

Contaminación por metales pesados en el sur del Ecuador asociada a la actividad minera.

Contamination by heavy metals in the south of Ecuador associated to the mining activity.

Rodrigo Oviedo-Anchundia,¹ Emy Moína-Quimi,¹ Jaime Naranjo-Morán,¹ Milton Barcos-Arias¹

DOI. 10.21931/RB/2017.02.04.5

RESUMEN

En este trabajo se realizó una recopilación de la zona minera más antigua e importante del Ecuador desde su época precolombina hasta la actualidad. Se recolectaron datos que muestran las concentraciones de algunos metales pesados no esenciales (Hg, Pb, As, Mg, Zn, Cd), en los cantones Zaruma y Portovelo de la provincia de El Oro. Los resultados revelaron que los recorridos de los lugares afectados por estos metales van desde el nacimiento de los ríos Calera, Amarillo y Pindo, a lo largo de la cuenca, hasta llegar al río Puyango, donde se obtiene los valores más bajos de estos elementos, a excepción del Manganese puesto a que su nivel vuelve a elevarse debido a la presencia mineralógica del bosque petrificado de Puyango. Los datos tomados del FONSAD fueron obtenidos del material procesado de los relaves de molienda y colas de cianuración en el año 2004, los mismos demostraron que las concentraciones de plomo y arsénico superaban los valores límites de referencia para estos metales en los suelos. En otros estudios realizados a los pobladores, se tomaron muestras biológicas (sangre, orina y cabello), y con ello se logró determinar que la mayoría de los habitantes de las poblaciones cercanas a la cuenca del río Puyango, se encuentran envenenados con Hg y Pb en pequeñas cantidades dentro de su organismo. **Palabras clave:** Hongos micorrizico arbusculares (HMA), Nematodos, Granadilla

Palabras clave: salud, minería artesanal, amalgamación, metales pesados, contaminación

ABSTRACT

In this work was made a compilation of the oldest and most important mining zone of Ecuador, from its pre-Columbian times until the present time. Data were collected that show concentrations of some non-essential heavy metals (Hg, Pb, As, Mg, Zn, Cd) in Zaruma and Portovelo cantons of the El Oro's province. The results revealed that the route of the affected sites is from the beginning of the Calera, Amarillo and Pindo rivers along the basin until arriving the Puyango river, where the lowest values of these elements are obtained, except for Manganese because its level rises again due to the mineralogical presence of the Petrified Forest of Puyango. The data taken from the FONSAD were obtained by the material processed from grinding tailings and cyanidation tails in 2004, which showed that the lead and arsenic concentrations exceeded the limits values of reference for these metals in soils. In other studies, made to the settlers, biological samples (blood, urine and hair) were taken, and it allowed to determine the majority habitants of the population near the Puyango basin river are poisoned with Hg and Pb in small amounts.

Key words: Health, artisanal mining, amalgamation, heavy metals, pollution

Introducción

En Ecuador, el incremento de la minería artesanal e ilegal, ha provocado un aumento de la contaminación por metales pesados en la provincia de El Oro, siendo a su vez causante de graves daños en los sectores cercanos a ríos o efluentes. La minería artesanal se consolida en la parte más alta de la cuenca del río Puyango (Zaruma y Portovelo). La extracción del oro (Au) y la plata (Ag) se realiza por fases, la primera fase extrae el mineral en bruto de las minas, y en la segunda, los minerales son tratados en plantas de procesamiento.

Las plantas de procesamiento están ubicadas en la orilla de los ríos Calera y Amarillo. En ellas se llevan a cabo los procesos para el enriquecimiento del mineral, desde la reducción del mineral en bruto mediante molinos, hasta la fase de lixiviación. El cianuro (CN⁻) es utilizado en las piscinas de lixiviación durante el proceso de extracción, los desechos resultantes forman relaves que son eliminados a los ríos y estos se encuentran cargados de metales pesados causando graves impactos ambientales debido a su toxicidad.

Las concentraciones de metales pesados en los suelos, producto de la cianuración y los relaves de amalgamación, tienen niveles que superan los límites establecidos según la normativa

ecuatoriana. Los estudios realizados por el FONSAD en los relaves de Vivanco (Zaruma) y Chancha Geráis (Portovelo), muestran concentraciones de niveles de plomo (Pb) (1796.8-4060.0 mg/Kg), arsénico (As) (396.0-8800.0 mg/Kg), zinc (Zn) (513.0-2670.0 mg/Kg), cadmio (Cd) (27.0-44.1 mg/Kg), y mercurio (Hg) (1.0-35.9 mg/Kg), que rebasan el máximo permisible señalado en la norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados¹. El material particulado en suspensión (MPS) que es concurrente en el Pindo, río donde convergen los ríos Calera y Amarillo, es generado por los desechos mineros (colas y relaves). En invierno el MPS afecta a las poblaciones ubicadas en la cuenca baja del río Pindo-Puyango, debido al arrastre ocasionado por el aumento del caudal².

La presente revisión recopila información de la zona minera más antigua del Ecuador, y a su vez del efecto de la actividad minera desarrollada en esta zona, la misma que ha contribuido a la contaminación del agua, suelo y aire en los cantones Zaruma y Portovelo de la provincia de El Oro, causando graves repercusiones en la salud de los pobladores.

¹ Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ciencias de la Vida, FCV, Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador, CIBE, Campus Gustavo Galindo Km. 30.5 Vía Perimetral,

Panorama histórico

La explotación minera en el Ecuador tuvo tres escenarios: la época precolombina, la época colonial y la época republicana³. Se conoce poco de la tecnología usada para la extracción de Au y Ag en la época precolombina.

La llegada de los españoles a la actual Provincia del Oro, reconocida por su riqueza aurífera, dio lugar a la fundación del asiento minero de Zaruma, por el capitán Alonso de Mercadillo en 1549⁴. En los inicios de la colonia, las minas más importantes de Zaruma se encontraban situadas alrededor del cerro del Calvario, siendo las más destacadas: El Sesmo, Pillacela, Miranda, Viscaya, Palacios. En la zona de Portovelo, se promovió la explotación del oro de las arenas del río Amarillo y de otras minas de importancia como: Portovelo, Cantambria y Abundancia⁵.

El apogeo de la extracción de minerales por parte de los españoles duró hasta finales del siglo XVI. La escasez de mano de obra por la disminución de los aborígenes y la reducción de las minas de poca profundidad dio lugar a su decaimiento. En la actualidad quedan muy pocos vestigios de las minas que fueron explotadas durante esa época, muchas de ellas fueron abandonadas y otras se derrumbaron y/o taponaron⁶.

En la época republicana, una de las primeras empresas en instalarse en la provincia de El Oro y explotar sus yacimientos minerales fue la Great Zaruma Gold Mining Company Co. La explotación era dificultosa por el relieve de la zona, impidiendo el transporte de maquinarias pesadas desde el puerto de Guayaquil⁷. En 1897, la Great Zaruma es vendida a SADCO, ésta emprendió la explotación de oro a nivel industrial, y llegó a producir más de 99 millones de gramos de oro y 450 millones de gramos de plata, hasta su salida del país en 1950⁸.

Tiempo después de la salida de SADCO, los ex-trabajadores se unen al Estado ecuatoriano para crear la Compañía Industrial Minera Asociada (CIMA), que administró los depósitos hasta 1978, año en que la empresa finalizó sus operaciones⁹. A raíz de este hecho, en 1980 surgió la minería artesanal con los antiguos trabajadores de dicha compañía, ellos organizaron varias cooperativas en base a relaciones de confianza mutua⁹. La técnica que se usaba era la extracción de oro por amalgamación con mercurio. Sin embargo, el fortalecimiento de la minería artesanal en los 90, atrajo nuevas formas de organización de tipo industrial y cambios en su enmarcamiento legal. El avance tecnológico más importante para este grupo, se dio al recuperar el mineral por procesos de cianuración. Esto permitió mayores beneficios para el sector, y se redujo la emisión de residuos y desechos contaminantes¹⁰.

En el año 2007, se instituyó la Empresa Nacional Minera (ENAMI) con la idea de emplear un cambio en la matriz energética. La creación de esta empresa fue con la finalidad de hacer del Ecuador un país de minería a gran escala¹¹. Para ello se promulgaron leyes y reglamentos que aseguraran la continuidad de mega proyectos, y esto a su vez llevó a la ejecución de diferentes tipos de acciones. Las acciones más destacadas fueron el censo de numerosas explotaciones mineras y el plan de regularización de la minería artesanal a nivel nacional (PREMAN), el cual exigía la elaboración de un plan de manejo ambiental para la utilización del agua, y la obtención de concesiones por parte de la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA). Este tipo de operaciones implicaron la regularización del sector, además de la intervención combinada de las autoridades nacionales y locales que obstaculizarían la actividad minera ilegal¹².

Área de explotación

El área de estudio, cubre diferentes ciudades de la provincia de El Oro en donde se desarrolla actividades ganaderas, agrícolas, acuícolas y mineras. Las zonas afectadas abarcan desde el este, en las estribaciones occidentales de la cordillera montañosa andina y parte alta de El Oro (Zaruma, Portovelo), hasta terminar en la unión del río Puyango con la Quebrada Cazaderos, límite internacional con el Perú. En la (Fig. 1) se observa un mapa de las zonas mineras del Ecuador y las áreas de explotación.

Tecnologías utilizadas desde la época precolombina hasta la época colonial

En la época precolombina se explotaba el oro en minas de poca profundidad y en las arenas de los ríos Pindo-Puyango, se desconoce con exactitud cuáles eran las tecnologías aplicadas en esta época.

En la época colonial, la tecnología para la perforación y explotación del cuarzo aurífero era manual. Utilizaban herramientas tales como: la cuña, el combo, el pico, la barreta, la pala y la carretilla, ocasionando un bajo rendimiento. Las piedras eran chancadas a tamaños manejables de unos 5 cm de espesor, seguido a esto pasaban por un molino hidráulico donde eran trituradas, la cantidad de oro recuperado después de este proceso era muy bajo.

A partir de siglo XVII, el mercurio, denominado azogue, fue empleado para optimizar la recuperación del oro. Consecuente a la salida del molino hidráulico, se instalaban 3 canaletas inclinadas de hormigón de unos 8 metros de longitud, 40 cm de ancho y 30 cm de alto, en éstas se colocaban las bayetas para que circulara la arena aurífera mezclada con agua, de manera que las bayetas absorbieran la arena por sedimentación¹³. Las bayetas eran exprimidas en cajones de hormigón, donde drenaban el agua y la arena se solidificaba. Al finalizar, la arena pasaba a los depósitos especiales y era mezclada con azogue, permitiendo atrapar el oro en forma de perlas, una vez evaporado el azogue quedaba el oro en polvo. El Oro en polvo resultante del proceso de evaporación, contenía impurezas y trazas de otros metales dándole un valor no mayor a 18 quilates.

Tecnologías utilizadas al inicio de la época republicana y en el nacimiento de la minería artesanal.

En la época republicana, la tecnología aplicada por SADCO para la explotación de vetas auríferas, era muy similar a la aplicada por CIMA, empresas Mineras y asociaciones. La principal diferencia era el molino chileno, empleado e introducido por las asociaciones¹³.

La extracción de minerales en las vetas auríferas se subdividió en: la explotación del cuarzo, la trituración del cuarzo y la extracción de minerales en las plantas de tratamiento. El acceso a las vetas auríferas incrustadas en la tierra, se realizaba desde la superficie, mediante frontones. El uso de explosivos era muy utilizado en la producción de cuarzo, como nitrato de amonio o cartuchos de dinamita; la sección de perforaciones era de 120 cm de ancho por 180 cm de alto, con pendientes longitudinales mayores o iguales al 2%, esto permitía llevar el agua infiltrada a los sitios de bombeo, por gravedad. En las plantas de tratamiento se obtenía oro y plata en barra, al reducir el cuarzo a $\frac{3}{4}$ " de espesor, utilizando 40 pisones metálicos hidráulicos.

El nacimiento de la minería artesanal comenzó en los años 80, impulsado por los niveles elevados de pobreza y de desempleo



Fig. 1. Áreas de explotación de la provincia del Oro ubicadas en los cantones Zaruma y Portovelo. Fuente. Fundación Salud Ambiente y Desarrollo²

¹⁴. La explotación y extracción de oro por parte de la minería informal es realizada por métodos convencionales, donde se aprovecha el peso específico del oro y separa a los sedimentos pesados por concentración gravimétrica.

El proceso de amalgamación permite la separación y recuperación del oro unido al mercurio. Los mineros artesanales menos

desarrollados, realizan el proceso de separación en forma manual, y los más perfeccionados utilizan placas de amalgamación, tromeles, y cribas. La separación de oro del mercurio es realizada al aire libre mediante el proceso de destilación por calor.

La explotación de yacimientos primarios con perforadoras a gasolina mejoró el avance de las excavaciones a partir de los años 80. En la misma época, con la utilización de compresores de ventilación y martillos neumáticos se llegó a mayor profundidad en los frentes de trabajo subterráneos, también ingresaron los llamados molinos chilenos que eran más eficientes comparándolos con los molinos californianos, luego se introdujo los molinos de bola para incrementar la capacidad de procesamiento.

A partir de los años 90, la extracción minera mejoró al incorporar carros y vagones eléctricos, a finales de esta época, iniciaron los procesos de cianuración, mejorando en forma significativa la recuperación de oro. En la actualidad estos procesos siguen activos¹⁵

Afectaciones por la actividad minera

Resultados y Discusión

La extracción de metales preciosos, requiere del empleo de productos químicos y de grandes cantidades de agua en los pozos de extracción, dentro de estos pozos existen sustancias ligadas al tipo de suelo o mina que se combinan con los productos químicos, generando una gran cantidad de desechos tóxicos.

Los desechos tóxicos, subproducto de procesos mineros de relaves y escombros, constan de azufre, cadmio, plomo,

Metales Pesados	NCAS mg/Kg	Colas de cianuración mg/Kg	Relaves de amalgamación mg/Kg
As	15,00	396,00	8800,00
Cd	10,00	40,11	27,40
Mn	-----	1258,00	281,00
Zn	380,00	513,00	2670,00
Pb	150,00	1796,88	4060,00
Hg	10,00	1,00	35,90

Tabla 1. Concentraciones de metales pesados en colas de cianuración y relaves de amalgamación excediendo las concentraciones permisibles según la NCAS²

arsénico, molibdeno, cianuro libre y compuestos fenólicos¹⁶. La contaminación del suelo se da cuando este tipo de desechos se incorporan al ambiente sin ser tratados en forma adecuada.

En la tabla 1 muestra el promedio de las concentraciones de metales pesados permisible en suelo, según la Norma de Calidad Ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados (NCAS), establecida en el Ecuador. Asimismo, se evidencia las concentraciones de metales pesados encontrados en las colas de cianuración y relaves de amalgamación de los cantones Portovelo y Zaruma en un estudio realizado en el 2004.

Los principales problemas de acidificación en la provincia de El Oro, se dan en los ríos y en las aguas subterráneas, debido a: los drenajes de cunetas, corredores subterráneos, relaves, escorias, disolución oxidativa y lixiviación de sulfuros metálicos, en especial pirita. Los ríos que presentan mayor grado de contaminación son el río Pindo y Puyango. El estudio realizado por el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE), determinó que en verano la posibilidad de ingreso de metales pesados en solidos suspendidos al organismo humano y peces, es más mayor que en invierno. Un claro ejemplo se da en Puyango viejo, donde las concentraciones de Pb en verano van entre 3972 y 5080 ug/g, y en época lluviosa el Pb disminuye a 269 y 345 ug/g. También se ha encontrado Pb en agua filtrada, donde el contenido del plomo es más alto en el río Calera debido a la mayor actividad minera de este sector (5.5 µg/L). Así mismo, a medida que el agua baja por la cuenca, se ve un notable incremento de este mineral (32.7 µg/L). Otro estudio realizado, por el (MAE) en el año 2006, en la parte alta de la cuenca del río Puyango, parroquia Malvas del cantón Zaruma, encontró plomo en plantaciones de café a una concentración de 8,7 ug/g¹⁷. Resultando similar al estudio realizado por Tarras-Wahlberg en las parroquias Arcapamba y Malvas, donde se evidenció Pb bioacumulado (0.12 y 0.78 ug/g), también se encontraron valores altos de Pb en especies de larvas bénticas de insecto megalóptero (entre 100 y 800 ug/g), y en el mismo estudio se halló dentro del río Amarillo, al pez Life (*Trichomycterus punctulatus*) con una concentración de Pb de (20 ug/g)¹⁸.

En los cantones de Zaruma y Portovelo se llevó a cabo un estudio similar al de Tarras, que afirmó la contaminación con Pb en peces en la parte baja del río Puyango, propiciado por el mal manejo de los residuos. La determinación de plomo evidenció la existencia de altas concentraciones de este elemento en los peces; sábalo (*Brycon atrocaudatus*) (1,3 ug/g) y el pez dorado

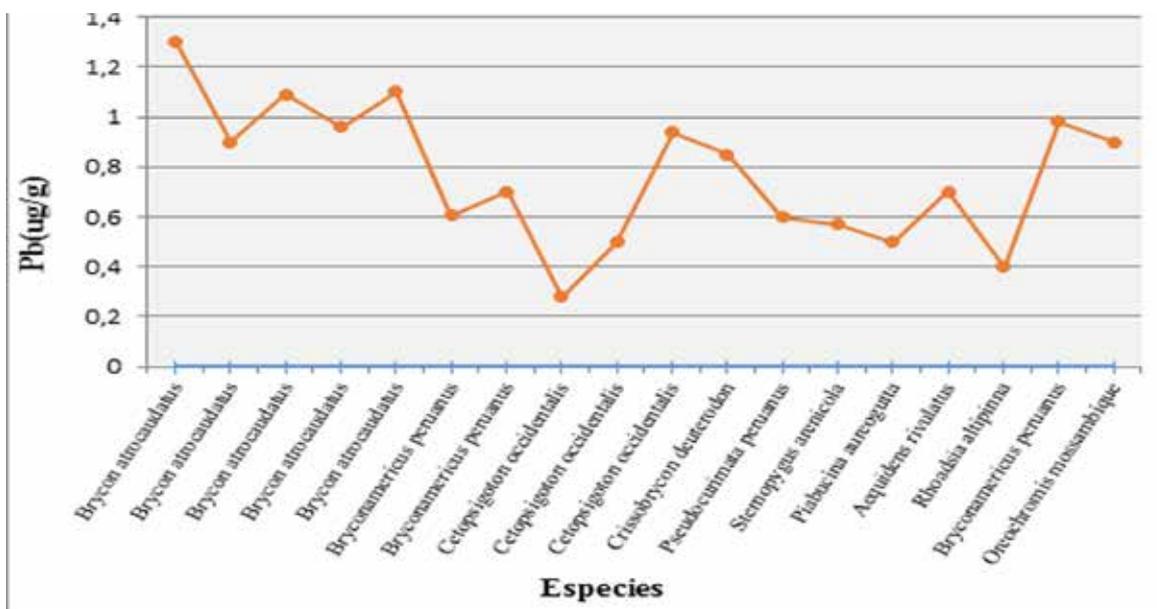


Fig. 2. Concentraciones de plomo en los peces, cuenca del río Puyango, época de verano 2004. Fuente. Fundación Salud Ambiente y Desarrollo²

(*Bryconamericus peruanus*) (1,2 ug/g), en comparación a los peces vieja (*Aequidens rivulatus*) (0,25 ug/g) y los peces ciego (*Cetopsigoton occidentalis*) (0,28 ug/g) quienes tienen menores concentraciones, pero que a su vez sobrepasan los valores recomendados por los organismos internacionales relacionados con la salud humana (0.1 ug/g)¹⁹. En la figura 2 se observa a las principales especies de peces de la zona, con altas concentraciones de plomo.

En los ríos de la provincia de El Oro, las descargas de los contaminantes resultantes de la actividad minera afectan negativamente a toda forma de vida, provocando severos impactos ambientales y estragos en la salud humana. Los cantones de Portovelo y Zaruma son los principales sectores perjudicados debido a la ingesta de agua y alimentos contaminados. Hasta ahora, son muy escasos los estudios respecto a las consecuencias que provoca la actividad minera en la salud humana²⁰. En la Tabla 2 se muestra los niveles de concentración máxima admisible (CMA), y sus consecuencias en la salud, causada por las trazas excedentes de metales pesados según lo registra la agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA)^{21,22} y por la legislación ecuatoriana²³.

Las poblaciones aledañas de los cantones Balsas, Marcabellí, y Las Caías, ubicados en la cuenca media y baja del río Pindo-Puyango,

Metales	USEPA, (CMA)	Ecuador, (CMA)	Consecuencias en la Salud Humana
Pesados	mg/L	mg/L	
As	0.05	0.05	Manifestaciones cutáneas, cánceres viscerales, enfermedad vascular.
Cd	0.01	0.01	Daño renal, trastorno renal y efectos carcinógenos.
Mn	0.20	1.00	Daños en el tracto respiratorio y en el cerebro, alucinaciones, olvidos y daños en los nervios.
Zn	0.80	5.00	Depresión, letargo, signos neurológicos y aumento de la sed.
Pb	0.006	0.05	Teratogenicidad cerebral, enfermedades renales, vasculares y neuronales.
Hg	0.00003	0.001	Artritis reumatoide y enfermedades renales, vasculares y neuronales.

Tabla 2. Consecuencias en la salud humana al sobrepasarse los límites de concentración máxima admisible (CMA), de metales pesados en agua para consumo humano.

muestran valores constantes de Hg, Pb y Mn en suelos y agua, evidenciando la exposición continua de estos contaminantes entre los pobladores.

Durante los últimos años, se han realizado investigaciones en América para determinar la presencia de alteraciones subclínicas del sistema nervioso, las mismas que son generadas por la continua exposición de contaminantes neurotóxicos. En exámenes médicos ordinarios pasan desapercibidas, solo pueden ser detectadas por baterías de alta sensibilidad.²⁴

El impacto de Hg en la salud humana fue diagnosticado al realizar pruebas de intoxicación por este metal a 200 pobladores,

en su mayoría mineros propios del sitio. Los resultados que arrojaron los exámenes fueron alarmantes, debido a que el 52% de individuos en Portovelo dieron positivo en manifestaciones de intoxicación por Hg, al igual que el 57% de individuos en Zaruma.²⁵ Otros estudios realizados a 229 personas en Portovelo (100), Puyando Viejo (69) y Gramadal (60), arrojaron resultados donde muestran niveles máximos de plomo en sangre y de mercurio en orina y sangre. Los niveles de Hg y Pb por encima de los valores referentes²⁶, son evidenciados en la Tabla 3.

En la provincia del Oro, en los cantones Zaruma y Portovelo, se identificaron áreas críticas de contaminación por metales

INDICADOR BIOLÓGICO	N	Mínimo	Máximo	Media	DS	Referente
Plomo en sangre (ug/L)	225	0	1150	230	220	800
Mercurio en orina (ug/L)	225	0	97	12	14	50
Metil mercurio en pelo (ug/g)	126	0	6.09	1.17	0.9	1
Mercurio en sangre (ug/L)	90	-1.08	32.49	5.09	5.1	20

Tabla 3. Indicadores biológicos, de contaminantes de metales pesados en la población de la cuenca del Puyango 2001, comparado a los niveles referentes según el Instituto Nacional de Medicina y Seguridad del Trabajo de la unión europea.

Conclusiones

pesados en poblaciones expuestas a la contaminación minera. Las empresas mineras han actuado sin responsabilidad social y han dejado de lado la seguridad y la salud de las personas expuestas a estos contaminantes.

El plomo encontrado en los pescados presenta una de las mayores preocupaciones en cuanto a salud se refiere. Los mismos que presentan concentraciones de 0.4 a 1.3 ug/g de peso fresco, y si los límites de ingestión diaria son del orden de 30 ug, ese límite sería alcanzado con el consumo diario de apenas 30 a 60 gramos de pescado. Además, existen otras vías de exposición de la población al Pb, como el consumo directo de agua del río en las comunidades de Gramadal-Las Vegas, el consumo de productos agrícola, como por ejemplo el café que presenta concentraciones de 8,7 ug/g.

Referencias bibliográficas

1. MAE., Ministerio del Ambiente del Ecuador Recurso Suelo, Libro VI Anexo 2, Norma de la Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para suelos contaminados, 31 pp., 2002. <https://maeorellana.files.wordpress.com/2015/11/anexo-2-suelo.pdf>
2. FUNSAD, Impactos en el ambiente y la salud por la minería del oro a pequeña escala en el Ecuador (segunda fase), Fundación Salud Ambiente y Desarrollo, Informe Técnico Final, Quito, Ecuador, 90 pp., 2007. <http://www.funsad.org/Material/Material/INVESTIGACIONES/PuyangofaseII.pdf>
3. A. Acosta, La Maldición de la Abundancia, Quito: Ediciones Abya-Yala, Quito, Ecuador, 239pp, 2009. <https://es.scribd.com/document/32990118/Libro-Alberto-Acosta-Maldicion-Abundancia-2009>
4. E. A. Reyes, «Porpuesta Universitaria,» 14 12 2014. [En línea]. Available: <http://docenteconvoz.blogspot.com/2014/12/zaruma-balcon-de-los-andes.html>.
5. C. Astudillo y J. Mora, El Oro. Nueva Visión Histórica, Machala: Universidad Técnica, Facultad de Ciencias Sociales, 2003. <http://www.worldcat.org/title/oro-nueva-vision-historica/oclc/948237300>
6. T. L. R. Bustamante, El Dorado o la caja de Pandora: matices para pensar la minería en Ecuador. FLACSO, Quito, Ecuador, 145pp, 2010. <http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/43823.pdf>
7. J. S. B. J. M. Tweedy, Dirección, "Quebradas de oro" (original en inglés, "Streams of gold"). [Película]. 2004. <https://www.youtube.com/watch?v=Kn4ImwX9fcE>
8. V. I. Vivas, «Minería Gran Escala en la Cordillera del Cóndor, Maestría en Estudios Latinoamericanos con Mención en Políticas Culturales, Universidad Andina Simon Bolívar,» Universidad Andina Simón Bolívar Sede Ecuador, Quito, Ecuador, 144 pp, 2011. <http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/engov/20130829123046/VIVASLosDilemas.pdf>

9. F. Sandoval, «La Pequeña Minería en el Ecuador.» Mining, Minerals, and Sustainable Development (MMSD), World Bank, IIED, World Business Council for Sustainable Development, número 75, Octubre de 2001. <http://pubs.iied.org/pdfs/G00721.pdf>

10. P. Pablo, C. Héctor, P. Alejandro, S. William, O. L. Joao, D. Estefanía y M. Pía, La economía del oro, Ensayos sobre la explotación en Sudamérica, La Paz, mayo de 2015, viii; 186 pp: Centro de Estudios para el Desarrollo Laboral y Agrario – CEDLA, 2015. https://www.cedla.org/sites/default/files/libro_oro_regional_2015.pdf

11. D. J., M. J. V. T. Denvir, «In Ecuador, mass mobilizations against mining confront President Correa», Upside Down World, 19 de noviembre de 2008. upside-downworld.org/main/content/view/full/1588/49., 2008.

12. Nuestra Seguridad, «La tragedia de la minería ilegal en Ecuador.» Revista Digital del Ministerio de Seguridad, p. 12 pp., 2013. <http://www.nuestraseguridad.gob.ec/es/articulo/la-tragedia-de-la-miner%C3%ADa-ilegal-en-ecuador>

13. Mora, Historia de la Explotación Minera de los Cantones Zaruma y Portovelo, Quito, 2008. <https://es.scribd.com/doc/111174997/Historia-y-Actualidad-explotacion-minera-Cantones-Zaruma-y-Portovelo-Provincia-de-El-Oro#scribd>

14. ISAT y CESIP, Niveles de exposición ambiental, ocupacional y estado de salud de los niños de la comunidad minera artesanal de oro. Mollehuaca, Instituto Salud y Trabajo; Centro de Estudios Sociales Investigación y Publicación, Estudio de Salud, Arequipa, 76pp, 2001. http://white.lim.ilo.org/ipecc/documentos/estudio_de_salud_mollehuaca.pdf

15. R. Machala, «Zaruma tiene dos clases de minería.» Diario El Comercio, p. 1, 27 Octubre 2010. <http://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/zaruma-clases-mineria.html>

16. P. López, S. Ainzúa y C. Z. y P. Vasconi, «La minería y su pasivo ambiental». En Análisis de políticas públicas. No. 24., <http://www.navarro.cl/defensa/Royalty/APP24%20relaves.pdf>. (Visitado en septiembre de 2009), 2009.

17. UNEP, «Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP),» 2006. [En línea]. Available: http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Lead_Cadmium/docs/submissions/Submit_GOV_ECUADOR.pdf.

18. Tarras-Wahlberg, «Environmental impacts and metal exposure of aquatic ecosystems in rivers contaminated by small scale gold mining: the Puyango river basin, Southern Ecuador. The Science of Total Environment (in press), Cambridge.» 2001. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11669272>

19. WHO, ENVIRONMENTAL HEALTH CRITERIA, Geneva, World Health Organization, 188 pp., 1995. <http://www.who.int/ipcs/publications/ehc/en/>

20. F. Hruschka y C. Salinas, Estudios Colectivos de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental para las Plantas de Beneficio Mineral Aurífero ubicadas en la Vega del Río Calera/Salado, Zaruma: CEN-DA-COSUDE, Projekt Consult, Mimeo, 1996. <http://www.funsad.org/Material/Material/INVESTIGACIONES/PuyangofaseI.pdf>

21. T. Spiro, Química medioambiental, 2da ed. Pearson Educación. España, 504 pp., 2003.

22. T. Nguyen, Applicability of agricultural waste and by-products for adsorptive removal of heavy metals from wastewater. Bioresource Technology. 148, 574-585., 2013. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24045220>

23. MAE, Ministerio de Ambiente del Ecuador Recurso Agua, Libro VI Anexo 1, Norma de la Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, 54 pp., 2002. <http://www.industrias.ec/archivos/CIG/file/CARTELERA/Reforma%20Anexo%2028%20feb%202014%20FINAL.pdf>

24. Lebel, Neurotoxic Effects of Low-Level Methylmercury Contamination in the Amazonian Basin. Environmental Research. 79. p: 20-32, 1998. https://unites.uqam.ca/gmf/globalmercuryforum/files/articles/amazon/lebel/lebel_1998.pdf

25. J. Martínez y J. Santos, Salud Ocupacional. Incidencia del Mercurio en la región de Zaruma Y Portovelo, mimeo, PMSC, CEN-DA-COTESU, Zaruma, 1994. http://white.lim.ilo.org/ipecc/documentos/estudio_de_salud_mollehuaca.pdf

26. ISBN, Notas Explicativas de ayuda al diagnóstico de las enfermedades profesionales; Comunidades Europeas; España; pp: 212, 1999. <http://www.uhu.es/servicio.prevencion/menuservicio/info/medicina/notasayudadiagenfprof.pdf>

Recibido: 25 de mayo 2017

Aprobado. 15 septiembre 2017

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



Revista Bionatura supports the Sustainable Development Goals