



AIDIS
ARGENTINA



AIDIS

Ingeniería Sanitaria y Ambiental

tercer cuatrimestre 2015

N° 127



ecopreneur

**SOLUCIONES SUSTENTABLES
PARA UN DESARROLLO RESPONSABLE**



**Planta de Tratamiento
de Efluentes Industriales
Molino Cañuelas - Spegazzini
Provincia de Buenos Aires**

Perú 699 - C1068AAC Ciudad Autónoma de Buenos Aires República Argentina

Tel.: (54-11) 4361-8555 / Fax: (54-11) 4361-8089 / E-mail: info@ecopreneur.com.ar / www.ecopreneur.com.ar

Reg.Prop.Intelectual N° 773880

ISSN: 0328-2937



Ingeniería Sanitaria y Ambiental

Publicación de la Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
AIDIS Argentina

Director

Ing. Eduardo L. Pérez Gattorna

Coordinación Editorial y Comercial
AIDIS Argentina

Redacción
AIDIS Argentina

Editor y Propietario
AIDIS Argentina

Publicidad y Suscripciones
AIDIS Argentina

Av. Belgrano 1580 3º piso
(1093) Buenos Aires, Argentina
Tel. 4381-5832/5903
E-mail: revistaaisa@aidisar.org.ar
www.aidisar.org.ar

Diseño y Diagramación:
AIDIS Argentina

Impreso en Mariano Mas

La Revista Ingeniería Sanitaria y Ambiental es una publicación de la Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Sección Nacional de AIDIS Interamericana, que se distribuye sin cargo a sus socios y a personas, instituciones y empresas calificadas. Los artículos firmados expresan exclusivamente el criterio de sus autores. Los ofrecimientos, ofertas, especificaciones, etc. que surjan de los avisos comerciales son responsabilidad de los respectivos anunciantes.

La Redacción de la Revista no se responsabiliza por la devolución de originales sobre colaboraciones publicadas o no. Se autoriza la reproducción total o parcial de lo publicado en la Revista siempre que se indique claramente su procedencia.

Reg. Prop. Intelectual
Nº 773880
ISSN: 0328-2937

Contenido

Edición n° 127 (Tercer Cuatrimestre 2015)

- 6 Editorial
- 7 Declaración de AIDIS Argentina sobre las inundaciones recientes en la provincia de Buenos Aires
- 8 Convenio de asociación recíproca entre AIDIS Argentina y CIMPARG
- 9 Premios APTA para Ingeniería Sanitaria y Ambiental
- 11 SEGUNDO PREMIO ARGENTINO JUNIOR DEL AGUA
OASIS: Boya de emergencia y potabilización de agua marina
Guadalupe Ávalos y Luciano López. Asesor técnico: Daniel Frijón
- 15 Análisis comparativo conceptual entre los fenómenos "Golpe de Ariete" y "Oscilación de Masa"
Luis Eduardo Pérez Farrás
- 22 Evaluación de la tolerancia y remoción de cromo (VI) en tres especies de macrófitas flotantes
Bárbara Gómez, Valeria Rodríguez Salemi, Yanina El Kassisse, Carlos Gómez y Laura de Cabo
- 27 Evolución a través del tiempo de la contaminación por dióxido de azufre en la ciudad de Rosario, Argentina
Daniel A. Andrés, Eduardo J. Ferrero, César E. Mackler, Leonardo C. Ferrari, Mabel A. Dupuy
- 31 Caracterización de líquidos cloacales y su relación con variables socioeconómicas de la población en la provincia de Santa Fe, Argentina
Jorge Bachur y Valeria Ferrer
- 39 Evaluación ambiental de tambos del noreste de la provincia de Santa Fe, Argentina: manejo de efluentes, residuos y uso del agua.
Olga Noemí Badino, Erica Schmidt, Elisabet Ramos, June Allison Thomas, José Martín Jáuregui y Roberto Weidmann
- 44 Gestión integral en el manejo de los residuos sólidos urbanos en una ciudad de 150.000 habitantes
Juan Carlos Gasparini
- 51 Carbón activado granular para el tratamiento de lixiviados
Roger Iván Méndez Novelo, Liliana San Pedro Cedillo y Elba René Castillo Borges
- 55 Degradación de residuos empetrolosados en sedimentos utilizando un consorcio bacteriano
Ismenia Araujo, Karla Zambrano, Nancy Angulo, Gustavo Morillo, Carmen Cárdenas y María de Rincón
- 60 Microalgas: fuente de energía y productos de alto valor. Alcances y aplicaciones
Sara Paulina Cuéllar Bermúdez y Roberto Parra Saldívar
- 66 Humor Ambiental
Índice de Anunciantes
- 67 Cómo asociarse a AIDIS Argentina
- 68 Solicitud de Inscripción

Evaluación de la tolerancia y remoción de cromo (VI) en tres especies de macrófitas flotantes

▷ Bárbara Gómez, Valeria Rodríguez Salemi, Yanina El Kassisse, Carlos Gómez y Laura de Cabo

RESUMEN

La contaminación de los sistemas acuáticos con metales, se puede producir como consecuencia del vertido de efluentes industriales con tratamientos inadecuados o sin tratamiento. Los metales son altamente persistentes en el ambiente y pueden ser muy tóxicos para la biota, bioacumularse en los tejidos de los organismos y depositarse en los sedimentos. A través de diferentes mecanismos de fitorremediación con plantas acuáticas, es posible extraer metales de las aguas residuales y promover la restauración de ambientes contaminados. El objetivo de este estudio es evaluar la tolerancia de tres especies de plantas flotantes (*Lemna gibba*, *Salvinia minima* y *Azolla filiculoides*) a la exposición de cromo, así como su eficiencia para removerlo. Las plantas fueron expuestas individualmente y por triplicado (ensayo tipo batch) en reactores de plástico con un litro de medio de cultivo a diferentes concentraciones de cromo (1,5, 10 y 20 mg/L). Los ensayos se llevaron a cabo durante 6 días, en condiciones de invernadero con fotoperiodo natural, a una temperatura entre 20 y 24°C. Paralelamente, se realizaron controles bajo las mismas condiciones, pero sin el agregado de cromo. Se determinó la cantidad de cromo total bioacumulado en el tejido de las plantas y la cantidad de cromo total remanente en el agua. Las tres especies estudiadas mostraron ser tolerantes a la máxima concentración ensayada (20 mg Cr/L) y los niveles de cromo acumulados en los tejidos, permiten inferir que constituyen una herramienta factible de aplicar en el tratamiento de sitios contaminados con ese metal.

ABSTRACT

The contamination of aquatic systems with metals may occur as a result of the discharge of industrial effluents without treatment or inadequate treatment. Metals are highly persistent in the environment and can be very toxic to the biota,

Palabras clave: Fitorremediación, cromo, macrófitas flotantes, remediación ambiental, remoción de contaminantes

Keywords: Phytoremediation, chromium, floating macrophytes, environmental remediation, contaminants removal

bioaccumulated in the tissues of organisms and deposited in the sediments. Through different mechanisms of phytoremediation with aquatic plants, is possible to extract metals from wastewater and promote the restoration of contaminated environments. The aim of this study is to evaluate the tolerance of three species of floating plants (*Lemna gibba*, *Azolla* and *Salvinia minima filiculoides*) exposure to chromium and its efficiency to remove it. Plants were exposed individually and in triplicate (test batch type) reactors with plastic one liter of culture medium at different concentrations of chromium (1,5, 10 and 20 mg/L). The tests were carried out for 6 days in a greenhouse with natural photoperiod, at a temperature between 20 and 24 °C. In parallel, controls under the same conditions, but without the addition of chromium, were performed. The amount of total chromium bioaccumulated in plant tissue and the total amount of chromium remaining in the water was determined. The three species shown to be tolerant to the highest concentration tested (20 mg Cr/L) and chromium levels accumulated in the tissues, allows to infer that these plants are a feasible tool for the treatment of sites contaminated with the metal.

INTRODUCCIÓN

La contaminación de los sistemas acuáticos por el vertido de aguas residuales domésticas e industriales no tratadas o con tratamientos ineficientes, es uno de los principales problemas a nivel mundial, ya que afecta los ecosistemas y en muchos casos, ponen en riesgo la salud humana.

A diferencia de la mayoría de los compuestos orgánicos, los metales son altamente persistentes en el ambiente y pueden ser altamente tóxicos para la biota, bioacumularse en los tejidos de los organismos y depositarse en los sedimentos.

El cromo, y en particular el Cr (VI), es un reconocido contaminante ambiental, ya que es un oxidante fuerte y mucho más tóxico que el Cr (III). Está presente con frecuencia en muchos vertidos industriales, especialmente de las curtiembres y actividades de galvanoplastia. Es altamente soluble en los sistemas acuosos y es permeable a través de las membranas biológicas, pudiendo producir efectos cancerígenos y mutagénicos en organismos acuáticos.

En este contexto, es muy importante promover el desarrollo de nuevas tecnologías aplicables a la remediación de suelos y aguas contaminadas. Algunas plantas tienen la habilidad de adsorber y/o incorporar elementos traza del medio, favoreciendo la restauración de la calidad del agua (Olguín, 1994). A este proceso se

lo conoce como fitorremediación. Esta tecnología ha demostrado ser una opción viable para purificar el agua contaminada con trazas de elementos, debido a su buena relación costo-beneficio y al impacto positivo que tiene sobre el ambiente (Raskyn *et al.*, 1997).

La elección de la especie con la se va a trabajar, es sumamente relevante. Hay que tener en cuenta el tipo de elemento(s) que se quiere remover, las condiciones ambientales del sitio y la capacidad de acumulación de las especies. Por esta razón, es importante tener un conocimiento previo de la capacidad de los organismos para remover dichos elementos.

Este estudio es el primero de una serie de investigaciones, cuyo objetivo final es determinar la eficiencia de diferentes especies para remover metales desde aguas contaminadas.

Las especies evaluadas fueron: *Lemna gibba*, *Azolla filiculoides* y *Salvinia minima* (Figura 1). Dichas especies son nativas, con una amplia distribución en América Latina.

OBJETIVOS

- Evaluar la tolerancia de tres especies de plantas flotantes (*Lemna gibba*, *Salvinia minima* y *Azolla filiculoides*) a la exposición de cromo proveniente de un proceso de tratamiento de una galvanoplastia.
- Seleccionar la especie más eficiente en la remoción de cromo, para evaluar la factibilidad de su aplicación en el tratamiento de cuerpos de agua contaminados con este compuesto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ensayo de tolerancia

En este trabajo se utilizaron tres especies de macrófitas flotantes libres: *Lemna gibba*, *Salvinia minima* y *Azolla filiculoides*. Las plantas provinieron de cultivos mantenidos al aire libre en el Museo Argentino de Ciencias Naturales (MACN) y fueron aclimatadas a las condiciones del invernadero durante siete días previos al inicio del ensayo.

El rango de concentraciones de cromo a la que fueron expuestas las plantas fue amplio (1 a 20 mg/L). La fuente de cromo utilizada para el ensayo provino del líquido contenido en la batea del primer enjuague de un baño de cromado perteneciente a un proceso de galvanoplastia, de una industria de la provincia de Buenos Aires. La composición de dicho enjuague fue de 21g Cr⁶⁺/L (única especie de cromo presente) y H₂SO₄ al 1%.

El ensayo se realizó a fines de abril de 2014 en condiciones de invernadero con fotoperiodo natural y temperatura entre 20 y 24°C. Consistió en la exposición de tres especies de plantas nativas flotantes (*Lemna gibba*, *Salvinia minima* y *Azolla filiculoides*) durante seis días, a cuatro concentraciones de cromo (1, 5, 10, y 20 mg/L) por triplicado (n=3). Los recipientes utilizados fueron bateas de plástico de 40 cm x 25 cm x 20 cm. El volumen total en cada unidad experimental fue de un litro, y las diluciones del efluente se realizaron con medio de cultivo (Tabla 1) para asegurar la presencia de nutrientes en cada uno de los tratamientos del ensayo.

Las plantas fueron colocadas en cada una de las unidades de ensayo, cubriendo el 50% de la superficie de las mismas. Simultáneamente, se realizaron controles para cada especie, en las mismas condiciones de los tratamientos, pero sin el agregado de cromo.

Durante el ensayo, la pérdida de agua en las bateas por transpi-

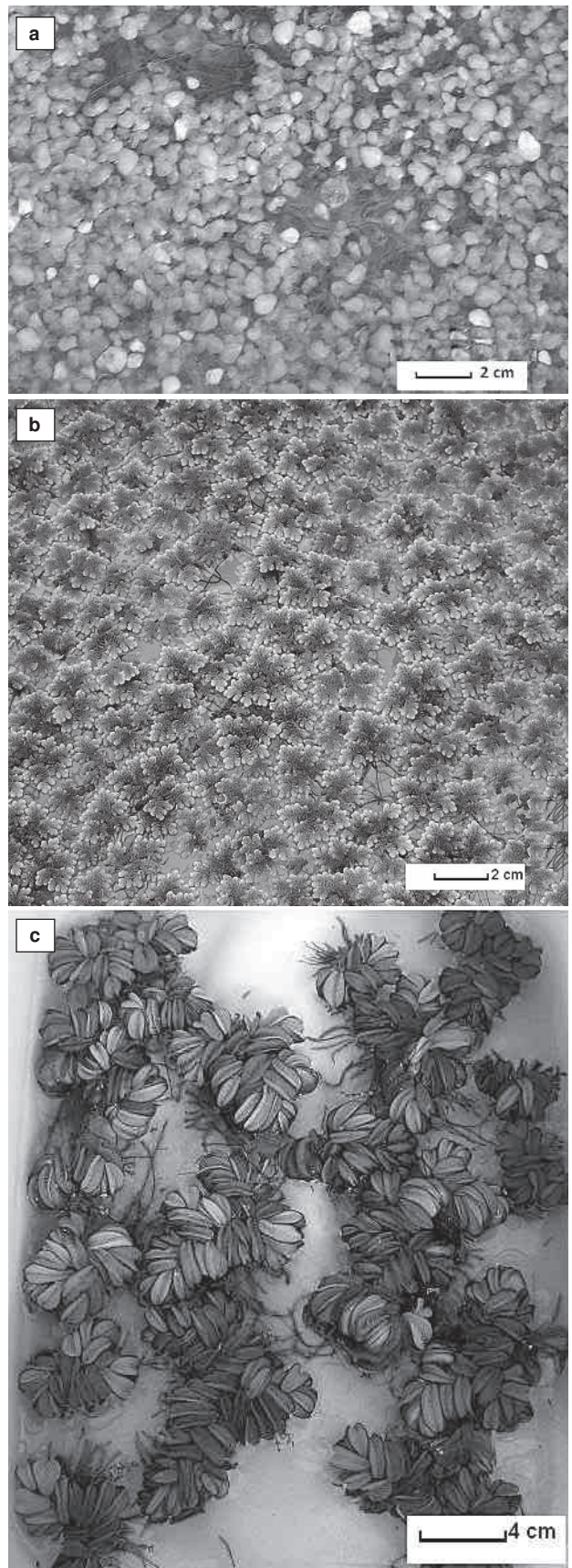


Figura 1. Las tres especies evaluadas: a) *Salvinia minima*, b) *Azolla filiculoides* y c) *Lemna gibba*

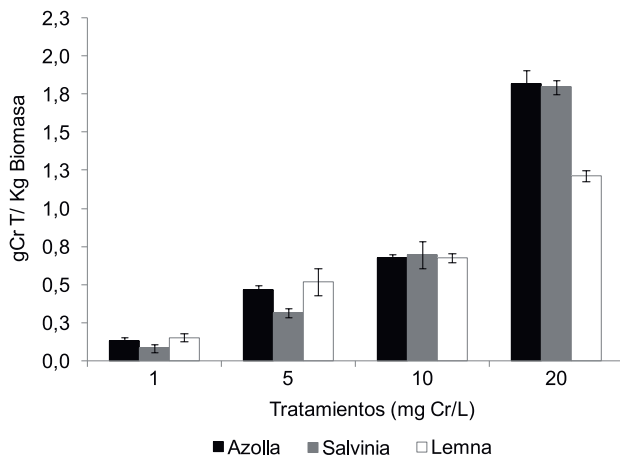


Figura 2. Acumulación de cromo en el tejido, expresada como g CrT/kg de biomasa seca, para las tres especies estudiadas en cada uno de los tratamientos. Las barras de error corresponden al desvío estándar (n=3)

pectivamente) mientras que en *Salvinia minima* estas diferencias no fueron significativas ($p=0,050$) para ninguno de los tratamientos (Figura 4).

Esto indica que tanto *Lemna gibba* como *Azolla filiculoides*, sometidas a una concentración de 1 mg/L, tendrían una mayor capacidad para bioacumular cromo, en comparación con los otros tratamientos ensayados.

El decrecimiento del FBC con el aumento de cromo en el medio, también fue encontrado por Zayed (1998) y Diwan (2010) en *Lemna gibba* y en *Brassica juncea*. Los mayores factores de bioconcentración se obtuvieron para la menor concentración de cromo en solución, para las tres especies.

El máximo valor de FBC (144,3) fue hallado en *Lemna gibba* y corresponde al tratamiento de 1 ppm de cromo.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos mostraron que las tres especies de macrófitas ensayadas presentaron tolerancia al cromo, aún a elevadas concentraciones (20 mg/L).

No existe evidencia de que el cromo resulte indispensable para el crecimiento de las plantas (Zayed y Terry, 2003) por lo que la tolerancia a estas a elevadas concentraciones de metales pesados, estaría dada por la producción de compuestos intracelulares que quelan a estos elementos disminuyendo su toxicidad, o bien, por la alteración del patrón de compartimentación de los mismos mediante el almacenamiento en partes no sensibles (Ghosh y Singh, 2005).

El factor de bioconcentración (FBC) es un parámetro útil para evaluar el potencial de las plantas para acumular metales. En el presente estudio, este factor dependió de los diferentes niveles de cromo en solución. El FBC fue máximo para los tratamientos con menor concentración de cromo agregado. El factor fue significativamente mayor en el tratamiento de 1 mg/L, para *Lemna gibba* y *Azolla filiculoides*. En cambio, en *Salvinia minima* no se observaron diferencias significativas entre tratamientos.

Un FBC estable a través de un rango de concentración, significa que la planta puede ser utilizada de manera eficiente para la fito-

rremediación en un amplio y fluctuante rango de concentraciones de metales pesados (Zurayk 2001).

Los FBC obtenidos en este estudio estuvieron en un rango entre 50-144 para *Lemna gibba*, 65-125 para *Azolla filiculoides* y 73-79 para *Salvinia minima*. Estos fueron menores que los informados por otros investigadores, 280-660 en *Lemna minor* (Zayed, 1998). Por otro lado, la concentración de cromo acumulada en tejido

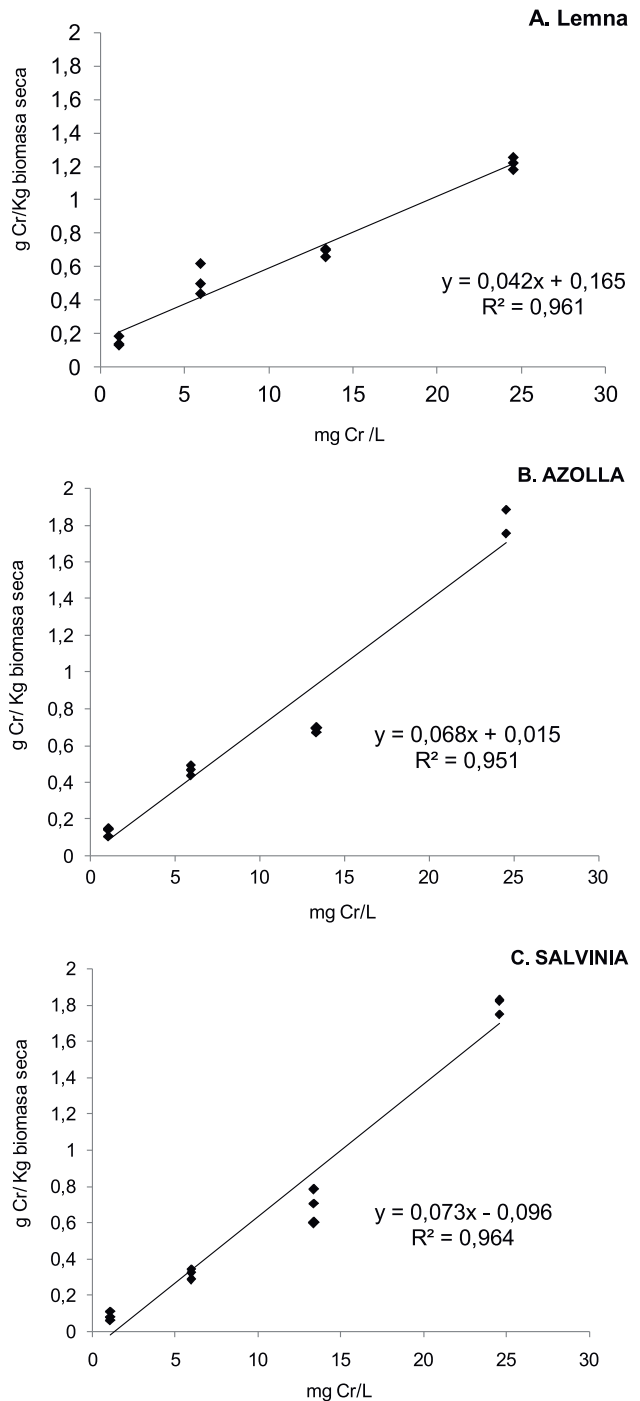


Figura 3. Análisis de regresión lineal entre la concentración de Cr T en el tejido vegetal de cada especie en función de la concentración del metal en solución: a) *Lemna gibba*, b) *Azolla filiculoides* y c) *Salvinia minima*.