

# Bioabsorción de metales pesados por *Salvinia natans* de los lixiviados del relleno sanitario Combeima de Ibagué

YOLANDA FLÓREZ ORJUELA y ÁLVARO COTES CUADRO

---

(Grupo de Investigación CIPRONUT) y  
Universidad del Tolima

## Resumen

Este trabajo evaluó la capacidad de *Salvinia natans*, planta acuática del género salvinia se-guier, para retener los metales pesados Pb, Zn, Cu, Cd y Hg en soluciones a diferentes concentraciones y a pH entre 4.0 y 4.5. Se observó que tiene una capacidad de retención de Pb de 5.5 ppm y 2,94 ppm de Cu, saturándose a los 10 días. Retiene hasta por 5 días 2,9 ppm de Zn y 0,92 ppm de Cd. Su respuesta fue negativa frente al Hg y frente a los lixivios del Relleno Sanitario Combeima de Ibagué. En soluciones de mezcla de los cationes en mención, no modificó la respuesta dada en los tratamientos independientes lo cual fue comprobado estadísticamente a través un análisis multivariado.

## Abstract

This work evaluated *Salvinia natans*' capacity, an aquatic plant of the sort salvinia se-guier, to retain Pb, Zn, Cu, Cd and Hg heavy metals in solutions to different concentra-tions and pH between 4,0 and 4.5. It was observed that this plant has a Pb retention capacity of 5.5ppm and one of Cu of 2.94 ppm, saturating itself in 10 days. It retains 2,9 ppm of Zn and 0,92 ppm of Cd. It showed a negative answer to Hg and to Combeima Sa-nitary Filling lixivates in Ibagué. In relation to cation mixture solutions, it did not mo-dify the answer given to independent treatments, which was statistically verified through a multivariied analysis.

**Palabras clave:** *Salvinia natans*, fitocorrección, metales pesados, absorción.

**Key words:** *Salvinia natans*, fitocorrection, heavy metals, absorption.

## INTRODUCCIÓN

El contenido de sustancias extrañas o en concentraciones intolerables que supongan una amenaza para la vida humana, vegetal, animal o del entorno en las corrientes de agua, se puede definir en su conjunto como contaminación de las mismas. La contami-nación de aguas superficiales o subterráneas puede sucederse a causa de las descargas de

---

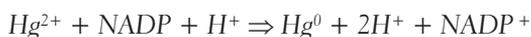
Correo electrónico: ylflorezorjuela@yahoo.com.mx

aguas residuales, como productos químicos, sólidos suspendidos inorgánicos o por materia orgánica proveniente de la industria y los rellenos sanitarios, entre otros.

Desde el punto de vista biológico, se han planteado posibles soluciones a la contaminación del ambiente. Es el caso de la fitorremediación, la biorremediación bacteriana y la ingeniería genética, que busca crear bacterias con genes añadidos que inmovilicen metales pesados. Cabe anotar que el mecanismo bioquímico microbiano en el caso de los metales pesados no es la degradación del átomo contaminante, sino el cambio en el estado de oxidación del metal para su detoxificación. Este cambio en el estado de oxidación permite seguir varias estrategias de biorremediación:

- El metal se vuelve menos soluble y precipita, lo que hace que sea menos utilizado por los organismos del ambiente.
- Hacerlo en sí menos tóxico para los organismos del medio.

Como ejemplo podemos citar el caso del mercurio: está presente en tres estados de oxidación:  $Hg^0$ ,  $Hg^+$ ,  $Hg^{2+}$ . Este  $Hg^{2+}$  es muy tóxico, pero se conoce la resistencia de varios microorganismos gracias a un mecanismo que implica su reducción a mercurio elemental, mediado por una mercurio reductasa.



Se han aislado mercurio reductasas en microorganismos como *Escherichia coli*, *Thiobacillus ferrooxidans*, *Streptomyces*, *Streptococcus* y *Caulobacter* (Chicharro 2003).

La contaminación del medio ambiente con metales como plomo, mercurio y cadmio procede de aguas residuales industriales y desechos como aleaciones de soldadura, pilas de níquel-cadmio, fungicidas, fotografía y litografías, acumuladores, pigmentación de pinturas, amalgamas, recubrimiento de espejos, lámparas de vapor de mercurio y recubrimiento electrodepositado sobre metales, entre muchos otros (Centro Panamericano de Ecología y Salud Humana, 1990).

Los contaminantes metálicos, a diferencia de los orgánicos, no se degradan en el medio ambiente ya que forman sustancias complejas muy estables llamadas *quelatos*, las cuales tienden a acumularse en la cadena alimenticia, funcionando como venenos acumulativos en consumidores de alto nivel, como el hombre. (Leland, M., 1999; Mortimer and Kudo, 1975).

El mercurio, por ejemplo, es tóxico en cualquiera de sus formas, además de ser sumamente móvil. En su forma oxidada habitual, como  $Hg(II)$ , es un tóxico muy agudo, fundamentalmente porque a pH fisiológico es muy soluble y no es precipitado por ninguno de los aniones mayoritariamente presentes en los fluidos biológicos; pero, más tóxicos aún resultan sus derivados organometálicos, como el  $(CH_3)_2Hg$  y especialmente el catión  $(CH_3)Hg^+$ , los que son generados por bacterias alquilantes (alquilación biológica).

El  $Pb(II)$  interfiere todos los tipos de síntesis de las ferroporfirinas, descontrolando la incorporación del  $Fe(II)$  a la porfirina. Su toxicidad produce vómitos y falta de apetito, así como mal función renal y desórdenes nerviosos. Estos se ven potenciados cuando

existen deficiencias de calcio o de hierro (Barah 1994). Según Jelinek (1984), el plomo se asocia con la enfermedad del saturnismo o plumbismo, caracterizado por el retardo en la maduración tanto de los glóbulos rojos como de la médula ósea. Es considerado como un inductor de mutaciones genéticas.

Por su parte, la peligrosidad del cadmio se debe esencialmente a que llega como ion  $Cd^{2+}$  de las aguas superficiales, aumentando su proporción con la disminución del pH. Este comportamiento bajo condiciones anaeróbicas lo hace disponible a partir de los sedimentos bentónicos, para ser absorbido por organismos acuáticos, entre ellos algunas plantas acuáticas de tipo macrófitas ( Gardiner, J 1974).

El cadmio puede entrar a los organismos ya sea por vía respiratoria o bien a través de los alimentos. Su paulatina incorporación a los tejidos duros genera una gran fragilidad y dolorosas deformaciones del material óseo. A diferencia del mercurio, el cadmio no puede atravesar fácilmente las membranas biológicas, dada su escasa tendencia a formar compuestos organometálicos, según lo plantea Baran E.J (2000).

La preocupación por la contaminación ambiental ha motivado a los investigadores a buscar alternativas que disminuyan o atenúen los niveles de concentración de los elementos más tóxicos, entre ellas, las medidas fitocorrectivas que consisten en el uso de plantas para limpiar agua y suelo contaminados (EPA 1996). Pueden usarse para limpiar metales, plaguicidas, solventes, explosivos, petróleo crudo, hidrocarburos poli aromáticos y lixiviados de vertederos. En lugares contaminados con metales, se usan plantas para estabilizar o retirar los metales del suelo y del agua por medio de los mecanismos fitoextracción y rizo filtración.

La fitoextracción o fitoacumulación es la captación de metales contaminantes por las raíces de las plantas y su acumulación en tallos y hojas. Algunas plantas absorben cantidades extraordinarias de metales en comparación con otras. Se selecciona una de estas plantas o varias de este tipo y se siembran en un sitio según los metales provenientes y las características del lugar. Después de un tiempo, cuando las plantas han crecido, se cortan y se incineran o se dejan que se conviertan en abono vegetal para reciclar los metales. Este procedimiento se puede repetir las veces que sea necesario hasta reducir la concentración de contaminantes a límites aceptables. Si se incineran las plantas, las cenizas deben ir a un vertedero para desechos peligrosos. La cantidad de ceniza no sobrepasa el 10% del volumen de los desechos que habría que eliminar si se excavara el suelo contaminado para tratarlo, según lo reporta EPA (1996). Los elementos que han arrojado mejores resultados para la fitoextracción son el Ni, el Zn y el Cu, se adelantan ensayos con Pb y Cr.

La rizo filtración es una técnica prometedora para abordar el problema de la contaminación del agua por metales. Es similar a la fitoextracción, pero las plantas que se usan para la limpieza se cultivan en invernaderos con las raíces de agua, en vez de tierra. Cuando las plantas tienen un sistema de raíces bien desarrollado, se recoge agua contaminada de un vertedero, se transporta hasta el lugar donde están las plantas y se colocan las plantas en esta agua. Las raíces absorben el agua junto con los contaminantes. A medida que las raíces se saturan de contaminante, se cortan y se eliminan (EPA 1996).

Un caso de aplicación de rizo filtración está en las macrófitas. Las macrófitas acuáticas han sido consideradas por varios autores como una plaga debido a su rápido crecimiento, ya que en ocasiones llegan a invadir lagunas y generan varios problemas, (Arrivallaga 1978). Sin embargo, conocidas sus ventajas en la descontaminación de aguas residuales, su poder de proliferación, su capacidad de absorción de nutrientes y la bioacumulación de otros compuestos del agua, las convierten en una herramienta útil en el tratamiento de aguas residuales.

El propósito de este trabajo fue, en primer lugar, determinar los niveles de captación de los metales Zn, Cu, Cd, Pb y Hg, por *Salvinia natans*, a nivel de laboratorio y, en segundo lugar, analizar su comportamiento en los lixiviados provenientes del Relleno Sanitario Combeima de Ibagué.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materiales

*Salvinia natans* y soluciones de diferentes concentraciones de cada uno de los elementos estudiados (Zn, Cu, Cd, Pb y Hg) fueron los materiales utilizados para probar la capacidad de la planta para absorber y retener metales pesados.



Figura 1. *Salvinia natans* Jardín Botánico. Universidad del Tolima



Morfología de *Salvinia natans*.

Las plantas fueron cultivadas en albercas a campo abierto, en el Jardín Botánico Alejandro Von Humboldt de la Universidad del Tolima (ver figura 1). Las muestras del vegetal por experimentar fueron seleccionadas teniendo en cuenta su óptimo estado vegetativo y edad intermedia.

## Métodos

Para los ensayos realizados en esta investigación se utilizó un invernadero ubicado en los predios de la Universidad del Tolima, de 4 x 4 metros con dos mesones de igual longitud, en los cuales se colocaron 30 recipientes plásticos de 40 cm. de largo por 30 cm. de ancho y 15 cm. de profundidad (ver figura 2). En estos recipientes se depositaron las plantas, cultivadas en un estanque de cemento de 2 x 2 m y 30 cm. de profundidad, construido específicamente para mantener una reserva permanente de plantas.



Figura 2: Recipientes de ensayo en invernadero

Los análisis químicos requeridos, se llevaron a cabo en los laboratorios del Departamento de Química de la Universidad del Tolima. Los metales Zn, Cu, Cd y Pb se analizaron por absorción atómica en un espectrofotómetro Perkin Elmer, modelo 2380, con monocromador de lente focal 267 mm y rango de longitud de onda entre 190-870 nm., fotómetro de doble luz, espectro de banda mínima de 0.2 mm y fuente de corriente ajustable a 40 m.a. El área de muestra fue de 22.5 cm. de ancho y 21 cm. de fondo. El gas utilizado fue aire acetileno y óxido nitroso.

El Hg se leyó por polarografía, utilizando un polarógrafo marca Metrohm. 746 Va trace Analyzer. 747 VA. Stand. Se utilizó como gas inerte nitrógeno G.A. Para probar la calidad del agua, se utilizó un espectrofotómetro Génesis series FT IR. "Mattson".

El Hg se leyó por polarografía, utilizando un polarógrafo marca Metrohm. 746 Va trace Analyzer. 747 VA. Stand. Se utilizó como gas inerte nitrógeno G.A. Para probar la calidad del agua, se utilizó un espectrofotómetro Génesis series FT IR. "Mattson".

El procedimiento utilizado fue el siguiente: Se tomaron 30 recipientes plásticos, se llenaron con 6 litros de agua potable y se les agregó un número indeterminado de plantas. Estas plantas, en el estanque permanecieron en forma natural entre un pH de 8.0 y 8.5. Se acidificó el agua de cada recipiente, incluidos los recipientes testigos (blancos), hasta un pH entre 4.0 y 5.5 (rango de solubilidad de las sales metálicas a trabajar), el cual se mantuvo monitoreado permanentemente. Las plantas se adaptaron a este pH en un período de 8 a 10 días que, pasado este tiempo, comenzaron a presentar nuevos brotes.

Observado este hecho, se procedió a sembrar las plantas en las diferentes soluciones. Cada ensayo se trabajó por triplicado más un blanco o patrón (P). Se hicieron lecturas a los 5, 10 y 15 días de exposición. Cumplido este tiempo, se lavaron con agua desionizada, se secaron en estufa entre 40 °C y 60 °C, se pesaron, se calcinaron en mufla entre 550 °C y 600 °C, se pesaron las cenizas y se disolvieron en HCl concentrado, se filtraron y se llevaron a volumen. Finalmente, se hizo la lectura del metal respectivo. Este

procedimiento se repitió para concentraciones de 2.0 ppm y 3.0 ppm de plomo. De la misma manera se trabajaron los demás metales. Es de anotar que el diseño de la prueba es propiedad de los autores.

### **Análisis estadístico**

Apoyados en la metodología empleada para el desarrollo experimental se aplicó en primera instancia un análisis univariado (ANOVA) para los metales plomo, zinc y cadmio frente a *Salvinia natans*. Se probó la respuesta de absorción de la planta frente a los metales plomo, zinc, cadmio y cobre en mezcla, para lo cual se aplicó un análisis multivariado de varianza (MANOVA).

## **RESULTADOS Y ANÁLISIS**

### **Resultados experimentales**

Del estudio de selección y adaptación de *Salvinia natans* al medio de trabajo se concluye que ésta se adapta con relativa facilidad al pH de solubilidad de los cationes en estudio. De un pH 8.0 a 8.5 (pH del estanque), se ajusta a un pH entre 4.0 y 4.5, valor que asegura la solubilidad de las sales que contienen los cationes Zn, Cu, Cd, Pb y Hg.

En cuanto al estudio de absorción de metales pesados, a través de un análisis bivariado se comprobó que el peso de la planta seca posee una relación funcional lineal con la concentración de plomo a las cuales fue expuesta, lo cual se confirma con el análisis de correlación entre las variables respuesta: contaminación con plomo y absorción. El grado de correlación entre las variables mencionadas es de 0.7924 lo que significa que la cantidad de plomo a las cuales fue expuesta la planta, depende de la unidad experimental tomada. Comparando el blanco con la máxima cantidad de plomo absorbida, se concluye que *Salvinia natans* tiene la capacidad de incrementar 4.7 veces su concentración en plomo y retenerlo por espacio de 10 días. El rendimiento promedio de absorción de plomo por unidad de análisis está comprendido entre 0.2255 y 0.2375%, estimado con un índice de confianza del 95%. El análisis de varianza permite concluir que el contenido promedio de plomo absorbido es significativo por tratamiento y por lectura ( $P < 0.05$ ). En mezcla con los demás metales (zinc, cobre y cadmio), se observa que estos disminuyen la capacidad de absorción y retención del plomo. En mezcla absorbe hasta 3.5 p.p.m y solo en presencia del elemento absorbe un máximo de 4.92 p.p.m.

Respecto al zinc, *Salvinia natans* incrementa su concentración en 67.4 veces reteniéndolo por 10 días. Absorbe un máximo de 2.9 p.p.m. del elemento. A través de un análisis de varianza, se puede garantizar con un nivel de confianza del 95% que el contenido promedio de zinc debido a los tratamientos es significativa ( $P < 0.05$ ). Cuando fue sometida a la mezcla de los elementos plomo, zinc, cobre y cadmio, se observó que no hay interferencia para la captación del plomo, no se apreció diferencia significativa. La respuesta frente a concentraciones de mercurio que oscilaron entre 0.01 y 0.001 fue negativa ya que a las 6 horas de expuesta la planta presentaba marchitamiento y moría. Esto

es coincidente con los planteamientos de Malavolta, E (1994) y referenciado por Montenegro R., Omar(2001), quienes afirman que la toxicidad de un elemento, tanto en plantas como en animales, debe ser acompañada de variables como la disminución en el crecimiento, síntomas visibles y concentraciones en los tejidos.

Aunque el análisis químico realizado a la muestra testigo de *Salvinia natans* no reporta la presencia de cobre se concluye que es capaz de absorber hasta 2.9 p.p.m del elemento, reteniéndolo por 10 días. En cuanto al Cd, se observó que aunque este elemento no fue detectado en el blanco, la planta tiene la capacidad de absorber, en promedio, 0.92 p.p.m de Cd<sup>2+</sup>. En la medida en que disminuye el pH del medio, se observa mayor captación del mismo por la planta. En cuanto al tiempo de retención se concluye que, a partir del día 5º, la planta frena su proceso metabólico y muere. Esto es coincidente con Gardiner, J. (1974), quien además resalta la facilidad con que las plantas Macrófitas captan el Cd<sup>2+</sup>. Las figuras 3 y 4 muestran los niveles máximos de incremento en la concentración y absorción de los metales por *Salvinia natans*.

*Salvinia natans* no soportó su exposición a los lixiviados del Relleno Sanitario Combeima.

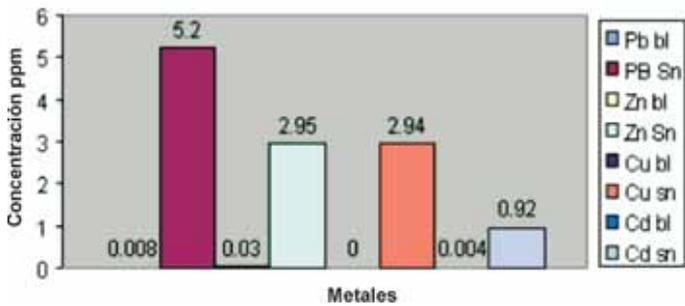


Figura 3. Máximos niveles de absorción de plomo, zinc, cobre y cadmio por *Salvinia natans*.

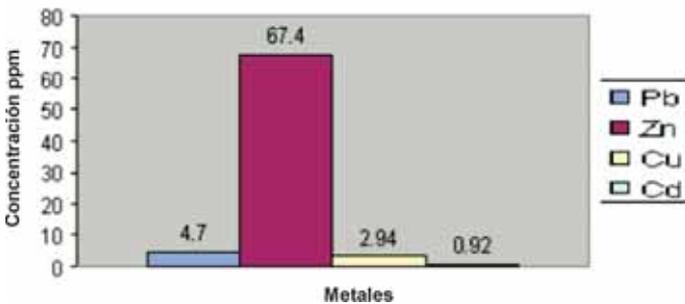


Figura 4. Incremento en la concentración de plomo, zinc, cobre y cadmio en *Salvinia natans*.

Se intuye que las características de los lixiviados en el período en que se tomaron las muestras, posiblemente influyeron en la respuesta negativa. Las figuras 5 y 6, muestran los lixiviados del Relleno Sanitario Combeima, así como los efectos sobre la planta a los dos días de su exposición.

La figura 6, muestra el tejido necrosado y ausencia total de desarrollo vegetativo, consecuencia bien de la colmatación de la planta por los metales o por su exposición a los lixiviados. En ambas situaciones, el aspecto de la muestra

vegetal fue muy similar. Se afectan diferentes estructuras tales como el tamaño de los estomas, con pérdida de elasticidad en el tejido vegetal.

A través del análisis de componentes principales de los elementos en mezcla se comprobó que *Salvinia natans* absorbe, de mayor a menor cantidad, los elementos plomo, zinc, cobre y cadmio. La capacidad de absorción de cobre y cadmio no tiene diferencia muy significativa. Tiene marcada preferencia por el plomo. Un comportamiento similar se observó a través del análisis de varianza aplicado a cada elemento.



Figura 5. Lixiviados con plantas



Figura 6: *Salvinia* necrosada por los lixiviados

Análisis de componentes principales Pb, Zn, Cu y Cd en mezcla.  
 individual 95% ci's for mean  
 based on pooled stdev

LEVEL	N	MEAN	STDEV		
1	12	3.321	1.925	(-*-)	1. Pb.
2	12	1.322	0.997	(-*-)	2. Zn.
3	12	-1.970	0.919	(-*-)	3. Cu.
4	12	-2.673	0.731	(-*-)	4. Cd

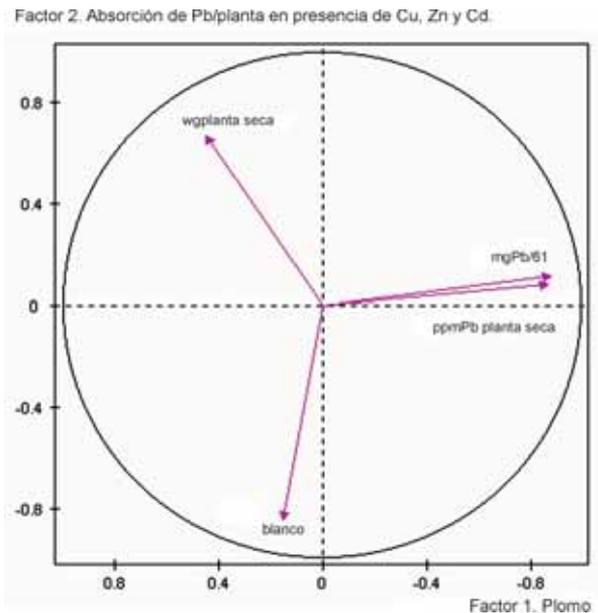
———+—————+—————+—————+—  
 ———+—————+—————+—————+—  
 POOLED STDEV = 1.233    -2.5            0.0            2.5            5.0

A continuación se presenta el mapa perceptual (1) que muestra la absorción de plomo en presencia de cobre, zinc y cadmio.

**Mapa perceptual 1**

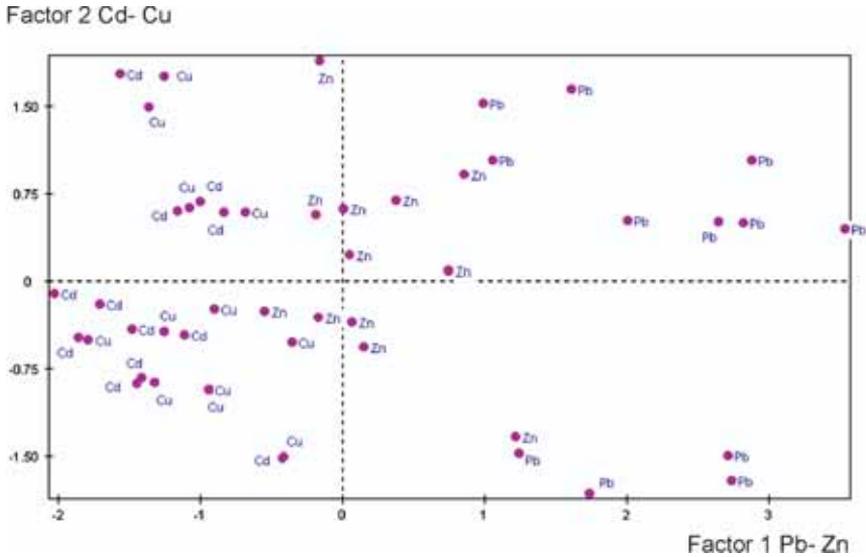
Analizando la figura se observa que la planta tiene mayor preferencia por el pb respecto a los demás cuando está en mezcla, ya que las variables están más correlacionadas. Entre más cerca estén las variables hay mayor grado de asociación. Con el fin de visualizar de mejor manera la acción conjunta de todos los elementos sobre la planta se realizó un mapa perceptual que arrojó lo siguiente:

**Mapa perceptual 1**



Mapa perceptual (2) sobre la acción conjunta de todos los elementos sobre *Salvinia natans*.

Mapa perceptual 2



Como se puede observar en el mapa perceptual, el Pb y el Zn están altamente correlacionados y están actuando conjuntamente sobre la planta, pero parece que el Pb está ejerciendo en una forma más positiva sobre la planta que el Zn, por lo que está más distante del punto de inercia. El Cu y el Cd también están correlacionados, pero está ejerciendo una acción más positiva el Cu.

El cuadro 1 muestra el potencial de *Salvinia natans*, para ser utilizada en la descontaminación de fuentes de agua para riego y para consumo humano. Se destaca su capacidad de absorción de plomo, cadmio y cobre.

Las cenizas consecuentes de la calcinación de la muestra equivalen aproximadamente al 10%, lo cual permite inferir que los residuos son fácilmente manejables con fines ulteriores, bien para extracción de los metales presentes o con fines agrícolas según el caso. Teniendo en cuenta el tamaño de la muestra del vegetal, la cantidad de metal absorbido y el tiempo de retención, es posible inferir, conociendo previamente el grado de contaminación de una fuente de agua, el volumen de planta por sembrar, buscando disminuir la carga del contaminante.

Es posible inferir que *Salvinia natans* acumula los metales pesados, plomo, zinc, cobre y cadmio en las paredes celulares, especialmente raíces y tallos, aspecto igualmente considerado por Tiffin, L. O(1975) que evita su penetración al interior de las células por lo menos durante el tránsito en que presenta actividad de absorción del metal. Caso contrario sucede con el mercurio, donde posiblemente se interesó el interior de las células.

**Cuadro I.** Comparación de la concentración máxima de plomo, zinc, cadmio y cobre por *Salvinia natans*, respecto a concentraciones máximas en otros medios.

Medios Elemento	Aguas riego Ppm l (1)	Aguas consumo Humano ppm (2)	Lixiviados Relleno Sanitario ppm (3)	Plantas ppm(4)	<i>Salvinia natans</i> ppm (5)
Plomo	5.00	0.010	0.013	0.1 – 10.00	5.20
Zinc	2.00	5.000	0.600	2.8 – 100.00	2.95
Cadmio	0.01	0.003	0.457	0.2 – 0.80	0.92
Cobre	0.22	1.000	0.400	2.0 – 15.00	2.94

**Fuente:**

- (1) AYERS – WESTCOT (1985). *Memorias I Seminario de Impacto Ambiental en proyectos agrícolas y energéticos*.
- (2) Ministerio de Salud. Decreto 475 de 1998. *Normas Técnicas de Calidad de agua potable*.
- (3) Laboratorio Regional de Suelos y Aguas. Universidad del Tolima. Ibagué. Mayo 2003.
- (4) GOLDSCHMIDH, BOWEN. ALLAWAY. 1968, citado por Mejía, 1990.
- (5) Los autores 2004

**BIBLIOGRAFÍA**

- Arrivallaga, C.A. y Arredondo, J. L. (1987). Una revisión sobre el potencial de las macrófitas acuáticas en la acuicultura. *Universidad y Ciencia*. 4(8)55 - 67.
- Baran, E.J. 2000. *Química Bioinorgánica. Algunos problemas básicos de la contaminación*. España. McGraw-Hill.
- Centro Panamericano de Ecología y Salud Humana. (1990). *Orígenes, tipos y propiedades de los residuos sólidos*. Santafé de Bogotá.
- Chicharro, M.C.; Guerrero, C.; Ramírez, L. (2003) Metales pesados y medio ambiente. Seminario 26. Ed. Universidad de Antioquia.
- EPA. 542-f-96-025. Sept. 96.
- Gardiner, J. (1974). The chemistry of cadmium in natural water, III. The absorption of cadmium on rivers muds and naturally occurring solids. *Water. Res.* 8: 157 - 164.
- Jain, S.K., Valsudevan, P., y JHA. N.K. (1990). *Azolla pinnata* R. Br. And Lemnna minor for removal of lead and cadmium from polluted water. *Wat. Res.* 24(2) : 177- 183. Korning, H., Desechos peligrosos en América Latina.
- Jelinek, C.H.F.5.(1999) *Assoc. And Chem.* 66, 940.
- Leland, H.V., E.D. Copenhauer and D.J. Wilfer. (1999) Heavy Metals and other trace elements. *J. Water. Pollut. Contr. F ed.* 17: 1635- 1656.
- Malavolta, E. (1994) *Fertilizantes y su impacto ambiental. Metales pesados. Mitos y Efectos*. Pro-  
duquímica. Sao Paulo. Brasil.

- Montenegro, R- Omar. (2001) Fundamentos de toxicidad en plantas y su relación con los metales pesados. Corpoica. Ibagué. Colombia.
- Mortimer, D.C. And A. Kudo. (1975). Interaction between aquatic plants and bed sediment in mercury uptake from flowing water. J. Environ. Qual. 4(4): 491 - 495.
- Muramoto, S., y Ooky, Y. (1989). Influence of anionic surface-active agents of the uptake of heavy metals by water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). Bull.l Environ. Contam. Toxicol. 33:444-450.
- Oky, Y. (1983). Removal of some heavy metals from polluted water by water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). Bull. Environ.Contam. Toxicol. 30:170-177.
- Tiffin, L.O. (1975). The form and distribution of metals in plants: An overview. Publishes by Technical Information Center Energy Research and Development Administration. Washington. 

Referencia	Fecha de recepción	Fecha de aprobación
Flórez Orjuela, Y., Cotes Cuadro, A., (2006). Bioabsorción de metales pesados por <i>Salvinia natans</i> de los lixiviados del relleno sanitario Combeima de Ibagué. <i>Revista Tumbaga</i> , 1, 89-100	Día/mes/año 15/05/2006	Día/mes/año 19/07/2006