

# uso del jacinto de agua (*Eichornia crassipes*) para la depuración de aguas contaminadas con cromo

LEONOR RODRIGUEZ M\* ALEXIS RODRIGUEZ U\*\*

## RESUMEN

Mediante un diseño factorial  $3^2 \times 2^2$ , se estableció tanto la capacidad del lirio acuático (*Eichornia crassipes* (Mart) Solms) para absorber y concentrar cromo, como el factor de concentración del mismo en la planta y la posible migración del ión en la misma, en un sistema de agua estático. Se hicieron intervenir las variables: pH, concentración de sulfuro y tiempo de exposición, manteniéndose constantes: la temperatura, la variedad y la edad de las plantas.

Las plantas demostraron capacidad para absorber hasta 0,66 mg. de cromo por día por gramo de planta seca, en presencia de 1,0 ppm de sulfuro y hasta 1,08 mg. de cromo por día por gramo de planta seca en presencia de 100 ppm de sulfuro.

## INTRODUCCION

Los desechos líquidos industriales que contienen iones de metales pesados tales como plata, mercurio, cromo, etc., provocan la contaminación de las aguas superficiales sobre las que se vierten. Los elevados niveles de metales pesados exterminan muchos de los organismos presentes en las aguas y conducen al establecimiento de un **ambiente extremo** en el sentido que le da Brock(1), es decir, con una muy baja diversidad de especies. Los organismos sobrevivientes pueden quedar afectados de muy diversas maneras y en algunos casos se ha comprobado que acumulan grandes cantidades de metales pesados (13). No ha de perderse de vista el hecho de que los cauces constituyen, por sí mismos, un valioso recurso de desarrollo que, si es contaminado, no puede utilizarse.

A menudo se relegan a niveles de prioridad secundaria, los esfuerzos para evitar o atenuar el problema, sobre el supuesto de un elevado costo de los mismos.

Existe, sin embargo, un gran número de especies de plantas acuáticas, flotantes y emergentes, que han demostrado su eficacia en el tratamiento de aguas residuales(2).

Estas plantas tradicionalmente se han considerado una molestia debido a que se propagan con abundancia por su prolífico crecimiento, obstaculizando la navegación y la pesca en lagos y ríos.

Su enorme productividad, unida a la capacidad de algunas de ellas para purificar las aguas, ofrecen, sin embargo, posibilidades inmediatas de empleo en el tratamiento de aguas contaminadas, mediante sistemas de bajo costo. Se ha apuntado, por otra parte, el uso potencial de estas plantas como fuente de energía biomásica(3) surgiendo así posibilidades para su empleo en sistemas pluridireccionales en los que las plantas acuáticas se podrían aprovechar en la depuración de aguas residuales y, al mismo tiempo, proporcionarían biomasa de la que puede obtenerse energía (3,4).

Los resultados indican que el lirio o jacinto de agua (*Eichornia crassipes* (Mart) Solms) es particularmente eficaz. Su extenso sistema radicular, si bien es cierto muestra preferencia por la absorción de sustancias nutritivas a la planta, es capaz también de absorber otros constituyentes de las aguas residuales urbanas e industriales, entre ellas, iones de metales pesados (4,5,6).

Dinges (7,8) evaluó la eficacia del lirio acuático en lagunas no profundas para la eliminación de coliformes y otras impurezas.

MacDonald y Wolverton (9) hallaron que el mejoramiento de la calidad de las aguas de una laguna de tratamiento de 36 hectáreas, dependía de la fracción de la superficie cubierta de lirios.

\* Laboratorio Geológico y Tecnológico CODESA, San José.

\*\* Centro de Investigación en Contaminación Ambiental CICA  
— Universidad de Costa Rica, San José.

La mejor calidad del efluente se obtuvo cuando las plantas cubrieron totalmente la laguna.

Se ha estudiado también la capacidad del lirio acuático para extraer metales pesados, fenoles, plaguicidas y varios compuestos orgánicos de aguas residuales de laboratorio (5,6).

En este trabajo se estudió la capacidad del lirio acuático para absorber cromo y eliminarlo de las aguas. No se encontró en la literatura referencia alguna sobre el comportamiento del *E. crassipes*, frente al cromo en ninguno de sus estados de oxidación más comunes.

## MATERIALES Y METODOS

**Reactivos:** se preparó una disolución patrón de cromo de 1000 ppm, utilizando dicromato de potasio, patrón primario, de 99% de pureza de la casa Fisher Scientific (ACS). A partir de ella, se prepararon soluciones de 2,0; 5,0 y 10,0 ppm de cromo.

Las soluciones de prueba de 1,0 y 100 ppm de sulfuro se obtuvieron a partir de una solución patrón de 2000 ppm de sulfuro preparada a partir de sulfuro de sodio en escamas de 99% de pureza de la casa Fischer Scientific (ACS). Para la regulación del pH se emplearon soluciones de ácido clorhídrico y de hidróxido de sodio.

**Método experimental:** el lirio acuático utilizado en este estudio fue recolectado de un estanque situado a 1157 metros sobre el nivel del mar en el Valle Central de Costa Rica.

Se usó un diseño experimental factorial con cuatro factores, dos de ellos a tres niveles y los otros dos a dos niveles en un diseño de  $3^2 \times 2^2$  con una covariable que fue la altura de la planta. Se realizaron corridas duplicadas no simultáneas, haciéndose intervenir las variables: pH, concentración de sulfuro, concentración de cromo y tiempo de exposición. Se mantuvieron constantes la variedad de la planta y el suministro de nutrientes a las mismas.

Mediante este diseño se estudiaron las 36 maneras posibles de combinar las diferentes concentraciones de cromo con respecto a los factores pH y concentración de sulfuro en tiempos de exposición de 24 y 48 horas. Las corridas fueron seleccionadas mediante muestreo al azar para desig-

nar aleatoriamente el tratamiento al cual se sometieron las plantas.

Se seleccionaron plantas adultas, las cuales se colocaron en medio acuoso a temperatura ambiente, en presencia de las concentraciones de cromo arriba indicadas, determinándose la absorción del mismo en las raíces, seudotallos y hojas con respecto a los factores antes mencionados. Las plantas se colocaron en frascos de 3 L de vidrio color ámbar, con el objeto de inhibir el crecimiento de algas, se agregó a los mismos mezcla de nutrientes para plantas Orthogro (R).

Una vez terminado el período de exposición, se lavaron las plantas con agua destilada a fin de remover insectos y otras impurezas. Se separaron luego en sus segmentos raíz, pecíolos y hojas. Cada segmento se secó a 110°C por 48 horas, tras de lo cual se molieron, pesaron y se les sometió a digestión con ácido nítrico hasta su completa disolución. Una vez digeridas, se transfirieron a frascos volumétricos y se aforaron con agua destilada.

La concentración de cromo se determinó por espectroscopía de absorción atómica, usándose un espectrofotómetro Varian 475A.

Se estudió la interrelación de los distintos factores mediante un análisis de varianzas usando el programa de computación MINITAB en el Centro de Informática de la Universidad de Costa Rica.

Se probó el nivel de significancia de las diferencias de  $\emptyset$  mediante el ensayo t de Student.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de varianzas mostró que los factores pH y altura de la planta no modifican de modo significativo la cantidad de cromo absorbido por la planta. Wolverton, reporta resultados similares en cuanto a la influencia del pH en la absorción de cadmio y níquel por esta planta (5). Boyd observó que las plantas acuáticas absorben nutrientes a velocidades decrecientes al aumentar la edad (10). Siendo muy semejante la edad de las plantas usadas en este estudio, la diferencia de altura no es indicación de diferencias significativas en la edad, por lo que era de esperarse un comportamiento como el observado.

La evaluación de los resultados se hizo utilizando el parámetro  $\emptyset$ , flujo radical, definido por la ecuación:

$$\phi = \frac{d(Cr)/dt}{m_r} \quad \text{en la que:}$$

$\phi$  = flujo radical

(Cr) = concentración de cromo, y

$m_r$  = masa radical

Las raíces constituyeron cerca del 29% del peso seco total por planta y contuvieron aproximadamente el 99% del cromo encontrado en las plantas después de los períodos de exposición de 24 y 48 horas (Cuadros No. 1 y No. 2). Este comportamiento ha sido observado por otros investigadores quienes han encontrado que se da una concentración de otros metales de transición en las raíces de estas plantas (11).

CUADRO No. 1 Relación del peso seco de los diferentes segmentos de la planta respecto al peso seco total.

Segmento de planta	Fracción en peso
Raíz	0,29
Tallo	0,37
Hoja	0,33

CUADRO No. 2 Relación de la absorción de cromo por los diferentes segmentos de la planta.

Segmento de planta	Fracción de cromo absorbido
Raíz	0,99
Tallo	$3,7 \times 10^{-3}$
Hoja	$5,7 \times 10^{-4}$

En las Figuras No. 1 a No. 4 se presentan las rectas de mejor ajuste obtenidas mediante análisis de regresión lineal para  $\phi$  como función de la concentración inicial de cromo a dos niveles diferentes de sulfuro. En este análisis se encontró que existe una buena correlación entre las variables. Es importante hacer notar que la bondad del ajuste mejora con el aumento en la concentración de sulfuro y con el tiempo de exposición. Así, para una concentración de sulfuro de 1,0 ppm y un tiempo de exposición de 24 horas se obtuvo un coeficiente de correlación  $r = 0,66$  en tanto que para 48 horas manteniendo la concentración de sulfuros en 10 ppm, el coeficiente de correlación es de  $r = 0,94$ , debido probablemente a una adapta-

ción de las plantas al medio con el transcurso del tiempo.

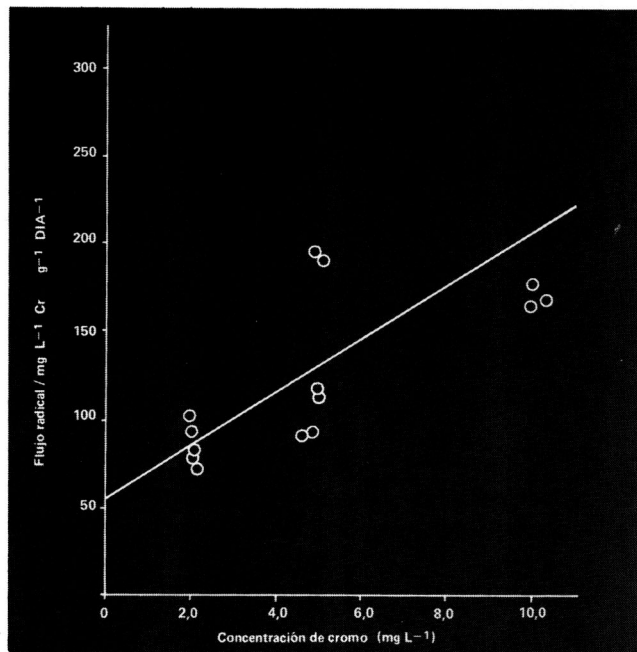


FIGURA No. 1 Variación del flujo radical con la concentración de cromo en 24 horas de exposición en presencia de 1,0 ppm. de sulfuro de sodio.

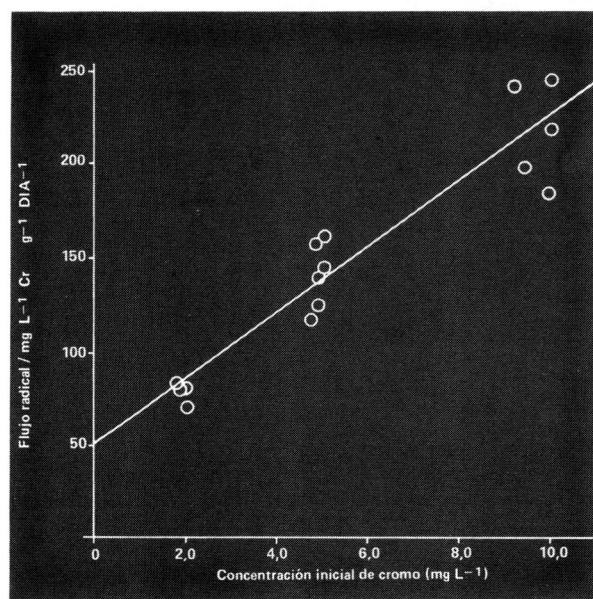


FIGURA No. 2 Variación del flujo radical con la concentración de cromo en 48 horas de exposición en presencia de 1,0 ppm de sulfuro de cromo.

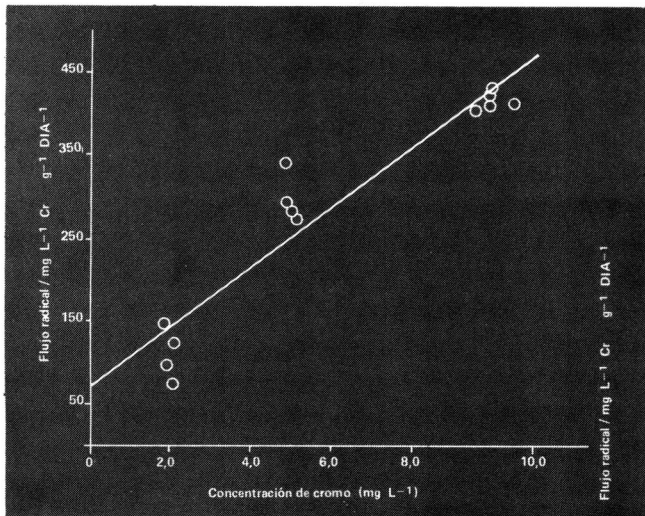


FIGURA No. 3 Variación del flujo radical con la concentración de cromo en 24 horas de exposición en presencia de 100 ppm. de sulfuro de sodio.

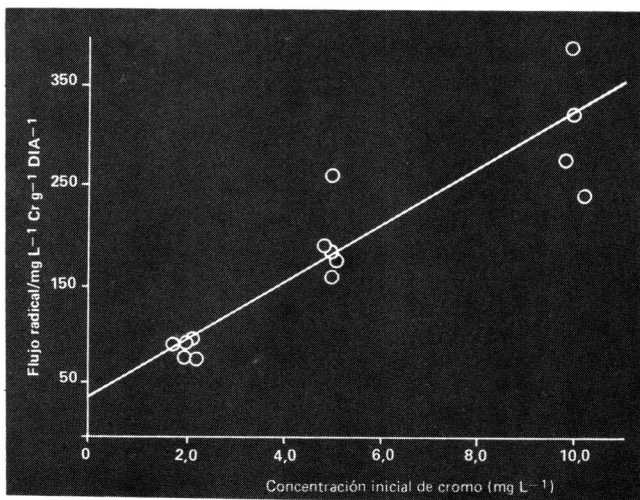


FIGURA No. 4 Variación del flujo radical con la concentración de cromo en 48 horas de exposición en presencia de 100 ppm. de sulfuro de sodio.

Asimismo, para concentraciones de 100 ppm de sulfuro, el coeficiente de correlación lineal resulta ser 0,92 para 24 horas y 0,89 para 48 horas. La concentración de sulfuro modifica pues, de modo significativo ( $P < 0,05$ ) la absorción de cromo por la planta.

La Figura No. 5 muestra la tendencia antes apuntada. Puede notarse a este respecto, el aumento en la pendiente de las rectas al pasar de 1,0 ppm de sulfuro ( $b = 17,8$ ) a 100 ppm ( $b = 33,8$ ). Los valores de  $\Phi$  probaron ser diferentes a un nivel de 95% de confianza según la prueba t de Student.

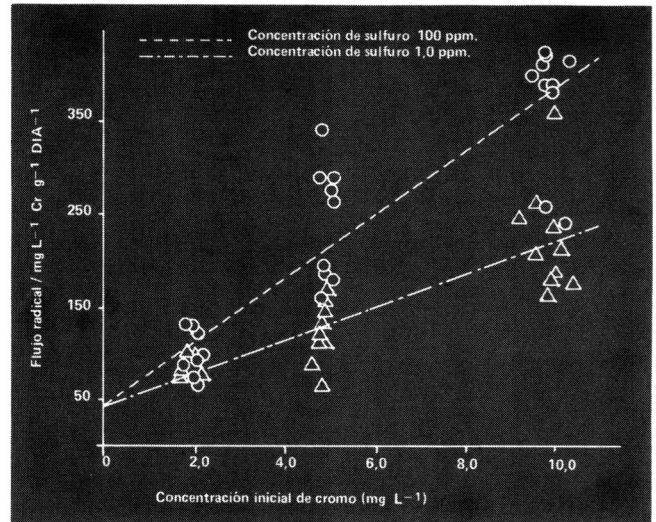


FIGURA No. 5 Efecto de la concentración de sulfuro de sodio en la absorción de cromo por *E. Crassipes*.

Esto podría explicarse en términos del efecto protector del sulfuro a la oxidación de las proteínas involucradas en el transporte radical de los iones pesados. Un gramo de planta seca es capaz de absorber hasta 0,66 mg de cromo por día en presencia de 1,0 ppm de sulfuro y hasta 1,07 mg de cromo por día en presencia de 100 ppm de sulfuro. De acuerdo con esta tasa de remoción de cromo, y en condiciones de crecimiento óptimo de aproximadamente 600 kg de planta seca por hectárea por día (12), una hectárea de lirio acuático puede, potencialmente, eliminar 396 g de cromo por día en presencia de 1 ppm de sulfuro y 642 g de cromo por día en presencia de 100 ppm de sulfuro. Esta eliminación de cromo presupone una remoción continua de las plantas saturadas del metal.

Los resultados de este estudio indican la capacidad de esta planta para actuar como depurador, capaz de absorber y concentrar cromo, por medio de las raíces, principalmente, aunque se detectó que los tallos y las hojas son capaces también de absorber parte del metal.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se ha demostrado la capacidad del *E. crassipes* (Mart) Solms, para la remoción de cromo de medios acuosos. La planta extrae rápidamente el cromo, concentrándolo en un 99% en las raíces. El pH no resultó ser un factor im-

portante en la absorción antes mencionada, a los niveles usados en la investigación (5 a 10).

Se estima que una hectárea de lirios acuáticos puede ser capaz de extraer hasta 396 g de cromo por día en presencia de 1,0 ppm de sulfuro de sodio hasta 648 g de cromo por día en presencia de 100 ppm de sulfuro de sodio. La concentración de sulfuro en el medio acuoso resultó ser factor importante en el proceso de absorción y concentración de cromo.

Por encontrarse Costa Rica en el llamado "cinturón de jacintos", el crecimiento de la planta es óptimo, surgiendo la posibilidad de su empleo en el tratamiento de aguas de desecho.

## AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro agradecimiento al Señor José Francisco Pastrana de la Escuela de Estadística de la Universidad de Costa Rica por su valiosa colaboración en el diseño experimental y análisis de varianzas.

## LITERATURA CITADA

1. Brock, T.D. *Microbial growth under extreme conditions*. En Meadow, P.M. y Pirt, S.J. **Microbial Growth**, 17th Symposium Soc. seg. Microbiol. London: Cambridge University Press, 1969. p. 15—41.
2. Rexford, D.L. **Uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales**. México: Organización Panamericana de la Salud, México. 1982, p. 29.
3. EL—Hinnawi, E. **Mazingira**, 7 (3), 4—14, 1983.
4. Wolverton, B.C., Barlow, R.M., Mac Donald, R.C. NASA Technical Memorandum TMX—72726, 1979.
5. Wolverton, B.C. NASA Technical Memorandum TMX—72721, 1975.
6. Wolverton, B.C. Mac Donald, R.C., NASA Technical Memorandum TMX—72721, 1975.
7. Dinges, R.J. **Water Hyacinth Culture for Waste Water Treatment**, Austin, Texas, 1976.
8. Dinges, R.J. **J Water Pollut Control**, 50 833—845, 1978.
9. Mac Donald, R.C., Wolverton, B.C., **Econ Bot**, 34 101—110, 1980.
10. Boyd, C.E. **Ecology** 51 285, 1970.
11. Cooley, T.N., et al, **Water Research** 13 343—348, 1978.
12. Walverton, B.C., et al, NASA Technical Memorandum, TMX—72727, 1975.
13. Whitton, B.A. (editor). **River Ecology**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1975.