



Evaluación del potencial de biolixiviación de metales y metaloides por organismos fúngicos autóctonos en sedimentos contaminados del municipio de Santo Domingo, Chontales



Josué García Gómez & Róger Midence Díaz

Introducción

En Santo Domingo, municipio del Departamento de Chontales uno de los principales problemas es la inadecuada disposición final de los residuos o sedimentos mineros del Plantel La Estrella los cuales son descargados en el sitio llamado "Botadero La Estrella", y por sus condiciones de intemperización distribuye los contaminantes (metales pesados y metaloides) hacia el suelo, las aguas superficiales y subterráneas y a los organismos relacionados; implicando una afectación directa e indirecta a la población.



Una alternativa de remediación para sitios contaminados por metales y metaloides es la biolixiviación, técnica que consiste en emplear microorganismos tanto fúngicos o bacterianos que permiten transformar metales y metaloides a especies solubles o más fácilmente extractables mediante la producción de metabolitos de bajo peso molecular, sobre todo ácidos orgánicos.



El propósito de la presente investigación es evaluar el potencial de lixiviación fúngica de metales pesados y metaloides de los residuos mineros generados y depositados de manera inadecuada en Santo Domingo-Chontales. Así como en sedimentos del río cercano afectado por la situación.



Resultados

Los sedimentos de interés presentaron pHs acuosos ligeramente ácidos y un bajo contenido de materia orgánica. La textura del sedimento minero resultó ser ligeramente más permeable (franco arenoso) que el sedimento del Río (franco). Los metales y metaloides de interés son As, Cd, Cu, Pb, Hg y Zn debido a que sobrepasan las directrices de calidad de sedimento para la protección de la vida acuática ya sea interina o de efecto probable. Pb y Hg sobrepasan ambas en los sedimentos de interés. El Cr es el único que no presenta concentraciones que sean potencialmente tóxicas para la vida acuática.

Tablas 1 y 2. Caracterización físico-química de los sedimentos minero y del Río. Concentraciones de metales y metaloides totales extractables y comparación con las directrices Canadienses de calidad de sedimento para la protección de la vida acuática (ISQG: directriz interina; PEL: nivel de efecto probable).

Contaminante /Sustancia	Sedimento minero	Sedimento de Río	Elemento	Sedimento minero (mg/Kg)	Sedimento de Río (mg/Kg)	ISQG (mg/kg)	PEL (mg/kg)
Arsénico	5.42 ± 1.39	7.19 ± 0.66	Arsénico	5.42 ± 1.39	7.19 ± 0.66	5.9	17
Cadmio	1.54 ± 0.01	5.52 ± 0.04	Cadmio	1.54 ± 0.01	5.52 ± 0.04	0.6	3.5
Cromo	5.81 ± 0.09	9.65 ± 0.23	Cromo	5.81 ± 0.09	9.65 ± 0.23	37.3	90
Cobre	150.51 ± 0.12	185.43 ± 0.41	Cobre	150.51 ± 0.12	185.43 ± 0.41	35.7	197
Plomo	1043.98 ± 32.32	730.21 ± 10.82	Plomo	1043.98 ± 32.32	730.21 ± 10.82	35	91.3
Mercurio	9.23 ± 1.58	4.40 ± 1.02	Mercurio	9.23 ± 1.58	4.40 ± 1.02	0.486	0.486
Zinc	226.32 ± 3.44	208.52 ± 0.15	Zinc	226.32 ± 3.44	208.52 ± 0.15	123	315

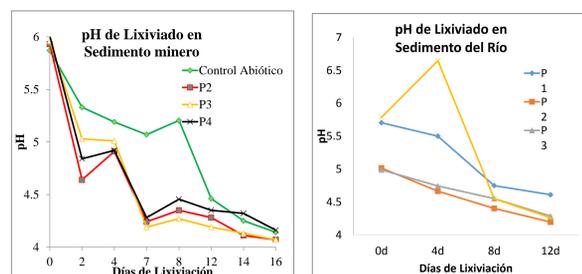
*Los metales que sobrepasan las directrices interinas se resaltan en violeta, en rojo los que sobrepasan las de efecto probable.

Hongos identificados por género: *Aspergillus*, *Fusarium*, *Curvularia*, *Monilia* y *Geotrichum*. Gadd (2005) clasifica a *Aspergillus* y *Fusarium* como hongos productores de ácidos orgánicos



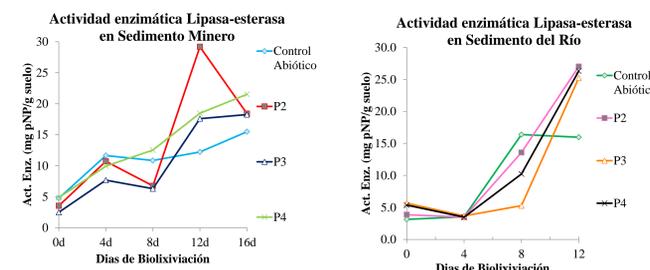
Los valores de pH del lixiviado demuestran indirectamente la producción de los ácidos orgánicos y confirman el principal mecanismo de solubilización de metales que suponemos es por acomplejamiento debido a la acción de los ácidos orgánicos. Los valores de pH en los controles abióticos son ligeramente mayores que en los percoladores que contienen hongos.

Figura 1. Comportamiento del pH en el lixiviado proveniente de los lixiviados de los sedimentos minero y del Río durante los experimentos de lixiviación abiótica (P1, control) y fúngica (P2, P3 y P4).



Cuatro ácidos orgánicos (succínico, propiónico, oxálico y acético) se identificaron por HPLC-UV/Vis y se están cuantificando en las réplicas de los lixiviados de ambos sedimentos. Estos ácidos son conocidos por su capacidad lixivadora a través de mecanismos de acomplejamiento por formación de ligandos.

Figura 2. Comportamiento de las actividades enzimáticas de Lipasa durante los experimentos de lixiviación fúngica en sedimento minero y sedimento del río (16 días y 12 días, respectivamente). Muestras de cada percolador incluyendo controles abióticos (P1).



El comportamiento de la actividad enzimática en ambos sedimentos tratados es creciente conforme progresa la lixiviación de metales y metaloides por acción fúngica. Esta relación inversa se explica por medio de la disminución del contenido de metales potencialmente tóxicos (e.g., Zn, Pb, Cd y Cu) en los sedimentos a medida que la lixiviación se desarrolla; lo que estimula la actividad de lipasa-esterasa. Esta disminución de la toxicidad es otro forma de medir la eficiencia de la biolixiviación.

Los metales que mayormente se remueven en el sedimento minero del Botadero La Estrella son en orden decreciente Au > Cd > Se > Zn > Pb > Cu y Cr. En el sedimento del Río se logra mayor remoción de Au > Cd > Se > Pb > Zn. La Ag presenta una aparente baja eficiencia de lixiviación pero puede deberse a su precipitación por acción de agentes reductores de origen orgánico presentes en el liquido sustrato (Melaza).

Tabla 3. Porcentajes de remoción fúngica y abiótica de metales de interés en sedimento minero. Porcentaje de remoción por cada percolador incluyendo al control abiótico (P1) y tratamientos por triplicado con lixiviación fúngica (P2, P3 y P4)

	Plomo	Cadmio	Cobre	Cromo	Zinc	Plata	Oro	Mercurio	Selenio	Vanadio
Control Abiótico	29.50	49.01	8.49	25.11	32.38	1.94	52.04	13.66	43.87	12.06
P2	39.39	63.15	22.77	21.83	38.82	3.02	66.18	10.87	37.79	16.72
P3	36.16	46.30	18.99	22.55	37.81	2.86	64.38	8.09	29.01	16.16
P4	44.10	71.94	30.58	29.09	48.62	2.45	84.04	12.67	61.41	18.63
Promedio triplicados	39.88	60.46	24.11	24.49	41.75	2.78	71.53	10.54	42.73	17.17

Tabla 4. Porcentajes de remoción fúngica y abiótica de metales de interés en sedimento del Río. Porcentaje de remoción por cada percolador incluyendo al control abiótico (P1) y tratamientos por triplicado con lixiviación fúngica (P2, P3 y P4)

	Pb	Cd	Cr	Cu	Zn	Ag	Au	Hg	Se	V
Control Abiótico	25.25	46.32	2.32	6.30	26.12	1.19	79.77	12.67	-	4.65
P2	44.91	60.16	3.53	7.65	34.44	0.96	102.90	6.23	59.06	8.48
P3	30.86	54.42	4.16	4.86	29.91	0.90	95.75	2.90	70.58	8.37
P4	31.32	53.23	3.60	4.83	26.35	0.72	80.32	5.24	-	6.43
Promedio Triplicados	35.69	55.94	3.76	5.78	30.23	0.86	75.04	4.79	43.21	7.76

Conclusiones

Existe potencial autóctono de bio-lixiviación fúngica en los sedimentos de interés (La Estrella y Sedimento de Río) mediante la acción de los ácidos oxálico, propiónico, succínico y acético, los cuales solubilizaron los metales y metaloides presentes. Los elementos mayormente lixiviados fueron: Plomo, Cobre, Cadmio y Zinc además del Oro que muestra una alta eficiencia de remoción.

En ambos experimentos se observó que el control abiótico presentaba un mayor valor de pH, menor remoción de metales y menor actividad enzimática, lo que demuestra la eficiencia de lixiviación fúngica autóctona estudiada en la presente investigación.

Bibliografía básica

*Gadd, G. M. (2004). Microbial influence on metal mobility and application for bioremediation. Geoderma.

*Shinner, F., & Klausner, T. (2005). Feasibility Studies for Microbial Remediation of Metal- Contaminated Soil. En R. Margesin, & F. Shinner, Manual for Soil Analysis-Monitoring and Assessing Soil Bioremediation (págs. 155-159). Heidelberg: Springer-VerlagBerlin

*Vivier, M., et al. (2012) Optimisation of an HPLC method for the simultaneous quantification of major sugar and organic acid in grapevine berries. Metieland: Steltembosch University

Reconocimientos

Se agradece el financiamiento de esta tesis al Programa de asociación Austríaco de la educación superior e investigación para el desarrollo (APPEAR/ADC-OeAd/LAI) por medio del Proyecto "Remediación de sitios contaminados: investigación y educación" (BIOREM <http://biorem.univie.ac.at>). Se agradece también el apoyo y la colaboración de la dirección y del personal del Laboratorio de Biotecnología de la UNAN-Managua

Para mayor información

Estudiantes de Ingeniería en Calidad ambiental (ICA/UCA) bigjosh@gmail.com y rogermidence@gmail.com

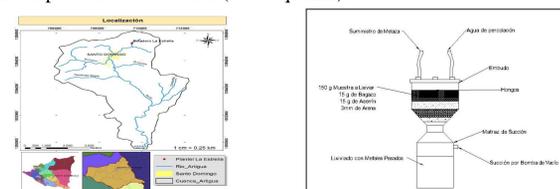
Dra. Katia Montenegro Rayo (Kmontenegro@unan.edu.ni) Laboratorio de Biotecnología (UNAN-Managua) Recinto RURMA, Pabellón D, Rotonda Universitaria 1 c. al norte, Managua.

Página de Internet: http://www.unan.edu.ni/lab_bio/index.html

Materiales y métodos

Diseño experimental

Las muestras a utilizar para los experimentos de lixiviación fúngica autóctona, fueron tomadas de dos puntos: sedimento minero (relaves) y sedimento del Río situado a pocos metros del Botadero (ver mapa). Las muestras a lixiviar se dispusieron en cuatro percoladores, uno de los cuales se destinó a ser usado como control abiótico de la lixiviación. Cada percolador contenía (ver esquema):



Análisis realizados

-Caracterización inicial físico-química y microbiológica (hongos autóctonos) de las muestras de sedimento minero y sedimento del río: pH, humedad de campo, CIC, materia orgánica, biodisponibilidad, concentraciones de metales y metaloides.

-Se monitorearon los parámetros: contenido de ácidos orgánicos en el lixiviado mediante HPLC/UV-Vis; pH del lixiviado usando pH-metro, actividad enzimática de lipasa-esterasa mediante método colorimétrico con p-Nitrofenilbutirato con Espectrofotómetro UV-Vis; y contenido de metales y metaloides en el lixiviado cada cuatro días mediante ICP-OES.

-Se calculó el % de remoción de metales y metaloides de interés en base al contenido neto inicial en los sedimentos y el contenido acumulativo en los lixivados.

