

Cuantificación de Elementos Potencialmente Tóxicos en especies vegetales de un sitio minero de Guanajuato: identificación de especies potencialmente fitorremediadoras

Ramírez Ramírez Francisco Samuel (1), Cruz Jiménez Gustavo (2)

1 [Ingeniería Ambiental, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [fco-2ramirez@hotmail.com]

2 [Departamento de Farmacia, División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [cruzg@ugto.mx]

Resumen

Se recolectaron diferentes tipos de muestras en una zona aledaña de la mina La Aurora, que se localiza en la ciudad de Xichú en Guanajuato. Se determinaron parámetros fisicoquímicos en las muestras de suelo y jales como pH y contenido de materia orgánica. Además se determinó el desarrollo de semillas de *Acacia farnesiana* L. Wild en mezclas de jales y suelo comercial. Las mezclas utilizadas fueron: (a) 100% suelo (S); (b) 75%S-25% jales (J); (c) 50%S 50%J; (d) 25%S- 75%J (e) 100% J, se evaluó el efecto fitotóxico de los tratamientos midiendo el porcentaje de germinación y crecimiento de las plántulas. Los resultados indicaron que la tolerancia a los tratamientos aplicados depende del tratamiento utilizado. En el sitio se recolectaron seis especies para su posterior identificación y con el fin de ser evaluadas como posibles plantas fitorremediadoras.

Abstract

Environmental samples were collected in a site near to La Aurora mine tailings, located in the city of Guanajuato Xichu. Physicochemical parameters were determined in soil samples and mine tailings as pH and organic matter content. Besides the development of *Acacia farnesiana* L. Wild tailings mixtures and commercial land it was determined. The mixtures used were: (a) 100% Soil (S); (b) 75% S 25% Mine Tailing (MT); (c) 50% 50% S MT; (d) 25% S 75% MT (e) 100% MT, the phytotoxic effect of the treatment was evaluated by measuring the percentage of germination and growth of the plant. The results indicated that the tolerance to mine tailings contain depends on treatment used. Six plant species were collected for further identification and they will be evaluated as possible phytoremediator plants.

Palabras Clave

Jales; Metales; Suelo; Contaminación; Residuos

INTRODUCCIÓN

La industria minera es una de las actividades económicas de mayor impacto económico en México. Sin embargo, generan residuos llamados jales, que contienen altas concentraciones de elementos potencialmente tóxicos (EPT) tales como; metales pesados y metaloides. Los residuos sólidos de la minería se depositan en lugares a cielo abierto, por lo que pueden ocurrir procesos de lixiviación hacia agua subterránea y suelos lejos de los depósitos, esto trae como consecuencia la acumulación de metales pesados, e incluso su incorporación a la cadena trófica. [8]

Los jales mineros generados se caracterizan por presentar altas concentraciones de Fe, Mn, Zn, Pb, Hg Cu y Cr; dando como resultado que el suelo acumule y concentre estos metales pesados, debido a su capacidad de retención, sobre todo en las capas superficiales. De hecho, la acumulación de los metales pesados tiene lugar en la parte biológicamente más activa del suelo, de modo que los metales pueden ser fácilmente accesibles para los cultivos. [2].

La movilidad de los metales es controlada por diversos parámetros fisicoquímicos, especialmente por el pH, salinidad, textura, capacidad de intercambio catiónico, potencial redox y composición mineralógica. De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-141-SEMARNAT-2003, la peligrosidad de los jales aumenta en función del incremento en el potencial de lixiviación de metales o de elementos tóxicos solubles en agua [10].

El pH es el principal factor de control de la disponibilidad de los metales para las plantas. La mayor parte de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido, ya que al producirse un descenso del mismo, se promueve la solubilidad y absorción en las raíces de las plantas. En medios moderadamente alcalinos, por el contrario, se produce la precipitación como hidróxidos. Aunque, en medios muy alcalinos estos hidróxidos pueden

pasar de nuevo a la solución como hidroxicomplejos. En cuanto a las condiciones de óxidoreducción muchos metales forman sulfuros relativamente insolubles en condiciones fuertemente reductoras. Éstos incluyen el Cd, Zn, Ni, Co, Cu y Pb. Otros metales como Fe y Mn pueden volverse más solubles en estas condiciones. La materia orgánica del suelo presenta una elevada afinidad por ciertos metales (Co, Cu, Mo, Ni, Pb y Zn), reaccionando con ellos e influyendo en su disponibilidad. [11]

El Distrito Minero de Guanajuato se localiza en la región centro occidental del estado del mismo nombre. Tiene una longitud de 20 km y una anchura de 16 km (320 km²). Análisis previos de la mina “La Aurora”, muestran que los jales mineros contienen As, Zn, Pb, Cu y Zn en concentraciones de hasta 12485, 8760, 1400 y 6668 mg·kg⁻¹; los cuales rebasan lo establecido por normatividades internacionales. En este sitio se han obtenido datos del contenido de algunos EPTs en algunas especies vegetales que crecen en el lugar, es por ello que el objetivo del trabajo fue identificar nuevas especies, para emplearse en el sitio como una alternativa al control de la movilización de contaminantes al medio. [1]

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección del sitio

El sitio de estudio la mina “La Aurora” se localiza en las coordenadas geográficas Norte 21°52' y Sur 19°55' con Latitud Norte y Este 99°41' y 102°09' de Longitud Oeste del meridiano de Greenwich.

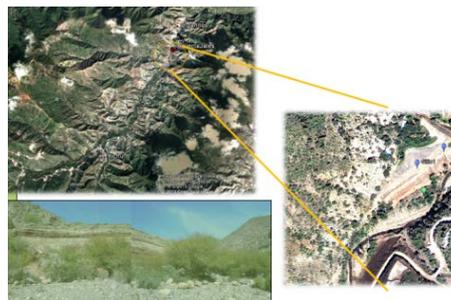


IMAGEN 1. Localización del sitio del muestreo

Colecta de muestras

En el sitio de muestreo se identificaron especies que se desarrollan en el sitio de la mina “La Aurora” y que no muestren signos aparentes de fitotoxicidad. Se recolectaron un total de seis especímenes. La colecta se realizó obteniendo el ejemplar completo (incluida raíz, tallo y hoja) y se almacenaron en bolsas hasta que se preparó adecuadamente para ser identificada en un herbario y para procesar los tejidos para posterior cuantificación de EPTs.

Caracterización Físicoquímica.

Para la caracterización físicoquímica de suelo y jales, se determinó: (a) pH; y (b) Materia Orgánica. Para la determinación del pH se pesaron 10 gr de muestra y se disolvió en 20 mL de agua destilada; las muestras se agitaron en intervalos de 5 min y posteriormente se midió el pH con un potenciómetro de acuerdo a Normatividad Mexicana.

Se determinó cantidad de Materia Orgánica por el método Walker y Black, según la NOM-021-SEMARNAT-2000.

Crecimiento De Especies Seleccionadas En Las Mezclas De Jales-Suelos.

Para estudiar el crecimiento de las especies de Huizache yóndiro (*Acacia farnesiana* L. Willd.) Se sembraron semillas de la planta a una profundidad de 2 cm, en mezclas de 100% Jales, 75% Suelo y 25% Jales, 50 % Suelo y 50 % Jales, 25 % Suelo y 75 % Jales con 3 repeticiones por cada mezcla, así mismo se sembraron en blancos de control en macetas con 100% Suelo. Las macetas se colocaron en un espacio acondicionado para tal fin en la Cámara Ambiental, a temperatura de 23°C, con un fotoperiodo de 12 horas luz/obscuridad, y fueron regadas con 5 mL de agua deionizada cada una, desde el momento en que fueron sembradas y repitiendo la adición de agua cada 24 horas durante 15 días.

Análisis Estadístico

El análisis estadístico se realizó en el programa JMP IN 4, versión 4.0.3 Academic con un análisis de varianza (ANOVA) para comparar diferencias significativas entre las distintas concentraciones de jales-suelo; y una vez que se ha determinado si existen diferencias entre las medias, se realizó la prueba *post-hoc* de Tukey-Kramer HSD (Honestly Significant Difference) que permite observar diferencias entre medias evitando errores tipo I.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización Físicoquímica.

- **pH**

Los resultados que se observan (Tabla 1) muestran que el tratamiento que contiene 100% Jales presenta los valores de pH más bajos, mientras que en las mezclas de suelo-jales el pH aumenta según el porcentaje de suelo agregado a la mezcla. Por otro lado, el tratamiento que contiene 100 % Suelo presenta una moderada acidez, según la clasificación de la NOM-021-SEMARNAT-2000. El tratamiento con mezcla de 75 % Suelo-25 % Jales y el tratamiento 100 % Suelo, son en los que se observan condiciones favorables para el desarrollo de las plantas. Probablemente por el contenido de elementos nutritivos [3]

Tabla 1: pH por tratamiento

Tratamiento	pH
100 % Suelo	6.05
75 % Suelo 25 % Jales	4.29
50 % Suelo 50 % Jales	4.39
25 % Suelo 75 % Jales	4.73
100 % Jales	3.15

- **Materia Orgánica**

La Tabla 2 muestra el porcentaje de materia orgánica presente en cada uno de los tratamientos, en donde se observa que en general todos los tratamientos presentan un bajo porcentaje de materia orgánica. Por otro lado, la disminución del carbono orgánico en cada una de las mezclas, lleva a una disminución del desarrollo de las plantas puesto que hay una reducción de fuente de nutrientes y de la estabilidad fisicoquímica del suelo. [5]

Tabla 2: Materia Orgánica por tratamiento

Tratamiento	% Materia Orgánica
100 % Suelo	0.11
75 % Suelo 25 % Jal	0.11
50 % Suelo 50 % Jal	0.12
25 % Suelo 75 % Jal	0.12
100 % Jal	0.11

- **RESULTADOS ESTADÍSTICOS**

La fitotoxicidad se evaluó al concluir el periodo de germinación de cada una de las plantas mediante la determinación del efecto de los tratamientos aplicados con respecto al porcentaje de germinación, y el tamaño de cada una de las plantas.

Análisis del crecimiento de la Raíz de las plantas

Estadísticamente se acepta una hipótesis nula, diciendo que no hay diferencias significativas con una $P > 0.05$, es decir que la respuesta de la planta (el crecimiento de la raíz) no cambia de tamaño (longitud) con respecto a las concentraciones.

Análisis del crecimiento del Tallo de las plantas

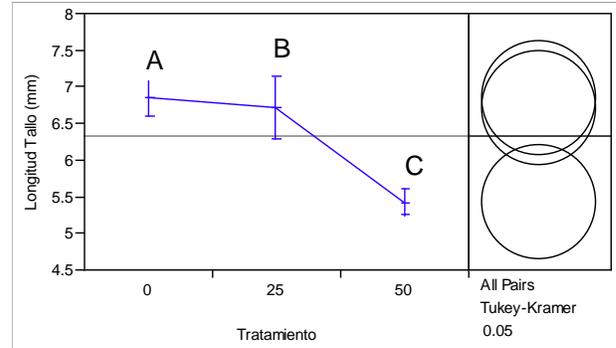


IMAGEN 2: Longitud del Tallo

Como se muestra en la IMAGEN 2 con el programa JMP IN 4 se efectuó la prueba de Tukey-Kramer que fue aplicada al conjunto de las parejas de diferencias posible, donde solo se tomó el valor de 25%-50% de contenido de jales, esto indicando que a mayor tratamiento las diferencias son apreciables debido a factores como acidez o nutrientes asociados al desarrollo y germinación de la semilla.

Análisis del desarrollo del Peso de las plantas

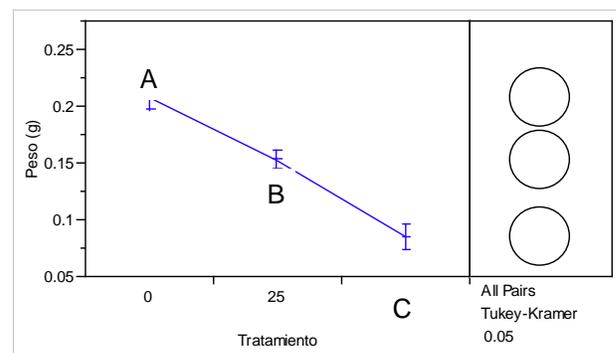


IMAGEN 3: Peso de las plantas

Como se muestra en la IMAGEN 3 aquí también se efectuó la prueba de Tukey-Kramer aplicada al conjunto de las parejas de diferencias posible, donde nos indica que todas las plantas tienen diferencia muy significativa ya que el tratamiento con 100% suelo es donde mejor se desarrolla la planta y es por esto que aumenta su peso.

• IDENTIFICACION DE ESPECIES

Se realizó una identificación previa de las especies recolectadas mediante textos certificados por la SAGARPA y la CONABIO

El primero es “Potencial Agroforestal con Arbustivas Nativas- Estado de Guanajuato” del “Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias” [6] (inifap) y el segundo “Arbustivas Nativas de Uso Múltiple en Guanajuato” del INIFAP [7]



IMAGEN 4. Identificación de especies

En la imagen 4 y enumeradas de la (A) a la (F) se pudieron identificar como:

- (A) Nogal coní
- (B) Mora (*Morus celtidifolia* Kunth)
- (C) Chapararro prieto (*Acacia rigidula*)
- (D) Petatillo (*Thevetia peruviana* K. Schum)

- (E) *
- (F) *

*No identificadas mediante referencias, posteriormente se enviarán a un herbario para su identificación.

CONCLUSIONES

El realizar germinación y crecimiento de Huizache yóndiro (*Acacia farnesiana* L. Willd.) en mezclas de suelo-jales para determinar la fitotoxicidad en dichas especies, brindan un panorama de la capacidad de dichas éstas para poder desarrollarse en medios adversos y evidencian su potencial uso como fitorremediadoras.

Se logró observar que esta especie de Huizache tiene una mejor capacidad de desarrollarse en concentraciones de jales bajas, el efecto con un 75% de Jales ya es considerado como perjudicial para la planta, ya que en los resultados mostrados no se muestran dichas concentraciones dado que las plantas murieron, y es que a pesar de estar en un medio de pH ácido y un porcentaje de materia orgánica bajo, eso son indicadores de la posible viabilidad del desarrollo de plantas.

No existe diferencia significativa en la elongación de raíz, pero sí en el tallo. Sin embargo, esto no representa un aumento en su biomasa.

Asimismo, el estudio se realizó a nivel laboratorio con *A. farnesiana*, como una posible propuesta para la biorremediación de los jales mineros de “La Aurora”, con la finalidad de ayudar a la disminución de contaminación de EPTs a través de la revegetación con esta especie y, posiblemente, con las especies identificadas. Sin embargo, se recomienda realizar los estudios de cuantificación de EPTs en las plantas recolectadas.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Guanajuato y a la Dirección de Apoyo a la Investigación y al Posgrado por la beca otorgada.

Al Laboratorio de Evaluación Toxicológica y Riesgos Ambientales (LETRA).

Al CONACyT por el apoyo recibido del proyecto de Infraestructura número 25527.

Al M.C René Loredo Portales y la Q.F.B. Claudia Karina Sánchez Sánchez por su apoyo y contribución de este proyecto.

REFERENCIAS

- [1] COMEFER, Federal Regulatory Improvement, 2005, Preliminary Study Justifying the Establishment of Protected Area; Biosphere Reserve "Sierra Gorda of Guanajuato, Mexico
- [2] Flores De La Torre J. A., Manzanares Acuña E., López Luna M. A., Sánchez Rodríguez S. H., Cuevas Flores M. R., "Presencia de plomo en suelo y plantas en Concepción del Oro, Zacatecas por energía dispersiva de fluorescencia de rayos X" en Memorias de Resúmenes 14º Seminario de Investigación, [pp. 262-269]
- [3] Garrido, Valero (1994) "Interpretación de análisis de suelo" Madrid: Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario (España) Editor. [pp. 21-23]
- [4] Lasat M. (2000). Phytoextraction of metals from contaminated soil: a review of plant/soil/metal interaction and assessment of pertinent agronomic issues. *J. Hazard Subst Res* 2, 1-25.
- [5] Martínez H., E., Fuentes E., J., & Acevedo H., E. (2008). Carbono Orgánico y Propiedades del Suelo. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 5-9.
- [6] L. Terrones Rincón, T., & García Nieto, H. (2007). Potencial Agroforestal con Arbustivas Nativas. Celaya, Guanajuato: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- [7] L. Terrones Rincón, T., González Sánchez, C., & Ríos Ruiz, S. (2004). Arbustivas Nativas de Uso Múltiple en Guanajuato (Vol. II). Celaya, Guanajuato: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- [8] Pingarron, J. (2005). Atenuación natural de la contaminación de suelos producida por metales pesados. Universidad Simón Bolívar, 2-4.
- [9] Ramos Gómez, M., Avelar, J., y Medel Reyes, A. (2012). Movilidad De Metales En Jales Procedentes Del Distrito Minero De Guanajuato, México. *Rev. Int. Contam. Ambie.*(28), 49-59.
- [10] Ramos A.Y. y Siebe G.D. (2006). Estrategia para identificar jales con potencial de riesgo ambiental en un distrito minero: estudio de caso en el Distrito de Guanajuato, México. *Revista Mexicana de ciencias geológicas*. Vol. 23., No. 1.
- [11] Roca Fernández, A. (2005). Contaminación De Suelos Por Metales Pesados. (INGACAL, Ed.) Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo., 6-8.