Valoración de impactos ecológicos por minería de oro en río Guabas, Valle del Cauca, Colombia

Assessment of ecological impacts by mining of gold in Guabas River, Valle del Cauca, Colombia

Avaliação dos impactos ecológicos de mineração de ouro do rio Guabas, Valle del Cauca, Colômbia

Diego Esteban Gamboa García

Ingeniero Agrícola

Facultad de Ingeniería y Administración. Grupo Ecología y Contaminación Acuática.
Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Colombia.

degamboag@unal.edu.co

Resumen

La minería de oro es una actividad que se ha desarrollado por siglos en diferentes territorios en el planeta. Sin embargo, la minería ha generado impactos ambientales afectando a la sociedad, debido a que comprometen la cantidad y calidad de los servicios ecosistémicos y en consecuencia, la calidad de vida de la población mundial. Para medir el nivel de afectación sobre los componentes del ambiente, se revisaron los métodos clásicos para Estudios de Impacto Ambiental (EIA) para proyectos mineros y se tomó como base la matriz de Leopold desarrollada por el Servicio Geológico del Departamento del Interior de los Estados Unidos, para valorizar los impactos de actividades mineras. En esta investigación se revisaron investigaciones publicadas con las palabras clave "matriz cualitativa" y "minería de oro", tanto en inglés como en español, desde el año 2000 al 2011, en proyectos mineros realizados en países en vía de desarrollo. Posteriormente, se extrajeron y sistematizaron, las metodologías clásicas y sus variaciones y los componentes ecológicos y actividades del proyecto comunes en los estudios. Las metodologías usadas fueron cualitativas. Adicionalmente, se desarrolló la metodología Valor del Índice Ambiental (VIA) para valorizar los impactos ecológicos de la minería de oro en la cuenca del río Guabas, Valle del Cauca, Colombia. Se encontró que el impacto promedio de la actividad minera desarrollada en el río Guabas fue considerado severo, a diferencia del impacto global revisado en la literatura, que fue considerado como moderado, en la mayoría de los casos.

Palabras clave: Estudios Impacto Ambiental, metodologías cualitativas, extracción minera

Abstract

Gold mining is an activity that has been developed for centuries in different territories on the planet. However, mining has generated environmental impacts affecting society, because they affect the quantity and quality of ecosystem services and therefore the quality of life of the world population. To measure the degree of affectation on the components of the environment, the classical methods for studies of environmental impact (EIA) for mining projects were reviewed the matrix of Leopold developed by the Geological Service from the Department of the Interior of the United States, was taken as a basis, to value the impacts of mining activities. In this research published articles with the

keywords “Matrix qualitative” and “mining of gold”, both English and Spanish, from 2000 to 2011, in mining projects carried out in developing countrie were reviewed. Subsequently classical methodologies and their variations and ecological components and common project activities in the studie were extracted and systematized. The methodologies used were qualitative. Additionally, the value of the environmental index (VIA) methodology was developed to value the ecological impacts of gold mining in the basin of the Guabas River, Valle del Cauca, Colombia. It was found that the average impact of mining activity in the Guabas River was considered severe, in comparison to the overall impact reviewed in the literature, which were considered as moderate, in most cases.

Key-words: Environmental Impact Assessments, qualitative methodologies, mining extraction

Resumo

Mineração de ouro é uma atividade que tem sido desenvolvida ao longo dos séculos em diferentes territórios do planeta. No entanto, a mineração tem gerado impactos ambientais que afectam a sociedade, porque eles comprometem a quantidade ea qualidade dos serviços dos ecossistemas e, consequentemente, a qualidade de vida da população mundial. Para medir o nível de impacto sobre componentes do ambiente, os métodos tradicionais para Avaliações de Impacto Ambiental (EIA) foram revistos para projetos de mineração e foi baseado na matriz de Leopold desenvolvido pelo Serviço Geológico do Departamento do Interior dos Estados Unidos, para valorizar os impactos das atividades de mineração. Nesta pesquisa, têm sido revisadas as publicações com as palavras chave "matriz qualitativa" e "mineração de ouro" em Inglês e Espanhol, de 2000 a 2011, em projetos de mineração de países em desenvolvimento foram revistas publicações. Estas foram extraídas para ser sistematizadas suas metodologías clássicas e suas variações e componentes ecológicos e actividades do projeto, comum nos estudos. As metodologias utilizadas foram qualitativas. Além disso, a metodologia Índice de Valor Ambiental (VIA) foi desenvolvido para melhorar os impactos ecológicos da mineração de ouro na bacia do rio Guabas, Valle del Cauca, Colômbia. Verificou-se que o impacto médio da atividade de mineração no rio Guabas foi considerada grave, ao contrário do impacto global revisto na literatura, onde foi considerada moderada, na maioria dos casos .

Palavras-chave: Estudos de Impacto Ambiental, metodologias qualitativas, mineração

Introducción

Los conflictos por la ejecución de los proyectos mineros son principalmente por el territorio (Urkidi, 2010) lo cual ha generado puntos de vista opuestos entre las comunidades locales, los gobernantes, los empresarios y los profesionales ambientales. Por tanto, el objeto de esta investigación es identificar y resumir los impactos ecológicos asociados a la minería de oro y la valoración que tienen en los países en desarrollo. Por otro lado, se pretende aplicar una metodología cualitativa rápida y sencilla de Estudios de Impacto Ambiental (EIA) para las actividades mineras en la cuenca del Río Guabas, Valle del Cauca, Colombia. Finalmente, se realiza una comparación entre la cuenca del río Guabas y la valoración de impactos de minería a escala de los países en desarrollo.

En la minería de metales, Swart & Dewulf (2013) argumentan que la demanda de cobre, zinc, plomo, níquel, molibdeno, oro, plata, paladio y platino, ha aumentado por el desarrollo tecnológico que precisa de estos metales específicos, aunque, su extracción implica grandes volúmenes de roca mineral en todos sus estados. Respecto a esto, el oro ocupa el primer lugar, existiendo un incremento anual de 15 t de material minero por cada kg de

oro obtenido. Sin embargo, el impacto positivo de la minería de metales se relaciona con el factor humano, pues se argumenta la generación de empleo, riqueza y relaciones interindustriales.

La percepción positiva de la minería en la generación de riqueza y empleo para la sociedad es una hipótesis lógica, sin embargo, Pegg (2006), reportó que los países más dependientes de la minería en la contribución a su producto interno tienen menor crecimiento económico y mayor inequidad social. Aun así, el capital trasnacional es una presión externa sobre los depósitos de oro, donde la mayor inversión para la exploración mundial de este metal se ha centrado en los países en desarrollo (Urkidi, 2010). Respecto a esta categoría socioeconómica, Latinoamérica es la región más importante en la exploración mundial de yacimientos de oro, donde en la década de 1995 a 2004, se realizaron en promedio el 26% de estas actividades de exploración (USGS, 2015). Aunque todos los sitios de exploración no se convierten en sitios de extracción de oro, una vez determinado el yacimiento del mineral, se desarrollan una serie de actividades que generan impactos sobre algunos componentes del ambiente. En consecuencia, los países en desarrollo han venido aplicando diferentes metodologías de EIA con el objetivo de definir el alcance, identificación, predicción y evaluación de los impactos de los proyectos mineros, para soportar la toma de decisiones (Cuentas, 2009). El alcance, la identificación, la predicción y la evaluación de los impactos de los proyectos de minería de oro dependen tanto de la escala de extracción y el tipo de yacimiento, como del grado de tecnificación.

En un EIA realizado en la Guyana venezolana, Lozada & Arends, (2000) identificaron las fases de la minería de oro, su escala y sus impactos. Allí se explican de la siguiente manera:

1. Prospección: se determina la presencia del metal y se delinean las áreas de mayor potencial. Se utilizan métodos de sensibilidad magnética donde se generan mapas de contraste.

2. Exploración: se cuantifica el volumen de yacimientos: g de oro/t de material que lo contiene.

3. Explotación: según la productividad de la mina, así mismo se considera la siguiente clasificación de escala: artesanal (menos de 5kg/año), pequeña (5 a 50 kg/año), mediana (50 a 1000kg/año), grande (1 a 10 t/año) y junior (10 a 50 t/año).

4. Procesamiento: consiste en separar el oro del material estéril. Si el oro está en roca, ésta debe ser molida, ocasionando polvo y material particulado, el cual puede afectar las vías respiratorias de los animales terrestres. Se puede procesar con amalgama de mercurio o plantas de cianuro. En el primer proceso, la superficie del oro es mojada y absorbida por el mercurio, siendo un proceso de mojado y no de disolución. El oro se separa de la amalgama por destilación, para ello, los mineros colocan la mezcla sobre una placa metálica y la queman con un soplete. Los impactos ecológicos de esta práctica se relacionan con la liberación de Hg al ambiente, con consecuencias que se mencionarán más adelante. Mientras que las pocetas de cianuro, donde se recupera el 95% del oro contenido, funcionan de la siguiente manera: Se agrega NaCN a un lodo aurífero para producir $NaAu(CN)_2$ que en presencia de Zn genera $Na_2Zn(CN)_4$ y oro libre (Au). Existe una ventaja de esta práctica y es que el cianuro puede ser reciclado hasta en un 90%. Sin embargo, durante las lluvias estas pocetas se desbordan, y el cianuro se mueve hasta los cauces, disminuyendo el pH del agua por su carácter ácido y perjudicando la vida acuática.

En los ecosistemas, los efectos del mercurio pueden ser rápidos o crónicos. Esto debido a la versatilidad del Hg en el ambiente (Harris, Pickering & George, 2003) y a que se puede bioacumular y biomagnificar en la red trófica (Cogua, Campos-Campos & Duque, 2012). En el contexto global, la mirada investigativa sobre los impactos ecológicos por la liberación de Hg, se despertó por la

epidemia en Minamata, Japón; en esta catástrofe del año 1956, la población ingirió sin conocimiento peces contaminados con mercurio en su dieta diaria, lo que generó efectos de toxicidad crónica y letal, tales como trastornos sensoriales, contracción concéntrica del campo visual, casos de ataxia y problemas del habla (Marrugo, Ruiz & Diez, 2013) y se diagnosticaron consecuencias en el funcionamiento cerebral del feto (Corredor, 2013).

En el caso de los impactos sobre la fauna en peces, por ejemplo, se cuenta con un estudio con trucha moteada (*Cynoscion nebulosus*) que demostró que el mercurio causa inflamación intestinal, degeneración tubular y necrosis renal (Adams *et al.,* 2010). Mientras que en aves, entre los efectos por toxicidad con mercurio, se encuentra la afección al sistema nervioso, circulatorio y endocrino, generando un riesgo en la viabilidad de la población (Bowerman, Evans, Giesy & Postupalsky, 1994; Burger & Gochfeld, 2004; Cristol, Mojica, Varian-Ramos, & Watts, 2012; Burger, Jehl y Gochfeld, 2013; Burger, 2013) y un amplio rango de efectos en la reproducción, incluyendo bajo peso del huevo, malformaciones en el embrión, detrimento y alteraciones en el crecimiento , menos sobrevivencia de los polluelos, así como daños nerviosos y esterilidad (Burger & Gochfeld, 2004).

La minería de oro poco tecnificada durante la fase de preparación, tiene la amalgamación del oro con mercurio, como una de las actividades que genera mayores impactos sobre los componentes ambientales, en lo que coinciden diferentes EIA. La situación se agudiza, debido a que la minería de oro es una de las principales fuentes de Hg en el ambiente (Olivero, Johnson & Arguello, 2002; Marrugo, Lanz & Benítez, 2007), pues del total del mercurio usado para separar el oro del resto de material, una parte se pierde por vertimiento y otra parte en forma de vapor durante la quema de la amalgama. Respecto a esto, Ogola, Mitullah & Omulo (2002) encontraron que se liberan al ambiente 1.3 partes de Hg por cada parte de oro producido.

Metodología

Valoración cualitativa promedio de los impactos por minería de oro en los países en desarrollo

Se consultaron en bases de datos investigaciones publicadas, con las palabras clave “Matriz cualitativa” y “Minería de oro”, tanto en inglés como en español, en países en vía de desarrollo, desde el año 2000 hasta el 2011. Posteriormente, se extrajeron y sistematizaron, tanto las metodologías clásicas y sus variaciones, como los componentes ambientales y las actividades del proyecto, comunes en la mayoría de los estudios. Los componentes ambientales que se consideraron fueron, Suelo, Aire, Agua, Vegetación y Fauna. Cada componente tuvo una valoración general extraída del estudio (Tabla 1) y se realizó una valoración total de los componentes impactados en los países en desarrollo, según la bibliografía consultada. Además, se reportaron los estudios en los que se identificaron las actividades de importancia relacionadas con el uso de Hg en la extracción del oro. También se analizó si los estudios de caso donde se desarrollaron los EIA, tenían impactos previos y cuál era su naturaleza.

Tabla 1. *Valoración general de los impactos sobre el componente ambiental, extraída de cada estudio de caso*

Valoración general	Significado extraído del estudio de caso
-1	Se identificó el impacto sobre el componente y su valoración fue negativa
1	Se identificó el impacto sobre el componente y su valoración fue positiva
0	Se identificó el impacto sobre el componente y su valoración fue tanto positiva como negativa
	No se identificó el impacto sobre el componente

Se revisaron siete Estudios de Impacto Ambiental (EIA) sobre minería de oro del año 2000 a 2011 que comprenden las siguientes regiones: Guyana-Venezuela, Migori-Kenya, Lima-Perú, Puno-Perú, Antioquia-Colombia (2 casos) y Amazonas-Brasil (Tabla 2).

Tabla 2. *Identificación de los componentes ecológicos y valoración de los impactos por actividades de minería de oro en cada estudio de caso.*

Cita	IP	País	Ciudad	Año	Metodología	S	Ai	A	V	F	Hg
(Lozada & Arends, 2000)	X	Venezuela	Guyana	2000	Matriz de Leopold	-1	-1	-1	-1	-1	-1
(Ogola *et al*., 2002)	X	Kenya	Migori	2002	Lista chequeo, entrevistas informales y muestreos cuantitativos	-1	-1	-1	-1	-1	-1
(Gallarday, 2006)	X	Perú	Lima	2006	Matriz de Leopold	0	-1		-1	-1	
(Molina *et al*, 2008)	X	Colombia	El Bagre, Antioquia	2008	Medición del impacto económico involucra tanto a la empresa, como a la comunidad y al Estado						
(Moreno, 2013)	X	Colombia	El Bagre, Antioquia	2008	Se tomó unos grupos de 25 personas de ocupación minera y se sometieron a una batería de pruebas de personalidad y comportamiento						-1
(Sousa *et al*., 2011)	X	Brasil	Amazonas	2011	Matriz de Leopold modificada. Enfoque Heurístico. Considera los impactos medibles directamente, y la percepción de los interesados de tales impactos	-1		-1	-1		-1
(Cuentas, 2009)	X	Perú	Puno	2009	Esta modalidad de minería opera con una planta que vincula a 84 trabajadores y recibe el trabajo de 400 minero artesanales. Para el Estudio en cuestión sólo se considera la etapa de exploración. Método de Criterios Relevantes Integrados: Propone la elaboración del índice de VIA (Valor Impacto Ambiental). El método RIAM (Evaluación Rápida de Impactos Ambientales), clasifica a los componentes ambientales en 4 categorías ambientales: ambiente físico, ambiente biológico, ambiente social cultural y ambiente económico. Método Vicente Conesa	-1		-1	-1		-1

IP: Impactos previos. Componentes: S (Suelo), Ai (Aire), A (Agua), V (Vegetación), F (Fauna) y Hg (actividades con manipulación y liberación de mercurio).

Zona de estudio

EL río Guabas hace parte de la cuenca Sonso-Guabas, zona de reserva forestal protectora, que se encuentra en el departamento del Valle del Cauca, en el flanco occidental de la Cordillera Central de Colombia. Allí se ubica un complejo minero llamado la Victoria, donde según el Programa Agropecuario Municipal (Alcaldía municipal de Ginebra, 2015), se practica la minería a escala artesanal, realizando labores de acceso subterráneo o a cielo abierto dependiendo de la profundidad a la que se encuentre el mineral.

Panel de expertos

El panel de expertos realizó una visita a la mina La Suiza, en el complejo minero la Victoria, donde se encontró una mina en teoría inactiva, debido a que el molino, y los pizones estaban en mal estado. Se tomaron fotografías y se realizaron entrevistas a diferentes actores sociales con el objetivo de ampliar la percepción sobre los impactos percibidos por la actividad en los actores sociales. En adición, se revisó literatura de las diferentes organizaciones gubernamentales que han trabajado sobre el estado e impacto de las actividades mineras en la zona.

Se realizó una matriz de Criterios Relevantes Integrados (CRI) (Buroz, 1994), determinando la relación causa-efecto ubicando los componentes ecológicos que pueden ser afectados en las columnas, y las fases de los proyectos mineros, aspectos y sub-aspectos en las filas; resultando en los impactos del proyecto al ecosistema. A través de la interacción o no, de las actividades mineras desarrolladas con los componentes ecológicos, se identificaron y valorizaron los impactos ecológicos y se definieron los impactos significativos, llegando hasta la valoración de SEVERIDAD, a través de la secuencia lógica mostrada en las Tablas 3 y 4.

En cada celda de la matriz, se le da un valor a Intensidad, Extensión y Duración. Con estos valores se calcula la Magnitud (M) del Impacto (ecuación 1). Posteriormente se asigna la variable Reversibilidad e Incidencia a cada interacción y se obtiene Valor de Índice Ambiental (VIA) (ecuación 2). Luego la severidad se calcula mediante el producto entre VIA y M (ecuación 3).

Tabla 3. *Criterios para valorar impactos ecológicos*

PARÁMETRO	CRITERIO	ESCALA	VALOR
Intensidad del impacto (I)	Se refiere al grado con el que un impacto altera a un determinado elemento del ambiente, por tanto está en relación con la fragilidad y sensibilidad de dicho elemento, puede ser alto, medio o bajo. El valor numérico de la intensidad varía dependiendo del grado del cambio sufrido. Esta calificación de carácter subjetivo estable la predicción del cambio neto entre las condiciones, con y sin proyecto.	Alto	7-9
		Medio	4-6
		Bajo	1-3
Extensión o influencia espacial (E)	Determina el área geográfica de influencia teórica que será afectada por un impacto en relación con el entorno del proyecto (porcentaje de área impactada respecto al entorno en que se manifiesta el efecto), pudiendo esta ser puntual, local, regional.	Regional	10
		Local	5
		Puntual	2
Duración (D)	Se refiere al tiempo que supuestamente permanecería el efecto, desde su aparición, y a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales, previo a la acción de medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras. La duración es independiente de la reversibilidad	(>10 años) Largo	10
		(5-10 años) Mediano	5
		(0-5 años) Corto	2

Fuente: Buroz (1994).

Cálculo de la Magnitud del Impacto

M=(I*W)+(E*WE)+(D*WD), (1)

Donde,

M=Magnitud
I=Intensidad
W=peso específico de Intensidad, para este caso (0.4)
E=Extensión
WE=peso específico de Extensión (0.3)
D=Duración
WD=Peso específico duración (0.3)

Tabla 4. *Criterios para valorar impactos ecológicos*

PARÁMETRO	CRITERIO		ESCALA	VALOR
Reversibilidad (R)	Es la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la intervención humana, una vez que aquella deja de actuar.		Baja o irrecuperable	10
		Irreversible	El impacto puede ser recuperable a muy largo plazo (> 30 años) y a elevados costos.	9
		Parcialmente reversible	Media (Impacto reversible a largo y mediano plazo).	5
		Reversible	Alta (Impacto reversible de forma inmediata o a corto plazo).	2
Incidencia (G)	Es la posibilidad de real o potencial de que una determinada actividad produzca un impacto sobre un factor ambiental. Se considera como Alto cuando existe la certeza de que un impacto se "produzca" y sea "real"; Medio es la condición intermedia de duda de que se produzca o no	Alto		10
		Medio		5
		Bajo		2

Fuente (Buroz, 1994)

Fórmula de Valor de Índice Ambiental (VIA)

VIA= (RiXR x GiXG x MXM), (2)

Donde,

VIA=Valor de Indice Ambiental
XM=peso de la variable magnitud (0.4)
XG=peso de la variable Incidencia (0.2)
XR=peso de la variable reversibilidad (0.4)

Fórmula Severidad

S=VIA x M, (3)

Donde,

S=Severidad
VIA=Valor de Indice Ambiental
M=Magnitud

Por último se realizó una comparación entre los impactos significativos identificados en las actividades mineras en la cuenca del río Guabas y los impactos identificados en la literatura consultada.

Resultados y discusión

Se revisaron siete investigaciones, donde se desarrollaron EIA por actividades mineras desde el año 2000 a 2011, y comprenden las siguientes regiones: Guyana-Venezuela, Migori-Kenya, Lima-Perú, Puno-Perú, Antioquia-Colombia (2 casos) y Amazonas-Brasil. Las metodologías usadas fueron cualitativas, diferentes entre sí. A pesar de las distancias geográficas y las posibles diferencias en el ambiente biofísico entre los sitios, la valoración total del impacto de los proyectos mineros en cada sitio fue *moderado*. Sólo en un estudio, los componentes suelo y vegetación llegaron a ser impactados a nivel severo.

En las actividades mineras de la cuenca del río Guabas, la fase de trituración y pulverización, en su aspecto molino y pizón, y su sub-aspecto consumo de energía, no tuvieron impacto en el ecosistema, como tampoco la fase de procesamiento en su aspecto mesa concentradora y uso de sustancias peligrosas, y su sub-aspecto consumo de agua (Tabla 5).

Tabla 5. *Matriz de Severidad de Impactos: minería de oro en río Guabas*

MATRIZ DE SEVERIDAD DE IMPACTOS:MINERÍA DE ORO EN GUABAS											
		COMPONENTES ECOLÓGICAS E IMPACTOS									
		MEDIO FISICO						MEDIO BIOTICO			
			AIRE	SUELO		AGUA		FLORA		FAUNA	
ACTI-VIDAD	SUBAC-TIVIDAD	Aspecto	Calidad	Pérdida propieda-des físicas del suelo	Des-liza-miento suelo	Calidad físico-química del agua	Reduc-ción de oferta hírdrica	Extin-ción espe-cies endé-micas	Toxi-cidad flora acuáti-ca	Toixi-cidad fauna acuáti-ca	Desplaza-miento de especies
Exca-vación	Uso de Pico y pala	Emisión de material particulado									
	Uso de Explosi-vos	Emisión de material particulado									
		Generación de Vibración									
		Liberación de sedimentos									
	Abertu-ra del Socavón	Aprovechamien-to de Madera para postes									
		Consumo de energía									

Continuación Tabla 5

Extracción del mineral dentro de la bocamina	Uso de Pico y pala	Emisión de material particulado									
	Uso de Explosivos	Emisión de material particulado									
		Generación de Vibración									
		Liberación de sedimentos									
Transporte del mineral hasta la planta de beneficio	Uso del volqueta	Generación de residuos sólidos									
		Compactación del suelo									
	Uso del breque	Generación de residuos sólidos									
Trituración	Pisado del material	Emisión de material particulado									
		Emisión de Ruido									
		Consumo de energía									
Pulverización	Uso del molino	Emisión de material particulado									
		Emisión de Ruido									
		Consumo de energía									
Separación del oro	Amalgama Mercurio y/o uso cianuro	Emisión de gases contaminantes									
		Vertimiento de sustancias peligrosas									
		Consumo de agua									
	Mesa sedimentación	Consumo de agua									

Convenciones	
Leve	
Moderado	
Severo	
Crítico	

Más del 90% de los componentes ecológicos son afectados de forma *severa,* lo cual concuerda con la literatura. Los sub-aspectos críticos son el aprovechamiento de recursos maderables, como también la generación de vibración con explosivos, y por último, las emisiones gaseosas y vertimiento de sustancias peligrosas por el uso de mercurio y cianuro.

Conclusiones

El impacto promedio, o general de la actividad minera desarrollada en el río Guabas fue considerado *severo*, lo que se diferencia con el impacto global revisado en la literatura, que fueron considerados como *moderado* en la mayoría de los casos. Mientras que el impacto ecológico sobre los componentes suelo y vegetación concuerdan en su valoración *severa*.

El análisis de las herramientas académicas permite concluir que los proyectos mineros generan impactos ecológicos predominantemente *moderados*, lo cual puede explicar la proliferación de propuestas de extracción y la ejecución de políticas mineras, como en el caso de Colombia y la denominada "locomotora minera", donde el gobierno 2010-2014 se ha interesado en participar de las ganancias de la minería, debido a que ha encontrado un crecimiento del producto interno asociado a las actividades extractivas; no obstante, esta fuente de riqueza se está convirtiendo en una nueva fuente de conflictividad social en departamentos como Santander, Tolima y Antioquia.

Agradecimientos

El autor agradece a la institución Universidad Nacional Sede Palmira, en su programa de posgrado de Maestría en Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Administración, que a través del apoyo para la realización de las salidas a la Cuenca Sonso-Guabas permitió la realización de esta investigación. También agradece al profesor Gabriel Fernández, a las ingenieras Liliana León,Viviana Tafur y Luisa Usman, quienes con su experiencia en Evaluación de Impacto Ambiental apoyaron la conceptualización del estudio; sin su conocimiento, experiencia y apoyo no hubiera sido posible la investigación. Finalmente agradece a los miembros del Área protegida Cuenca Sonso-Guabas.

Literatura citada

1. Alcaldía Municipal de Ginebra. (2015). Programa Agropecuario Municipal - PAM "Unidos por el cambio y el progreso de Ginebra". Ginebra, Colombia
2. Adams, D. H., Sonne, C., Basu, N., Dietz, R., Nam, D. H., Leifsson, P. S., & Jensen, A. L. (2010). Mercury contamination in spotted seatrout, Cynoscion nebulosus: an assessment of liver, kidney, blood, and nervous system health. *Science of the total environment*, *408*(23), 5808-5816
3. Bowerman IV, W. W., Evans, E. D., Giesy, J. P. & Postupalsky, S. (1994). Using feathers to assess risk of mercury and selenium to bald eagle reproduction in the Great Lakes region. *Archives of environmental contamination and toxicology, 27(*3), 294-298.
4. Burger, J. 2013. Temporal trends (1989–2011) in levels of mercury and other heavy metals in feathers of fledgling great egrets nesting in Barnegat Bay, NJ. Environmental research.
5. Burger, J., Jehl Jr, J. R., y Gochfeld, M. (2013). Selenium: mercury molar ratio in eared grebes *(Podiceps nigricollis*) as a possible biomarker of exposure. Ecological Indicators, 34, 60-68.
6. Burger, J., y Gochfeld, M. (2004). Marine birds as sentinels of environmental pollution. EcoHealth, 1(3), 263-274.
7. Buroz, E. (1994). Métodos de evaluación de impactos. *II Curso de Postgrado sobre Evaluación de Impactos Ambientales. FLACAM. La Plata*.
8. Cogua, P., Campos-Campos, N. H. & Duque, G. (2012). Total mercury and methylmercury concentration in sediment and seston of Cartagena bay, colombian caribbean. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR, 41(2), 267-285.
9. Corredor Rodríguez, C. (2013). Estado del arte sobre la presencia de mercurio en peces y su efecto en la salud. Tesis pregrado. Universidad Pontifica Javeriana. Sede Bogotá. Facultad de ciencias
10. Cristol, D. A., Mojica, E. K., Varian-Ramos, C. W. & Watts, B. D. (2012). Molted feathers indicate low mercury in bald eagles of the Chesapeake Bay, USA. Ecological Indicators, 18, 20-24.
11. Cuentas, M. (2009). Evaluación cualitativa del impacto ambiental generado por la actividad minera en la rinconada Puno. *(tesis de maestría). Universidad de Puira*

12. Gallarday, T. E. (2006). Estudio del impacto ambiental de la extracción aurífera artesanal dentro de la jurisdicción política del distrito de Santa Rosa de Quives, año 2006. *Rev. Inst. investig. Fac. minas metal cienc. geogr*, *9*(18), 98-108.

13. Harris, H. H., Pickering, I. J. & George, G. N. (2003). The chemical form of mercury in fish. *Science*, *301*(5637), 1203-1203.

14. Lozada, J. & Arends, E. (2000). Aspectos ambientales de los diferentes tipos de minería de oro, desarrollados en la Reserva Forestal Imataca. *Revista Forestal Latinoamericana*, *15*(27), 81-99.

15. Marrugo, J. L., Ruiz, J. A. & Díez, S. (2013). Relationship between mercury levels in hair and fish consumption in a population living near a hydroelectric tropical dam. Biological trace element research, 151(2), 187-194. DOI 10.1007/s12011-012-9561-z

16. Marrugo, J., Lans, E. & Benítez, L. (2007). Finding of mercury in fish from the Ayapel marsh, Cordoba, Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, *12*(1), 878-886

17. Moreno Requena, J. A. (2013). Alteraciones comportamentales y de personalidad debido a la exposición ocupacional a mercurio en un grupo de mineros del oro de la región del Bagre Antioquia (Doctoral dissertation).

18. Ogola, J. S., Mitullah, W. V. & Omulo, M. A. (2002). Impact of gold mining on the environment and human health: a case study in the Migori gold belt, Kenya. *Environmental Geochemistry and Health*, *24*(2), 141-157.

19. Olivero, J., Johnson, B. & Arguello, E. (2002). Human exposure to mercury in San Jorge river basin, Colombia (South America). *Science of the total environment*, *289*(1), 41-47

20. Pegg, S. (2006). Mining and poverty reduction: Transforming rhetoric into reality. *Journal of Cleaner Production*, *14*(3), 376-387.

21. Sousa, R. N., Veiga, M. M., Meech, J., Jokinen, J. & Sousa, A. J. (2011). A simplified matrix of environmental impacts to support an intervention program in a small-scale mining site. *Journal of Cleaner Production*, *19*(6), 580-587.

22. Swart, P. & Dewulf, J. (2013). Quantifying the impacts of primary metal resource use in life cycle assessment based on recent mining data. *Resources, Conservation and Recycling*, *73*, 180-187.

23. Urkidi, L. (2010). A glocal environmental movement against gold mining: Pascua–Lama in Chile. *Ecological Economics*, *70*(2), 219-227.

24. USGS U.S. Geological Survey (2015). Recuperado de: https://www.usgs.gov/

Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: 11 de febrero de 2015
Aceptado: 30 de marzo de 2015