río Titihuapa, ADES, Cabañas, El Salvador 2012.

descritos. Se estableció para cada uno tres puntos de muestreo (100 metros antes y después) registrando sus coordenadas mediante GPS. El muestreo se realizó del 07/11/2011 al 17/11/2011. Se recorrió la subcuenca, donde se establecieron 17 puntos de muestreo. Se utilizó un tubo de PVC de 3.0 metros de largo para extraer el sedimento. Se tomó en cada punto una muestra de aproximadamente 500 gramos de sedimento que fue colocado en bolsa Ziploc standard la cual fue resguardada y transportada al

laboratorio para su respectivo análisis mediante técnicas de absorción atómica, método de horno de grafito y método de generador de flama.

Se usó como parámetro el nivel de efectos leves (NEL) de la Guía Para la Evaluación de Sedimentos, del Departamento de Protección Ambiental de New Jersey, 1998 (Fig. 2).

FRESHWATER SEDIMENT SCREENING GUIDELINES

Ontario (Persaud et al., 1993)

**BOLD TYPE IN TABLE INDICATES ECOLOGICAL SCREENING VALUES TO BE USED IN THE BASELINE ECOLOGICAL EVALUATION (BEE).**

<u>Metals</u>	<u>Lowest Effects Level (LEL)<sup>1</sup></u> (mg/kg, dry weight)	<u>Severe Effects Level (SEL)<sup>2</sup></u> (mg/kg, dry weight)
Arsenic	<b>6</b>	33
Cadmium	0.6	10
Chromium	<b>26</b>	110
Copper	<b>16</b>	110
Lead	<b>31</b>	250
Mercury	0.2	2
Nickel	<b>16</b>	75

Figura 2. Guía Para la Evaluación de Sedimentos, del Departamento de Protección Ambiental de New Jersey.

## Resultados y Discusión

Las concentraciones de Hg, Cd y Pb están por debajo de los valores de la NEL. Las concentraciones de As, la mayoría sobrepasa el NEL que es de 6.0 µg/g (Fig. 3), 15 de los 17 puntos de muestreo exceden el valor de la NEL (6 mg/kg) de la Guía Para la Evaluación de Sedimentos, del Departamento de Protección Ambiental de New Jersey, 1998. El valor máximo encontrado fue de 24.05 mg/kg.

Estos minerales con arsénico que arrastra la corriente, cayeron al agua del río en el polvo traído por el viento, o bajaron en el lodo desde los lugares donde nacen los afluentes y las vertientes, y donde se erosionan los suelos debido a la lluvia. Estos suelos a su vez contenían los minerales con arsénico en

forma natural, propios de la formación geológica, o en forma no natural en el suelo “nuevo” originado por el sobrante de las rocas extraídas del subsuelo a través de socavones y galerías durante el proceso de minería. La presencia natural del arsénico en el subsuelo de la zona de estudio se demuestra a partir del hecho de que este metal ha sido detectado en el agua de algunos pozos de la región, analizados en otras investigaciones realizadas antes de la realización de este trabajo.

## Conclusiones

Se puede afirmar que el arsénico detectado en las muestras de sedimento de los ríos investigados no se originó en el lecho de los ríos. Este arsénico

formaba parte de los minerales que transporta el agua del río, y que se asientan en el lecho dependiendo del tamaño de los sólidos disueltos y del carácter tranquilo o turbulento del caudal.

Finalmente, estos materiales sobrantes conteniendo los minerales con arsénico eran parte de los depósitos de menas de oro/plata, que, como se ha dicho, se formaron en los sistemas geotermales que sucedieron al vulcanismo del Terciario, que alberga la cuenca del río Titihuapa. El arsénico fue sacado inevitablemente junto con el oro contenido en las rocas extraídas del subsuelo, en el proceso de minería.

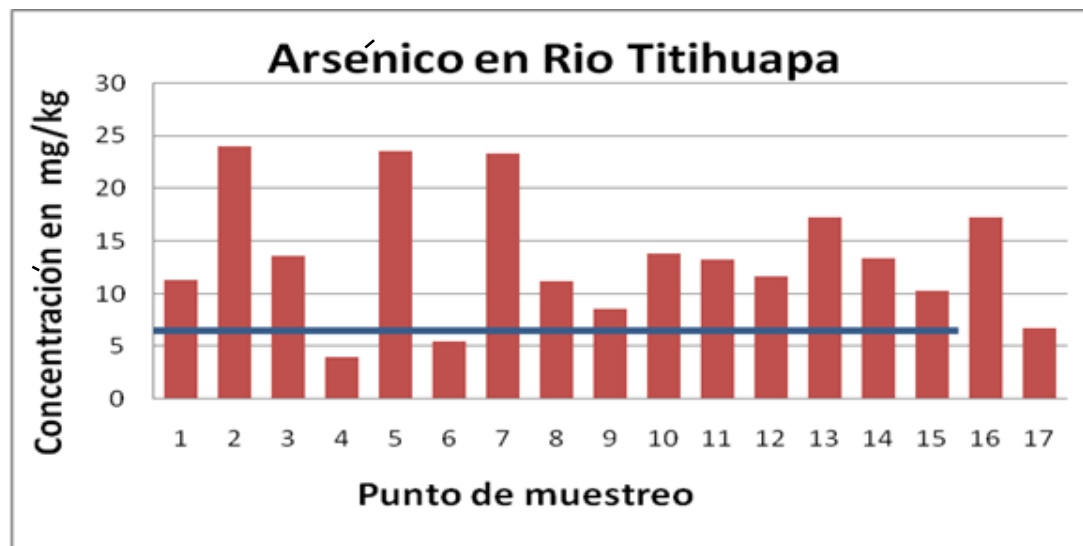


Figura 3. Muestra las concentraciones de Arsénico determinadas en sedimentos de los puntos recolectados en la Subcuenca Titihuapa.

## Bibliografía consultada

- IFC Environmental Health and Safety Guidelines for Precious Metals Mining [Lineamientos de Seguridad Sanitario y Ambiental para la Minería de Metales Preciosos](Borrador) Julio 2004.
- U.S. Environmental Protection Agency (US EPA) [Agencia de Protección al Medioambiente de los EE.UU.] Drinking Water Standards [Estándares para el Agua Potable]: <http://www.epa.gov/safewater/mcl.html#inorganic> Estándar de arsénico en ( ) efectivo enero 2006.
- Canadian Council of Ministers of the Environment [Consejo Canadienses de Ministros por el Medioambiente], 2003, Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life [Lineamientos Canadienses para la Protección de la Vida Acuática]. MERCURIO: Mercurio inorgánico y mercurio de metilo. [http://www.ccme.ca/assets/pdf/ceqg\\_hg\\_wqg\\_fctsht\\_aug2003\\_e.pdf](http://www.ccme.ca/assets/pdf/ceqg_hg_wqg_fctsht_aug2003_e.pdf)
- Guía Para la Evaluación de Sedimentos, del Departamento de Protección Ambiental de New Jersey, 1998.
- American Chemical Society, Chemistry in Context, Wm. C. Brown Publisher. 1994.
- Bernard J. Nebel, Richard T. Wright, Ciencias Ambientales. Prentice Hall Mexico 1999
- Cahill H Isaack B. Sismicity and shape of the subducted Nazca plate. J. Geophys. Res. 1992; 97:17503-17529.
- California Office of Environmental Health Hazard Assessment, 1999, California Sport Fish Consumption. Advisories, 1999: Sacramento, Calif., 9 p.
- Carr M. J, Rose WI, Stoiber RE. Central America. In: Thorpe RS, ed. Andesites; orogenic andesites and related rocks. New York, Willey, 1982:149-166. Carr MJ, Symmetrical and Segmented variation of physical and geochemical characteristics of the Central America Volcanic front. J. Volcanol. Geotherm. Res. 1984; 20:231-252.
- Hunerlach, M.P., Rytuba, J.J., and Alpers, C.N., 1999, Mercury contamination from hydraulic placer-gold mining in the Dutch Flat mining district, California: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 99-4018B, p. 179- 189.
- Malfait BT, Dinkelman MG, Circun-Caribbean Tectonic and Igneous Activity and the Evolution of the Caribbean Plate. Geological Society of American Bulletin, V.83, p.251-272, 1972.
- Meyer-Abich, H. Los volcanes activos de Guatemala y El Salvador (América Central). An. Ser. Geol. Nac; No. 3. San Salvador, 1956 P. 102.
- Plummer C., Mc Geary, Physical Geology. Wm. C. Brown Communication, Inc. USA, 1979.