

Respuesta de *Pistia stratiotes* L. (Araceae) a la acción del Cadmio*

Marozzi, Ma. del Carmen; Devercelli, Melina; Polla, Wanda; Villalba, Andrea.

Facultad de Humanidades y Ciencias. Universidad Nacional del Litoral.
Paraje El Pozo (3000), TelFax: 0342-4575105. odever@fca.unl.edu.ar.
Facultad de Ingeniería Química. Santiago del Estero 2829. Santa Fe, Argentina.

RESUMEN: Se analizaron los efectos producidos por el cadmio sobre la morfología de órganos vegetativos de *Pistia stratiotes* L., su tasa de incremento y capacidad de colonización.

Respecto de la raíz, a los cuatro días de agregado el contaminante se produjo un importante desprendimiento. Sin embargo, se observó una rápida recuperación con formación de nuevas raíces.

El número medio de hojas y la superficie media foliar por planta decrecieron más en las plantas testigos que en las tratadas, aunque ninguna de estas diferencias fueron significativas.

Si bien las tasas de incremento y el peso seco descendieron, los valores positivos de cobertura y número de plantas, así como la presencia de numerosos primordios foliares, indicarían que los vegetales toleraron el efecto de la contaminación.

Por lo expuesto podría postularse a *P. stratiotes* L. como uno de los macrófitos capaces de disminuir los niveles de cadmio en los ecosistemas acuáticos.

Palabras claves: Macrófitas - Metales pesados - Morfología.

SUMMARY: *Pistia stratiotes* L. (ARACEAE)'S response to Cadmium's action. Marozzi, Ma. del Carmen; Devercelli, Melina; Polla, Wanda; Villalba, Andrea. The effects produced by cadmium in the morphology of vegetative organs of *Pistia stratiotes* L. have been analyzed as well as its rate of increase and capacity of colonization.

As regards the root, an important mass of it fell down four days after contaminant was added. The average number of leaves and the average surface of the foliar media, decreased more in the control plants than in the treated ones. Although none of these parameters were significantly different.

Despite the growth rate and the dry weight decreased, the positive values of coverage and number of plants as well as the presence of numerous shoots, would indicate that the vegetables tolerated the impact of pollution.

Therefore, *P. stratiotes* L. could be postulated as one of the macrophytes that can diminish the levels of cadmium in the aquatic ecosystems.

Key words: Macrophytes - Heavy metals - Morphology.

Introducción

La importancia de los metales pesados reside en varios aspectos: no son usualmente eliminados de los ecosistemas acuáticos por procesos naturales, no sufren reacciones degradativas, y la mayoría está enriquecida en sustancias orgánicas. Estos tóxicos tienden a depositarse en los sedimentos del fondo y en los organismos vivos (bioacumulación), y desde allí pueden ser liberados por procesos de remoción, y en consecuencia transferirse por la cadena alimentaria, actuando como tóxicos acumulativos para los consumidores superiores (1).

No todos los metales representan riesgos para el ambiente. Algunos no son tóxicos (Ca, K, Na) mientras que otros, aun cuando lo sean, son muy raros o insolubles (Ti, Hf, Zr). Desde hace años se conoce que diversos metales (Cu, Mn, Zn, Fe) son esenciales para la vida tanto animal como vegetal, porque intervienen en los procesos metabólicos y/o forman parte de enzimas y proteínas (2). Sin embargo, las actividades humanas aumentan sus concentraciones en ambientes naturales a niveles que exceden el grado de tolerancia de los seres vivos. Así, puede ocurrir que de micronutrientes esenciales pasen a la categoría de tóxicos.

Los macrófitos acuáticos interesan por su capacidad para captar grandes cantidades de contaminantes del agua, asimilándolos directamente en sus tejidos (1, 3, 4). El uso de plantas acuáticas aparece como una opción altamente competitiva frente a otros métodos en el tratamiento de aguas contaminadas.

* Subsidado por CAI+D'96. Proyecto N° 141.
Directora Dra. Ma. Alejandra Maine.

Gran número de trabajos han sido emprendidos utilizando este sistema de depuración. La absorción de contaminantes por *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach, ha sido ampliamente investigada y aplicada al tratamiento de numerosos cuerpos de agua (5, 6, 7). Para la eliminación completa de los contaminantes la planta debe ser cosechada del agua, pero debido a su gran biomasa se dificulta la manipulación. *Salvinia natans* L. fue efectiva para la remoción de mercurio y de níquel (8, 9). Van der Werff y Pruyt (10) expuso al efecto del plomo a cuatro macrófitos: *Elodea nuttallii*, *Callitriche platycarpa*, *Spirodela polyrhiza* y *Lemna gibba*, observando ausencia de fitotoxicidad y tasas de crecimiento no afectadas. *Pistia stratiotes* L. fue usada para la extracción de Hg (11) de aguas contaminadas. Un estudio que evaluó la capacidad de absorción de Cr y Cd por distintas especies vegetales, demostró que *P. stratiotes* presentó mayor tasa de crecimiento y mayor efectividad de remoción frente a otras (12).

La selección del macrófito a utilizar es de fundamental importancia para lograr resultados positivos. Teniendo en cuenta los criterios planteados por Boyd (13) y Mitchell (14) para dicha determinación, *Pistia stratiotes* L. (n.v. repollito de agua, Fam. Araceae) fue el macrófito seleccionado. Si bien existen estudios sobre la eficiencia de macrófitos en la absorción de metales pesados (1, 7, 8, 9, 11, 12, 18, 19, 21, 22), es insuficiente el conocimiento sobre el efecto que producen los mismos en la morfología de las distintas especies vegetales. Por ello, los objetivos de este trabajo fueron:

- Evaluar los efectos producidos por el cadmio sobre la morfología de órganos vegetativos de *P. stratiotes* L.
- y sobre la tasa de crecimiento y capacidad de colonización del macrófito.

Materiales y Métodos

El material fue colectado en la margen derecha del arroyo Ubajay a la altura del km. 14, Rincón Norte, Provincia de Santa Fe, Argentina. Los macrófitos seleccionados presentaban similares caracteres morfológicos (tamaño, color, desarrollo del sistema radical); se emplearon ejemplares jóvenes ya que el cadmio no se transporta a la madurez y senectud de las plantas (15).

Los vegetales se lavaron cuidadosamente y se aclimataron durante 3 días en laboratorio. La experiencia

tuvo una duración de 36 días y fue realizada bajo condiciones de luz natural, aireación permanente, una temperatura media del agua de 20° C y pH ligeramente ácido.

Se utilizaron acuarios plásticos de 10 litros de capacidad, conteniendo aproximadamente 100 gr de peso fresco del vegetal y 7 litros de agua colectada del ambiente; periódicamente se efectuó agregado de agua potable desclorada a fin de compensar las pérdidas por evapotranspiración.

Las hojas y las raíces desprendidas de las plantas fueron removidas de los acuarios para evitar un posible aumento de nutrientes en agua como consecuencia de la necrosis de los tejidos.

Se destinaron 2 acuarios (control y con agregado de 1 ppm de Cd) para las mediciones morfométricas, y 2 para mediciones de cobertura y peso seco, con réplicas de cada uno de ellos. Se utilizó, además, un acuario para estimar el peso seco inicial.

Las mediciones se realizaron sobre el 100% del contenido de los acuarios sujetos a manipulación.

Los registros morfométricos fueron realizados 2 veces durante la primera semana y luego semanalmente hasta finalizar la experiencia.

Se consideraron:

- volumen de raíz
- volumen de tallo
- número de hojas por planta
- área foliar de la planta
- peso seco total y por órgano, obtenido en estufa a 105° C durante 48 hs
- relación peso foliar que indica el cociente entre el peso seco de las hojas y el peso seco total
- tasa de crecimiento, según la ecuación de Blackman, modificada por Hunt (16):

$$r = \frac{\ln W - \ln W_0}{t - t_0}$$

en la que W es el peso seco alcanzado al final del período, W_0 es el peso seco inicial, t es el tiempo al final del período de medición y t_0 es el tiempo inicial

- cobertura de las plantas en cada acuario, considerándola como área ocupada por las mismas sobre la película de agua.

Los volúmenes caulinar y radical, así como el área foliar, fueron calculados siguiendo fórmulas estereométricas.

Para el análisis de datos se efectuó un promedio entre los acuarios tratamientos y los respectivos acuarios réplicas. Con el propósito de comprobar estadísticamente la existencia de diferencias, se aplicó el análisis de la varianza múltiple a los volúmenes radical y caulinar, y al número y superficie de hojas por planta.

Resultados y Discusión

El volumen de raíz (Figura 1) tanto para el testigo como para los vegetales expuestos al contaminante experimentó un descenso entre el primer y último muestreo, siendo en el primer caso del 68,71% y para el segundo del 78,2%. El comportamiento de la misma durante los 36 días mostró respuestas disímiles: en el primer caso el volumen medio se recuperó parcialmente en el tercer muestreo, para luego decaer; mientras que en las plantas tratadas, el descenso fue constante hasta el final de la experiencia. A los cuatro días de agregado el contaminante se produjo un importante desprendimiento de la masa radical ya observado por Jaiswal, *et al.* (17) en otra especie de macrófito. Esto sustentaría el concepto de que la absorción de metales pesados es de cinética rápida observándose inmediatamente su influencia (7, 18, 19). Sin embargo, en la experiencia se observó una rápida recuperación con la formación de nuevas raíces.

El volumen caulinar (Figura 2) en los dos casos presentó fluctuaciones, mostrando períodos alternantes de descenso y recuperación alcanzando finalmente valores similares a los iniciales.

En cuanto a las hojas, el número promedio por planta (Figura 3) decreció regularmente tanto en el testigo como en el tratamiento (29,47% y 23,57%, respectivamente). El área foliar por planta (Figura 4) mostró reducción final tanto en los acuarios testigo como en los tratados.

Ninguno de los parámetros anteriormente analizados evidenció diferencias significativas entre el control y el tratamiento (ANOVA, $p > 0,05$), por lo que puede inferirse que si bien se observa una disminución las variaciones morfológicas observadas en las plantas expuestas al cadmio, no fueron lo suficientemente importantes como para impedir su desarrollo.

Se registró una disminución en el área de las hojas grandes (testigo: 14,47%; tratadas: 23,27%) y un incremento en el área de las pequeñas (testigo: 69,53%; tratadas: 156%). La disminución del área de las primeras podría deberse a que éstas sufren una

senescencia natural, al ser desplazadas por el desarrollo de los primordios foliares y así entrar en contacto con el agua (20). Las diferencias significativas encontradas entre el primer y último muestreo de las hojas pequeñas podrían indicar una alta reproducción vegetativa de los macrófitos ($p < 0,05$).

El peso seco total (Tabla 1) decreció al final de la experiencia, tanto para el material testigo como para el tratado, en un 33,12% y 25,31%, respectivamente.

La variación del peso seco por órgano (Tabla 1) se observó con mayor intensidad en la raíz, disminuyendo 2,58% en el testigo y 35,19% en el tratamiento. Este comportamiento podría explicarse por ser la raíz el órgano más efectivo en la absorción del metal pesado (21, 22, 23, 24, 18, 19). Para los órganos foliares la reducción en ambos casos fue similar, mientras que para tallo fue mayor en el testigo que en los vegetales expuestos al cadmio.

El análisis de la relación peso foliar (Tabla 1) mostró un incremento para el tratamiento de cadmio y una disminución para el testigo, con respecto al valor inicial. Aquí vale considerar la respuesta radical y foliar frente al contaminante. Existen trabajos que demuestran que las hojas absorben menor cantidad de cadmio que las raíces, tanto en otras especies (22, 24), como en *P. stratiotes* (19). Esto explicaría la respuesta más favorable que se manifestó en la relación mencionada.

Las tasas de incremento fueron negativas, mostrando los macrófitos contaminados un $r = -0,012$ y los no contaminados un $r = -0,008$, debido fundamentalmente a la gran disminución de la masa radical y foliar. Existen evidencias en trabajos anteriores con tasas de incremento positivas (12). Es probable que los valores negativos obtenidos en este caso se debieran a factores ajenos al contaminante, como por ejemplo, el agotamiento de nutrientes y la mayor duración de la experiencia. Sin embargo, al analizar las pendientes negativas, se observa que el crecimiento fue siempre menor en los vegetales sometidos al metal pesado al igual que lo observado por Jastrow y Koeppe (15).

Se registraron valores positivos en el número de plantas (Tabla 1), alcanzando el testigo un incremento del 33,33% y el tratado un incremento del 23,08%. En lo que respecta a cobertura los valores iniciales y finales, tanto para el testigo como para el tratamiento, manifestaron similitud, presentando oscilaciones a lo largo de los 36 días.

Al relacionar cobertura con el número de plantas es posible deducir que el tamaño de las plantas nuevas fue mayor en los vegetales tratados con cadmio. Si bien las tasas de incremento y el peso seco descendieron, los valores de cobertura y número de plantas, así como la existencia de numerosas hojas pequeñas, indicarían la tolerancia de los vegetales a la contaminación.

Conclusiones

La raíz fue el órgano más afectado por el contaminante; sin embargo, se evidenció rápidamente la formación de nuevas raíces.

A pesar de la existencia de variaciones morfológicas negativas, esta especie no presenta respuestas inhibitorias de su desarrollo, mostrando una alta capacidad de resistencia frente al contaminante sustentada por los valores positivos observados en cobertura y número de plantas.

El menor crecimiento de los macrófitos tratados sería una consecuencia de la metalotoxicidad generada.

Por lo expuesto podría postularse a *P. stratiotes* L. como uno de los macrófitos capaces de disminuir los niveles de cadmio en los ecosistemas acuáticos.

Frente a este tipo de metodología de extracción de contaminantes, se hace manifiesta la necesidad de continuar con estudios que propongan formas beneficiosas de cosecha de los vegetales, y así retirar definitivamente a los contaminantes de la cadena trófica.

Agradecimientos

A la M.Sc. Mercedes Marchese por la lectura crítica del manuscrito.

Bibliografía

1. Förstner U. y Wittman G.T.W., 1983. "Metal pollution in the Aquatic Environment". Second Revised Edition. Springer-Verlag, 486 pp.
2. R. J. Shamberger, 1989. "Toxicity of heavy metals in environment". Oehme, F. ed. (New York), 689-797.
3. Gersberg R.M., Elkins B.V., Lyon S.R. y Goldman C.R., 1986. Role of aquatic plants in wastewater treatment by artificial wetlands. *Wat. Res.* **20**: 363-368.
4. Jenssen P. D., Mahlum T. y Krogstad T., 1993. Potencial use of constructed wetlands for wastewater treatment in Northern environments. *Water Sci. Technol.* **28**: 149-157.
5. D. A. Cornwell, 1977. Nutrient removal by water hyacinths. *J. Wat. Pollut. Control Fed.* **70**: 57-65.
6. Wolverton B. C. y Mc Donald C. R., 1979. The water hyacinth: from prolific pest to potential provider. *Ambio* **8**, 1: 2-9.
7. Delgado M., Bigeriego M. y Guardiola E., 1993. Uptake of Zn, Cr and Cd by water hyacinths. *Wat. Res.* **27**, 2: 269-278.
8. Sen A.K. y Mondal N.G., 1987. *Salvinia natans* - as the scavenger of Hg(II). *Water, Air and Soil Pollut.* **34**: 439-446.
9. Sen A.K. y Bhattacharyya M., 1994. Studies of uptake and toxic effects of Ni(II) on *Salvinia natans*. *Water, Air and Soil Pollut.* **78**: 141-152.
10. Van der Werff M. y Pruyt M. J., 1982. Long-term effects of heavy metals on aquatic plants. *Chemosphere* **11**: 727-739.
11. De A. K., Sen A. K. y Modak D. P., 1985. Studies of toxic effects of Hg(II) on *Pistia stratiotes*. *Water, Air and Soil Pollut.* **24**: 351-360.
12. Maine M.A., Suñe N. L., Pedro M. C. y Duarte M. V., 1999. Eliminación de Cd y Cr desde aguas utilizando macrófitos. *Información Tecnológica* **10**, 6: 11-18.
13. C.D. Boyd, 1970. Vascular aquatic plants for mineral nutrient removal from polluted waters. *Econ. Bot.* **24**: 95-103
14. D.S. Mitchell, 1978. The potencial of wastewater treatment by aquatic plants in Australia. *Wat. Res Found. Aust. Bull.* **5**, 3: 15-17.
15. Jastrow J.D. y Koeppel D.E., 1980. "Cadmium in the environment". Nriagu J.O. Editor Wiley, c. (New York), I. 607-631.
16. R. Hunt, 1978. "Plant Growth Analysis. Studies in Biology N° 96". Edward Arnold Ltd, (London), 12-16.
17. Jaiswal V.S. y Srivastava A. Effect of cadmium on *Spirodella polyrrhiza* L. *Indian J. Plant Nutri.* **4**, 77.
18. Satyakala G. y Jamil K., 1997. Studies on the effect of heavy metal pollution on *Pistia stratiotes* L. (Water lettuce). *Indian J. Environ. Hlth.* **39**, 1: 1-7.
19. Maine M.A. y Marozzi Ma. del C., 1998. "Comportamiento de *Pistia stratiotes* L. en agua contaminada con cadmio". XXVI Jornadas Argentinas de Botánica (Río Cuarto).
20. Lallana V.H. 1989. Aspectos reproductivos del repollito de agua (*Pistia stratiotes* L.) en ambientes leníticos del río Paraná Medio. *IHERINGIA. Sér. Bot. Porto Alegre* **39**: 37-54.
21. Fayed S.E. y Hussein I.A., 1985. Accumulation of Cu, Zn, Cd y Pb by aquatic macrophytes. *Environ. International* **11**, 77.
22. Prakash O., Mehrotra I. y Kumar P., 1987. Removal of cadmium from water by water hyacinth. *Journal of Environment Engineering* **113**, 2: 352-365.
23. Kabata-Pendias A. y Pendias H., 1992. "Trace elements in soils and plants". 2nd ed. CRC Press. (London).
24. Ding X., Jiang J., Wang Y., Wang W. y Ru B., 1994. Bioconcentration of cadmium in water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in relation to thiol group content. *Environmental Pollution* **84**: 93-96.

Figura 1: Variaciones del volumen de raíz por planta en función del tiempo, en vegetales testigo (T) y tratados con 1ppm de cadmio (Cd).

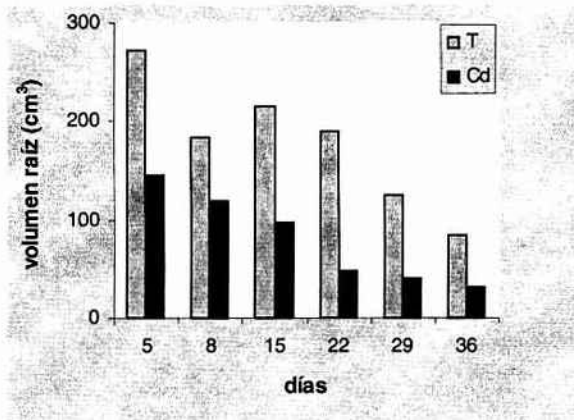


Figura 2: Variaciones del volumen de tallo por planta en función del tiempo, en vegetales testigo (T) y tratados con cadmio (Cd).

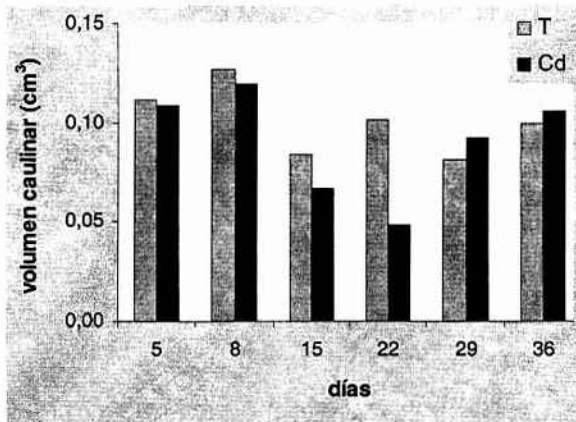


Figura 3: Variaciones del número de hojas por planta en función del tiempo, en vegetales testigo (T) y tratados con cadmio (Cd).

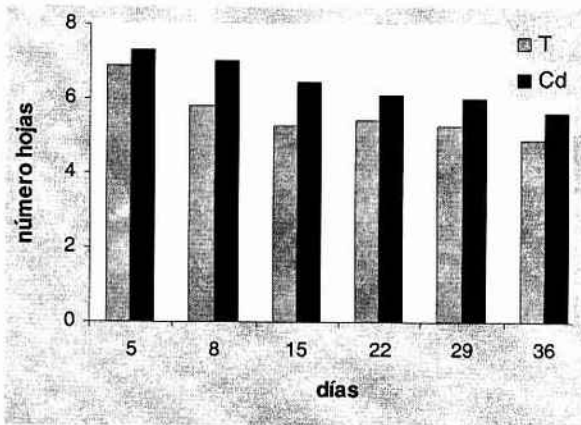


Figura 4: Variaciones del área foliar por planta en función del tiempo, en vegetales testigo (T) y tratados con cadmio (Cd).

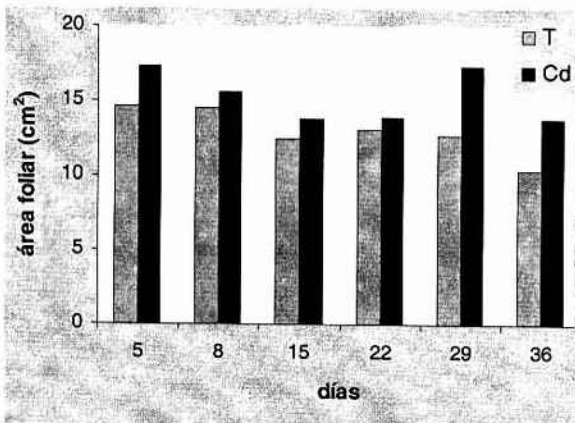


Tabla 1: Variaciones en el número de plantas, cobertura, peso seco total y por órganos, y relación de peso foliar de *P. stratiotes*, al inicio y al final de la experiencia en acuarios testigo (T) y tratados con el metal pesado (Cd).

	Inicial		Final	
	T	Cd	T	Cd
Nº de plantas	27	26	36	32
Cobertura (cm ²)	574	602	616	644
Peso seco (gr)	7,94		5,93	5,31
hoja	5,51		3,61	3,72
tallo	0,11		0,05	0,08
raíz	2,33		2,27	1,51
Relación de peso foliar	0,69		0,61	0,70