



Una alternativa de mitigación ambiental

An alternative of environmental mitigation



Sebastián Molina

M. Sc. Geología y Geoquímica

RESUMEN

Como consecuencia de la explotación de oro aluvial de manera informal e indiscriminada en el Bajo Cauca Antioqueño, la presencia de mercurio en el suelo y fuentes hídricas de la región ha afectado la calidad de los ecosistemas y de los seres vivos que en ella habitan. Por tal motivo, el Semillero de Gestión Ambiental del Bajo Cauca (SEGABA) del Centro de Formación Minero Ambiental (CFMA) del SENA – Regional Antioquia desarrolla proyectos de investigación en la mina EMIJOM S.A.S., localizada en el municipio de Zaragoza. Este proyecto pretende generar alternativas de mitigación ambiental a partir de biorremediación con Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*(L.) Roberty), siendo instaladas más de 1.500 plántulas, distribuidas en tres cuerpos de agua contaminadas con mercurio y con diferentes años de abandono. Adicionalmente, se efectúa la reproducción de este tipo de gramínea, siendo un comple-

mento del ámbito ambiental en el proceso de formalización de la pequeña y mediana minería de la región.

Palabras Clave: Bajo Cauca, biorremediación, mercurio, minería.

ABSTRACT

As a result of the informal and indiscriminate alluvial gold exploitation in Bajo Cauca Antioqueño, there is presence of mercury in the soil and the water sources of the region, affecting the quality of the ecosystems and the living beings that it has. For this reason, the Bajo Cauca Antioqueño Environmental Management Research Group (SEGABA) belonging to the Centro de Formación Minero Ambiental (CFMA) of SENA – Regional Antioquia develops research projects in the EMIJOM S.A.S. mine, located in the municipality of Zaragoza. This project aims to generate environmental mitigation alternati



Figura 1. Cuerpo de agua intervenido en EMIJOM S.A.S.

ves from bioremediation with Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*(L.) Roberty), with more than 1,500 seedlings installed, distributed in three bodies of water contaminated with mercury and with different years of abandonment. Additionally, the reproduction of this type of grammar, being a complement of the environmental scope in the process of formalization of the small and medium mining of the region.

Keywords: Bajo Cauca, bioremediation, mercury, mining.

La Formalización Minera y el CFMA

La producción de oro en Antioquia representa el 44,1% de la producción nacional (ANM, 2017), lo cual se refleja en las regalías y compensaciones causadas y transferidas al Sistema General de Regalías (SGR), equivalentes para 2016 en \$67.376,37 (ANM, 2017). No obstante, el potencial minero del departamento se ha visto afectado por la explora



ción y explotación inadecuada de los recursos minerales (principalmente oro), como consecuencia de la minería informal e ilegal, asociada a la utilización de mercurio y/o cianuro, generando problemas ambientales y sociales de alto impacto en la comunidad minera en Antioquia.

Es allí, cuando el análisis de las condiciones actuales del suelo y los recursos hídricos de las regiones son fundamentales, dado que el conocimiento de su estado actual proporciona una línea base para los proyectos productivos que pueden desarrollarse en el entorno, tal como es el caso de la mina EMIJOM S.A.S. en la vereda Jobo Medio del municipio de Zaragoza, Antioquia, en donde por el método de biorremediación se analiza la capacidad de adaptación y acumulación de metales pesados con el uso de la planta Vetiver.

La ejecución de este proyecto implica la instalación de 1.500 plántulas de Vetiver en tres cuerpos de agua, logrando por fitorremediación analizar la absorción y acumulación de mercurio en las raíces y tallos de estas plantas. Como complemento se tiene proyectada como segunda etapa la utilización de una retorta para extraer el residuo contaminado con metales pesados, siendo posteriormente entregado a la entidad gubernamental adecuada.

Objetivo General

Desarrollar de alternativa de mitigación ambiental, utilizando Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*(L.) Roberty) en un proceso de biorremediación para el tratamiento de aguas residuales contaminadas por procesos mineros.

Metodología

Etapas I: Análisis bibliográfico.

Determinación de características del mercurio en la minería y métodos de fitorremediación como alternativa de mitigación ambiental.

Etapas II: Identificación de cuerpos de agua y muestreo.

Se seleccionaron cuatro cuerpos de agua con diferentes años de abandono (tres intervenidos con vetiver y uno como testigo). En la visita a campo se tomaron muestras de agua y sedimento para determinar el contenido de mercurio. Adicionalmente, se calcularon parámetros in situ (pH, conductividad, Turbiedad, Concentración O₂/L y % Saturación OD).

Etapas III: Aplicación de alternativa de fitorremediación con Vetiver y su reproducción en el CFMA.

Instalación de 1.500 plántulas de vetiver en cuerpos de agua en EMIJOM S.A.S. (Figura 1 y 3).

Siembra de 500 plántulas de vetiver para su reproducción en el CFMA (Figura 4).

Etapas IV: Interpretación de resultados.

Vetiver

El vetiver (*Chrysopogon zizanioides*(L.) Roberty, anteriormente denominada como *Vetiveria zizanioides*, (L.) Nash) es una planta herbácea, gramínea, perenne, sin tallo aparente, originaria de zonas pantanosas de la India (EOI, 2013). Comúnmente es usada para la estabilidad de laderas, generando el rápido crecimiento de raíces de hasta 4m de largo, rígidas, verticales y de grosor uniforme (Nascimento, Chartone-Souza, 2003).

Adicionalmente se adapta a condiciones elevadas de temperaturas, altos niveles de radiación solar y gran tolerancia en cuanto a propiedades químicas del suelo, destacándose metales pesados como As, Cd, Cr, Ni, Pb, Hg, Se y Zn en el suelo y agua (Castro, 1987; Sepúlveda, 2013).

Resultados y discusiones

Los aprendices de SEGABA realizaron entre septiembre y diciembre de 2017 la medición del crecimiento del vetiver presente en los cuerpos de agua, identificando que la altura aumentaba proporcionalmente con el tiempo, llegando a ser de hasta 15cm para las plantas en los cuerpos de agua 2 y 4, abandonados en 2012 y 2017 respectivamente (Figura 1, 2 y 3).

De acuerdo a los parámetros in situ y los resultados de presencia de mercurio en muestras de agua y sedimento (tabla 1), se identificó que el pH del agua varía de neutro a levemente ácido, con valores de 6,50 a 7,00; los humedales 3 y 4 son los que presentan la mayor conductividad, con un valor de 70 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La alta turbidez varía entre 8 y 250 NTU, vinculada a partículas suspendidas que pueden ayudar a la adhesión de metales pesados (Sepúlveda, 2013); el % de Saturación de Oxígeno Disuelto (OD) varía de 72,7 a 98,0%, lo que indica condiciones aceptables a excelentes de oxígeno gaseoso disuelto en el agua (Castro, 1987). No obstante, otro factor importante a ser considerado es el tiempo de abandono de los cuerpos de agua, debido principalmente al mercurio, como metal pesado, depositarse por decantación y concentrándose en el fondo de los humedales, lo cual afecta de forma considerable la



Figura 3. Cuerpo de agua 3 intervenido en EMIJOM S.A.S.

cadena trófica de los seres vivos (Paisio, et al., 2012).

De acuerdo a los parámetros in situ y los resultados de presencia de mercurio en muestras de agua y sedimento (tabla 1), se identificó que el pH del agua varía de neutro a levemente ácido, con valores de 6,50 a 7,00; los humedales 3 y 4 son los que presentan la mayor conductividad, con un valor de 70 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La alta turbidez varía entre 8 y 250 NTU, vinculada a partículas suspendidas que pueden ayudar a la adhesión de metales pesados (Sepúlveda, 2013); el % de Saturación de Oxígeno Disuelto (OD) varía de 72,7 a 98,0%, lo que indica condiciones aceptables a excelentes de oxígeno gaseoso disuelto en el agua (Castro, 1987). No obstante, otro factor importante a ser considerado es el tiempo de abandono de los cuerpos de agua, debido principalmente al mercurio, como metal pesado, depositarse por decantación y concentrándose en el fondo de los humedales, lo cual afecta de forma considerable la

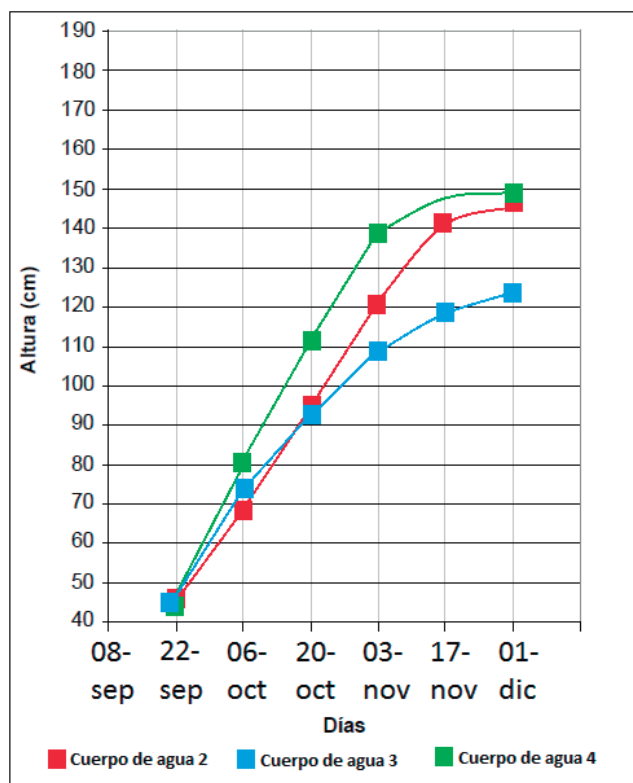


Figura 2. Crecimiento de vetiver en cuerpos de agua.

Cuerpo de agua	Área (m ²)	Prof (m)	Vol (m ³)	Ctd. Vetiver	Año de abandono	pH	Cond. 25°C (mS/cm)	Turbiedad (NTU)	Oxígeno disuelto (mgO ₂ / L)	% Saturación O ₂	Mercurio Agua (MG/ Hg/L)	Mercurio sedimento (mg Hg/Kg (BS))
1	1746	3,9	6809	Testigo	2017	7,00	20,0	32,0	7,0	98,0	0,0024	0,1266
2	557	1,8	1003	315	2012	6,98	30,0	8,0	6,9	97,0	0,0017	0,0938
3	3379	3,8	12840	555	2007	6,70	70,0	250,0	6,4	75,0	0,0014	0,0652
4	990	4	3960	630	2017	6,50	70,0	56,5	6,8	72,7	0,0015	0,1019

Tabla 1. Valores de parámetros in situ y de laboratorio.

De acuerdo a la resolución 2115 de 2007, el MINAMBIENTE definió que la concentración máxima admisible de Hg ambiental en agua es de 0,001 mg/L, lo que indica que todos los cuerpos de agua estudiados exceden los límites permisibles en Colombia.

CONCLUSIONES

- Los cuerpos de agua presentan una mayor presencia de mercurio en el agua que en el lecho, lo que puede generar un riesgo para el desarrollo de proyectos piscícolas debido al ingreso de metilmercurio en la cadena trófica.

- El proceso de fitorremediación es una alternativa viable para la recuperación de zonas degradadas por la minería informal, generando una mitigación a mediano plazo, mejorando la calidad de los ecosistemas de la selva húmeda tropical del Bajo Cauca.
- El crecimiento del vetiver indica que se encuentra adaptado a las condiciones de los cuerpos de agua, siendo complementado a futuro con un análisis bromatológico de las plantas.
- El uso de vetiver por biorremediación es una alternativa para disminuir la presencia de mercurio en el ambiente.
- La presencia de variables independientes al proyecto pueden haber influenciado en el resultado final del mismo, siendo las condiciones ambientales y la actividad minera los principales factores de influencia, no obstante, este prototipo es un piloto de un proyecto de mitigación ambiental en la minería en proceso de formalización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alloway, 1995. Heavy Metals in Soils. 2da. Ed. Glasgow, Reino Unido.
- B. Castro, María Luisa. 1987. Parámetros físico-químicos que influyen en la calidad y en el tratamiento del agua. CEPIS. Lima, Perú.
- EOI (Escuela de Organización Industrial). 2013. Mercados potenciales de tecnologías de biorremediación con Vetiver. OPTI. Madrid, España.
- Kabata-Pendias, A., Pendias, A. 1992. Trace of elements in soils and plants. CRC Press, Boca Raton, USA.
- Nascimento, A.M., Chartone-Souza, E. 2003. Operon mer: bacterial resistance to mercury and potential for bioremediation of contaminated environments.



Figura 4. Siembra de Vetiver en el CFMA.

Genet Mol Res 2(1):92-101.

- Paisio, Cintia., González, Paola., Talano, Melina., y Agostini, Elizabeth. Remediación biológica de Mercurio: 2012. Recientes avances. Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal. 3(2): 119-146. Río Cuarto, Argentina.
- Reinmann, C.; Caritat, P. 1998. Chemical Elements in the Environment. Factsheets for the Geochemist and Environmental Scientist. Geological Magazine, Reino Unido.
- Sepúlveda, Niza. 2013. Desarrollo de un prototipo para la rizofiltración de efluentes contaminados con mercurio mediante la aplicación de filtros vegetales con la especie Vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty). Universidad de Manizales, Colombia.

“El CFMA promueve proyectos de investigación aplicada que motiven al pequeño minero a la eliminación del mercurio en sus actividades, con el objetivo de cumplir progresivamente lo estipulado en la Ley 1658 de 2013 y el Convenio de Minamata, incentivando la reducción y eliminación del mercurio en la minería para 2018, y en el resto de industrias para 2023 (ANM, 2015).”