

Determinación de la capacidad de sorción de arsénico de plantas representativas de la flora de Mayoc

Patricia Rosario López Pino[†]
Escuela Profesional de Química. Facultad de Ciencias.
Universidad Nacional de Ingeniería;
[†]patri@uni.edu.pe,

Recibido el 05 de abril del 2011; aceptado el 03 de mayo del 2011

En el presente artículo se resume la determinación de la capacidad de plantas como el Diente de león (*Taraxacum officinalis*) y el Llantén (*Plantago major*), de incorporar arseniato soluble en sus hojas, a través de sus raíces, incrementando el contenido inicial del elemento en más de 20 y 40 veces, respectivamente.

Palabras Claves: Plantas metalofitas, ultramáficas, rizofiltración.

In this paper is described the arseniate sorption capability of plants like *Taraxacum officinalis* (Diente de león) and *Plantago major* (Llantén). An arseniate aqueous solution is carry on through the roots towards leaves, and these increase their initial arsenic content, more than 20 and 40 times, respectively.

Keywords: Metallophytes plants, ultramafic, rhizofiltration.

1. Introducción

Plantas metalofitas

Las rocas ígneas (como peridotitas) o metamórficas (como serpentinitas) que presentan un contenido en sílice inferior al 45 % (SiO₂) y tienen altas concentraciones de minerales, en más de 90 %, de Mg y Fe, se designan como ultramáficas. Estas rocas con frecuencia presentan, una riqueza relativamente elevada de Cr, Co y Ni, y bajo contenido de P, K y Ca. También se denominan rocas ultrabásicas y presentan una distribución dispersa, en todo el globo terrestre, de modo que se hallan afloramientos en ecosistemas como la tundra ártica o selvas tropicales, ocupando alrededor del 1 % de la superficie terrestre. La diversidad de estas rocas y su alteración en diferentes climas generan una gran variabilidad edáfica (suelos) caracterizada de la misma manera que las rocas, elevada en algunos metales, baja en nutrientes, N, P, K y Ca, y una elevada relación Mg/Ca.

En estas condiciones se desarrolla una comunidad vegetal rica en taxones raros y/o endémicos, que desarrollan mecanismos fisiológicos especializados, para resistir, tolerar y prosperar en estos medios tóxicos e infértiles (Flora serpentinitica o metalofita). América Latina y Europa son los mayores focos de biodiversidad de metalofitas.

Las metalofitas son plantas tolerantes a metales. La flora ultramáfica de zonas tropicales y subtropicales apenas se ha estudiado. Por la elevada diversidad y abundancia de depósitos de minerales metálicos de estas regiones, existen enormes posibilidades de descubrir nuevas plantas metalofitas. En sitios cercanos a minas y fundiciones es común encontrar extensas áreas contaminadas con diversos elementos ecotóxicos, tales como Cu, Cd, Pb y As.

La mayoría de plantas no crece en sitios con altas concentraciones de elementos tóxicos para sus organismos. Sin embargo, las plantas denominadas metalofitas

son capaces de desarrollarse en estas condiciones. Para los geólogos y geoquímicos, el objetivo original de investigar estas plantas fue identificar nuevos yacimientos minerales. [5,6] En los últimos años el objetivo de estudio de plantas metalofitas se enfoca en la capacidad que poseen de almacenar contaminantes, para reducir la concentración de elementos tóxicos presentes en agua y suelos contaminados.

Rizofiltración.- En lugar de suelo las plantas que se usan para limpieza se cultivan en invernaderos con las raíces en agua. Cuando las plantas tienen un sistema radical bien desarrollado, el agua contaminada se transporta hasta las plantas y las raíces absorben el agua con los contaminantes.

En las muchas zonas contaminadas por la actividad minero-metalúrgica en nuestro país, existe un lugar emblemático por los años de lucha de sus pobladores para lograr el retiro del relave (residuos de la extracción y procesamiento de minerales polimetálicos) que el viento arrastraba a sus terrenos de cultivo y viviendas. Tal es el caso del poblado de Mayoc, en el distrito de San Mateo, provincia de Huarochirí, departamento de Lima [7].

Antecedentes

Los compuestos de arsénico, y en especial los inorgánicos, se consideran venenos muy potentes. Menos tóxicos son los compuestos orgánicos. La toxicidad aguda varía notablemente según el compuesto, dependiendo de su estado de oxidación y solubilidad en los medios biológicos. La fitotoxicidad del arsénico viene determinada por la forma química presente en el suelo. El arsenito es más fitotóxico que el arseniato y ambos son mucho más fitotóxicos que el metanoarsoniato monosódico (MSMA) y el ácido dimetilarsónico (CH₃)₂AsO(OH).

Los compuestos trivalentes solubles son los más tóxicos. El arsenito, usualmente, produce síntomas de le-

siones a las pocas horas del tratamiento, mientras que el metanoarsoniato disódico DSMA requiere muchas horas o incluso días para producir clorosis o daño en las plantas. Las rápidas lesiones del tratamiento del arsenito sódico pueden ser responsables de su menor transporte y de la menor concentración de As(III) sorbido. (2)

La presencia del arsénico en zonas pobladas aledañas a centros minero-metalúrgicos, su fitotoxicidad y la capacidad de otras plantas de acumularlo, dependiendo de su forma química, entre otros factores, han motivado el trabajo cuyos resultados se presentan resumidos en este artículo.

2. Selección de las plantas representativas de Mayoc

Entre las plantas representativas de la Flora aledaña al ex depósito de relaves de Mayoc [7,8], se encuentran disponibles algunas de las especies más conocidas, en los mercados de plantas: Chincho, Diente de león, Llantén y Verbena (Ver fotografías). De estas, la única planta que se consigue en maceta es la verbena, las demás plantas se adquieren sólo con raíces, sin maceta. Por eso la única que se riega es la verbena.



(a) Chincho
Tajetes Sp.



(b) Diente de León
Taraxacum Officinalis



(c) Llantén
Plantago major



(d) Verbena
Verbena Officinalis

Figura 1. Composición de fotos de las plantas utilizadas.

3. Tratamiento de las plantas

3.1. Plantas en contacto con la solución de As (V)

- A. Se trabaja con una solución acuosa de As (V), arseniato ácido de sodio heptahidratado ($\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) de 20 ppm de As.
- B. En las plantas sin maceta se aplica la técnica de Rizofiltración, las raíces sumergidas en la solución de As (V) [1,3]. Para la verbena en maceta se usa la solución de As (V) como agua de riego. La Tabla 1 resume el tratamiento aplicado a las plantas.
- C. Se trabaja con las muestras de cada planta por duplicado, una muestra es tratada con la solución de As (V) y la otra sirve de Blanco (BK), es decir, no recibe solución de As, solamente se mantiene en agua (Rizofiltración) o se riega con agua en la maceta.

Tabla 1. Procedimiento y duración del tratamiento de las plantas con solución de As (V) 20 ppm.

Plantas	Técnica	Tiempo(*) (días)	Observaciones
Chincho	Rizofiltración	8	Las raíces de las plantas se sumergen en la solución de As indicada por el tiempo indicado.
Diente de león	Rizofiltración	8	
Llantén	Rizofiltración	8	
Verbena	Riego en maceta	10	Primer día: riego con 50 mL de solución. Los otros días se sumerge la base de maceta en la solución, interdiario.

(*) El tiempo aplicado depende del deterioro de las plantas, cuando empiezan a secarse y tornarse de color marrón-amarillento.

3.2. Análisis de Arsénico en las plantas

A. Pre-tratamiento de las muestras para el análisis.

Para obtener el arsénico de las plantas procesadas, se secan las muestras en estufa a 70 °C durante 48 horas. Después se muelen, se pasan por tamiz malla 20 y se guardan en frasco de vidrio.

B. Digestión nítrico-perclórica (Método de Soon, 1998) [5].

A la muestra (0.25 g de material vegetal seco) colocada en un matraz Erlenmeyer de 50 mL, se añade 3 mL de ácido nítrico concentrado y se digiere durante 12 horas. Después se calienta durante 1 hora, a una temperatura máxima de 150°C, hasta oxidación total. Posteriormente, se agrega 1 mL de ácido perclórico concentrado, calentando a 200°C durante 1 hora más, hasta que el líquido queda transparente. Se enrasa en fiola de 50 mL y se conserva en refrigeración hasta su análisis. En el trabajo se usa diferentes cantidades de muestra (solamente hojas de las plantas secadas). En la Tabla 2 se resume la información al respecto.

Tabla 2. Masa de las muestras de plantas secas molidas y procesadas con la mezcla ácida.

Especie Nombre común	Masa (mg)		Mezcla ácida (mL)
	BK	As (V)	HNO ₃ /HClO ₄ Ácidos concentrados
Chincho	390	470	5/1
Diente de león	380	500	6/1
Llantén	500	500	5/1
Verbena	500	500	4/2

Fuente: Laboratorio de Química-Física No 33 – Facultad de Ciencias, UNI. 2009.

El método de digestión ácida de las hojas secas de las plantas (Soon) es citado en el artículo de la Revista Chilena de Historia Natural 81: 279-291,2008 (No 5 de la Bibliografía del presente artículo). En dicha revista se incluye la referencia: SOON YK (1998) Determination of

arsenic and mercury in plant tissue. En: Kalra YP (ed) Handbook of reference methods for plant analysis: 183-192. CRC Press, Washington, District of Columbia, USA.

4. Resultados

Para determinar el contenido de As (V) en todas las muestras, estas se analizan con la técnica Espectrofotométrica de Absorción atómica con generación de hidruros. Todos los resultados se consignan en la Tabla No 3.

Especie Resultados de As en mg/L Resultados de As absorbido (1) Nombre común BK As (V) mg / L mg/kg(2)

Tabla 3. Resultados de la absorción de As (V) por plantas.

Especie Nombre común	Resultados de As en mg/L		Resultados de As absorbido ¹	
	BK	As (V)	mg/L	mg/kg
Chincho	0,047	0,167	0,12	11,8
Diente de León	0,030	0,656	0,626	61,6
Llantén	0,016	0,702	0,686	68,6
Verbena	0,071	0,134	0,063	6,3

Fuente: Laboratorio de Espectrometría – FIGMM UNI. 2009.

¹El As (V) absorbido por las hojas de las plantas tratadas con el contaminante se calcula restando el valor de la columna BK de la columna As (V). Los valores denominados BK corresponden al As que contienen las plantas que no han sido regadas ni puestas en contacto con la solución de As (V).

5. Discusión de Resultados

1. A pesar de no añadir nutrientes en las plantas tratadas con la técnica de rizofiltración, el tiempo de vida de la misma difiere relativamente poco menos que la planta en maceta.

2. En un trabajo previo se ha determinado la capacidad de sorción de As(III) en plantas en maceta, comunes en la flora adyacente de Mayoc. El contenido máximo hallado fue de 16 mg As / kg de hojas secas de llantén, (menos del doble de su contenido original) (4), por lo que se decide hacer la determinación de la capacidad de sorción en plantas representativas de la misma flora de Mayoc, pero con soluciones de As(V).
3. Los resultados en dos de las cuatro plantas probadas revelan que el As(V) es incorporado a las hojas de las plantas en mayor cantidad, más de 20 veces la concentración inicial en el diente de león y más de 40 veces en el llantén. Sin embargo, el resultado en la verbena no debería compararse, ya que corresponde a un proceso de sorción de arsénico por riego en maceta, distinto a la rizofiltración. Debería repetirse la experiencia con todas las plantas en raíces mediante el proceso de rizofiltración y otro grupo similar de plantas, todas en maceta, regadas con la misma solución de arseniato para estudiar los resultados obtenidos. E incluir el resultado del contenido de arsénico en el blanco de ácidos nítrico y perclórico.
4. La mayor concentración del contaminante asimilado puede deberse a las características químicas similares del arseniato con el fosfato, nutriente de las plantas. Ambos compiten por los mismos sitios en los suelos y en los sistemas de transporte. El fósforo ha sido usado para reducir la toxicidad del arsénico en una amplia variedad de cultivos. [2]
5. Resulta además importante el hecho que las plantas de mayor sorción de As son plantas muy utilizadas para mejorar diferentes funciones corporales. El diente de león, llamado así principalmente por las pequeñas y recortadas hojas que posee, es una planta vivaz que crece en todas las regiones del mundo, y viene a ser ideal como depurativo cuando, por ejemplo, se desea facilitar las distintas funciones de eliminación tanto digestivas como renales. El

llantén es usado como desinflamante, aplicando sobre la piel y se usa como infusión para curar diversas enfermedades del aparato respiratorio. Posee también propiedades hemostáticas y cicatrizantes. Siendo ambas utilizadas como infusiones medicinales, sería recomendable evitar su uso si provienen de zonas contaminadas.

6. Estos resultados podrían ser el punto de partida para la aplicación de técnicas de fitorremediación en agua y suelos contaminados. Sin embargo para éstos últimos, se tendría que comprobar como siguiente paso, si el As disminuye su concentración en el mismo suelo y hacer simultáneamente trabajos de especiación de As para saber si es soluble en agua o está como forma sólida en el mismo terreno.

6. Conclusiones

Se determina la capacidad de sorción de 4 plantas típicas de la flora alemana a la ex relavera de Mayoc: chincho, diente de león, llantén y verbena. Las que presentan una mayor capacidad son el llantén (68,6 mg As/kg hojas secas) y el diente de león (61,6 mg As/kg hojas secas), es decir que pueden concentrar en sus hojas más de 20 y 40 veces, respectivamente, su contenido inicial de As, incrementado mediante la técnica de rizofiltración.

Agradecimientos

Al Dr. Hugo Alarcón Cavero, Jefe del Laboratorio N° 33 de Química Física de la Facultad de Ciencias, por todas las facilidades otorgadas para el trabajo experimental previo al análisis.

Al profesor Magister Atilio Mendoza Apolaya, Jefe del Laboratorio de Espectrometría de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica, por los análisis de As en las plantas y ser asesor del trabajo que incluye el presente procedimiento experimental.

1. Bernal M. P., Clemente R., Walker D.J.; Ecosistemas 16 (2), Mayo 2007 - Aplicación de la fitorremediación a los suelos contaminados por metales pesados en Aznalcóllar.
2. Carbonell Barrachina A. A., Burló Carbonell F. M., Mataix Beneyto J. J., Arsénico en el sistema suelo-planta / Significado ambiental, Universidad de Alicante ? Secretaría de Publicaciones, 1995.
3. Fernández Cirelli A., Tecnologías económicas para la remoción de arsénico ? Curso Taller Remoción de arsénico en aguas, Valencia, España, Mayo 2008 - CETA, Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
4. García Luz G., López Pino P., Absorción de arsénico en plantas, Proyecto de Tesis I, 2008.
5. González I., Mueña V., Cisternas M. & Reaman A., Acumulación de cobre en una comunidad vegetal afectada por contaminación minera en el valle de Puchuncaví, Chile central - Revista Chilena de Historia Natural 81: 279-291, 2008.
6. Kidd P.S., Becerra Castro C., García Lestón M., Monteroso C.; Ecosistemas 16 (2), 26-43, Mayo 2007 - Aplicación de plantas hiperacumuladoras de níquel en la fitoextracción natural: el género Alyssum L.
7. SVS Ingenieros S.A., Plan de Cierre del depósito de Relaves de Mayoc, Lima ? Perú, 2005.
8. Velis Pajuelo L., Estudio de la contaminación por arsénico de los habitantes de Mayoc, Informe de suficiencia para optar el título profesional de Licenciada en Ciencias con mención en Química "Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Ingeniería, Lima" Perú 2002.