



Article scientific

Identification of endemic plant species that accumulate cadmium in the province of Leoncio Prado, Peru

 Angie Tatyana Fernández Escobar ^a

^a Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú 

ITEM INFORMATION

Published: 2024-06-20
Accepted: 2024-06-12
Received: 2024-02-28

Keywords:

Phytoremediation
Cadmium
Accumulator
Tolerant
Cyathula prostrata
Cyperus simplex
Offshoot
Root system

ABSTRACT

The contamination from heavy metals is currently one of the most serious environmental problems. Phytoremediation is an emerging low cost technique which uses the properties of the plants to accumulate or tolerate the heavy metals and it can be used to remediate contaminated areas. The objective of this work is to identify the native vegetative species which accumulate cadmium on the Picuruyacu Alto homestead, in the Leoncio Prado province, Huanuco department, Peru. Four specimens of each herbaceous vegetative species found were collected for the physicochemical and morphological analysis and for their identification, the samples included the offshoot (stem, leaf, flower and seeds) and the radicular system (root). Seven tolerant native vegetative species were identified, *Browallia americana* of the solanaceae family, *Philoglossa mimuloides* and *Ageratina cf azangaroensis* of the asteraceae family, *Commelina difusa* of the commelinaceae family, *Borreria prostrata* and *Diodia alata* of the family of rubiaceae, *Euphorbia heterophylla* of the euphorbiaceae family, on the other hand, two accumulating native vegetative species were identified, *Cyathula prostrata* of the amaranthaceae family and *Cyperus simplex* of the cyperaceae family.

Identificación de especies vegetales endémicas acumuladoras de cadmio en la provincia de Leoncio Prado, Perú


RESUMEN

La contaminación por metales pesados es uno de los problemas ambientales más serios de la actualidad. La fitorremediación, es una técnica emergente, de bajo costo, que usa las propiedades de las plantas para acumular o tolerar los metales pesados y que puede ser usada para remediar áreas contaminadas. El objetivo de este trabajo es identificar las especies vegetales nativas acumuladoras de cadmio en el caserío de Picuruyacu Alto, de la provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco. Se colectaron cuatro individuos por cada especie vegetal herbácea encontrada, para el análisis fisicoquímico, morfológico y la identificación, las muestras incluyeron el vástago (tallo, hoja, flor y semillas) y el sistema radicular (raíz). Se han identificado siete especies vegetales nativas tolerantes, *Browallia americana* de la familia solanaceae, *Philoglossa mimuloides* y *Ageratina cf azangaroensis* de la familia asteraceae, *Commelina difusa* de la familia commelinaceae, *Borreria prostrata* y *Diodia alata* de la familia de las rubiaceae, *Euphorbia heterophylla* de la familia euphorbiaceae, por otro lado, se han identificado dos especies vegetales nativas acumuladoras, *Cyathula prostrata* de la familia amaranthaceae y *Cyperus simplex* de la familia cyperaceae.

Palabras clave:

Fitorremediación
Acumuladora
Tolerante
Cyathula prostrata
Cyperus simplex
Vástago
Sistema radicular



 <https://doi.org/10.47422/GreenHorizon.v3i1.29>



INTRODUCCIÓN

La característica bioacumuladora del cadmio, constituye un riesgo potencial para la salud, debido a que es un metal pesado que se puede encontrar de manera natural en la corteza terrestre, de donde puede ser absorbido por las especies vegetales, para posteriormente ser tomado de ellas por el ser humano. Este problema se refleja principalmente en el *Theobroma cacao* L. “cacao” cultivado en todo el país y que a su reconocida internacionalmente como Patrimonio Natural de la Nación (Bautista, 2013). La producción de cacao representa una gran importancia socio económica para el Perú, puesto que, ocupamos el segundo lugar en el mundo como exportador de cacao orgánico, destacando el departamento de Huánuco por su producción en el año 2016 con alrededor de 6000 toneladas. Sin embargo, en los últimos años se ha registrado una gran preocupación en la cadena de comercio del cacao debido a la presencia de cadmio en sus semillas, tal es el caso de los centros poblados de la provincia de Leoncio Prado, donde según la investigación realizada por Huaynates (2013), las concentraciones de cadmio en esos suelos oscilan entre 1.50 – 3.50 ppm. Por todo ello es muy importante conocer y estudiar la contaminación de cadmio en nuestros suelos, empleando tecnologías de bajo costo y de fácil acceso, como la fitorremediación.

La fitorremediación incluye la fitoextracción, un tipo de tecnología que se basa en la capacidad de transferir metales pesados de la raíz hacia la parte aérea de un cierto grupo de especies vegetales, acumulando concentraciones de metales pesados en sus tejidos vegetales, pero que, además no generan toxicidad en la planta (Bernad, 2014).

La producción de la biomasa vegetal y de la tolerancia de la planta a los metales pesados limitan la eficiencia de la fitoextracción (Chávez, 2014), por lo que, las investigaciones sobre la identificación de estas especies y que además contengan una alta biomasa son de gran interés para el desarrollo de estas tecnologías. Además, es importante recalcar que es indispensable el uso de especies vegetales nativas, debido a que estas especies están adaptadas a factores ambientales de la zona, por otro lado, el uso de especies exóticas representa un peligro para la biodiversidad. Por consiguiente, teniendo como objetivo identificar las especies vegetales nativas acumuladoras de cadmio en el caserío Picuruyacu Alto, distrito de Castillo Grande, provincia de Leoncio Prado del departamento de Huánuco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en una parcela agrícola del caserío de Picuruyacu Alto, distrito de Castillo Grande, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, en las coordenadas UTM 386428 m E y 8974717 m N y 734 m de altitud.

Materiales y equipos

Se utilizó materiales como bolsas impermeables de 2 kg, mantada de plástico, etiquetas para rotular, cinta métrica de 1 m, 5 m y 50 m, plumón indeleble, pala, lampa, machete, prensa botánica, tijeras, cinta adhesiva, estacas y fichas de evaluación, placa etri, mortero de porcelana, vasos precipitados 50 ml, matraz herlenmeyer de 250 ml, tamizador de 10 mm, probeta; mientras que en caso de los equipos se consideró GPS GARMIN 62S, estufa MEMMERT, balanza analítica HENKEL y cámara fotográfica SONY.

Metodología

Identificación y caracterización morfológica de las especies vegetales nativas

Muestreo de suelo

Se colectó un aproximado de 0.30 m³ de suelo en tres diferentes puntos de la parcela agrícola de un área de 1000 m², para posteriormente homogenizar la muestra en una sola (MINAM, 2014) y finalmente subdividir las submuestras de 500 g. De las sub-muestras de suelo se realizaron los respectivos análisis en el laboratorio de suelos de la facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para la determinación de la cantidad de cadmio disponible (Cd) (mg Cd/kg de suelo) se empleó el extractante EDTA 0.05M pH7 por el método 3050B (Huaynates, 2014).

Muestreo de especies vegetales nativas

Se colectó cuatro individuos por cada especie vegetal herbácea encontrada en la zona de estudio. Una para el análisis fisicoquímico, otra para el análisis morfológico y dos para la identificación (ex-situ), estas muestras incluyeron el vástago (tallo, hoja, flor y semillas) así como el sistema radicular (raíz). Una muestra de cada especie vegetal fue colocada en la prensa botánica para la identificación, el mismo que fue realizado en consulta con un especialista de la

Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Las muestras restantes fueron colocadas en bolsas de papel, debidamente rotuladas y conservadas, para la determinación del contenido de cadmio y la caracterización morfológica (Mishari, 2008).

Caracterización morfológica de las especies vegetales nativas

Los diferentes descriptores que se utilizaron para la caracterización morfológica, incluyen características cualitativas como cuantitativas, criterio considerado por los reportes de Guerrero (2011), son:

Peso fresco (g), peso seco (g), biomasa (tn/ha), porcentaje de humedad, altura de planta y raíz (cm), número y anchura de hojas, diámetro de tallo (cm), disponibilidad de semillas, presencia de flores y densidad poblacional (individuos/m²).

Para la determinación de biomasa y porcentaje de humedad se procedió al pesado en fresco (g) de la muestra para la caracterización morfológica. Posteriormente se llevó a la estufa por un periodo de 24 horas a 109.5 °C y finalmente se realizó el pesado en seco (g) (Ruiz, 2014), las fórmulas utilizadas se describen a continuación:

$$H\% = 100 - \left(\frac{Ws \times 100}{Wf} \right)$$

Dónde: H% = Porcentaje de agua, Ws = Peso en seco (g), Wf = Peso en fresco (g)

$$B = \frac{10 \times Ps}{N}$$

Dónde: B = Biomasa (tn/ha), Ps = Peso en seco (Kg), N = Tamaño de parcela (m²)

Clasificación de las especies vegetales nativas de acuerdo a su capacidad de acumulación de cadmio

Concentración de cadmio de las especies vegetales nativas

Para determinar la concentración de cadmio de las especies vegetales, las muestras fueron enviadas al laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), subdivididas de la siguiente sección: raíz y tallo-hojas-semillas- frutos. Cada muestra fue secada a temperatura ambiente, luego se procedió a la pulverización en mortero y digestión con ácido nítrico (HNO₃) concentrado, hasta obtener un 1ml de muestra aproximadamente, posteriormente aforado en 25 ml con ácido nítrico al 1%v/v. Finalmente, la lectura de la concentración fue por espectrofotómetro de absorción atómica (Huamani, 2012).

Clasificación de las especies vegetales

La clasificación se realizó de acuerdo los factores de bioacumulación (BAF) y de translocación (FT), los mismos que indicaron que especies de plantas pueden ser consideradas hiperacumuladoras, acumuladoras, tolerantes o exclusoras (Diez, 2008), utilizando los valores del Tabla 1.

Tabla 1

Clasificación de especies vegetales

BAF	FT	Clasificación
Concentraciones exceden 1000 mg/Kg		Hiperacumuladora
>1	>1	Acumuladora
>1	0.8-1	Acumuladora
0.8-1	>1	Tolerante
0.1-1	0.1-1	Tolerante
<0.1	<0.1	Exclusora

Fuente: Diez (2008)

BAF: Factor de bioacumulación; FT: Factor de translocación

El cálculo del factor de bioacumulación (BAF) se hace para estimar la relación entre los residuos químicos en las plantas y las concentraciones medidas en el medio donde viven (MENDIETA, 2014). Los BAF se calcularon según la siguiente ecuación:

$$BAF = \frac{Cr}{Cs}$$

Dónde: BAF = Factor de bioacumulación, Cr = Concentración de cadmio en la raíz (ppm), Cs = Concentración de cadmio en el suelo (ppm).

El factor de translocación se obtuvo realizando el cálculo tal como se muestra a continuación:

$$FT = \frac{Ch}{Cr}$$

Dónde: BAF = Factor de bioacumulación, Ch = Concentración de cadmio en los órganos de interés (ppm), Cr = Concentración de cadmio en la raíz (ppm).

RESULTADOS

Identificación y caracterización morfológica de las especies vegetales nativas

Muestreo de especies vegetales nativas

La colecta de las especies vegetales encontradas en el caserío de Picuruyacu Alto, se muestra a continuación:

Tabla 2

Registro de las especies vegetales colectadas

N°	Código*	Área (m ²)	Individuos	Densidad poblacional (individuos/m ²)	Presencia de Semillas	Presencia de flor
1	E-1	1.00	3	3.00		X
2	E-2	4.00	10	2.50	X	
3	E-4	5.00	9	1.80	X	X
4	E-5	4.00	12	3.00	X	
5	E-8	4.00	10	2.50		X
6	E-9	5.00	14	2.80		X
7	E-13	4.00	11	2.75	X	
8	E-14	3.00	8	2.67	X	X
9	E-19	4.00	5	1.25		X

Identificación de las especies vegetales nativas

La identificación se realizó con la colaboración del Investigador Diego Franco Paredes Burneo del Laboratorio de Florística del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Se lograron identificar 9 especies vegetales (Tabla 3).

Tabla 3

Identificación de las especies vegetales

Código	Familia	Especie	Autor
E-1	Solanaceae	<i>Browallia americana</i>	L.
E-2	Amaranthaceae	<i>Cyathula prostrata</i>	(L.) Blume
E-4	Asteraceae	<i>Philoglossa mimuloides</i>	(Hieron.) H. Rob. & Cuatrec.
E-5	Cyperaceae	<i>Cyperus simplex</i>	Kunth
E-8	Commelinaceae	<i>Commelina difusa</i>	L.
E-9	Asteraceae	<i>Ageratina cf azangaroensis</i>	(Sch. Bip. ex Wedd.) R.M. King & H. Rob.
E-13	Rubiaceae	<i>Borreria prostrata</i>	(Aubl.) DC.
E-14	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia heterophylla</i>	L.
E-19	Rubiaceae	<i>Diodia alata</i>	Nees & Mart.

Caracterización morfológica de las especies vegetales nativas

La caracterización morfológica se hizo por cada especie identificada como se muestra a continuación:

Browallia americana “Simpática”

Distribución geográfica: Se distribuye en los bosques alterados o como maleza en pastizales y orillas de caminos, a una altitud de 0–1200 msnm.

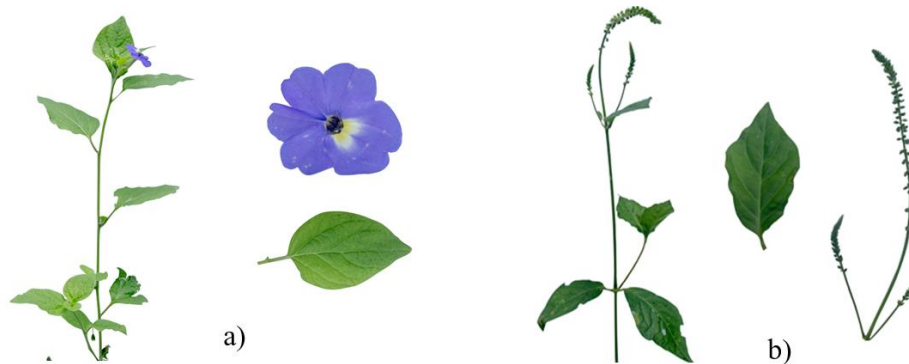
Descripción: Presenta una altura total de 60 cm y una altura de raíz de 8.5 cm, así mismo posee un tallo delgado con pequeños pelos y un diámetro aproximado de 1 cm.

Sus hojas tienen forma lanceolada a ovada con un ancho de aproximadamente 5.6 cm. Posee una flor de tamaño medio de color púrpura con el centro de color blanco y amarillo. Posee una humedad y biomasa en el sistema radicular de 54.06 % y 0.0327 tn/ha respectivamente, así mismo presenta una humedad y biomasa en el vástago de 73.56% y 0.092 tn/ha respectivamente.

Propagación: Se propaga por semillas cuya colecta (noviembre a febrero). Es polinizada por lepidópteros diurnos.

Figura 1

a) *Browallia americana* y b) *Cyathula prostrata*



***Cyathula prostrata* “Cucua macho”**

Distribución geográfica: Se encuentra en pastizales y otras áreas perturbadas del trópico, a una altitud de 0 hasta 1150 msnm.

Descripción: Posee una altura total de 59 cm y una altura de raíz de 15.8 cm, además presenta un tallo delgado de diámetro aproximado de 0.2 cm. Sus hojas son opuestas y redondeadas en la base y agudas en el ápice, con un ancho de 4.1 cm. Además presenta una espiga solitaria que se prolonga del tallo. Las flores son de color verde pálido opaco, sin pelos por dentro y vestidas externamente con pelos largos y blancos. Posee una humedad y biomasa en el sistema radicular de 60.26% y 0.0072tn/Ha respectivamente, así mismo presenta una humedad y biomasa en el vástago de 74.72% y 0.028 tn/ha respectivamente.

Propagación: Florece y fructifica de marzo a octubre, pero principalmente en septiembre. Los frutos se enganchan a la ropa y a la piel de los animales, contribuyendo a su dispersión y posterior germinación.

***Philoglossa mimuloides* “Siso menudo”**

Distribución geográfica: Se le puede encontrar en los flancos occidentales de la loma, ocupando los hábitats de loma herbácea en pradera abierta, a una altitud de 460 a 900 metros.

Descripción: Presenta una altura total de 69 cm y una altura de raíz de 19.3 cm, así mismo posee un tallo delgado con pelos cortos y un diámetro aproximado de 0.7 cm. Sus hojas son ovaladas con margen aserrado y con presencia de pelos cortos y delgados con un ancho aproximado de 3.9 cm. Su flor es de color amarillo con 4 pétalos y de tamaño pequeño. Posee una humedad y biomasa en el sistema radicular de 42.24% y 0.0064 tn/ha respectivamente, así mismo presenta una humedad y biomasa en el vástago de 75.88% y 0.142 tn/ha respectivamente.

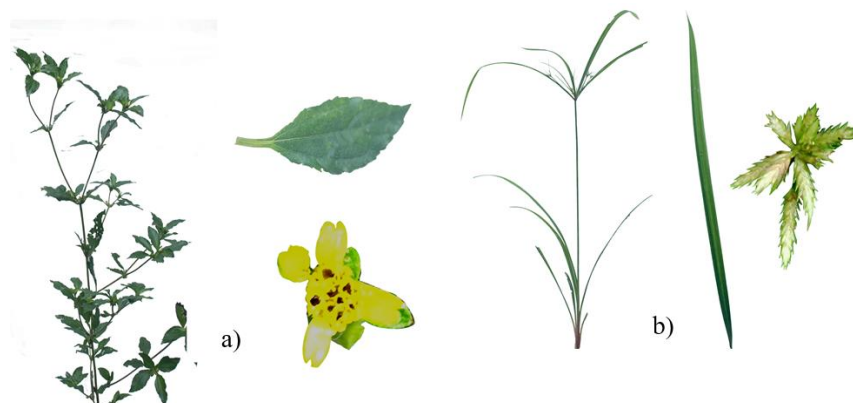
Propagación: Su propagación es por semillas.

Cyperus simplex

Distribución geográfica: Se le encuentra frecuentemente en climas tropicales y húmedos, a una altitud entre 500 a 100 msnm.

Figura 2

a) *Philoglossa mimuloides* y b) *Cyperus simplex*



Descripción: Posee una altura de 58 cm y una altura de raíz de 11.6 cm, además presenta un tallo delgado sin pelos de un diámetro de 0.3 cm. Hojas lineales y largas de 0.9 cm de ancho y bractéas de las que subfieren inflorescencia en forma de hojas con espiguillas sésiles. Posee una humedad y biomasa en el sistema radicular de 70.39% y 0.0042 tn/ha respectivamente, así mismo presenta una humedad y biomasa en el vástago de 79.16% y 0.014 tn/ha respectivamente.

Propagación: Presenta flores y frutos principalmente en la temporada de lluvias, época en la que se recomienda su recolección de semillas, por ser su forma de propagación.

***Commelina difusa* “Commelina”**

Distribución geográfica: Se distribuye en regiones tropicales y subtropicales de ambos hemisferios hasta los 2750 msnm.

Descripción: Presenta una altura total de 96 cm y raíces fibrosas de una altura de 10.9 cm, presenta un tallo cilíndrico, largo y ramificado que puede formar raíces al ponerse en contacto con el suelo con un diámetro de 0.7 cm. Las hojas son lanceoladas lisas y sin pelos, con un ancho de 2.5cm y las flores nacen a partir de las espatas que se abren de manera secuencial. Posee una humedad y biomasa en el sistema radicular de 79.06 % y 0.0078 tn/ha respectivamente, y una humedad y biomasa en el vástago de 88.04% y 0.036 tn/ha respectivamente.

Propagación: Se propaga vegetativamente.

Figura 3

a) *Commelina difusa* y b) *Ageratina cf azangaroensis*



***Ageratina cf azangaroensis* “Marmaquilla”**

Distribución geográfica: Se distribuyen en las regiones templadas de América entre los 100-1500 msnm.

Descripción: Presenta un tallo cilíndrico verde y ligeramente pubescente con un diámetro de 0.4 cm. Sus hojas son ovadas y opuestas, agudas en el ápice con un ancho de 4.5 cm. Posee inflorescencias compuestas de muchas flores de color violáceo claro. Posee una humedad y biomasa en el sistema radicular de 65.14 % y 0.0089 tn/ha respectivamente, y una humedad y biomasa en el vástago de 81.88% y 0.052 tn/ha respectivamente.

Propagación: Se propaga a través de los rizomas.

***Borreria prostrata* “Alga falsa”**

Distribución geográfica: Habita en climas cálidos, semicálidos y templados, desde los 0 hasta los 1000 msnm.

Descripción: Presenta una altura total de 64 cm y raíces largas y ramificadas con una altura de 18.3 cm, posee un tallo largo y sin pelos de color verde con un diámetro de 0.8 cm. Sus hojas son de forma ovada, con un ancho de 3.2 cm y las flores son de tamaño pequeño a mediano de cuatro lóbulos. Posee una humedad y biomasa en el sistema radicular de 73.36 % y 0.023 tn/ha respectivamente, y una humedad y biomasa en el vástago de 88.79% y 0.068 tn/ha respectivamente.

Propagación: Se propaga por semillas.

***Euphorbia heterophylla* “Casalina”**

Distribución geográfica: Se distribuye en la mayoría de las áreas tropicales y subtropicales del mundo en altitudes que van desde los 0 hasta casi 1400 msnm.

Descripción: Posee una altura total de 78 cm y una altura de raíz de 10.6 cm. Presenta un tallo simple que exuda una savia de color blanco lechoso de un diámetro aproximado de 0.5 cm, sus hojas son de forma lobulada con pequeños pelos simples y cortos con un ancho de 4 cm, además presenta falsas flores (ciatos) agrupados en la cima del tallo cuya coloración es amarillo verdoso no posee pétalos. Posee una humedad y biomasa en el sistema radicular de 59.37 % y 0.0088 tn/ha respectivamente, así mismo presenta una humedad y biomasa en el vástago de 76.03% y 0.082 tn/ha respectivamente.

Figura 4

a) *Borreria prostrata* y b) *Euphorbia heterophylla*



Propagación: Se propaga por semillas, donde, una planta puede producir más de 100 semillas. Las semillas germinan fácilmente en temperaturas alternas de 25 a 35°C.

Diodia alata

Distribución geográfica: Se distribuye en áreas húmedas de países tropicales y subtropicales, a una altitud desde 300 hasta los 1400 msnm.

Descripción: Presenta una altura total de 62 cm y una altura de raíz de 13.8 cm, posee un tallo delgado de color verde sin la presencia de pelos y un diámetro aproximado de 1 cm. Hojas lisas opuestas de forma lanceolada con un ancho de 9.5 cm. Posee inflorescencias capitadas compuestas por flores de color blanco. Posee una humedad y biomasa en el sistema radicular de 47.82% y 0.0075 tn/ha respectivamente, así mismo presenta una humedad y biomasa en el vástago de 92.82% y 0.0044 tn/ha respectivamente.

Propagación: Se propaga por producción de semillas, se recomienda la colecta entre junio y octubre.

Figura 5

Diodia alata



Clasificación de las especies vegetales nativas de acuerdo a su capacidad de acumulación de cadmio

Contenido de cadmio de las especies vegetales colectadas

El análisis de cadmio se realizó para todas las especies identificadas del Tabla 3, separadas en muestra superior (vástago) y muestra inferior que incluye solo raíz.

Tabla 4

Análisis de cadmio total en las especies vegetales colectadas

Especie vegetal	Vástago (ppm)	%	Sistema radicular (ppm)	%	Concentración de cadmio en el suelo (ppm)
<i>Browallia americana</i>	1.55	18.61	6.78	81.39	3.17
<i>Cyathula prostrata</i>	10.10	47.53	11.15	52.47	3.17
<i>Philoglossa mimuloides</i>	1.98	30.09	4.6	69.91	3.17
<i>Cyperus simplex</i>	3.78	47.19	4.23	52.81	3.17
<i>Commelina difusa</i>	1.48	25.47	4.33	74.53	3.17
<i>Ageratina cf azangaroensis</i>	4.35	41.91	6.03	58.09	3.17
<i>Borreria prostrata</i>	1.00	26.67	2.75	73.33	3.17
<i>Euphorbia heterophylla</i>	3.43	35.88	6.13	64.12	3.17
<i>Diodia alata</i>	1.15	20.18	4.55	79.82	3.17

Clasificación de las especies vegetales colectadas

La clasificación se realizó de acuerdo a los factores de bioacumulación (BAF), de translocación y teniendo en consideración la clasificación propuesta por Diez, 2008 (Tabla 1) se realizó la clasificación de las especies vegetales:

Tabla 6

Clasificación de las especies vegetales

Especie vegetal	Hiperacumuladora	Acumuladora	Tolerante	Exclusora
<i>Browallia americana</i>			■	
<i>Cyathula prostrata</i>		■		
<i>Philoglossa mimuloides</i>			■	
<i>Cyperus simplex</i>		■		
<i>Commelina difusa</i>				
<i>Ageratina cf azangaroensis</i>			■	
<i>Borreria prostrata</i>			■	
<i>Euphorbia heterophylla</i>			■	
<i>Diodia alata</i>			■	

DISCUSIÓN

Las especies *Cyathula prostrata* y *Cyperus simplex* poseen una biomasa en el vástago de 0.028 tn/ha y 0.014 tn/ha, y una biomasa en el sistema radicular de 0.0073 tn/ha y 0.0042 tn/ha, respectivamente, en comparación con las otras siete especies identificadas y clasificadas como tolerante, son los valores más bajos y que según, MEDINA (2014) la disminución de la biomasa puede atribuirse a la reducción de la longitud de planta y a la pérdida de hojas, pero también podría deberse a la toxicidad originada por la alta concentración de cadmio disponible en el suelo.

Las especies identificadas como acumuladoras *Cyathula prostrata* y *Cyperus simplex*, poseen en promedio una altura de raíz de 15.80 cm y 11.60 cm, respectivamente, sin embargo, según la Universidad Nacional de Colombia (2017), la altura en otro tipo de suelos que no tienen presencia de metales pesados es de 20 cm y 15 cm, respectivamente, así mismo, PÉREZ (2004) menciona que la limitación principal de este tipo de fitoextracción aparte de la pequeña biomasa de estas plantas, es el escaso tamaño y poca profundidad de sus raíces.

El caserío Picuruyacu Alto del distrito de Castillo Grande presenta en el suelo cadmio disponible, con un valor de 3.17 ppm, diversos factores pudieron haber influenciado en este valor, sin embargo y por testimonio del dueño de la parcela agrícola, este suelo fue dedicado hace treinta años a la siembra y cosecha de *Erythroxylum coca* "coca", por un periodo aproximado de 15 años, tiempo en el cual se utilizó diversidad de fertilizantes, entre ellas, la roca fosfórica, vinculada con el aumento de cadmio en los suelos (FAO, 2007), además, HUAMANÍ (2012), menciona que, en parcela con cultivos orgánicos de la región Huánuco encontró que los mayores valores de cadmio disponible en el suelo (1.82 y 1.63 ppm) se presentaban en las riberas de los ríos Huallaga y Tulumayo.

De los análisis de cadmio, las nueve especies identificadas acumulan más del 50% del contenido total del metal en sus raíces, tal es el caso de *Browallia americana* cuya acumulación en su sistema radicular fue de 81.39%.

Sin embargo *Cyathula prostrata* acumuló el 47.53% en su vástago y el 52.47% en el sistema radicular, comportamiento similar en *Cyperus simplex* con una acumulación de 47.19% en su vástago y 52.81% en el sistema radicular, debido a que necesitan distribuir de mejor manera el metal para no sufrir afectaciones, según KIDD (2007), el cadmio se acumula preferentemente en la raíz secuestrado en la vacuola de las células, y solo una pequeña parte es transportada a la parte aérea de la planta concentrándose en orden decreciente en tallos, hojas, frutos y semillas.

Otras especies de la familia Amaranthaceae, de *Cyathula prostrata* y de Cyperaceae de la familia de *Cyperus simplex*, fueron estudiadas para evaluar su capacidad de acumulación de cadmio, y que según DIAS (2010) y RODRÍGUEZ (2018), existen especies hiperacumuladoras dentro de las familias, debido a que por sus características morfológicas presenta una alta absorción del metal por su raíz, así como raíces que realizan la translocación rápidamente y una gran habilidad para detoxificar el metal pesado en sus hojas.

Como conclusión del presente trabajo de investigación, se han identificado a *Cyathula prostrata* perteneciente a la familia amaranthaceae y *Cyperus simplex* perteneciente a la familia cyperaceae, como especies vegetales nativas acumuladoras de cadmio.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bautista, F. (2013). Introducción al estudio de la contaminación del suelo. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, México. 99 p.
- Bernad, O. (2014). Técnicas de descontaminación de suelos. Editorial Reverté. Madrid, España. 109 p.
- Castebianco, J. (2018). Técnicas de remediación de metales pesados con potencial aplicación en el cultivo de cacao. La granja: Revista de Ciencias de la Vida, Cuenca. 27(1):21-35.
- Chávez, L. (2014). Fitorremediación con especies nativas en suelos contaminados por plomo [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional – Universidad Nacional Agraria La Molina
- Delgadillo, A. (2011). Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación. Tropical and Subtropical Agroecosystems, Hidalgo. 14(1):597-612.
- Dias, A. (2010). Fitorremediación de cadmio y zinc por amaranthaceae [Tesis de maestría, Universidad Federal de Lavras]. Repositorio Institucional – Universidad Federal de Lavras
- Diez, J. (2008). Fitocorrección de suelos contaminados con metales pesados: Evaluación de plantas tolerantes y optimización del proceso mediante prácticas agronómicas [Tesis de Doctor, Universidad de Santiago de Compostela]. Repositorio Institucional – Universidad de Santiago de Compostela
- Dorronsoro, C. (2015). Descontaminación del suelo. Universidad de Granada. Granada, España. 90 p.
- FAO. (2007). Utilización de la roca fosfórica para la agricultura. FAO, <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/010/y5053s/y5053s00.pdf>, 20 Ago. 2007.
- Guerrero, J., Campuzano, L., Rojas, S. (2011). Caracterización morfológica y agronómica de la colección nacional de germoplasma de *Jatropha curcas* L. Orinoquia, Villavicencia. 15(2):131-147.
- Huamani-Yupanqui, H. A., Huauya-Rojas, M. A., Mansilla-Minaya, L. G., Florida-Rofner, N., & Neira-Trujillo, G. M. (2012). Presencia de metales pesados en cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) orgánico. Acta Agronómica, 61(4), 339-344. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122012000400006&lng=en&tlng=es.
- Huaynates, J. (2011). Efecto de la materia orgánica en la absorción de cadmio por el suelo, en la localidad de Supte [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional – Universidad Nacional Agraria de la Selva
- Jiménez, C. (2015). Estado legal mundial del cadmio en cacao (*Theobroma cacao*): fantasía o realidad. Scielo, Antioquia. 10(1):1-11.
- Kidd, P., Becerra, C., García, L. (2007). Aplicación de plantas hiperacumuladoras de níquel en la fitoextracción natural: el género *Alyssum* L. Ecosistemas, Santiago de Compostela. 16(2):26-43.
- Llugany, M., Toirá, R. (2007). Hiperacumulación de metales: ¿una ventaja para la planta y para el hombre?. Ecosistemas, Madrid. 16(2)4-9.

- Medina, K. 2014. Determinación del factor de bioconcentración y traslocación de metales pesados en el *Juncus arcticus* Willd. y *Cortaderia rudiusscula* Stapf, de áreas contaminadas con el pasivo ambiental Minero Alianza – Ancash. Tesis Ing. Ambiental. Huaráz, Perú. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. 151 p.
- Mendieta, C., Taisigue, K. (2014). 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. APPEAR, Managua. 2(1):19-31.
- MINAM. (2014). Guía para el muestreo de suelos. Ministerio del Ambiente. Lima, Perú. 72 p.
- Mishari, D. (2008). Evaluación de la diversidad alfa del sector sur de la zona reservada Pampa Hermosa en Chanchamayo, Perú [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional – Universidad Nacional Agraria de la Selva
- Nordberg, G. (2015). Metales: propiedades químicas y toxicidad. INSHT, <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/63.pdf>, 18 de Feb. 2015
- Perez, L., González, J. (2004). Índices de acumulación de metales pesados en granos y hojas de trigo. Schironia, Ciudad de México. 1(3):5-9.
- Prieto, J., González, C. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelo y agua. Tropical and Subtropical Agroecosystems, Yucatán. 10(1):29-44.
- Rodríguez, S. (2018). Bioacumulación de metales pesados en Cyperaceae. Tesis Dr. Mineralogía. Sevilla, España. Universidad de Sevilla. 139 p
- Volke, T., Velasco, A. (2016). Tecnologías de remediación para suelos contaminados. Instituto Nacional de Ecología. Ciudad de México, México. 62 p.