

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE MERCURIO EN LA CUENCA DEL RIO OCOÑA, PERÚ

Palacios, S., Alfonso, P., Yañez, J., Higuera, P.

Departament d'Enginyeria Minera i Recursos Naturals, Universitat Politècnica de
Catalunya. Av. de les Bases de Manresa, 61-73, 08242 Manresa
E-mails: silvia@emrn.upc.edu, pura@emrn.upc.edu ,

RESUMEN

En el departamento de Arequipa, sur del Perú, se localiza la cuenca del río Ocoña, donde se encuentran diferentes asentamientos mineros artesanales. En esta zona se explota el oro. La recuperación del metal precioso se realiza mediante amalgamación con mercurio, en algunos casos utilizando retortas y en otros en las propias casas. La utilización de éste se realiza sin medidas de protección lo que produce una contaminación al medio ambiente de toda la zona.

Mediante este trabajo se realizó una evaluación de la contaminación producida por el uso del mercurio en la cuenca del río Ocoña. Para ello, se han obtenido un total de 12 muestras de agua procedentes de diferentes lugares de la cuenca. Además se han analizado 3 muestras de plantas y sus suelos y 20 de cabellos humanos, correspondientes a habitantes de la población de Misky. Las diferentes muestras fueron tomadas a individuos con diferentes edades, sexo, contacto con el mercurio, frecuencia de consumo de pescado, profesión, etc.

Los análisis se realizaron mediante espectrómetro Lumex en la Universidad de Castilla-La Mancha.

En las muestras de aguas, se observaron unas concentraciones de mercurio muy elevadas en las muestras de la zona minera de Misky, cercanas a la zona de concentración y trituración, con valores superiores a 1 µg/l y valores más bajos en las muestras restantes, algunas de las cuales también se encuentran próximas a zonas mineras, como las del río Ocoña en las cercanías de las actividades mineras de San Juan de Churunga.

Una de las plantas analizadas presenta elevados contenidos en mercurio, hasta un máximo de 71.7 µg/g, y 65.2 µg/g en el suelo correspondiente.

Todas las muestras de cabellos analizadas, a excepción de dos casos (0.61 y 0.71 µg/g), contienen mercurio en cantidades superiores a los valores recomendables por la OMS (1µg/g). Dichos valores varían entre 1.04 a 6.75 µg/g.

Por tanto, en la Cuenca del Río Ocoña existe evidencia de contaminación por mercurio, ya que hay concentraciones, tanto en agua como en cabellos humanos, que sobrepasan los límites establecidos por diferentes organismos.

PALABRAS CLAVE: contaminación, mercurio, medio ambiente, Perú

INTRODUCCIÓN

En el presente estudio se pretende determinar la magnitud de concentración por mercurio entre la población del río Ocoña, centrándose en la subcuenca de Ocoña, en Arequipa, sur del Perú. En muchas ocasiones los vertidos de la minería son depositados al río, contaminando diferentes áreas de la cuenca del río. Las diferentes minas están principalmente localizadas en quebradas y cercanas al río Ocoña. La zona de estudio comprende la subcuenca de Ocoña, sur de el área, pudiéndose observar en el mapa (Figura. 1).

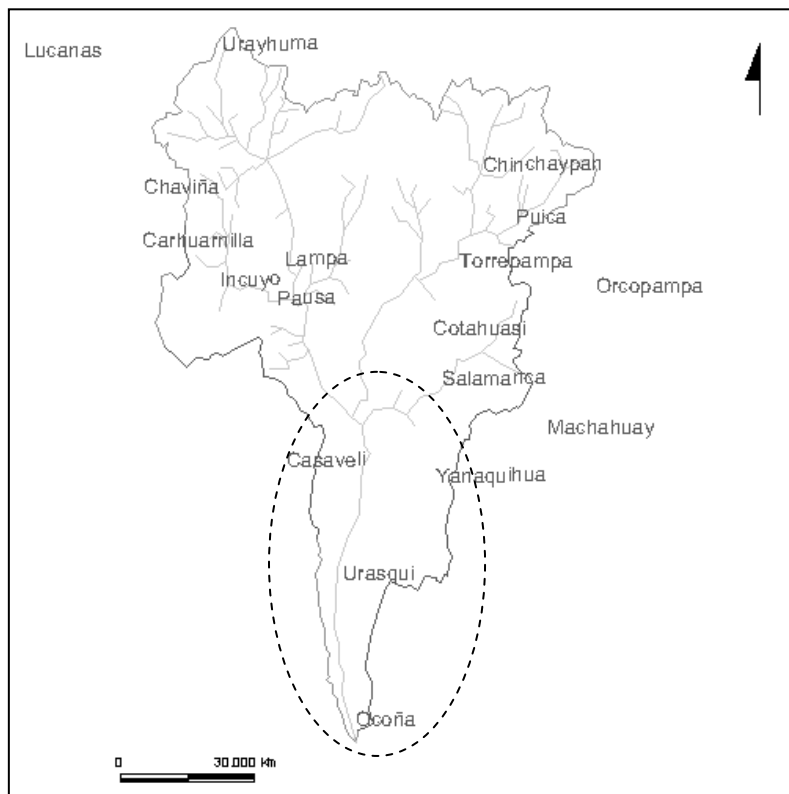


Figura 1. Mapa de ubicación de la Cuenca del río Ocoña, Arequipa.

El asentamiento minero de Misky está situado en medio del Valle de Posco, en el margen derecho del río Ocoña, provincia de Camaná, departamento de Arequipa (Figura. 2). Cuenta con una altitud media de 1.046 m. Concretamente en la zona de Arequipa existe una gran presencia de minería artesanal del oro, donde las condiciones de vida y de trabajo de la población minera no son las más idóneas. A unos 3 Km de Misky se encuentra el asentamiento de San Martín, donde se concentra la zona de procesamiento del oro utilizando mercurio.

El proceso de extracción del oro empieza con una perforación mecánica o mediante explosivos del mineral dentro de la mina, desplazamiento de este al exterior mediante carretilla, separación manual y visual del material y primera distinción de calidad. La parte que contiene mayor cantidad de oro va directamente a los molinos quimbaletes, y la parte con menos cantidad pasa primero por el molino de bolas y posteriormente por los quimabeltes. En ellos se trituran las rocas mediante los bloques de granito (quimbaletes) y con un vaivén de esté, introduciendo mercurio líquido para la amalgamación del mercurio con el oro. Finalmente es quemada la amalgama para la obtención del oro puro. En la zona de San Martín, hay quimbaletes trabajando diariamente, donde cada uno de ellos procesa entre 4-5 latas de 30 Kg/día de material, y un consumo de 2 Kg de Hg día; un 20% del mercurio que no se recupera se deposita en el medio

ambiente (Costa et al., 2009). Según Nriagu (1994), entre el 60-65% de mercurio se deposita en la atmosfera creando graves contaminaciones ambientales.

El presente estudio pretende determinar la contaminación ambiental de la cuenca del río Ocoña.

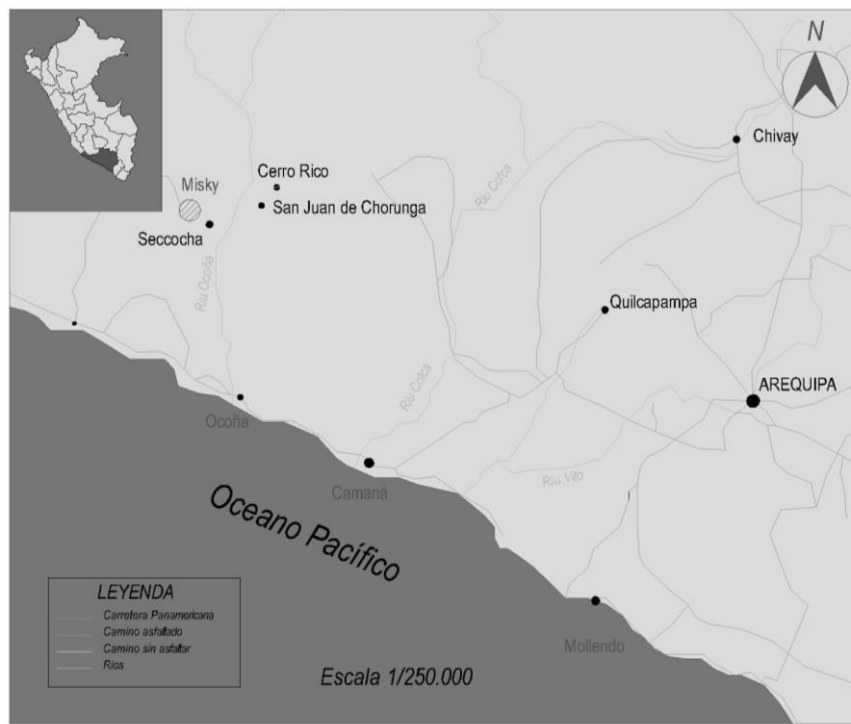


Figura 2. Situación del asentamiento minero de Misky, Arequipa (Palacios et al., 2011).

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la evaluación medioambiental de la zona, contaminada por mercurio, se procedió a la toma de muestras de diferentes tipos: aguas, rocas, plantas y cabellos.

Se ha elaborado un mapa con las diferentes zonas a muestreadas, lo más representativo posible y con acceso adecuado para la toma de resultados. Se obtuvieron un total de 12 muestras de agua, 3 de plantas, 3 de suelos y 20 muestras de pelos (Figura 3).

Para lo que se refiere a las muestras de cabellos, no se planificó un número exacto de muestras, ya que al referirse a personas voluntarias era imprevisible su cantidad exacta. Las muestras de cabellos de la población se cogieron en San Luis, escogidas al azar y de manera voluntaria.

Las muestras de agua fueron almacenadas en frascos pequeños y por duplicado. En el mismo instante se anotaron las variables tales como la temperatura, conductividad y pH. Las muestras de plantas y sedimentos fueron recogidas mediante paletas y depositadas en bolsas, y posteriormente separadas con papeles.

La extracción de cabellos se realizó mediante tijeras, se cortaron mechones enteros de los individuos lo más cercano al cuero cabelludo. La muestra solo contenía los primeros 5-8 cm de cabello, que eran guardados en potecitos enumerados, y guardadas a temperatura ambiente.

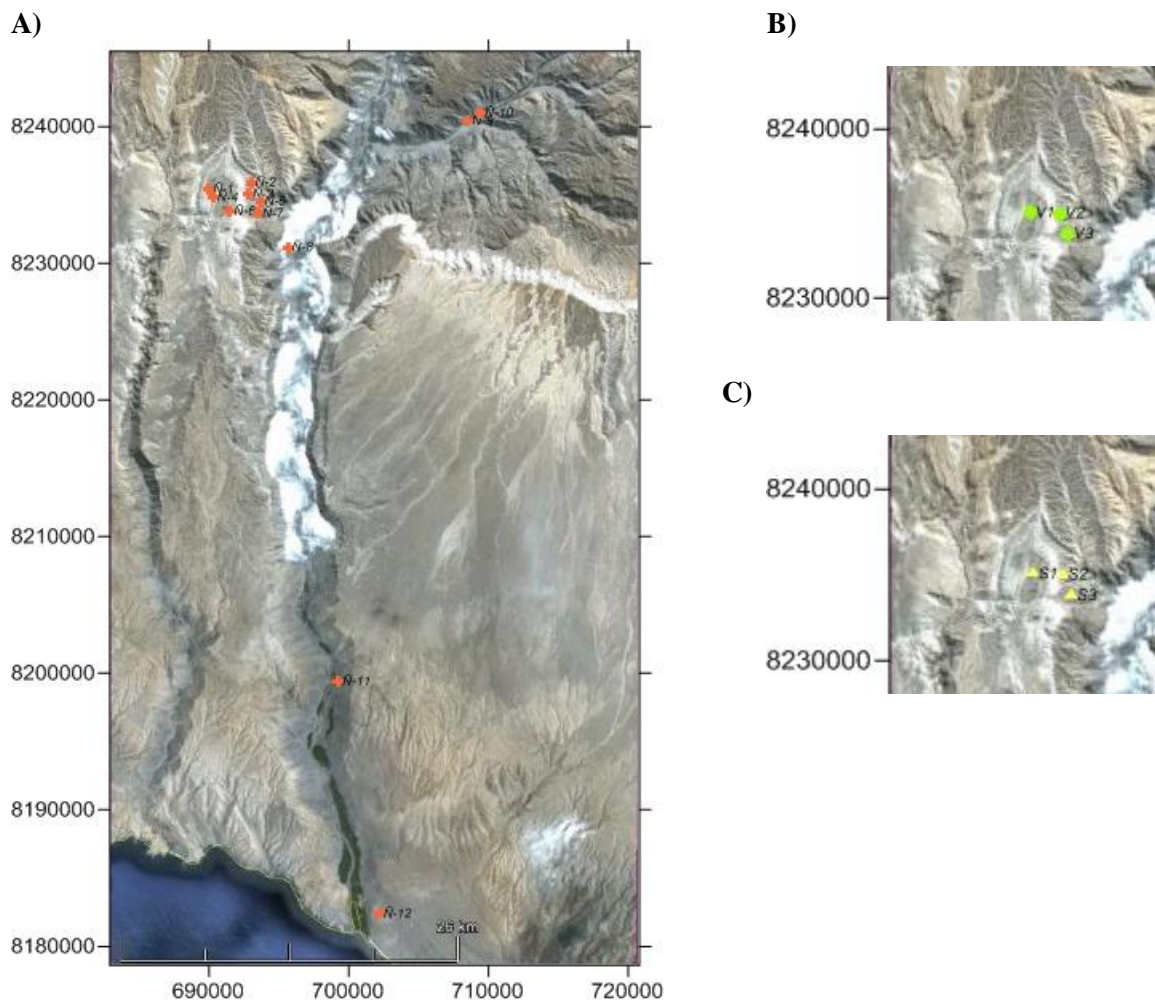


Figura 3. Mapa de la cuenca del río Ocoña. A) Situación de las muestras de agua, B) Plantas y C) Sedimentos.

En el mismo momento, se realizaba un cuestionario anotando: edad, sexo, nombre, tiempo de trabajo en la zona, tiempo en que la persona vivía en la zona, consumo de pescado al mes, ocupación, algún síntoma, entre otros. La recopilación de muestras fue realizada en junio de 2012.

Los análisis de mercurio en cabellos se realizaron principalmente por triplicado, en algunos análisis puntuales, donde la muestra era de menor cantidad, podía reducirse a dos análisis. En método utilizado para los análisis de plantas, suelos y cabellos fue una espectrometría de absorción atómica para la determinación del mercurio total. Para el análisis estadístico se utiliza el programa Minitab, donde se analizaron las variables estadísticas estándar. Además se realizaron test de correlación entre diferentes variables.

RESULTADOS

Se realizaron diferentes análisis en dos universidades: Universitat Politècnica de Catalunya (Manresa) y en la Universidad de Castilla la Mancha (Almadén). Su finalidad es la medición de concentración de mercurio en diferentes medios.

En total se analizaron 12 muestras de aguas, en donde se observa unas concentraciones de mercurio muy elevadas en las primeras tres muestras, con valores superiores a 1 µg/l, valores elevados en las muestras Ñ-4/5/6 y valores bajos en las muestras restantes (Tabla 1). Los pH varían entre 7,03 y 8,73, por lo tanto se consideran que las aguas son ácidas. Las temperaturas de las aguas son de entre 16,2 hasta 22,8 °C. El clima de la zona es de montaña, frío por la noche y mucho calor durante el día, por lo que las temperaturas de las aguas pueden alcanzar diferentes valores, y dependiendo del momento del día de la toma de muestra.

Tabla 1. Resultados de muestras de agua de la subcuenca de Ocoña.

	Hg Disuelto mg/l	Hg Total mg/l	pH	Temp. °C
Ñ 1	34,2	61,1	7,71	18,4
Ñ 2	20,5	27,2	7,69	17,3
Ñ 3	0,2	1,2	7,97	17,5
Ñ 4	0,5	0,9	7,3	17,7
Ñ 5	0,3	0,8	8,73	19,7
Ñ 6	0,2	0,7	7,03	18
Ñ 7	0,1	0,4	7,63	16,8
Ñ 8	0,02	0,07	8,18	21,7
Ñ 9	0,01	0,01	8,18	21,2
Ñ 10	0,01	0,01	8,34	19,6
Ñ 11	0,01	0,01	8,13	20,5
Ñ 12	0,02	0,02	8,12	22,2

Se ha realizado una gráfica donde se diferencia la concentración de mercurio disuelto y la concentración de mercurio total. Observamos que en las aguas existen diferentes tipos de mercurio (Figura 4).

Según la Organización Mundial de la Salud, el límite máximo permitido para agua potable es de 1 µg/l. En nuestras muestras, en ningún momento se utilizan las diferentes aguas para consumo humano, pero sí que se tienen otros usos que pueden contaminar a la zona. Por ejemplo, estas aguas se utilizan para la limpieza personal, de ropa o utensilios de cocina. Además, se utiliza para el consumo de esta agua para animales.

Mediante el análisis de datos en cabellos, podemos observar que en rango de concentración de mercurio total es de 0,62 µg/g – 6,43 µg/g, con una media de 2,78 µg/g. Según las ocupaciones, los quimbaleteros obtuvieron los valores más elevados 4,141 µg/g, seguidos de los estudiantes 1,98 µg/g, vendedores de mercurio 1,85 µg/g, vendedores de mercurio y quimbaleteros en ocasiones 1,66 µg/g, cocineros 0,83 µg/g y por último los bebés 0,72 µg/g. En cuanto a los sexos, las mujeres obtienen unos valores más elevados que en el caso de los

varones, 2,95 $\mu\text{g/g}$ y 2,64 $\mu\text{g/g}$ respectivamente. El 89,5% de los habitantes, superan la dosis de mercurio total según la OMS (Organización Mundial de la Salud), ya que el valor fijado es de 1 $\mu\text{g/g}$. Solo dos de 19 muestras tienen valores por debajo de este límite (Tabla 2).

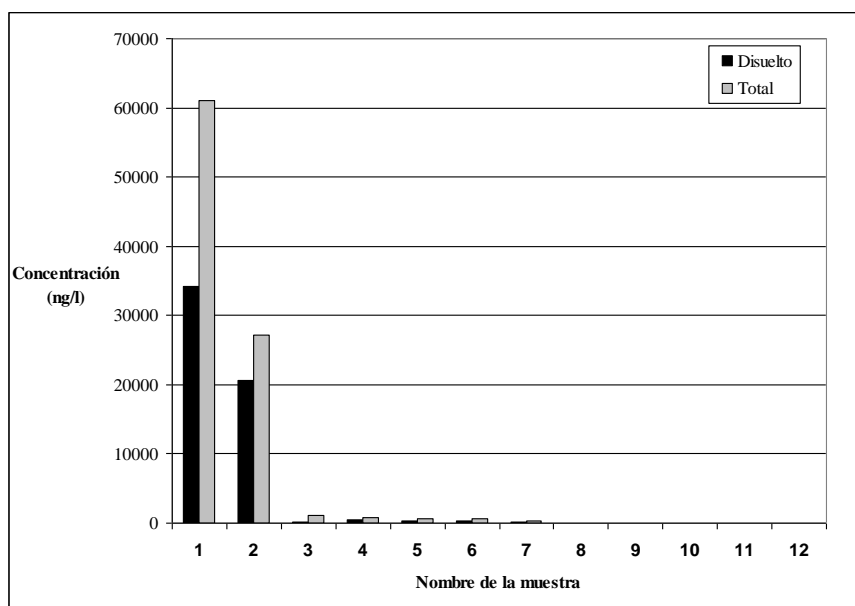


Figura 4. Concentración de mercurio disuelto y total de las muestras

Comparando con otros estudios, se observa que la población de Almaden, sur de España donde se localizan las minas de mercurio, se precisan cantidades de mercurio en cabellos que varían entre 0,20 a 9,35 $\mu\text{g/g}$, con una media de 2,64 $\mu\text{g/g}$. (Esbri et al., 2012).

Tabla 2. Resultado de la concentración de Hg en cabellos e información de variables.

Muestra	Concentración Hg ($\mu\text{g/g}$)	Edad	Sexo	Ocupación	Amalgama	Consumo pez
C-1	-	25	Varón	Quimbaletero	no	1 vez/mes
C-2	3,66	24	Varón	Quimbaletero	no	no
C-3	4,24	50	Varón	Quimbaletero	no	1 vez/día
C-4	2,08	17	Varón	Quimbaletero	no	1 vez/mes
C-5	2,31	19	Varón	Quimbaletero	no	1 vez/mes
C-6	1,85	33	Mujer	Vendedor Hg	no	1 vez/semana
C-7	4,78	27	Varón	Quimbaletero	casa	3 veces/mes
C-8	1,97	37	Mujer	Vend/Quimb	no	2 veces/semana
C-9	0,62	44	Mujer	Cocinero	no	3 veces/mes
C-10	2,88	38	Mujer	Quimbaletero	Quimbalete	3 veces/mes
C-11	1,47	4	Varón	Estudiante	no	4 veces/mes
C-12	6,43	28	Mujer	Quimbaletero	no	4 veces/mes
C-13	1,35	24	Mujer	Vend/Quimb	casa	no
C-14	4,14	63	Varón	Quimbaletero	no	4 veces/mes
C-15	0,71	0,6	Varón	Bebe	no	no
C-16	1,80	4	Mujer	Estudiante	no	4 veces/mes
C-17	1,04	39	Varón	Cocinero	no	4 veces/mes
C-18	2,12	6	Varón	Estudiante	no	4 veces/mes

C-19	2,54	10	Varón	Estudiante	no	4 veces/mes
C-20	6,75	40	Mujer	Quimbaletero	no	no

Según otros estudios, donde se trabaja en minería artesanal mediante la extracción de oro con mercurio en Venezuela, se observan valores extremadamente elevados, con un promedio de 6,1 $\mu\text{g/g}$, con valores que pueden llegar a los 26,71 $\mu\text{g/g}$ (Álvarez y Rojas, 2006). Otros autores observan concentraciones de mercurio total en cabello de entre 3 y 89,2 $\mu\text{g/g}$ (promedio=26,93 $\mu\text{g/g}$) en el grupo de mineros y entre 2,8 y 48,7 $\mu\text{g/g}$ (promedio=22,86 $\mu\text{g/g}$) entre los expuestos indirectamente en la Guainía, Colombia (Idrovo et al., 2001).

La ingesta de pescado en la dieta, es uno de los factores importantes para la adquisición de mercurio (Esbri et al, 2012). En nuestro caso, el consumo de pez a la semana es muy poco, por lo que es difícil avaluar este parámetro. Además, no es del todo clara la procedencia de los pescados que consumen las poblaciones de la Cuenca.

Se analizaron 3 tipos de plantas y sus correspondientes sedimentos. Es conveniente mencionar, que la cantidad de plantas analizadas es mucho inferior de lo idóneo, ya que la zona de estudio es desértica, y es muy dificultoso poder encontrar variedad de ellas. En general, en la concentración de Hg en plantas se obtuvieron valores bajos ($V_{2\text{planta}}= 0,427 \text{ mg/g}$ y $V_{3\text{planta}}= 0,952$), y un valor elevado en la V_1 de 7,17 mg/g , planta situada muy cerca de la zona de procesamiento y utilización de mercurio. Las concentraciones de mercurio en sedimentos son variadas ($V_{1\text{sed}}= 62,5 \text{ mg/g}$, $V_{2\text{sed}}= 0,427 \text{ mg/g}$ y $V_{3\text{sed}}= 0,186 \text{ mg/g}$).

Diferentes estudios sobre contaminación ambiental manifiestan que existen una gran cantidad de vertidos de Hg debidos a la recuperación del oro por la minería artesanal, llegando a valores de 800-1000 toneladas de mercurio (Veiga et al., 2006)

DISCUCCIÓN

Según las medias por ocupación, los estudiantes (niños entre 3 y 16 años), tienen un elevado contenido de mercurio total en cabello, con valores promedio de 1,983 $\mu\text{g/g}$. Las zonas más cercanas en donde se realizan los procesos de amalgamación, existen las concentraciones más elevadas de mercurio en aguas.

Se propone en primera estancia, utilización de equipos de protección individual como pueden ser los guantes de látex y utilización de mascarillas en el momento de quemar de la amalgama.

Se están estudiando métodos alternativos para una total eliminación del mercurio en la obtención del oro, como son la biolixiviación con microorganismos. Es necesario buscar alternativas al uso del mercurio.

Se prevé una continuación en los estudios medioambientales, para así poder obtener resultados sobre los efectos que produce la utilización del mercurio u otros compuestos químicos para la obtención del metal. Se estudiaran las posibles remediaciones y buscar otros métodos para la obtención del oro, menos corrosiva y perjudicial para las personas y medio ambiente.

BIBLIOGRAFIA

Alvarez, L., Rojas, L. (2006). Presencia de mercurio total en habitantes de los asentamientos indígenas El Casabe, municipio autónomo Raul Leoni y el Plomo, municipio autónomo

- Manuel Carlos Piar – Estado Bolívar (Venezuela). Saber, Universidad de Oriente, Venezuela. Vol. 18. N° 2: 161-167.
- Costa, M., Alfonso, P., Palacios, S. (2009). Proceso de tratamiento para la recuperación de oro en el asentamiento minero artesanal de Misky, Perú. Segundo congreso internacional sobre geología y minería en la ordenación del territorio y en el desarrollo. Utrillas-2009, P.20 pp 231-242
- Esbri, J.M., Higuera, P., Martínez, A., Díez, S., Tobias, A. (2012). Estudio comparativo de exposición de los habitantes de Almadén y Castilla La Mancha mediante el uso de los contenidos de mercurio en cabello. II Jornadas de investigación: Ciudad Real-Comunicación 236.
- Hinton, J.J., Veiga, M.M., Veiga, A.T.C. (2003). Clean artisanal gold mining: a utopian approach? *Journal of Cleaner Production* 11:99–115.
- Idrovo, A., Manotas, L., Villamil de García, G., Ortiz, J., Silva, e., Romero, s., Azcárate, C. (2001). Niveles de mercurio y percepción del riesgo en una población minera aurífera del Guainía (Orinoquia colombiana). *Biomédica*, 21: 134-41.
- Nriagu, J.O. (1994). Mercury pollution from the past mining of gold and silver in the Americas. *The Science of the Total Environment* 149, 167-181.
- Palacios, S., Alfonso, P. (2011). Importancia de la caracterización de los yacimientos para su aprovechamiento sostenible: el ejemplo de Misky, Perú. *Patrimonio Geominero, geología y minería ambiental de Bolivia*. ISBN 978-99920-1-794-4. Pp. 281 – 290.
- USEPA (2001). Water Quality Criterion for the Protection of Human Health: Methylmercury. <http://www.epa.gov/waterscience/criteria/methylmercury/document.html>. (Consultada: marzo de 2013).
- Veiga, M.M., Bermudez, D., Pacheco-Ferreira, H., Martínez Pedroso, L.R., Gunson, a.J., Berrios, G., Vos, L., Huidobro, P. Roeser, M. (2006). Mercury Pollution from Artisanal Gold Mining in Block B, El Callao, Bolívar State, Venezuela. En: N. Pirrone, K.R. Mahaffey (eds). *Dynamics of Mercury Pollution on Regional and Global Scales: Atmospheric Processes and Human Exposures Around the World*. Elsevier, pp 421-450.