



Acumulación y traslocación de metales, metaloides y no metales en plantas nativas de la zona minera de Chontales: Implicaciones para el potencial de fito-remediación

Bras. Carla Mendieta Webster y Katerine Taisigüe López
Laboratorio de Biotecnología, UNAN-Managua
Julio del 2014

Resumen

La contaminación de suelos por metales pesados constituye actualmente uno de los más serios problemas ambientales provocados fundamentalmente por la actividad humana, sin embargo, algunas especies (e.g., las plantas) han desarrollado mecanismos fisiológicos y bioquímicos para minimizar los efectos de éstos por medio de diferentes mecanismos como son controlar la acumulación en las raíces y la traslocación (distribución) de éstos a los diferentes órganos vegetativos. Esta investigación se diseñó para evaluar el potencial fito-remediador de plantas nativas que crecen en los alrededores de sitios contaminados por metales, metaloides y no-metales en las zonas mineras de Santo Domingo y La Libertad, Chontales. Esta evaluación se llevó a cabo al *i.*) determinar la capacidad de acumulación (Factor de bio-concentración raíz/suelo) de 32 metales, metaloides y no-metales de interés en 22 especies de plantas nativas que crecen en el área de interés, *ii.*) determinar el patrón de distribución a los diferentes órganos vegetativos (Factor de traslocación órgano/raíz), *iii.*) clasificar las especies de plantas analizadas de acuerdo a su estrategia de acumulación de los contaminantes inorgánicos y *iv.*) seleccionar plantas nativas que pudieran ser utilizadas para la fito-remediación de sitios contaminados de los analitos de interés. La acumulación de los metales de interés en las plantas varió grandemente de acuerdo a las especies y a los metales específicos según el análisis de los resultados preliminares. Por ejemplo, las especies *E. colona*, *C. odorantus* y *Digitaria sanguinalis* presentaron BCFs >1 para Al, Zn, Cu, Cr, Cd; mientras que para acumular Ag las especies con mayor potencial serían *P. conjugatum*, *Thelypteris sp.*, *Setaria liebmannii*, *T. serrulata*, *E. indica*, *E. colona*, *C. odorantus*, *D. sanguinalis* y *Verbena sp.* Esta última presenta un BCF>8 para Hg, sin embargo no logra movilizarlo hacia sus partes aéreas (exclusora). *Oldenlandia sp.*, *Cyperus luzulae* y *Mimosa pudica* presentaron altas concentraciones de Hg en las hojas posiblemente por deposición atmosférica ya que la concentración detectada era mayor que las detectadas en las raíces. *Paspalum conjugatum* presenta una distribución uniforme de Cr en todos sus órganos vegetativos (raíz, hoja, tallo, flores).

Palabras claves: fito-remediación, planta exclusora, planta tolerante, planta hiperacumuladora, factor de bio-concentración, factor de traslocación.

1. Introducción

La actividad minera en Nicaragua se ha venido desarrollando de forma artesanal desde antes que iniciara la invasión y saqueo a estas tierras por parte de la corona de España a inicios del siglo XVI. Los pueblos nativos procesaban yacimientos de metales preciosos (oro y plata) y yacimientos no metálicos (canteras) [...]; desde entonces ha venido teniendo importancia esta actividad económica, por ser uno de los rubros de exportación (Centro Humboldt, 2008).

Las actividades mineras a escala artesanal implican la extracción mediante amalgamamiento del mineral junto a un agregado químico, principalmente mercurio (Hg), o mezclándose con Cianuro (CN) en instalaciones llamadas “Rastras”. El producto residual generado en la molienda o “lama” se deposita en las cercanías al lugar expuestas a escorrentías que lo transportan a fuentes de aguas u otros receptores ecológicos como es el caso en el Botadero de la Planta “La Estrella” de santo Domingo, Chontales (Picado *et al*, 2010).

Estos residuos mineros generan riesgos a la salud ambiental y humana debido a que aumentan las concentraciones de elementos trazas potencialmente tóxicos como son el Plomo, Bario y Zinc (Pb, Ba y Zn, respectivamente). Este hecho, junto con la exposición y acumulación del mercurio (Hg) usado en el proceso, aumentan el potencial de contaminación por lixiviación hacia las aguas superficiales y subterráneas que son fuentes de abastecimiento de agua potable para las comunidades; y la bio-disponibilidad para las plantas de estos metales tóxicos (Schinner, 2005).

Los metales, no metales y metaloides en altas concentraciones son peligrosos porque tienden a bio-acumularse en diferentes cultivos. La bioacumulación significa un aumento en la concentración de un producto químico en un organismo en un cierto período de tiempo, comparada a la concentración de dicho producto químico en el ambiente (Angelova *et al*, 2004). Algunos elementos presentes en bajas concentraciones o en trazas (e.g., cobre (Cu), selenio (Se) y Zinc (Zn)) son esenciales para mantener un correcto metabolismo en los seres vivo, sin embargo en concentraciones más altas pueden producir efectos tóxicos (Kabata-Pendias, 2000).

La contaminación de suelos por metales pesados constituye actualmente uno de los más serios problemas ambientales provocados fundamentalmente por la actividad antrópica. Sin embargo, algunas especies (e.g., las plantas) han desarrollado mecanismos fisiológicos y bioquímicos para minimizar los efectos de éstos por medio de diferentes mecanismos como son controlar la acumulación en las raíces y la traslocación de éstos a los diferentes órganos vegetativos. Las plantas poseen tres estrategias básicas como son la exclusión, la indicación y la acumulación para crecer en suelos contaminados (Raskin y col. 1994). La exclusión previene la entrada de metales o mantienen baja y constante la concentración de éstos en un amplio rango de concentraciones en el suelo, principalmente restringiendo la acumulación de los metales en las raíces. La segunda estrategia la llevan a cabo plantas denominadas indicadoras, que acumulan los metales en sus tejidos aéreos y generalmente reflejan el nivel de metal en el suelo (Ghosh & Singh, 2005). La tercera estrategia es la de acumulación, que se basa en distribuir, traslocar o enviar los metales a los diferentes órganos vegetativos o sus partes aéreas, en niveles que exceden varias veces el nivel presente en el suelo (Rotkittikhun y col. 2006). Cuando las plantas con capaces de acumular y traslocar altos niveles de

contaminantes en raíces, tallos y hojas, se denominan hiperacumuladoras (Raskin y col. 1994; Cunningham & Ow, 1996).

La fito-rremediación de suelos contaminados engloba un grupo de técnicas en el uso de especies vegetales y sus microorganismos asociados para extraer, acumular, inmovilizar o transformar los contaminantes del suelo (Barceló y Poschenriender, 2003; Ghosh & Singh, 2005; Pilon-Smits, 2005). La fito-extracción, también llamada fito-acumulación, emplea la capacidad de las plantas para absorber y extraer el contaminante del suelo, principalmente metales, acumularlos en sus tallos y hojas (Kumar *et al*, 1995).

2. OBJETIVOS

2.1 General

Evaluar el potencial fito-remediador de plantas nativas que crecen en los alrededores de sitios contaminados por metales, metaloides y no-metales en las zonas mineras de Santo Domingo y La Libertad, Chontales.

2.2 Específicos

Determinar la capacidad de acumulación (Factor de bio-concentración raíz/suelo) de 32 metales, metaloides y no-metales de interés en 22 especies de plantas nativas que crecen en los alrededores de botaderos mineros ubicados en Santo Domingo y La Libertad y en la ribera del Río Sucio.

Determinar el patrón de distribución a los diferentes órganos vegetativos (Factor de traslocación órgano/raíz) de los analitos de interés en 22 especies de plantas nativas de los sitios de estudio.

Clasificar las especies de plantas analizadas de acuerdo a su estrategia de acumulación de metales, metaloides y no-metales.

Seleccionar plantas nativas que pudieran ser utilizadas para la fito-remediación de sitios contaminados por metales, metaloides y no-metales.

3. Materiales y métodos

3.1 Descripción del área de estudio

El sitio de estudio se encuentra en las zonas cercanas a los botaderos de material minero La estrella (Santo Domingo) y B2GOLD (La Libertad) en el departamento de Chontales, donde se colectaron 38 plantas (22 especies) con duplicado y sus suelos (aledaño y rizosférico).

3.2. Colección, preparación y análisis de muestras de plantas y suelos

Se colectaron 34 plantas en Santo Domingo y 4 plantas en La Libertad con un total de 38 plantas con duplicados que tuvieran fisiología y condiciones climatológicas similares y se colectaron muestras de suelos aledaños (suelo que rodea a la planta) y rizosférico (parte del suelo inmediata a las raíces) de cada planta con el objetivo de comparar el contenido de metales en ambos, se espera que el suelo aledaño contenga mas metales que el rizosférico ya que no está en contacto directo con la planta.

Los análisis realizados en los suelos colectados fueron: Parámetros físico-químicos del suelo (pH, disponibilidad en extracto acuoso, CaCl_2 , NH_4NO_3 ; Porcentaje de humedad y materia orgánica), los suelos fueron digeridos a una temperatura aproximadamente de 85° C, en Ácido Nítrico y Ácido Clorhídrico para ambos para determinar 32 metales: Li (litio), Be (berilio), Na (sodio), Mg(magnesio), K (potasio), Ca (calcio), Ti (titanio), V (vanadio), Cr (cromo), Mn (manganeso), Fe (hierro), Co (cobalto), Ni (níquel), Cu (cobre), Zn (zinc), Al (aluminio), Sr (estroncio), Mo (molibdeno), Ag (plata), Cd (cadmio), Sn (estaño), Pb (plomo), Tl (talio), Au (oro), Ba (bario) y Hg (mercurio); metaloides: B (boro), Si (silicio), As (arsénico) y Sb (antimonio) y no metales: P (fosforo) y Se (selenio).

Las muestras de plantas fueron sub- divididas en base a sus diferentes órganos vegetativos: raíz, tallo, hojas y semillas o flores. Cada muestra fue secada a temperatura ambiente, a excepción de algunos tallos muy gruesos que fueron secados a 50°C en el horno tipo mufla. Posteriormente se procedió a la pulverización en mortero y tamizado a través de una malla N° 30 de 600 μm . Las muestras pulverizadas se digitaron en hot plate con ácido nítrico (HNO_3) concentrado para el análisis de 32 metales, metaloides y no metales siguiendo una modificación del método propuesto por Zarcinas et al. La temperatura inicial de digestión fue de 90° C por 45 minutos, luego a 140° C hasta obtener un 1ml de muestra aproximadamente, posteriormente aforado en 25 ml con ácido nítrico al 1%v/v.

Los suelos fueron digeridos para determinar los mismos 32 metales, metaloides y no metales analizados en las plantas según en el método EPA 200.7 La digestión se hizo a una temperatura promedio de 85° C, en Ácido Nítrico y Ácido Clorhídrico concentrado. Después de la digestión de las muestras de suelos y plantas se realizó el análisis de los analitos de interés por Espectrometría de Emisión Óptica por Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES). Las concentraciones de los analitos de interés fueron corregidas en base a la recuperación del estándar subrogado o testigo usado que fue Itrio (2 mg/L).

También se hicieron algunos análisis de parámetros físico-químicos de interés en los suelos colectados, tales como: pH acuoso (Método ISO 10390: 2005), Metales disponibles o lixiviables en extracto acuoso, CaCl_2 0.01 M (Houba et. Al, 2000), NH_4NO_3 1M (Schinner et al, 1993); Porcentaje de humedad (65 °C) y materia orgánica (550 °C por gravimetría (Heiri et al., 2001).

3.3 Cálculo de factores de bio-concentración (BCF) y de traslocación (FT)

El cálculo del factor de bioconcentración o bioacumulación (BCF's o BAF's) se hace para estimar la relación entre los residuos químicos en las plantas y las concentraciones medidas en el medio donde viven (suelo). Los BCF se calcularon dividiendo la concentración de cada elemento en la raíz con la del suelo respectivo (rizosférico y aledaño). Los factores de traslocación a los diferentes órganos vegetativos se calcularon dividiendo la concentración en el órgano de interés (tallo, hojas, flores, semillas o frutos) entre la concentración en la raíz. Los factores de bio concentración y traslocación indicarán qué especies de plantas pueden ser consideradas acumuladoras, tolerantes o excluidoras de

los elementos de interés. Las plantas con BCF>1 y FT>1 son considerados como acumuladoras o híper acumuladoras (si las concentraciones exceden 0,1 %), las que presentan valores entre 0.1 y 1, respectivamente, son consideradas como tolerantes y las que presentan valores <0.1 se consideran como plantas exclusras.

4. Resultados preliminares

4.1 Caracterización físico- química del suelo (Determinación de pH, humedad y materia orgánica)

Los resultados de pH en los tres extractos analizados estuvieron en un rango entre 5 y 6 lo que implica que los suelos son ácidos. Las muestras presentaron porcentajes de humedad entre 13 y 31 % y un contenido de materia orgánica entre 1 y 8 %; indicando que éstos suelos son poco fértiles.

4.2 Determinación de metales, no metales y metaloides totales extractables en el suelo

4.2.1 Elementos mayores

En la Figura 1 se pueden observar en orden decreciente las concentraciones promedio y desviaciones estándar de los elementos mayores: Fe (8 a 26), Al (2,7 a 19), Mn (3,5 a 11,8), Ca (0,2 a 2,7), Mg (0,1 a 1,9), P (0,1 a 1,4), K (0,1 a 0,6), Ti (0.07 a 0.5) y Na (0.01 a 0,1) en g/kg. Las concentraciones de Silicio encontradas estuvieron entre 0,5 a 0,8 g/kg aunque éste elemento ha sido reportado como el principal constituyente de este tipo de suelos (André et al. 1997). Esta sub-estimación se explica debido a que el método de digestión utilizado no es capaz de disolver silicatos complejos (USEPA, 1994).

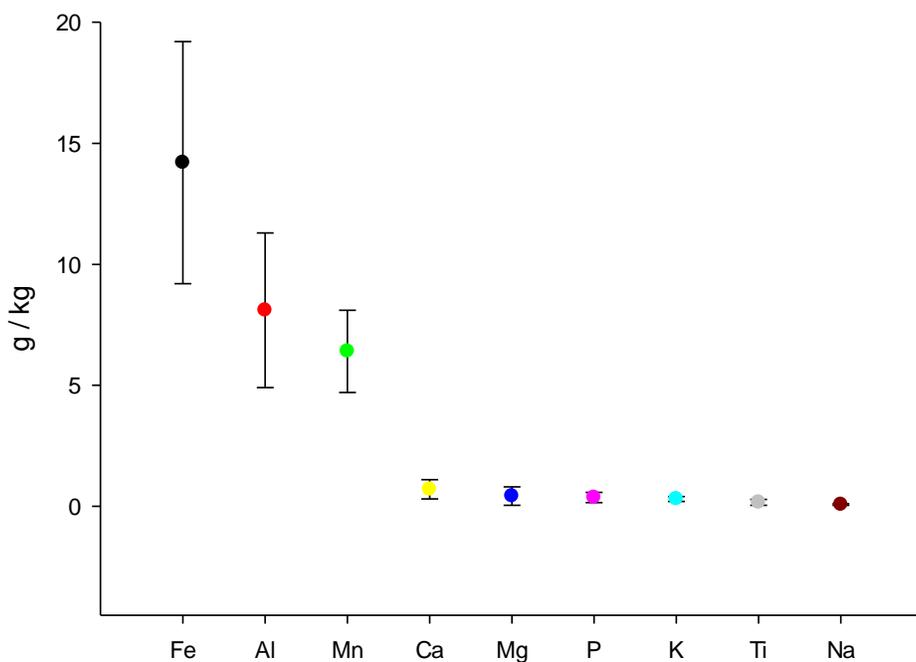


Figura 1. Concentraciones promedio y desviaciones estándares de los elementos mayores detectados en las 38 muestras de suelos aledaños colectados.

4.2.2. Elementos menores

En la figura 2 se pueden observar las concentraciones (mg/kg) de los elementos menores detectados que en orden decreciente son: Pb (554 a 2082), Ba (348 a 1170), Zn (155 a 447), Cu (100 a 280), V (38 a 180), Co (3 a 180), Sr (20 a 67), Ag (10 a 63).

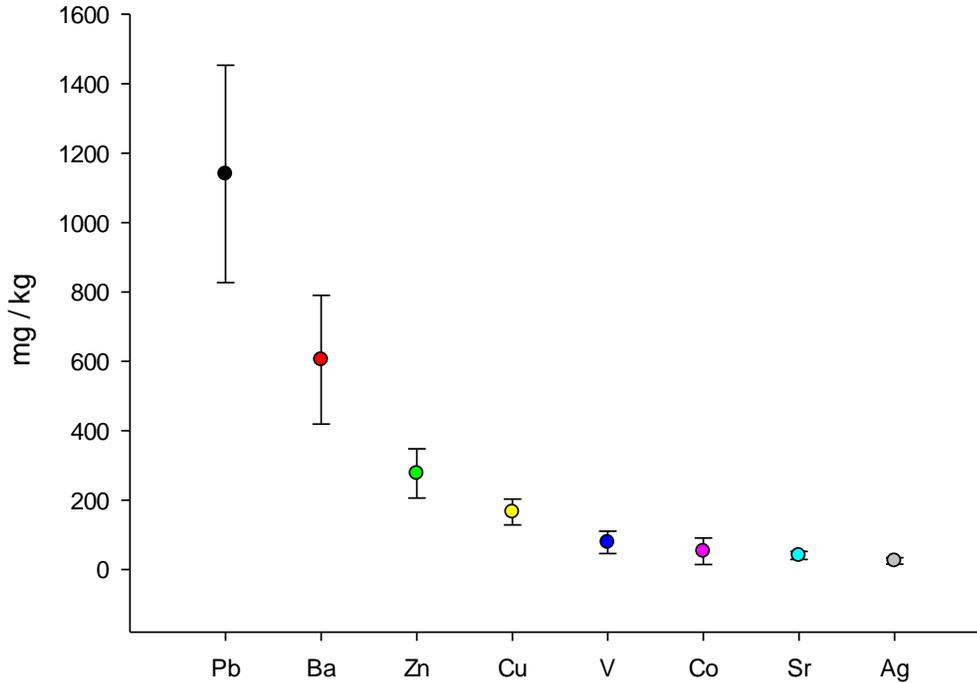


Figura 2. Concentraciones promedio y desviaciones estándares de los elementos menores detectados en las 38 muestras de suelos aledaños colectados.

4.2.3 Elementos traza

En la figura 3 se pueden observar las concentraciones (mg/kg) de los elementos menores detectados que en orden decreciente son: Tl (6.5 a 31), Li (6 a 32), Hg (5 a 26), Ni (6 a 32), Cr (4 a 38), B (4 a 14), As (4 a 12), Se (0.2 a 6), Au (1 a 5), Sb (0.2-5), Cd (1 a 5), Sn (0.03-3.5).

Las concentraciones detectadas fueron comparadas con las directrices Canadienses de calidad de suelos para la protección a la salud humana y ambiental (CCME, 2007) para los distintos usos (agrícola, residencial/parque, comercial e industrial). La Tabla 1 muestra la comparación de los 16 elementos normados por las directrices Canadienses y en la que se puede observar que cuatro elementos (Cu, Pb, Se y Tl) sobrepasan las directrices para los cuatro usos del suelo, cinco elementos (Ag, Cd, Co, Zn y Hg) sobrepasan los de uso agrícola y residencial. El Ba sobrepasó la directriz de uso residencial y el Cd la del uso agrícola. Por lo que concluimos que este suelo debe tener un uso restringido.

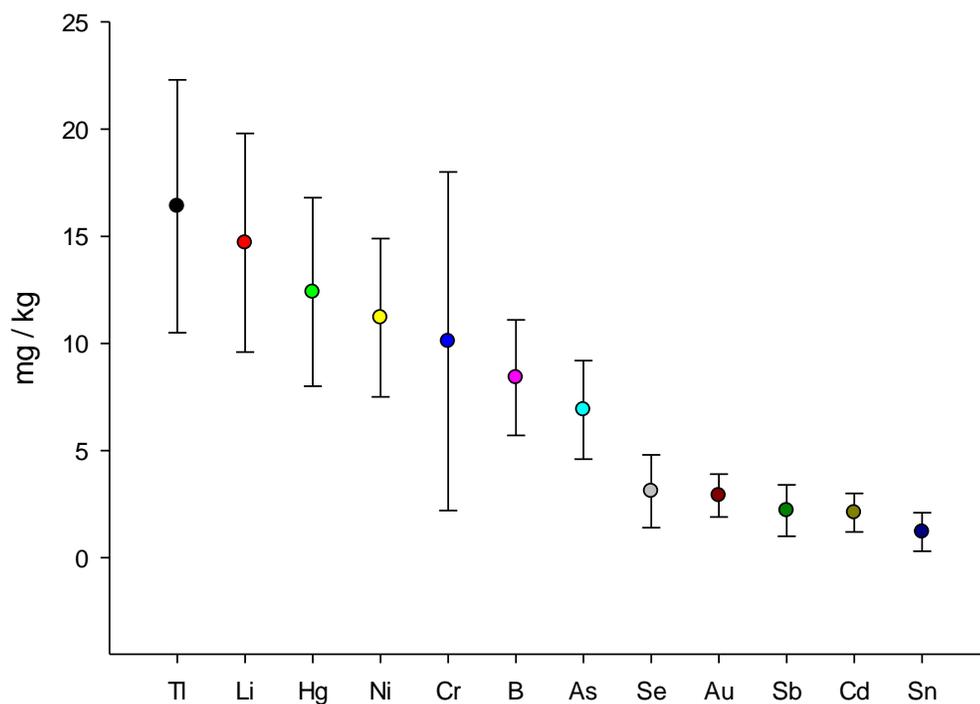


Figura 3. Concentraciones promedio y desviaciones estándares de los elementos trazas detectados en las 38 muestras de suelos aledaños colectados.

Tabla 1. Comparación de las concentraciones promedio detectadas en las 38 muestras de suelo analizadas de los alrededores del Botadero La Estrella con las directrices Canadienses de calidad del suelo para la protección del medio ambiente y la salud humana

Elementos	Promedio mg/kg	Agricultura	Residencial	Comercial	Industrial
Ag	24.4	20	20	40	40
As	7.1	12	12	12	12
Ba	607.8	750	500	2000	2000
Cd	2.0	1.4	10	22	22
Co	53.8	40	50	300	300
Cr	9.8	64	64	87	87
Cu	167.2	63	63	91	91
Ni	10.8	50	50	50	50
Pb	1178.7	70	140	260	600
Sb	2.2	20	20	40	40
Se	3.0	1	1	2.9	2.9
Sn	0.9	5	50	300	300
Tl	16.5	1	1	1	1
V	76.8	130	130	130	130
Zn	281.4	200	200	360	360
Hg	12.7	6.6	6.6	24	50

4.3 Metales en plantas

En las figuras 4 y 5 muestran la comparación entre las concentraciones encontradas de Ag y Au en la raíz de las 18 especies analizadas hasta el momento. La especie *Verbena sp.* es la mayor acumuladora de Ag en concentraciones superiores a los 200mg/kg, *P. conjugatum* logra acumular más de 60 mg/kg. En el caso de Au las especies: *Cyperus odorantus*, *Digitaria sanguinalis*, *Ch. radiata*, *H. coronarium*, *E. colona* presentaron valores menores a 50 mg/kg.

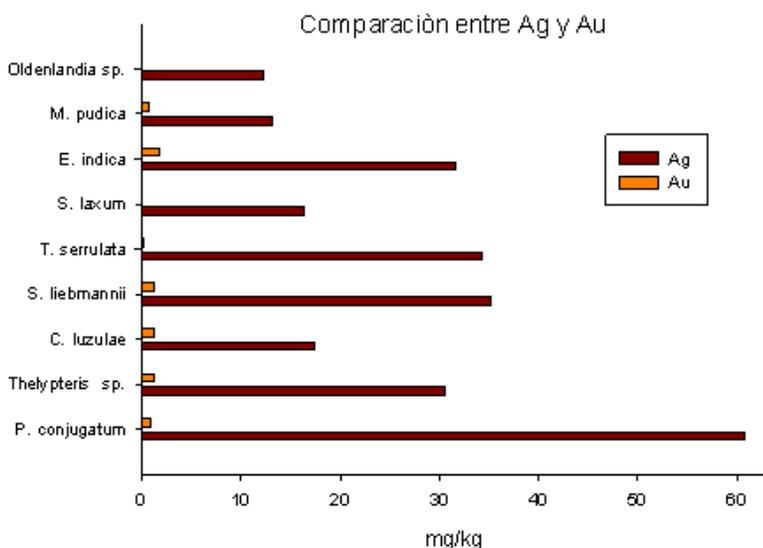


Figura 4. Concentraciones promedio de Au y Ag en raíces (mg/kg)

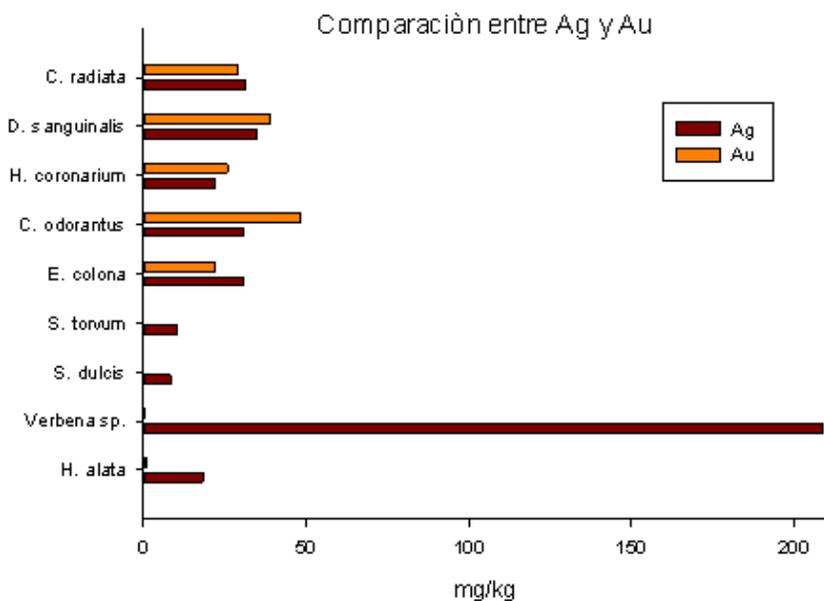


Figura 5. Concentraciones promedio de Au y Ag en raíces (mg/kg).

Las Figuras 6 y 7 muestran la comparación entre las concentraciones de Cd y Cr en la raíz de las 18 especies estudiadas. En la especie *E. indica* se encontró Cr en una concentración de 152 mg/kg y en *D. sanguinalis* de 220 mg/kg. Para el caso del Cd todas las especies lo acumulan a excepción de *S. laxum*, *S. dulcis* y *S. torvum*.

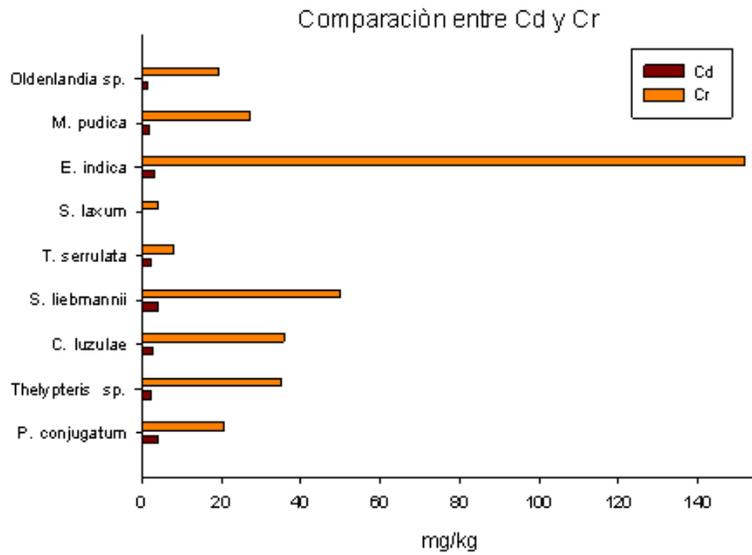


Figura 6. Concentraciones promedio de Cd y Cr en raíces de plantas (mg/kg)

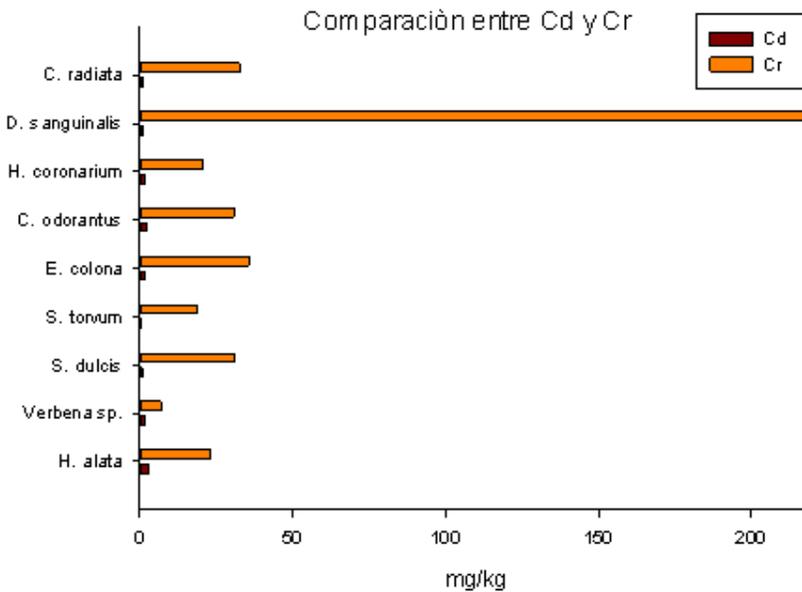


Figura 7 Concentraciones promedio de Cd y Cr en raíces de plantas (mg/kg)

4.4 Factor de bio-concentración y de traslocación de metales en plantas

Los elementos considerados de interés son Ag, Ba, Cd, Co, Cu, Pb, Se, Tl, Zn y Hg; ya que son los que sobrepasaron los valores estipulados por las directrices Canadienses para la protección de la salud humana y ambiental. Además se tomó en consideración al Au, Al y Si debido a su importancia económica y de impacto sobre la toxicidad de los otros metales. El Cr también se tomó en cuenta debido a que casi todas las raíces de las plantas analizadas presentaron BCFs >1

En la Tabla 3 se muestran los factores de bio- concentración de los analitos de interés en cada especie, además se hace la clasificación de las plantas consideradas como acumuladoras (BCF>1.

Tabla 3. Factor de bio concentración de metales en plantas de los alrededores del Botadero “La Estrella”

Especie/ Elemento	Ag	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Pb	Se	Tl	Zn	Hg	Al	Si	Au
<i>Paspalumconjugatum</i>	2.5	0.6	1.0	0.9	2.1	0.3	0.6	1.0	0.3	0.6	1.4	0.7	0.3	0.3
<i>Thelypteris sp.</i>	1.1	0.5	0.6	0.6	3.4	0.5	0.3	0.2	0.4	0.4	0.00 1	0.6	0.02	0.3
<i>Cyperusluzulae</i>	0.6	0.5	1.4	0.2	2.5	0.3	0.2	0.00 07	0.1	0.4	0.02	1.2	0.09	0.5
<i>Setarialiebmanii</i>	1.01	0.4	1.2	0.7	5.1	0.3	0.3	0.3	0.2	0.6	0.2	0.6	0.07	0.4
<i>Tripogandra serulata</i>	2.1	1.04	2.06	0.5	1.2	0.7	0.4	1.1	1.7	0.9	0.01	1.05	0.01	0.1
<i>Steinchisma laxum</i>	0.9	0.09	0.00 1	0.00 1	0.8	0.09	0.01	29.9	0.00 3	0.3	0.2	0.2	2.3	0.00 03
<i>Eleusine indica</i>	1.01	0.6	1.5	0.5	19.0 7	0.5	0.3	0.6	0.4	0.8	0.2	0.9	0.02	0.5
<i>Mimosa pudica</i>	0.5	0.7	1.2	0.2	3.5	0.3	0.2	0.9	0.2	0.7	0.06	0.6	0.02	0.3
<i>Oldenlandiasp.</i>	0.7	0.5	0.8	0.5	1.4	0.2	0.2	0.9	0.2	0.5	0.03	0.2	0.07	0.03
<i>Hyptis alata</i>	0.01	0.01	1.80	2.1	0.2	0.1	0.01	0.5	0.2	0.04	0.2	0.4	0.1	0.2
<i>Verbena Sp.</i>	7.7	0.3	0.7	1.02	0.9	0.6	0.09	0.00 4	0.00 03	0.6	8.5	0.3	0.05	0.1
<i>Scoparia dulcis</i>	0.3	0.1	0.3	0.05	5.2	0.2	0.05	0.09	0.00 03	0.5	0.06	0.2	0.07	0.00 003
<i>Solanum torvum</i>	0.3	0.1	0.2	0.06	3.3	0.3	0.06	0.00 03	0.00 03	0.5	0.05	0.2	0.05	0.00 003
<i>Echinochloa colona</i>	1.6	0.2	1.08	0.1	8.2	0.2	0.2	0.4	0.1	0.6	3.9	0.6	0.03	11.1
<i>Cyperus odoratus</i>	1.2	0.4	1.02	0.4	3.9	1.1	0.3	0.1	0.4	1.03	0.02	1.05	0.06	20.9
<i>Hedychium coronarium</i>	0.6	0.4	0.7	0.08	2.8	0.1	0.1	0.2	0.1	0.5	0.00 01	0.3	0.00 1	7.9
<i>Digitaria sanguinalis</i>	1.6	0.3	1.1	0.3	26.8	1.08	0.1	1.2	0.08	3.2	0.02	0.6	0.00 03	7.9
<i>Chloris radiata</i>	0.1	0.3	0.7	0.2	5.2	0.5	0.2	0.5	0.1	0.6	0.1	1.03	0.00 04	12.2

La acumulación de los metales de interés en las plantas varía grandemente de acuerdo a las especies y a los elementos específicos. Por ejemplo, *T. serrulata* es una de las especies que más metales acumula

como Ag (2.104), Ba (1.0143), Cd (2.065), Cr (1.174), Se (1.105), Tl (1.742) y Al (1.057);. La especie *C. odorantus* es acumuladora de Ag (1.235), Cd (1.027), Cr (3.970), Cu (1.127), Zn (Zn1.039), Al (1.055) y Au (20.988). *D. sanguinalis* es acumuladora de Ag (1.661), Cd (1.163), Cr (26.801), Se (1.243), Zn (3.246) y Au (7.978). *P. conjugatum* puede ser considerada acumuladora de Ag (2.542), Cd (1.034), Cr (2.116), Se (1.049) y Hg (1.418). *Thelypteris* sp. acumuladora de Ag (1.1) y Cr (3.449); *E. colona* es acumuladora de Ag (1.664), Cd (1.088), Cr (8.271), Co (8.271), Hg (3.981) y Au (11.130). *C. luzulae* acumuladora de Cd (1.395), Cr (2.495) y Al (1.223). En las Figuras 1 y 2 se pueden observar las concentraciones de Ag y Cr detectadas en los diferentes órganos vegetativos de algunas especies de plantas nativas del sitio.

Las concentraciones de metales en plantas mostraron que las especies *E. colona*, *C. odorantus* y *Digitaria sanguinalis* presentan BCFs > 1 para Al, Zn, Cu, Cr, Cd. Las plantas consideradas como acumuladoras de Ag son *P. conjugatum*, *Thelypteris* sp., *Setaria liebmannii*, *T. serrulata*, *E. indica*, *E. colona*, *C. odorantus*, *D. sanguinalis* y *Verbena* sp; ésta última presenta un BCF > 8 para el caso de Hg, sin embargo no logra movilizarlo hacia sus partes aéreas. *Oldenlandia* sp, *Cyperus luzulae* y *Mimosa púdica* acumularon Hg en las hojas posiblemente por deposición atmosférica ya que la concentración detectada era mayor en las hojas que en la raíz. *Paspalum conjugatum* presenta una distribución uniforme de Cr en todas sus partes (raíz, hoja, tallo, flores).

Entre las especies que acumulan cinco elementos o menos están: *S. liebmannii* Ag (1.018), Cd (1.159) y Cr (5.144). *E. indica* Ag (1.014), Cd (1.520) y Cr (19.076). *Verbena* sp. Ag (7.766), Co (1.021) y Hg (8.544). *C. radiata* Cr (5.289), Al (1.038) y Au (12.281). *S. laxum* Se (29.927). *M. pudica* Cd (1.242) y Cr (3.507). *H. alata* Cd (1.807) y Co (2.148). *H. coronarium* Cr (2.863) y Au (7.986). *Oldenlandia* sp, *S. dulcis* y *S. torvum* únicamente acumulan Cr con BCFs = 1.370, 5.234 y 3.33, respectivamente.

Analizando los valores de BCF > 1 para Al, Zn, Cu, Cr, Cd, las especies de plantas consideradas como acumuladoras serían *Echinochloa colona*, *Cyperus odorantus* y *Digitaria sanguinalis*. Las especies *Paspalum conjugatum*, *Thelypteris* sp., *Setaria liebmannii*, *Tripogandra serrulata*, *Eleusine indica*, *E. colona*, *C. odorantus*, *D. sanguinalis* y *Verbena* sp. acumulan Ag con un BCF entre 1-7; solamente *P. conjugatum*, *Verbena* sp. y *E. colona* fueron capaces de acumular Hg > 1 en sus raíces;. El Au se analizó por su importancia económica y algunas especies presentaron potencial como son: *E. colona*, *C. odorantus*, *Hedychium coronarium*, *D. sanguinalis* y *Chloris radiata*. El Se fue acumulado por *P. conjugatum*, *T. serrulata*, *Steinchisma laxum* y *D. sanguinalis* con BCFs que van desde 1 a 29.

Los datos para calcular los factores de traslocación están siendo analizados y procesados.

Bibliografía

Agoramoorthy, G., Chen, F. A., Venkatesalu, V., and Shea, P. C. (2009). Bioconcentration of heavy metals in selected medicinal plants of India. *J. Environ. Biol.*, **30**(2), 175-178.

Agoramoorthy, G., Chen, F., Hsu, M. J. (2008). Threat of heavy metal pollution in halophytic and mangrove plants of Tamil Nadu, India. *Environmental Pollution*, 155, 320-326.

B.A. Zarcinas^a, B. Cartwright^a & L.R. Spouncer^a. Nitric acid digestion and multi-element analysis of plant material by inductively coupled plasma spectrometry.

Carrillo, G.R., González-Chavez, M. C. A. (2006). Metal accumulation in wild plants surrounding mining wastes, Mexico. *Environmental Pollution*, 144, 84-92.

Centro Humboldt, (2008). Informe sistema productivo minería. Managua, Nicaragua.

Diez, L, F., (2008). Fito -corrección de Suelos Contaminados con Metales Pesados: Evaluación de Plantas Tolerantes y Optimización del Proceso Mediante Practicas Agronómicas. Universidad de Compostela, España.

EPA 200.7: Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma- atomic emission spectrometry.

International standard ISO 10390:2005 Soil quality -- Determination of pH.

Khan, S., Cao, Q., Zheng, Y. M., Huang, Y. Z., Zhu, Y. G. (2008). Health risks of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with wastewater in Beijing, China. *Environmental Pollution*, 152, 686-692.

Maiti, S. K., Jaiswal, S.(2008). Bioaccumulation and traslocation of metals in natural vegetation growing on fly ash lagoons: a field study from Santaldih thermal power plant, West Bengal, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 136, 355-370.

Oliver Heiri O.; Lotter A. F.; LemckeG. 2001. "Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results". *Journal of Paleolimnology* 25:101–110

Orroño, I. D., (2002). Acumulacion de metales (cadmio, zinc, cobre, cromo, niquel y plomo) en especies del genero *Pelargonium*: suministro desde el suelo, ubicación en la planta y toxicidad. Universidad de Buenos Aires, Argentina.

Picado, F., Mendoza, A., Cuadra, S., Barmen, G., & Bengtsson, G. (2010). Ecological, Groundwater, and Human Health Risk Assesment in a Mining Region of Nicaragua. *Risk Analysis*, 916-934.

Prieto, M. J., (2009), Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelo y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10, 29-44.

Schinner et al (1993) *BodenbiologischeArbeitsmethoden*, Springer, Berlin.

Schinner, 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-Verlag Berlin.

V. J. G. Houba, E. J. M. Temminghoff, G. A. Gaikhorst, and W. van Vark: Soil analisis procedures using 0.01 M Calcium Chloride as Extraction Reagent, page 1299-1396 (2000).