

# Efectos del fósforo sobre el crecimiento y competencia de *Salvinia herzogii* de la Sota (Salviniaceae) y *Pistia stratiotes* L. (Araceae)

Hadad, Hernán R.; Maine, Ma. Alejandra

Química Analítica, Facultad de Ingeniería Química – U.N.L.  
Santiago del Estero 2829 (3000) Santa Fe, Argentina  
T. E.: (0342) 457 1164 Int. 2515. E-mail: amaine@fiqus.unl.edu.ar

**RESUMEN:** Se evaluó la capacidad de *Salvinia herzogii* y *Pistia stratiotes* para absorber fósforo de aguas, determinar los efectos de altas concentraciones del mismo sobre su desarrollo y describir sus relaciones de competencia. Se utilizaron acuarios con una concentración de P en agua de 10 mg/l. Se midió la concentración de P en agua y en órganos vegetativos, biomasa, clorofila, cobertura, parámetros morfométricos y tasas de dispersión relativa. Ambas macrófitas fueron eficientes en la absorción de P, aunque éste afectó sus tasas de crecimiento. *S. herzogii* se adaptó mejor. Cuando las especies estudiadas crecieron juntas, *S. herzogii* asimiló la mayor concentración de P en sus tejidos e influyó negativamente en el crecimiento de *P. stratiotes*, por lo que la jerarquía competitiva por el espacio y el P fue *S. herzogii* > *P. stratiotes*.

**Palabras clave:** fósforo, crecimiento, competencia, macrófitas.

**SUMMARY.** Effects of phosphorus on *Salvinia herzogii* de la Sota (Salviniaceae) and *Pistia stratiotes* L. (Araceae) growth and competition. Hadad, H.R.; Maine, M.A. Phosphorous uptake capacity of *Salvinia herzogii* and *Pistia stratiotes*, the effects of high phosphorous concentration on their growth and the interrelationship between the species were evaluated in outdoors experiments. Aquaria containing lake water enriched with 10 mg/l P were used. Soluble reactive phosphorous (SRP) in water, total P in plant tissue, biomass, chlorophyll, cover, morphometric parameters and relative rate of spread were measured. Both species were efficient in P uptake. Although the P affected the macrophytes growth rate. *S. herzogii* was better adapted. When the species were grown together, *S. herzogii* showed the highest P uptake and had a negative influence in *P. stratiotes* growth. In consequence, the competitive hierarchy for the space and P was *S. herzogii* > *P. stratiotes*.

**Key words:** phosphorus, growth, competition, macrophytes

## Introducción

Las investigaciones realizadas especialmente en regiones templadas y tropicales, demuestran que las macrófitas representan una de las comunidades más productivas y que, a través de su actividad metabólica, son capaces de interferir de diferentes maneras en la dinámica de los ecosistemas (1). Esto dio origen a que en los últimos años, a escala mundial, se haya prestado especial atención al uso de plantas acuáticas flotantes libres, arraigadas y sumergidas. Mientras que algunos autores las utilizan para solucionar problemas de eutroficación de cuerpos de agua dulce (2-4), otros las proponen como potenciales absorbedoras de contaminantes para ser utilizadas en sistemas de tratamientos de efluentes (5-12).

También se han realizado estudios relacionados con la competencia entre macrófitas por el espacio, la luz y los nutrientes en ambientes naturales principalmente (13-18). En investigaciones realizadas con pequeñas plantas acuáticas flotantes, se encontró que la distribución y abundancia fueron proporcionales a las diferentes capacidades para competir por el espacio y los nutrientes (19). La composición de nutrientes en los tejidos puede ser un rasgo importante para identificar la estrategia ecológica de una especie. Los niveles de nutrientes en los tejidos son una medida aproximada del consumo de recursos, rasgo fundamental para predecir los resultados de las interacciones competitivas en las comunidades de plantas (20).

La bibliografía acerca de las alteraciones que provocan los contaminantes sobre las macrófitas,

no sólo en la consideración de su morfología y estructura, sino en la influencia que estos aspectos tienen sobre la fisiología del vegetal, es escasa y está referida en su mayor parte a metales pesados (21-23). La vegetación acuática de la zona del valle de inundación del río Paraná Medio es muy variada (24). La capacidad que poseen dichas plantas para crecer rápidamente en aguas poluídas, las convierte en eficaces agentes para la remoción de un amplio rango de nutrientes y por lo tanto, para la purificación del agua (9). Por otra parte, es importante tener en cuenta que el conocimiento de los efectos de los contaminantes sobre los ecosistemas acuáticos, es esencial para la protección de su biodiversidad.

El contaminante utilizado en este trabajo fue el fósforo, ya que es considerado como uno de los principales factores de eutroficación en sistemas acuáticos naturales, tiene un rol claro y fundamental en el metabolismo celular y es un reconocido disparador de cambios en la estructura de comunidades terrestres y acuáticas (25, 26).

De esta forma, se persiguieron los siguientes objetivos:

- Evaluar la capacidad de absorción de fósforo de dos macrófitas flotantes libres del valle de inundación del Río Paraná Medio.

- Detectar los efectos del fósforo sobre su crecimiento, creciendo aisladas y en competencia.

## Materiales y Métodos

Se realizó una experiencia de 30 días durante el mes de septiembre de 1999. Las macrófitas y el agua utilizados se recolectaron en una pequeña laguna del valle de inundación del río Paraná Medio, cercana a la ciudad de Santa Fe, y ubicada a 31° 38' S - 60° 40' W. La selección de las macrófitas a estudiar, se realizó siguiendo los criterios propuestos por Boyd (27), Mitchell (28) y Lallana (29) para macrófitas a ser utilizadas en la absorción de contaminantes: crecimiento rápido y fácil dispersión, velocidad de crecimiento relativamente constante, alta capacidad de absorción de nutrientes, tolerancia a condiciones hipereutróficas, fácil cosecha, y preferiblemente posibilidad de alguna utilización posterior. *Salvinia herzogii* De la Sota (Salviniaceae) y *Pistia stratiotes* L. (Araceae) fueron las especies seleccionadas debido a que además de cumplir con los criterios men-

cionados, demostraron alta eficiencia en la absorción de fósforo del agua (9). Se emplearon 30 acuarios plásticos de 12 litros de capacidad y aireadores para el mantenimiento de las condiciones de aerobividad en agua. Los recipientes se colocaron a cielo abierto para mantener temperatura y fotoperíodo natural. Después de lavar los ejemplares, se colocaron 100 g de vegetal húmedo en cada acuario y 7 litros de agua del sitio de recolección. Seguidamente se efectuó un período de aclimatación de tres días. Teniendo en cuenta que las aguas naturales de la región contienen aproximadamente 0,02-0,05 mg P/l, se agregó fósforo en cada acuario a fin de obtener una concentración en agua de 10 mg P/l (concentración característica a la de un efluente domiciliario). Se estudiaron las macrófitas en forma aislada y asociada. Para esto último, fueron colocadas ambas especies en un mismo acuario.

Los tratamientos siguieron el siguiente esquema: 1) *S. herzogii*, 2) *P. stratiotes* y 3) *S. herzogii* + *P. stratiotes*, todos con el agregado de P (10 mg P/l) (6 réplicas de cada tratamiento), y los controles 4), 5) y 6) Idem pero sin agregado de P (3 réplicas de cada control). Además, se utilizó un control químico (agua con P, sin macrófitas), a fin de determinar si el P era eliminado por reacciones químicas o por adsorción de las paredes del acuario. En la toma inicial y final de datos se midió: área foliar y volumen de raíz y tallo (parámetros morfométricos), cobertura, dosaje de clorofila, peso seco, concentración de fósforo en órganos vegetativos, temperatura del agua, pH y conductividad. Para estimar el área foliar, se calculó la superficie de tres diferentes tamaños de láminas foliares y se multiplicó por el número de hojas correspondientes a esos tamaños en cada planta. Luego se sumaron las superficies foliares de todas las plantas de cada acuario para obtener la superficie foliar total. Periódicamente se agregó agua de laguna para compensar las pérdidas por evapotranspiración. Los parámetros morfométricos y la cobertura vegetal se midieron cada 7 días. La cobertura se estimó midiendo el área que ocupó cada especie sobre la superficie de agua a fin de obtener el porcentaje en función de la superficie total de cada acuario. La concentración de fósforo reactivo soluble (PRS) se determinó inicialmente y a 0,5, 2, 4, 8 y 24 horas, y 2, 5, 10, 20 y 30 días de comenzada la experiencia. Se calculó la tasa de crecimiento relativo, según la ecuación de Hunt (30):  $R = (\ln W_2 - \ln W_1) / (T_2 - T_1)$ , donde R = tasa de crecimiento relativo ( $g\ g^{-1}\ día^{-1}$ ),

$W_1$  y  $W_2$  = pesos secos inicial y final, respectivamente,  $(T_2 - T_1)$  = tiempo de experimentación; y la tasa de dispersión relativa (TDR) según la fórmula de Dickinson y Miller (19):  $TDR = [(cobertura\ final - cobertura\ inicial) / cobertura\ inicial] / n^\circ\ de\ días$ . El PRS se determinó según Murphy y Riley (31). El P total en tejidos vegetales se determinó previa digestión ácida ( $HCl/NO_3H/HClO_4$ ) por Murphy y Riley (31). Para obtener el peso seco, se colocaron las raíces, tallos y hojas por separado en estufa a 105°C, durante aproximadamente 48 horas (32). Además, se estimó la parte aérea como la suma del peso seco de tallos y hojas para obtener la relación parte aérea/raíz. La clorofila se determinó colorimétricamente, luego de una extracción con acetona, de acuerdo a la técnica propuesta por APHA (32).

**Análisis estadístico:** Los datos fueron sometidos a análisis de la varianza y las diferencias entre tratamientos se analizaron empleando el Test de Duncan ( $p < 0,05$ ). La normalidad de los residuales se realizó gráficamente. El test de Bartlett para homocedasticidad mostró varianzas homogéneas en todos los tratamientos testeados por ANOVA (33, 34). El test de Dunnett se empleó para detectar diferencias significativas entre los tratamientos y los controles (33).

## Resultados y Discusión

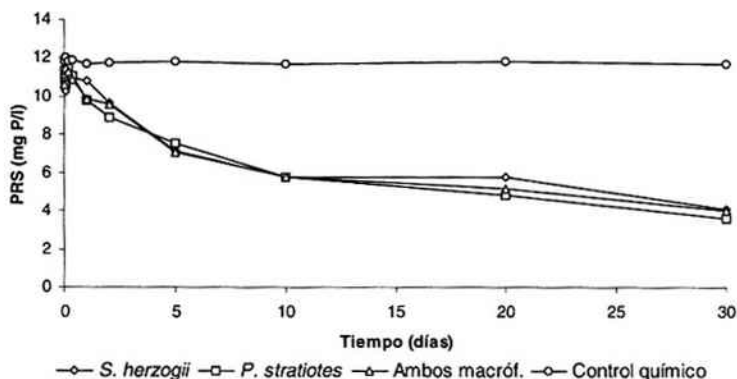
Durante el tiempo de experimentación, la temperatura del agua se encontró entre 16-20 °C, el pH entre 6,9 - 7,1 y la conductividad entre 130-170 mmho/cm.

**Concentración de PRS:** Disminuyó a lo largo de la experiencia de forma más acentuada durante los 5 primeros días (Fig. 1). Entre el día 10 y 20 se produjo la menor absorción, probablemente debido al estrés

que causó el contaminante sobre las plantas, observándose luego una buena absorción a partir del día 20, lo que indicaría una recuperación por parte de las macrófitas. Al cabo de 30 días, *S. herzogii* absorbió el 64% del P agregado, *P. stratiotes*, 68%, y las macrófitas asociadas, 64%. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la remoción de PRS entre los tratamientos utilizados al finalizar la experiencia (ANOVA,  $p < 0,05$ ). Resultados similares fueron reportados en trabajos de eliminación de P de agua utilizando macrófitas (9-11). En el control químico, la concentración de PRS no presentó variaciones significativas durante el tiempo de experimentación. Se observó una diferencia estadísticamente significativa en la concentración final de PRS entre este acuario y los que poseían macrófitas (Test de Dunnett), lo que indica que las macrófitas fueron los únicos responsables de la disminución de PRS.

**Concentración de P en órganos vegetativos:** Aumentó en tejidos de macrófitas de acuarios con agregado de P. La Tabla 2 muestra las concentraciones iniciales y finales, observándose que *S. herzogii* obtuvo mayores aumentos. Las altas concentraciones de P encontradas en *S. herzogii* demuestran una mayor capacidad para absorber nutrientes en comparación con *P. stratiotes*, lo que coincide con resultados previos de experiencias realizadas a bajas concentraciones de P (9). Existió una diferencia estadísticamente significativa entre la concentración de P de raíces pero no de tallos y hojas de las dos especies aisladas y asociadas (ANOVA, Test de Duncan), siendo la concentración de P en raíces de *S. herzogii*, tanto aisladas como asociadas, significativamente superiores a las de *P. stratiotes*. Se registraron diferencias estadísticamente signifi-

**Figura 1:** Variación en función del tiempo de la concentración de PRS (mg P/l), en acuarios conteniendo los macrófitos estudiados



**Tabla 1:** Concentraciones iniciales y finales de P en órganos vegetativos (raíces, tallos y hojas; mg g peso seco) de *S. herzogii* y *P. stratiotes*. Promedio  $\pm$  D. S.

Macrófitas	Raíces Inicial	Final	Tallos Inicial	Final	Hojas Inicial	Final
<b>Aisladas</b>						
<i>S. herzogii</i>	1,58 $\pm$ 0,12	3,28 $\pm$ 0,38	1,63 $\pm$ 0,09	4,16 $\pm$ 0,14	1,86 $\pm$ 0,15	4,54 $\pm$ 0,13
Control	1,58 $\pm$ 0,12	1,40 $\pm$ 0,18	1,63 $\pm$ 0,09	1,45 $\pm$ 0,13	1,86 $\pm$ 0,15	1,46 $\pm$ 0,23
<i>P. stratiotes</i>	2,34 $\pm$ 0,09	2,53 $\pm$ 0,10	2,20 $\pm$ 0,21	3,85 $\pm$ 1,03	2,59 $\pm$ 0,13	5,32 $\pm$ 0,69
Control	2,34 $\pm$ 0,09	1,69 $\pm$ 0,11	2,20 $\pm$ 0,21	2,15 $\pm$ 0,16	2,59 $\pm$ 0,13	1,72 $\pm$ 0,09
<b>Asociadas</b>						
<i>S. herzogii</i>	1,58 $\pm$ 0,12	3,38 $\pm$ 0,57	1,63 $\pm$ 0,17	4,42 $\pm$ 0,26	1,86 $\pm$ 0,15	5,53 $\pm$ 0,56
Control	1,58 $\pm$ 0,12	1,54 $\pm$ 0,19	1,63 $\pm$ 0,17	2,02 $\pm$ 0,18	1,86 $\pm$ 0,15	1,40 $\pm$ 0,17
<i>P. stratiotes</i>	2,34 $\pm$ 0,09	2,74 $\pm$ 0,61	2,20 $\pm$ 0,15	4,00 $\pm$ 0,20	2,59 $\pm$ 0,13	4,49 $\pm$ 0,13
Control	2,34 $\pm$ 0,09	1,61 $\pm$ 0,23	2,20 $\pm$ 0,15	1,51 $\pm$ 0,20	2,59 $\pm$ 0,13	1,41 $\pm$ 0,12

cativas entre los acuarios con P y los acuarios control para raíces, tallos y hojas de las dos especies (ANOVA,  $p < 0,05$ ).

Se realizó un balance de la masa de P inicial y final en cada reactor, determinándose que la cantidad final de P fue entre un 10-15% inferior a la inicial, excepto en los acuarios control. Esto podría deberse a que los restos vegetales (principalmente raíces) encontrados en el fondo de los acuarios al finalizar la experiencia, pudieron haber sorbido parte del P agregado. En trabajos recientes, se propone que las raíces

de macrófitas secas pueden retener grandes cantidades de contaminantes (35, 36).

**Biomasa:** El peso seco de macrófitas aisladas aumentó en los acuarios tratados con P. Similares resultados fueron reportados por otros autores para macrófitas expuestas a distintos contaminantes (7, 9). Sin embargo, el peso seco de los acuarios control, tuvo un incremento mayor, especialmente en *P. stratiotes* (Tabla 2). Esto indicaría que el P, a la concentración utilizada, afectó en forma negativa el crecimiento de las macrófitas, principalmente a *P. stratiotes*. En los acuarios con P y en los controles, el

aumento de peso seco de raíces fue superior para *P. stratiotes*, mientras que el aumento de la parte aérea fue mayor para *S. herzogii*. Por lo tanto, la relación parte aérea/raíz disminuyó más en *P. stratiotes* (0,4

veces) que en *S. herzogii* (0,2 veces), evidenciando un mayor crecimiento radicular en la primera. Igua- les resultados se observaron para macrófitas asociadas.

**Tabla 2:** Peso seco (g) inicial y final de raíces y parte aérea (tallos + hojas) y tasas de crecimiento relativo ( $R = g\ g^{-1}\ día^{-1}$ ) de *S. herzogii* y *P. stratiotes*. Promedio  $\pm$  D.S.

Macrófitas	Raíces		Parte aérea (Tallos + Hojas)		R
	Inicial	Final	Inicial	Final	
<b>Aisladas</b>					
<i>S. herzogii</i>	1,3267 $\pm$ 0,1413	2,3768 $\pm$ 0,0103	2,8873 $\pm$ 0,1225	4,2783 $\pm$ 0,2003	0,015
Control	1,3267 $\pm$ 0,1413	2,4602 $\pm$ 0,1820	2,8873 $\pm$ 0,1225	4,4790 $\pm$ 0,2428	0,017
<i>P. stratiotes</i>	1,2208 $\pm$ 0,1082	2,6035 $\pm$ 0,1749	3,5960 $\pm$ 0,1023	4,3970 $\pm$ 1,1056	0,012
Control	1,2208 $\pm$ 0,1082	4,0252 $\pm$ 0,1835	3,5960 $\pm$ 0,1023	4,7852 $\pm$ 0,2935	0,020
<b>Asociadas</b>					
<i>S. herzogii</i>	0,6634 $\pm$ 0,0741	1,2250 $\pm$ 0,1822	1,4437 $\pm$ 0,0727	2,0196 $\pm$ 0,5023	0,014
Control	0,6634 $\pm$ 0,0741	1,3215 $\pm$ 0,1020	1,4437 $\pm$ 0,0727	2,3123 $\pm$ 0,1135	0,018
<i>P. stratiotes</i>	0,6104 $\pm$ 0,0550	1,1897 $\pm$ 0,3361	1,7980 $\pm$ 0,0998	2,1914 $\pm$ 0,0457	0,005
Control	0,6104 $\pm$ 0,0550	1,5325 $\pm$ 0,0934	1,7980 $\pm$ 0,0998	2,6539 $\pm$ 0,0934	0,018

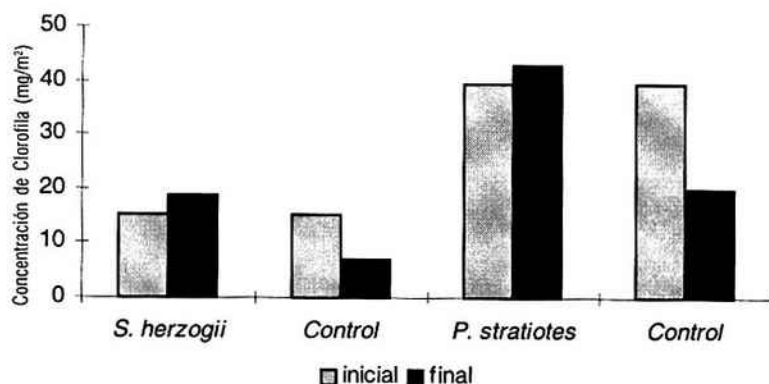
**Dosaje de clorofila:** En acuarios con agregado de *P. S. herzogii* aumentó un 22% y *P. stratiotes*, 9% (Fig. 2). Evidentemente, el P a la concentración estudiada, no afectó el sistema sintetizador de clorofila, es decir, no se evidenciaron efectos tóxicos para este parámetro. La causa del aumento de clorofila en plantas tratadas con P, podría explicarse por la mayor disponibilidad de este elemento, acumulado principalmente en las hojas al finalizar la experiencia. En contrapartida, en los controles de ambas especies, la cantidad de clorofila disminuyó aproximadamente en un 50%.

**Cobertura:** Exhibió diferentes patrones de cambio a través del tiempo. Similares resultados se informaron para plantas flotantes libres semejantes (19). *S. herzogii* obtuvo mayores porcentajes de aumento (aislada: 57%; asociada: 71%) que *P. stratiotes* (aislada: 41%; asociada: 36%) (Tabla 3). Para macrófitas asociadas se observó que *P. stratiotes* fue favorecida por el P ya que en el acuario con agregado del mismo, el aumento de cobertura fue superior al control. De cualquier modo, el porcentaje de aumento de *S. herzogii* fue superior demostrando una mejor competencia por el espacio. Por lo expuesto, puede postularse que *S. herzogii* tuvo un alto

grado de capacidad colonizadora por propagación vegetativa, en contraposición a *P. stratiotes*.

**Parámetros morfométricos:** El volumen de raíces de *S. herzogii* aumentó significativamente en acuarios con agregado de P respecto al valor inicial (Fig. 3a). El volumen de raíces de la otra macrófita aumentó sin presentar diferencias significativas entre el volumen inicial y final. El volumen de tallos no aumentó significativamente respecto al valor inicial, salvo en el acuario control de *S. herzogii* (Fig. 3b). El área foliar total en el control y en el tratamiento de *S. herzogii*, aumentó marcadamente hasta el séptimo día y luego descendió abruptamente hasta casi el valor inicial. Después del día 14, volvió a ascender (Fig. 3c). En otro estudio, se obtuvieron resultados similares para el área foliar media de *Eichhornia crassipes*, sometida a la misma concentración de P (23). La superficie foliar de *P. stratiotes* no presentó variaciones notables a través del tiempo.

Puede proponerse que el P a la concentración utilizada, afectó a las macrófitas estudiadas, observándose como ya se dijo, entre los 10 y 20 días de experiencia, una disminución en la absorción del mismo, que coincidió con una disminución de la cobertura, volumen de raíces, y para el caso de *S. herzogii*,

Figura 2: Concentraciones iniciales y finales de clorofila ( $\text{mg/m}^2$ ) de los macrófitos estudiados

área foliar total (efecto que quizás se hubiera observado en otros parámetros como peso seco o clorofila, que sólo se analizaron al iniciar y finalizar la experiencia). Probablemente en este período, las plantas sufrieron el estrés de la perturbación efectuada debido a que la absorción de P por macrófitas es de cinética lenta, comparada con la absorción de metales pesados que es de cinética rápida (7, 12). Luego de 20 días, las macrófitas se recuperaron e incrementaron la absorción de P muy levemente (Fig. 1).

**Competencia:** Las tasas de dispersión relativa de *S. herzogii* fueron mayores que las de *P. stratiotes* (Tabla 3). Las mayores tasas se registraron en macrófitas asociadas, visualizándose así los efectos negativos de la competencia por el espacio que ejerció *S. herzogii* sobre *P. stratiotes*. Por otro lado, fue *S. herzogii* la especie que asimiló la mayor concentración de P en sus tejidos en presencia de la otra macrófita (Tabla 1). Por lo anterior, la jerarquía competitiva fue *S. herzogii* > *P. stratiotes*, en relación con la competencia por el espacio y el P. En otro trabajo, se reportó que *E. crassipes* tuvo claras ventajas competitivas frente a *P. stratiotes* compitiendo por el espacio y los nutrientes (15). Los recipientes cerrados utilizados permitieron detectar puntualmente la competencia por el P debido a que en los sistemas naturales la absorción de nutrientes no provoca efectos locales fuertes a causa de la existencia de corrientes de agua (19).

## Conclusiones

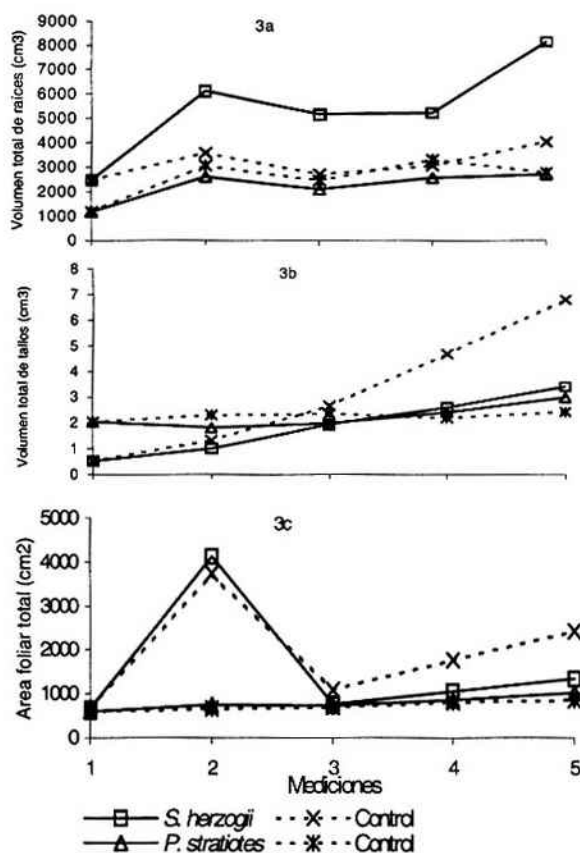
- Las dos especies fueron altamente eficientes en la absorción de fósforo.
- Si bien el fósforo ejerció un efecto perturbador, ambas macrófitas pudieron recuperarse y adaptarse al mismo.
- La tasa de crecimiento relativo de ambas macrófitas resultó afectada por el fósforo a la concentración utilizada.
- La síntesis de clorofila para ambas especies fue favorecida.
- *S. herzogii* fue el mejor competidor por el espacio y el P y presentó una mejor adaptación ante la contaminación efectuada.

## Bibliografía

- 1- Esteves, F. A.; 1988. "Fundamentos de Limnología. Inter-ciencia." FIMEP. (Río de Janeiro).
- 2- Cornwell, D. A.; 1977. Nutrient removal by water hyacinths. *J. Wat. Pollut. Cont. Fed.*, **70**, 57-65.
- 3- Imaoka, T. & Teranishi, S., 1988. Rates of nutrient uptake and growth of the water hyacinth. *Wat. Res.* **22**, 8: 943-951.
- 4- Aoi, T. & Hayashi, T., 1996. Nutrient removal by water lettuce (*Pistia stratiotes*). *Wat. Sci. Tech.* **34**, 7-8: 407-412.
- 5- Reddy, K. R.; 1983. Fate of nitrogen and phosphorus in waste-water retention reservoir containing aquatic macrophytes. *J. Environ. Qual.* **12**, 137-141.

**Tabla 3:** Valores iniciales y finales de cobertura (%) y tasas de dispersión relativa (TDR) de *S. herzogii* y *P. stratiotes*. Promedio  $\pm$  D. S.

Macrófitas	Cobertura Inicial	Final	TDR
<b>Aisladas</b>			
<i>S. herzogii</i>	36,0 $\pm$ 0,8	56,5 $\pm$ 2,1	0,019
Control	36,0 $\pm$ 0,8	61,0 $\pm$ 0,9	0,023
<i>P. stratiotes</i>	55,0 $\pm$ 1,2	77,5 $\pm$ 6,3	0,014
Control	55,0 $\pm$ 1,2	79,0 $\pm$ 1,2	0,015
<b>Asociadas</b>			
<i>S. herzogii</i>	21,0 $\pm$ 0,5	36,0 $\pm$ 0,0	0,024
Control	21,0 $\pm$ 0,5	45,0 $\pm$ 0,9	0,038
<i>P. stratiotes</i>	32,0 $\pm$ 0,6	43,5 $\pm$ 2,1	0,012
Control	32,0 $\pm$ 0,6	33,0 $\pm$ 1,0	0,001

**Figura 3:** Variación en función del tiempo del volumen de raíz (3a) y tallo (3b) y del área foliar total (3c). Mediciones cada 7 días.

- 6- Gersberg, R. M.; Elkins, B. V.; Lyon, S. R. & Goldman, C. R., 1986. Role of aquatic plants in wastewater treatment by artificial wetlands. *Wat. Res.* **20**, 363-368.
- 7- Jenssen, P. D.; Mahlum, T. & Krogstad, T., 1993. Potential use of constructed wetlands for wastewater treatment in northern environments. *Wat. Sci. Tech.* **28**, 10: 149-157.
- 8- Sen, A. K. & Bhattacharyya, M., 1994. Studies of uptake and toxic effects of Ni (II) on *Salvinia natans*. *Water, Air, Soil Pollut.* **78**, 141-152.
- 9- Maine, M. A.; Panigatti, M. C. & Pizarro, M., 1998. Role of macrophytes in phosphorus removal in Paraná medio wetlands. *Pol. Arch. Hydrobiol.* **45**, 1: 23-34.
- 10- Maine, M. A.; Panigatti, M. C.; Bazán, J. C. & Sánchez, G., 1998. Eliminación de fósforo y nitrógeno de aguas utilizando *Salvinia herzogii*. *Información Tecnológica.* **9**, 6: 311-316.
- 11- Maine, M. A.; Panigatti, M. C.; Bazán, J. C.; Pedro, M. C. & Pizarro, M. J., 1998. Sistemas pantanos y macrófitas flotantes en la eliminación de fósforo de aguas. *Información Tecnológica.* **9**, 2: 35-41.
- 12- Maine, M. A.; Duarte, M. V. & Suñé, N. L., 2001. Cadmium uptake by floating macrophytes. *Wat. Res.* **35**, 11: 2629-2634.
- 13- Gaudet, C. L. & Keddy, P. A., 1988. A comparative approach to predicting competitive ability from plant traits. *Nature.* **334**, 242-243.
- 14- Gaudet, C. L. & Keddy, P. A., 1995. Competitive performance and species distribution in shoreline plant communities: a comparative approach. *Ecology.* **76**, 1: 280-291.
- 15- Agami, M. & Reddy, K. R., 1990. Competition for space between *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms and *Pistia stratiotes* L. cultured in nutrient-enriched water. *Aquatic Botany.* **38**, 195-208.
- 16- Santiago, M. C.; 1990. Competition of water hyacinth [*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms] with *Hydrilla verticillata* Royle and *Pistia stratiotes* Linn. *Philippine Journal of Science.* **119**, 4: 323-331.
- 17- Johansson, M. E. & Keddy, P. A., 1991. Intensity and asymmetry of competition between plant pairs of different degrees of similarity: an experimental study on two guilds of wetland plants. *Oikos.* **60**, 27-34.
- 18- Keddy, P. A.; Twolan-Strutt, L. & Wisheu, I. C., 1994. Competitive effect and response rankings in 20 wetland plants: are they consistent across three environments? *Journal of Ecology.* **82**, 635-643.
- 19- Dickinson, M. B. & Miller, T. E., 1998. Competition among small, free-floating, aquatic plants. *Am. Midl. Nat.* **140**, 55-67.
- 20- McJannet, C. L.; Keddy, P. A. & Pick, F. R., 1995. Nitrogen and phosphorus tissue concentrations in 41 wetland plants: a comparison across habitats and functional groups. *Functional Ecology.* **9**, 231-238.
- 21- Marozzi, M. C.; Devercelli, M.; Polla, W. & Villalba, A., 2000. Respuesta de *P. stratiotes* L. (Araceae) a la acción del Cadmio. *Revista FABICIB.* **4**, 149-155.
- 22- Satyakala, G. & Kaiser, J., 1997. Studies on the effect of heavy metal pollution on *Pistia Stratiotes* L. (Water lettuce). *Indian J. Environ. HLTH.* **39**, 1: 1-7.
- 23- Lallana, V. H. & Kieffer, L., 1988. Efecto del enriquecimiento de nutrientes en el crecimiento de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms - Laubach "Camalote". *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Lit.* **19**, 2: 183-199.
- 24- Sabattini, R. A.; Lallana, V. H. & Marta, M. C., 1983. Inventario y biomasa de plantas acuáticas en un tramo del valle aluvial del río Paraná Medio. *Rev. Asoc. Cienc. Nat. del Lit.* **14**, 2: 179-191.
- 25- Tilman, D.; 1982. "Resource competition and community structure". Princeton University Press, (Princeton).
- 26- Wisheu, I. C.; Keddy, P. A.; Moore, D. R. J.; McCanny, S. J. & Gaudet, C. L., 1991. Effects of eutrophication on wetland vegetation. *Wetlands of the Great Lakes: Protection and restoration policies: Status of the science* (Eds. J. Kusler & R. Smardon). 112-121.
- 27- Boyd, C. D.; 1970. Vascular aquatic plants for mineral nutrient removal from polluted waters. *Econ. Bot.* **24**, 95-103.
- 28- Mitchell, D. S.; 1978. The potential for wastewater treatment by aquatic plants in Australia. *Wat. Res. Found. Aust. Bull.* **5**, 3: 15-17.
- 29- Lallana, V. H., 1989. Depuración biológica de aguas servidas con plantas acuáticas. *Actas II Seminario Nacional sobre Universidad y Medio Ambiente, Paraná, Argentina.* p. 46-56.
- 30- Hunt, R.; 1978. "Plant growth analysis. *Studies in biology* N° 96". Edward Arnold Ltd.; (Lond.); 12-16.
- 31- Murphy, J. & Riley, J. P., 1962. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta.* **27**, 31-36.
- 32- American Public Health Association, 1998. "Standard Methods for the examination of water and wastewater". 20th. Ed. (Baltimore), Maryland.
- 33- Walpole, R. & Myers, R., 1992. "Probability and statistics for engineers and scientists". McMillan Publishing Company.
- 34- Perez, C.; 1998. "Métodos estadísticos con Statgraphics". Ed. ra-ma (Madrid).
- 35- Duskenkov, V.; Kumar, P.; Motto, H. & Raskin, I., 1995. Rhizofiltration: The use of plants to remove heavy metals from aqueous streams. *Environ. Sci. Technol.* **29**, 1239-1245.
- 36- Schneider, I. A. H. & Rubio, J., 1999. Sorption of heavy metal ions by the non living biomass of freshwater macrophytes. *Environ. Sci. Technol.* **33**, 2213-2217.