

**EFFECTO DEL ENRIQUECIMIENTO DE NUTRIENTES EN EL
CRECIMIENTO DE *Eichhornia crassipes* (MART.) SOLMS-LAUBACH
"CAMALOTE" (*)**

Víctor H. Lallana (**) y Luis A. Kieffer (***)

Instituto Nacional de Limnología
J. Maciá 1933 - 3016 Santo Tomé (S. Fe)
Argentina

RESUMEN

Lallana, V.H. y L.A. Kieffer. 1988. Efecto del enriquecimiento de nutrientes en el crecimiento de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms - Laubach "camalote". *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral* 19 (2): 183 - 199

Se efectuaron dos ensayos con dos repeticiones por tratamiento (T), montados a cielo abierto, con una duración de seis semanas. Los nutrientes utilizados fueron nitrato, fosfato, y un fertilizante compuesto (NPK). Se inició el experimento con plantas pequeñas (10 cm altura promedio) que fueron colocadas en recipientes cilíndricos de 18 litros de capacidad con las soluciones correspondientes de nitrógeno (N) o fósforo (P) según los siguientes T: 10, 30, 50 ppm (ensayo 1) y 20, 100 ppm (ensayo 2). Semanalmente se renovaron las soluciones y se midieron el número y altura de plantas, longitud de raíces, número de hojas y se determinaron el área foliar, biomasa y cenizas. En las soluciones se analizó N-total y P-total y en las plantas Na, PO₄, Ca, Mg. El porcentaje de materia seca aumentó en función del tiempo y de las concentraciones crecientes de nutrientes en los T de N y P, siendo mayor en hojas que en raíces. Por el contrario, los porcentajes de cenizas en todos los T, mostraron una tendencia decreciente a nivel de hojas y raíces. La biomasa final del ensayo en los T de N (10, 30 y 50 ppm) se incrementó 1,6; 2,6 y 3 veces, en los de P se duplicó y en el de NPK se obtuvo una respuesta 3,5 veces superior a la biomasa inicial. Con el número de plantas ocurrió algo similar, duplicándose a la cuarta semana en los T de N y triplicándose en el T de NPK. En los de P la respuesta fue muy pobre. La acumulación de nutrientes (Ca, Mg, Na y PO₄) mostró diferencias importantes entre la parte radical y la aérea, en función del tiempo y de los T considerados. La acumulación de P fue realizada por el incremento en el nivel de P pero reducida con incrementos en el nivel de N, tanto en hojas como en raíces. Los factores de concentración para los distintos T mostraron al final de la experiencia los siguientes rangos: calcio 180-646, magnesio 271-542, sodio 29-82 y fosfato 29-1290.

ABSTRACT

Lallana, V.H. and L.A. Kieffer. 1988. Effect of nutrient enrichment in the growth of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach "camalote". *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral* 19 (2): 183 - 199.

Two trials with two replicates were made for each treatment (T) in the field during six weeks. Nutrients applied were nitrate (N), phosphate (P) and a composite fertilizer (NPK). The work was

(*) Financiado en su etapa final por el Proyecto de Investigación y Desarrollo del CONICET (PID 3-100200/85).

(**) Docente-Investigador (SAPIU-CONICET). Cátedra de Fisiología Vegetal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. C.C. 24. 3100 Paraná (Entre Ríos), Argentina.

(***) Profesional Principal del CONICET. INTEC. Güemes 3450. 3000 Santa Fe, Argentina.

initiated with small plants (10 cm average height) placed in cylindrical vessels of 18 l of capacity with the corresponding solutions of N and P, according to the following T: 10, 30, 50 ppm (trial 1), and 20, 100 ppm (trial 2). The solutions were renewed weekly. Dry matter percent increased in accordance to time and to the increased nutrient concentrations in the T with N and P, showing a greater percent the leaves than the roots. On the other hand, ash percentages in all T, showed a decreasing tendency in leaves and roots. Final biomass of the trial increased 1.6, 2.6 and 3 times in the N treatments (10, 30 and 50 ppm); it was doubled in the P treatments, and with the fertilizer, the response was 3.5 times superior to the initial biomass. Number of plants was doubled after 4 weeks in the N treatments and three times in the fertilizer T. Response was very poor in the P treatments. Nutrient accumulation (Ca, Mg, Na, and PO₄) showed important differences between root and aerial parts of the plants in relation to time and T. Phosphorus accumulations was enhanced due to the increase of P level but was reduced with the increase of N level as much in leaves as in roots. Concentration factors for the different T showed the following ranges at the end of the experience: calcium 180–646, magnesium 271–242, sodium 29–82, and phosphate 29–1290.

INTRODUCCION

Eichhornia crassipes ("camalote") es una planta acuática común de los ambientes insulares del Paraná medio. Por ser flotante libre, su abundancia y distribución dependen en gran medida del nivel hidrométrico de los vientos, de las corrientes superficiales, que ayudan en su migración y de la época considerada. Presenta en esta latitud (30° S) un período activo de crecimiento de 8 meses (octubre a mayo), siendo el período invernal (junio - agosto) poco favorable para su crecimiento (Lallana, 1980 y 1981).

El "camalote" es considerado mundialmente como la principal maleza acuática de las zonas tropicales y subtropicales (Gopal y Sharma, 1981). No obstante, en los ambientes del valle aluvial del río Paraná medio no debe considerarse como tal, ya que el desarrollo y crecimiento de la hidrofítia y en particular del "camalote", es de fundamental importancia en la dinámica del ecosistema.

La composición química de las plantas acuáticas en relación a la del agua y los sedimentos, ha sido el objetivo principal de numerosos estudios (Kulshreshtha y Gopal, 1982). Muchos de ellos destacan el rol de las plantas acuáticas en el ciclo biogeoquímico de los elementos (Boyd, 1969; Gopal y Kulshreshtha, 1980; Howard—Williams y Junk, 1977) y otros brindan información sobre el contenido mineral de las macrófitas acuáticas en distintos ambientes (Boyd, 1970 y 1976. Boyd y Vickers, 1971; Howard—Williams y Junk, *op. cit.*; Kulshreshtha y Gopal, *op. cit.*; Trivedy y Gopal, 1981; Wolverton y McDonald, 1979).

Los estudios realizados en el área referentes a la composición química de la hidrofítia, son incipientes y sobre muy pocas especies (Hammerly *et al.*, 1982; Sabattini y Lorenzatti, 1987). Más avanzados se pueden considerar los dedicados a la descomposición de la hidrofítia y su aporte en materia orgánica y nutrientes al medio (Hammerly *et al.*, *op. cit.*; Kieffer y Lallana, 1987; Lallana, 1980; Sabattini, 1985).

La formación de embalses y espejos de agua suele conducir al desarrollo explosivo de la hidrofítia (Gopal, 1983; Mitchell, 1974). La implementación de futuras obras de represamiento en el río Paraná medio, hacen pensar en las plantas acuáticas como un problema potencial y en particular *E. crassipes*, que podría llegar a cubrir entre un 8 y 10 % de la superficie del embalse cierre sur, Chapetón (587 km² de vegetación), en las primeras etapas del llenado (Massera y Micotz, com. pers.).

Con el fin de aportar información básica para la región, en cuanto al potencial y modalidad del crecimiento del "camalote", se condujeron dos ensayos bajo condiciones

experimentales semicontroladas, cuyos objetivos fueron evaluar: a) la respuesta al crecimiento de *E. crassipes* ante el agregado de distintas concentraciones de nitrógeno y fósforo, por separado, y en conjunto a través de un fertilizante completo (NPK); b) la relación entre el contenido de nutrientes de las plantas y el del medio en que crecen.

MATERIALES Y METODOS

Ensayo Nº 1

Se eligieron plantas pequeñas (10 cm de altura promedio), que fueron colocadas en recipientes cilíndricos (491 cm²) de 18 l de capacidad, con los siguientes tratamientos: nitrógeno (N) en tres concentraciones 10, 30 y 50 ppm de nitrato; fósforo (P) (como fosfato) en iguales concentraciones que el N; fertilizante compuesto (N:P:K, 16:21:27) y testigo. El ensayo constó de dos repeticiones por tratamiento. La densidad de plantas por recipiente se mantuvo constante (6-8) mediante cosecha.

Semanalmente, se renovó el agua y las soluciones con el objeto de restablecer la concentración inicial. La solución del tratamiento con fertilizante presentó la siguiente composición: NO₃ 30 — 1,2 ppm; PO₄ 38 — 1,6 ppm y K 62 — 3,6 ppm. Con la misma periodicidad se midió: número y altura de plantas, longitud de raíces, número de hojas, área foliar por un método no destructivo, biomasa, cenizas y materia orgánica. Para la preparación de las soluciones se usó agua corriente con un contenido de N y P que osciló entre 1,4 a 2,2 ppm de nitrato y 0,3 a 0,5 ppm de fosfato, el que no afectó mayormente las concentraciones de los tratamientos. También se midió pH, conductividad específica, oxígeno disuelto, temperatura del agua y del aire.

Ensayo Nº 2

Se midieron los mismos parámetros siguiendo una metodología similar a la detallada en el ensayo 1. Los tratamientos fueron: baja concentración (20 ppm de NO₃ ó 20 ppm de PO₄), alta concentración (100 ppm de NO₃ ó 100 ppm de PO₄) y un testigo. Cada tratamiento constó con dos repeticiones. Se efectuaron en muestras de agua y plantas, análisis químicos de Na, K, Ca, Mg, N—total y P—total. El agua utilizada en la preparación de las soluciones presentó a través del tiempo las siguientes concentraciones promedio (ppm) para los cationes antes mencionados: Ca 29,4 ± 2,1; Mg 22,1 ± 4,4; Na 405,6 ± 31,6 y K 13,4 ± 1,1; y una conductividad específica media que osciló entre 1800 y 2650 µS/cm.

Ambos ensayos fueron montados a cielo abierto en el Instituto Nacional de Limnología (Santo Tomé), con una duración de seis semanas. Para evitar el calentamiento de los recipientes por acción del sol, se los dispuso en dos filas apretadas y se los cubrió con una capa de tierra hasta cerca del borde.

Metodología analítica

El peso seco vegetal se determinó en estufa a 80° C ± 2° C, hasta peso constante (48-72 horas). Las cenizas, previa molienda y tamizado del material seco, se obtuvieron en mufla a 450° C durante 4 horas y por diferencia se determinó la materia orgánica.

El N—total y P—total en agua se determinaron según los métodos estándares de la American Public Health Association (1965). Para los análisis químicos del tejido vegetal, se partió de una alícuota de material seco, que se calcinó en mufla a 450° C durante 18 horas, para evitar la pérdida de fósforo y potasio (Jackson, 1964). La determinación de calcio se realizó por precipitación como oxalato y valoración de éste con permanganato (Greweling, 1976); el fósforo mediante la técnica del azul del ácido molibdofosfórico; el magnesio por precipitación como Mg (NH₄) PO₄ y valoración con EDTA y sodio y potasio por espectrofotometría de absorción atómica (Jackson, *op. cit.*).

Cuadro 1

Valores mínimos (min), medios (med) y máximos (Max) de oxígeno disuelto, pH y conductividad específica del agua de los tratamientos medidos en los recipientes de experimentación.

		Tratamientos			
		T	NPK	N	P
Oxígeno disuelto (mg/l)	min	3,1	2,0	1,8	2,4
	med	4,0 – 0,9	3,5 – 1,44	3,5 – 1,18	4,6 – 1,09
	Máx	4,7	5,3	5,5	6,6
pH	min	7,6	7,3	7,3	7,4
	med	7,7 – 0,12	7,4 – 0,17	7,5 – 0,14	7,7 – 0,17
	Máx	7,9	7,7	7,8	8,1
Conductividad específica (µS/cm)	min	1875	1850	1850	1800
	med	2145–195	2260–248	2287–210	2200–199
		2300	2500	2650	2550

RESULTADOS Y DISCUSION

Durante el tiempo de experimentación, la temperatura del agua de los recipientes utilizados varió entre 22,0 y 26,5° C, la concentración de oxígeno disuelto fue baja, el pH ligeramente alcalino y la conductividad específica alta (Cuadros 1 y 2).

Ensayo Nº 1

En general, el mejor crecimiento se obtuvo con el tratamiento de NPK (Fig. 1). Individualmente, las plantas que crecieron en soluciones con N, presentaron un mejor aspecto y estado sanitario, un mayor crecimiento que el testigo y tratamientos de P. Las plantas que crecieron con alta concentración de N, mostraron una coloración verde oscura de sus hojas y púrpura en la base de los peciolo, debido a la acumulación de antocianinas, coincidente con lo observado por Ueki (1978). Por el contrario, los tratamientos de P, manifestaron un pobre crecimiento de su sistema radical, atribuible a la falta de N en el medio (Trioni, 1981; Ueki, *op. cit.*), presentando al final de la experiencia una manifiesta clorosis en las hojas. Las raíces en estos tratamientos, exhibieron una coloración azul oscura con variantes al púrpura.

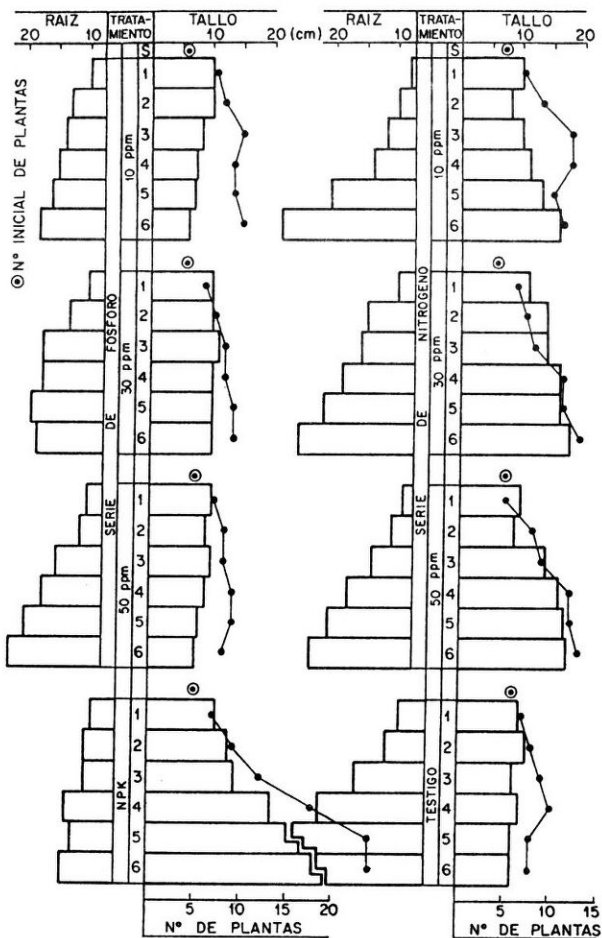


Fig. 1. Variaciones del número y altura de plantas y longitud de raíces en función del tiempo, para los tratamientos de N, P, NPK y testigo (T).

La relación longitud tallo/raíz, se apartó menos de la unidad en los tratamientos de N que en los de P, debido al crecimiento reducido de las raíces en estos últimos. En el testigo la relación fue muy baja, no así en el tratamiento NPK donde predominó el crecimiento de la parte aérea .

El número medio de hojas por planta (Fig. 2) mostró valores crecientes en los tratamientos de N y NPK, mientras que en los de P se mantuvo más o menos constante entre 4 y 5 hojas por planta ($4,35 \pm 0,39$). El testigo siguió una evolución similar ($4,51 - 0,48$), alcanzando valores menores a los tratamientos de N, en los cuales el número medio de hojas inicial fue de $3,93 \pm 0,33$ y final de $5,91 \pm 0,19$.

El área foliar media por planta (número medio de hojas por planta por área foliar media de las láminas), aumentó un 50 % con las concentraciones crecientes de N (30 y 50 ppm) y un 100 % al final de la experiencia en el tratamiento NPK. En el testigo disminuyó notablemente con el tiempo, al igual que en los tratamientos con P, aunque en los de 10 y 50 ppm incrementó levemente en el período final de crecimiento, pero sin alcanzar el área inicial (Fig. 3).

Se evidenció un aumento en el porcentaje de materia seca foliar en función del tiempo, inicialmente mayor en el testigo que en los tratamientos. En las concentraciones mayores de N y P superó al testigo al final del experimento. Los porcentajes en las raíces presentaron valores bajos sin mostrar mayores variaciones (Fig. 4).

Contrariamente a lo esperado, los porcentajes de cenizas en hojas (13 a 21 %) y raíces (15 a 24 %) para todos los tratamientos y el testigo, decrecieron en cada muestreo (Cuadro 3). Estos resultados indicarían que el aumento en el porcentaje de cenizas no se correlacionaría con el incremento de un nutriente en particular, sino que se correspondería con una mayor disponibilidad de nutrientes en general (Tucker, 1981; Ueki, *op. cit.*). Con un mayor crecimiento en los tratamientos de N y NPK, podría esperarse una mayor absorción y acumulación de otros elementos minerales en la planta. El porcentaje de cenizas no aumentó durante el período de experimentación; esto podría estar relacionado con el hecho de que las plantas no alcanzaron el máximo crecimiento, situación ésta donde ocurre la mayor acumulación de nutrientes (Lallana, *op. cit.*).

Cuadro 2

Temperatura (°C) semanal (media y desvío estándar).

Semanas	Ambiente	Agua
1	26,34 – 1,50	23,16 – 0,80
2	30,25 – 0,95	25,67 – 0,44
3	29,20 – 2,51	25,78 – 0,35
4	29,15 – 2,89	s/d
5	28,14 – 2,03	24,23 – 0,47
Rango	24,0 – 33,7	22,0 – 26,5

La biomasa al final del ensayo de N, se incrementó 1,6; 2,6 y 3 veces respecto al testigo (biomasa inicial 21,7 g y final 37,6 g), en los tratamientos de 10, 30 y 50 ppm, respectivamente. En los de P alcanzaron a duplicarse sólo en los tratamientos de 10 y 50 ppm. Con NPK se obtuvo una respuesta 3,5 veces superior.

El crecimiento de la población medido como incremento en el número de plantas, fue pobre en los tratamientos de P (valor inicial 5,0 – 1,0 y valor final 8,66 – 1,53) y en el testigo, mientras que en los de N, llegó a duplicarse al cabo de la cuarta semana (valor inicial 5,67 – 0,53 y final 12,33 – 1,15) g en el NPK, se triplicó a la quinta semana .

Ensayo N° 2

Los tratamientos de P mostraron plantas de pobre crecimiento y una clorosis evidente desde la tercera semana, que se agudizó hacia el fin de la experiencia. Los de N por el contrario, tuvieron un crecimiento normal llegando a duplicar el número de plantas en el término de 4 semanas; mientras que el testigo sólo incrementó el 40 % (Fig. 5).

Al igual que en el ensayo N° 1, los tratamientos con alta concentración de N, presentaron una coloración púrpura en la base de los pecíolos; mientras que en los de P, las raíces presentaron un color azul intenso, debido a una baja relación N/P en el medio.

La relación tallo/raíz disminuyó en los tratamientos de P y el testigo desde 1,2 a 0,4, evidenciando un claro predominio del crecimiento radicular, mientras que en los de N, el crecimiento fue más proporcionado con valores cercanos a la unidad .

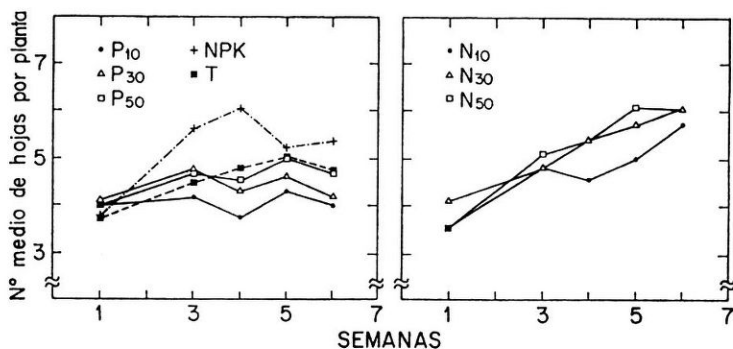


Fig. 2. Número medio de hojas por planta en función del tiempo, para los tratamientos de N, P, NPK y testigo (T).

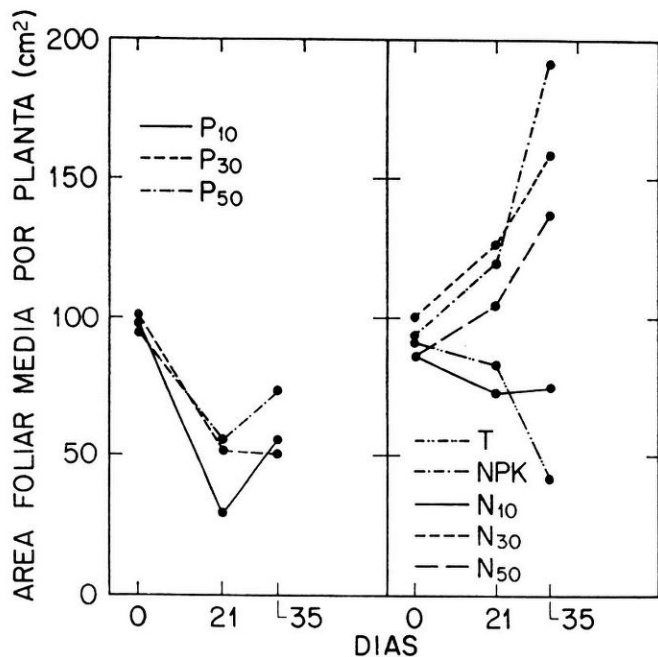


Fig. 3. Area foliar media por planta, para los tratamientos de N, P, NPK y testigo (T).

Con respecto a las variaciones de biomasa, se observó que el testigo acrecentó un 78 o/o de su peso fresco inicial (21,07 g de peso fresco/planta) al cabo de las 5 semanas. Comparativamente, los tratamientos de P tuvieron un incremento levemente superior al testigo (P 20: 96 o/o y P 100: 112 o/o) y los de N (20 y 100) aumentaron al 160 y 185 o/o, respectivamente.

En ambos tratamientos (N, P), el porcentaje de materia seca total se mantuvo más o menos constante para las raíces, mientras que en las hojas se verificó un aumento importante, a partir de la tercera semana. Los valores absolutos y los incrementos de materia seca, fueron mayores en la parte aérea de la planta que en la radical, en particular para los tratamientos de N (Fig. 6).

El contenido total de cenizas decreció en general, en función del tiempo en todos los tratamientos y en el testigo, siendo menos notable en los de P y testigo que en los de N (Cuadro 4). Esta disminución del contenido de cenizas por el incremento de la concentración de nitrógeno en el medio (observable también en el ensayo 1), podría

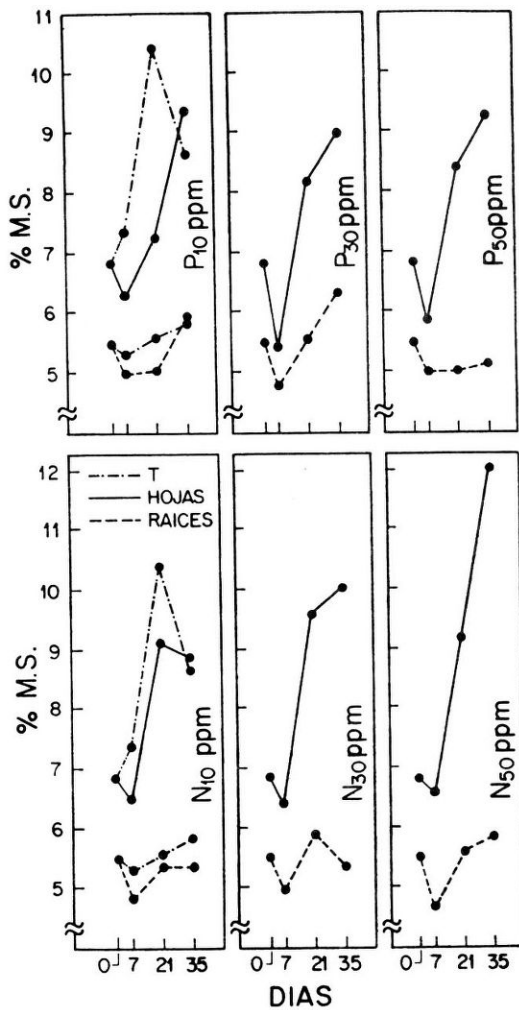


Fig. 4. Variaciones del porcentaje de materia seca de las hojas y raíces, para los tratamientos de N, P y testigo (T).

Cuadro 3

Porcentaje de cenizas/100 g de materia seca en hojas (H) y raíces (R), para los tratamientos de N, P, NPK y testigo (T).

	Semanas			
	0	1	2	3
N 10 H		18,03	18,04	14,03
N 10 R		22,98	20,02	15,48
N 30 H		18,95	18,30	13,30
N 30 R		24,01	20,57	18,70
N 50 H		18,61	17,13	15,57
N 50 R		22,96	17,83	17,18
P 10 H		21,31	16,56	12,78
P 10 R		24,03	19,47	17,68
P 30 H		18,82	15,82	12,46
P 30 R		23,34	17,78	15,06
P 50 H		20,88	15,61	11,64
P 50 R		23,31	19,06	16,15
NPK H		16,60	21,43	19,20
NPK R		19,85	20,77	20,10
T H	19,90	13,97	16,00	18,12
T R	24,74	20,77	22,29	19,52

deberse a que la absorción de otros cationes, particularmente del calcio (Benson, 1946), se vería afectada o mermada. Algo similar fue comprobado por Tucker (*op. cit.*), trabajando con distintas concentraciones de N (como amonio) en esta especie. Un efecto de dilución debido al aumento en la materia seca (biomasa), también podría explicar lo observado.

Como ya se comentó (ensayo 1), el aumento en la concentración de un solo elemento no dio como respuesta una mayor acumulación en la planta. Por otra parte, las plantas al tiempo cero fueron extraídas de su ambiente natural, con una disponibilidad balanceada de los distintos elementos nutritivos. En la primera semana se manifestó una disminución del contenido total de cenizas, en todos los tratamientos, el que luego aumentó levemente y finalmente volvió a bajar (Cuadro 4). Sin embargo, en el tratamiento

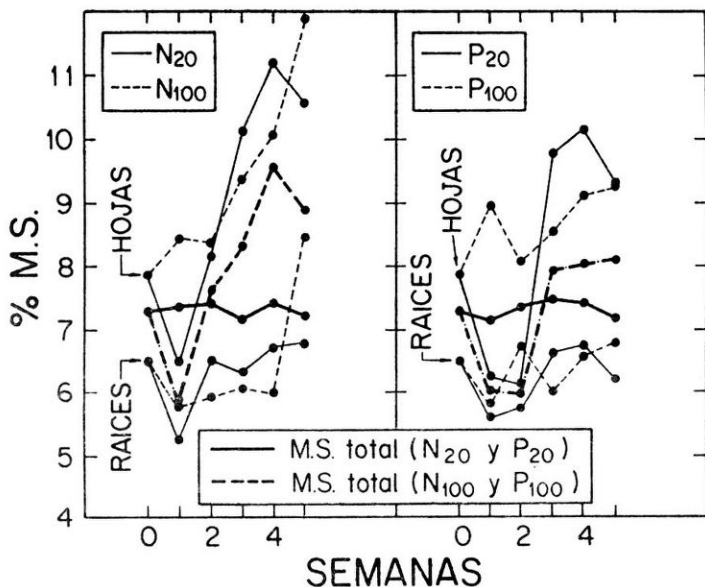


Fig. 6. Variaciones del porcentaje de materia seca de hojas, raíces y total de la planta, para los tratamientos de N y P (testigo: ver Fig. 4).

Cuadro 4

Variación semanal de cenizas totales expresadas como porcentaje de materia seca vegetal, para los tratamientos de N, P y testigo (T).

Tratamiento	Semanas					
	0	1	2	3	4	5
P 20	21,7	17,8	19,6	23,1	23,1	21,0
P 100	21,7	20,3	23,0	19,7	19,3	s/d
N 20	21,7	17,9	19,1	17,2	18,7	14,0
N 100	21,7	15,5	18,3	18,9	17,0	15,9
T	21,7	16,6	s/d	19,0	s/d	18,8

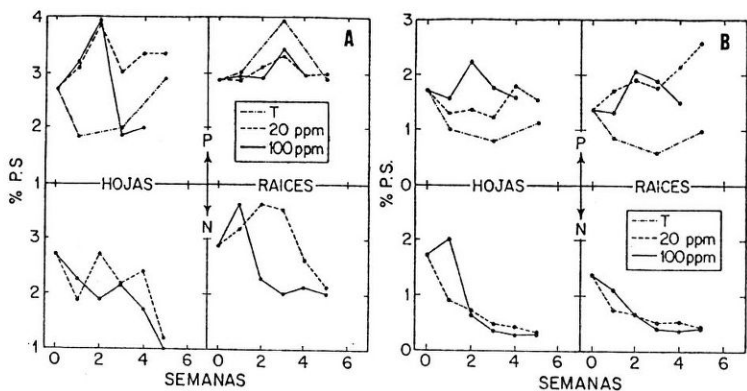


Fig. 7. Contenido de sodio (A) y fósforo (B) en hojas y raíces de *E. crassipes* expresado como porcentaje del peso seco en función del tiempo para los tratamientos de N, P y testigo (T).

NPK (ensayo 1) no se verificó una caída marcada del contenido de cenizas (Cuadro 3), sino más bien se mantuvo alrededor del 20 % en todos los muestreos.

Las plantas estuvieron sometidas a valores muy altos de conductividad específica del agua (Cuadro 1). Ello demostró la adaptabilidad de la especie a condiciones extremas. En ambientes naturales, es capaz de crecer en aguas con 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (río Paraná) hasta aquellas con elevados valores de conductividad: 2000–2600 $\mu\text{S}/\text{cm}$, como el río Salado.

El metabolismo de las plantas puede verse influenciado por la concentración del ión hidrógeno. Según Chadwick y Obeid (1966) el camalote puede crecer bien en un rango de pH de 6,2 a 7,6, siendo el óptimo un pH de 7. Algo similar fue hallado por Ueki (*op. cit.*), quien midió el efecto de la acidez del medio en plantas jóvenes y maduras, encontrando que estas últimas crecen bien en un rango de pH de 5 a 8, mientras que las más jóvenes lo hacen mejor con pH 7. En estos ensayos, los valores promedios estuvieron entre 7,4 y 7,7 (Cuadro 1), es decir levemente alcalinos, sin afectar mayormente el crecimiento de las plantas. Además Haller y Sutton (1973), comprobaron que las plantas de "camalote" que crecen en aguas ácidas o alcalinas, muestran una capacidad para cambiar los valores de pH hacia la neutralidad al final de la experiencia.

Los resultados de los análisis químicos del contenido de Ca, Mg, Na y P en los tejidos vegetales, mostraron una acumulación diferencial entre la parte aérea y radicular, que varió en función del tiempo y de los tratamientos considerados. A nivel de hojas, en los de P se acumuló más Na y P y en los de N más Mg y Na que en el testigo (Fig. 7 y 8).

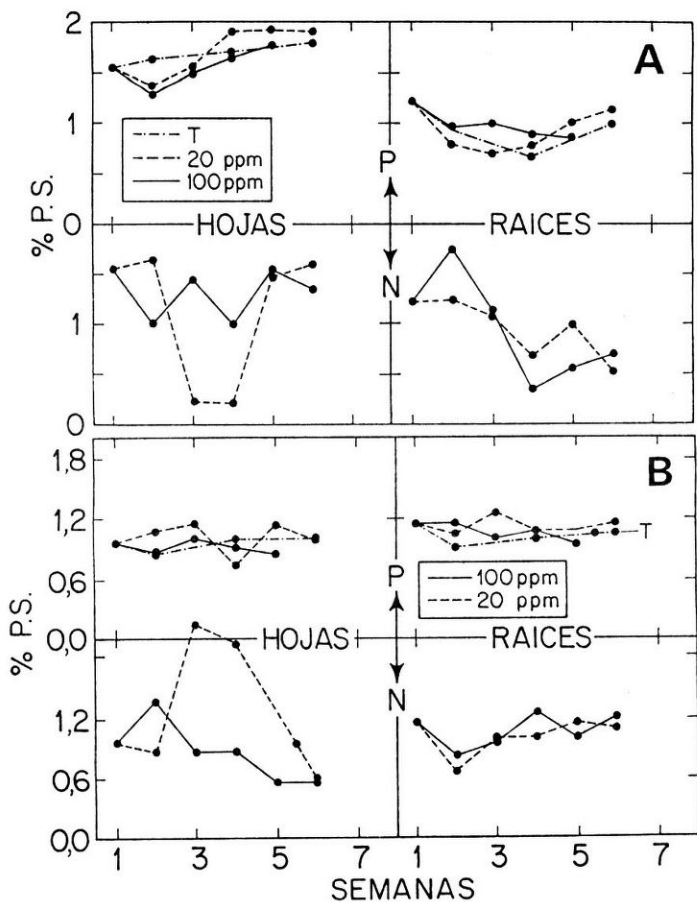


Fig. 8. Contenido de calcio (A) y magnesio (B) en hojas y raíces de *E. crassipes* expresado como porcentaje del peso seco en función del tiempo para los tratamientos de N, P y testigo (T).

En las raíces, existieron pocas diferencias con los testigos en los tratamientos de N, excepto el Ca cuya acumulación tendió claramente a disminuir en función del tiempo. En los de P la situación fue similar, excepto el P cuya concentración final duplicó al testigo.

Los contenidos de Na y P en hojas y raíces, tendieron a disminuir en función del tiempo en los tratamientos de N, el Mg no varió, excepto en el de 20 ppm y el Ca disminuyó a nivel de Raíces. Coincidentemente con lo observado por Ower *et al.* (1981), la acumulación de P fue realizada con el incremento en el nivel de P, pero reducida con aumentos en el N. Se puede ver que durante la primera semana, hubo un comportamiento disímil en las curvas de % PS, pero con tendencia a la disminución. Esto podría deberse a un efecto de adaptación de las plantas a las condiciones de experimentación.

Uno de los mejores indicadores de la capacidad de las macrófitas para acumular nutrientes es el factor de concentración (FC), que es la relación entre la concentración de nutrientes en el tejido de las plantas y la del agua o sedimento (Gopal y Kulshreshtha, *op. cit.*). Los valores del FC registrados en este estudio mostraron al final de la experiencia, para los distintos tratamientos, los siguientes rangos: calcio 180–646; magnesio 271–542; sodio 29–82 y fosfatos 29–1290.

Los FC para Ca y Mg son comparables a los obtenidos en ambientes naturales de regiones subtropicales, en cambio los de PO₄ en hojas y raíces, se hallan comprendidos dentro del rango inferior (1111–2667) citado por Gopal y Kulshreshtha (*op. cit.*).

Los altos niveles de acumulación de nutrientes en hojas y raíces evidencian la capacidad del "camalote" para extraer nutrientes del medio, visualizándose su posible rol en la reducción de la eutroficación de aguas servidas de distinto origen.

AGRADECIMIENTOS

A la Sra. Directora del Instituto Nacional de Limnología, Prof. Clarice P. de Hassan, por habernos facilitado los medios necesarios para la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

- American Public Health Association. 1965. Standard methods for the examination of water and wastewater. *APHA, AWWA, WPCF*, New York, 874 p.
- Benson, K.C. 1946. The effect of mineral supply on the mineral concentration and nutrition of plants. *Bot. Rev.* 12: 424–455.
- Boyd, C.E. 1969. Production, mineral nutrient absorption and biochemical assimilation by *Justicia americana* and *Althernathera philoxeroides*. *Arch. Hydrobiol.* 66: 139–160.
- Boyd, C.E. 1970. Chemical analysis of some vascular aquatic plants. *Arch. Hydrobiol.* 67: 78 – 85.
- Boyd, C.E. 1970. Accumulation of dry matter, nitrogen and phosphorus by cultivated water hyacinths. *Econ. bot.* 30 (1): 51 – 56.
- Boyd, C.E. & D.H. Vickers. 1971. Variation in the elemental content of *Eichhornia crassipes*. *Hydrobiologia* 38: 409 – 414.

- Chadwick, M.J. & M. Obeid. 1966. Comparative study of the growth of *Eichhornia crassipes* Solms. and *Pistia stratiotes* L. in water culture. *J. Ecol.* 54: 563 – 575.
- Gopal, B. 1983. Utilization of water hyacinth as a new resource or for its control: some environmental considerations. *Int. Conf. Water Hyacinth*, Hyderabad, India.
- Gopal, B. & M. Kulshreshtha. 1980. Role of aquatic macrophytes as reservoir of nutrients and in their cycling. *Int. J. Ecol. Environ. Sci.* 6: 145 – 152.
- Gopal, B. & K.P. Sharma. 1981. Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): the world's most troublesome weed. *Hindasia, Publ.*, Delhi, 220 p.
- Graveling, T. 1976. Chemical analysis of plant tissue. *Search Agriculture Cornell Univ. Agric. Exp. Station N. Y. State College of Agric. and Life Science, Cornell University*, 6 (8): 1 – 36.
- Haller, W.T. & D.L. Sutton. 1973. Effect of pH and high phosphorus concentration on growth of waterhyacinth. *Hyacinth Control J.* 11: 59 – 61.
- Hammerly, J., J. Marracino, D. Schiver, J. Bazán y M. Leguizamón. 1982. Determinación de carbono orgánico y macronutrientes en especies vegetales representativas del Paraná medio. *Rev. Fac. Ing. Química (UNL)* 45: 1 – 14.
- Howard-Williams, C. & W. Junk. 1977. The chemical composition of central amazonian aquatic macrophytes with special reference to their role in the ecosystem. *Arch. Hydrobiol.* 79 (4): 446 – 464.
- Jackson, M.L. 1964. Análisis químico de suelos. *Omega*, Barcelona, 662 p.
- Kieffer, L.A. y V.H. Lallana. 1987. Degradación de la materia orgánica y liberación de nutrientes de *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae). *Ecología* 8: 39 – 49.
- Kulshreshtha, M. & B. Gopal. 1982. Observations on nutrient removal by freshwater macrophytes under different habitat conditions in Jaipur, India. *Int. Rev. Gesamten Hydrobiol.* 67 (4): 543 – 553.
- Lallana, V.H. 1980. Productividad de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. en una laguna isleña de la cuenca del río Paraná medio. II. Biomasa y dinámica de población. *Ecología* 5: 1 – 16.
- Lallana, V.H. 1981. Productividad de *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae) en una laguna isleña de la cuenca del río Paraná medio. I. Análisis del crecimiento. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 20 (1–2): 99 – 107.
- Mitchell, D.A. 1974. Water weeds (13 – 23). En: D.S. Mitchell (ed.) *Aquatic vegetation and its use and control. UNESCO*, 135 p.
- Ower, J.; C.F. Cresswell & G.C. Bate. 1981. The effects of varying culture nitrogen and phosphorus levels on nutrient uptake and storage by the water hyacinth *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. *Hydrobiologia* 85: 17 – 22.
- Sabattini, R. 1985. Dinámica y productividad de *Paspalum repens* Bergius "canutillo" en un ambiente lenítico del valle aluvial del río Paraná. *Rev. Hydrobiol. trop.* 18 (1): 3 – 11.
- Sabattini, R.A. y E.A. Lorenzatti. 1987. Estudio fitoquímico en gramíneas de ambientes acuáticos. I. *Paspalum repens* Berg. (canutillo). *Iheringia Ser. Bot.* 36: 65 – 73.
- Trioni, S.O. 1981. Metabolismo del nitrógeno (285 – 317). En: E.M. Sivori, E.R. Montaldi y O.H. Caso (eds.) *Fisiología Vegetal. Hemisferio Sur*, Buenos Aires, 681 p.
- Trivedy, R.K. & B. Gopal. 1981. Seasonal changes in growth and mineral composition of waterhyacinth (*Eichhornia crassipes*). *Acta Limnol. Indica* 1: 41 – 44.

Tucker, C.S. 1981. The effect of ionic form level of nitrogen on the growth and composition of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. *Hydrobiologia* 83: 517 – 522.

Veki, K. 1978. Habitat and nutrition of waterhyacinth. *JARQ* 12 (3): 121 – 127.

Westlake, D.F. 1965. Some basic data for investigations of the productivity of aquatic macrophytes. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 18 Suppl.: 229 – 248.

Wolverton, B.C. & R.C. McDonald. 1979. The water hyacinth: from prolific pest to potential provider. *AMBIO* 8 (1): 2 – 9.

Recibido / Received / : 17 diciembre 1988.

Aceptado / Accepted / : 19 julio 1989.