

PRODUCTIVIDAD Y VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA BIOMASA DE *Pistia stratiotes* L. EN EL RESERVORIO DEL CISNE, URUGUAY.

MAZZEO, N.; CROSA, D.; SOMMARUGA, R.

Facultad de Humanidades y Ciencias,
Dept° de Hidrobiología,
Sección Limnología, Tristán Narvaja 1674,
11200 - Montevideo, Uruguay

RESUMO: *Produtividade e variação sazonal na biomassa de Pistia stratiotes L. no Reservatório del Cisne, Uruguay.* Os objetivos do presente estudo envolvem a determinação da variação da biomassa, produtividade e fenologia de *Pistia stratiotes*, relacionados a parâmetros bióticos e abióticos. As plantas foram denominadas de M e H, sendo que as oriundas de estolões de M, pertencem ao grupo H. Ambas H e M aumentaram no tamanho (diâmetro e comprimento da raiz) assim como em peso, atingindo o máximo em outono e decrescendo no inverno. Temperatura do ar, mudanças nas concentrações de amônia, fosfato e sílica poderiam ser responsáveis por esse padrão. O diâmetro da planta e a extensão da raiz foram correlacionados aritmeticamente e exponencialmente com o peso, respectivamente. A densidade de plantas do grupo M atingiu seu máximo (385 ind./m²) na primavera, enquanto que as pertencentes ao grupo H, no inverno (460 ind./m²), representando 80,3% da densidade total. O valor máximo para a biomassa total foi registrado em setembro de 1988 (708,8g de peso seco/m²), devido principalmente ao aumento de indivíduos do grupo M. No entanto, altos valores para a biomassa foram observados no inverno como consequência do aumento no tamanho e no número dos representantes do grupo H. Os maiores valores para a produtividade referem-se às estações de outono e primavera apresentando um valor médio de 0,58gC/m². d. A temperatura atmosférica e a presença de *Neohydronomus affinis* (gorgulhos) podem ser fatores controladores da biomassa ao longo do tempo.

ABSTRACT: *Productivity and seasonal variation in biomass of Pistia stratiotes L. at del Cisne reservoir, Uruguay.* The objectives of this study were to determine biomass variation, productivity and phenology of *Pistia stratiotes* and to relate these to biotic and abiotic parameters. Plants were denominated M and H, H being those originated by stolons from M. Both M and H plants increased in size (diameter and root length) as well as in weight, reaching the maximum in fall and then decreasing in winter. Air temperature and changes in ammonium, phosphate and silica concentrations could be responsible for this pattern. Plant diameter and root length were arithmetically and exponentially correlated to weight, respectively. Density of M plants reached its maximum (385 ind/m²) in spring. Conversely, density of H plants reached its highest value (460.0 ind/m²) in winter, representing 80.3% of total density. Maximum total biomass was registered in September 1988 (708.8g dry weight/m²) and principally determined by an increase in number of M plants. Nevertheless, high values of biomass were observed in winter as consequence of an increase in the number and size of H plants. Highest productivity values were registered in spring and fall, the mean value being 0.58 gC/m². d. Air temperature and the presence of *Neohydronomus affinis*, a phytophagous weevil, could be responsible for the control of biomass increase over time.

INTRODUCCION

Pistia stratiotes es una macrófita flotante que se distribuye sobre los trópicos y subtrópicos de todo el mundo (Pieterse *et al.*, 1981). Su crecimiento determina los denominados camalotes, típicos también de otras macrófitas como *Eichornia crassipes* (Poi de Neiff & Neiff, 1977).

Esta macrófita causa en las regiones tropicales problemas de interferencia con la navegación, generación hidroeléctrica y pesca (Harley *et al.*, 1984). Por otro lado, al igual que otras macrófitas, presenta aspectos beneficiosos en la remoción de nitrógeno y fósforo evitando la excesiva fertilización de las aguas (Esteves, 1988; Reddy *et al.*, 1983). Mas aún, es conocida su utilización en la remoción de metales pesados (Sridhar, 1986).

En el reservorio del Cisne, durante las épocas de mayor expansión, *Pistia* llega a cubrir un 33% de la superficie del agua libre (Crosa *et al.*, en prensa). Esto trae como consecuencia, problemas de manejo en la operación de una planta purificadora de agua para consumo humano (FAO, 1980).

Los estudios realizados sobre la variación estacional de la biomasa y productividad de *Pistia* están circunscriptos a la región tropical y subtropical (Hall & Okali, 1973; Reddy *et al.*, 1983; Poi de Neiff & Neiff, 1977), no conociéndose investigaciones para la región templada. Por esta razón nuestro objetivo fue estudiar la variación de biomasa, producción y fenología de *Pistia*, en relación a parámetros bióticos y abióticos.

AREA DE ESTUDIO

El reservorio del Cisne se encuentra ubicado en el departamento de Canelones, Uruguay (34°40' S, 55°37' W; fig. 1). Es un sistema de área reducida (48.5ha), somero ($Z=2.0m$), con un régimen térmico polimíctico continuo (Crosa *et al.*, en prensa). Las aguas del sistema se caracterizan por una alta turbidez, presentando valores de profundidad de la zona eufótica entre 0.6 y 3.0m y sólidos en suspensión entre 5 y 62mg/l. Esta turbidez no se origina exclusi-

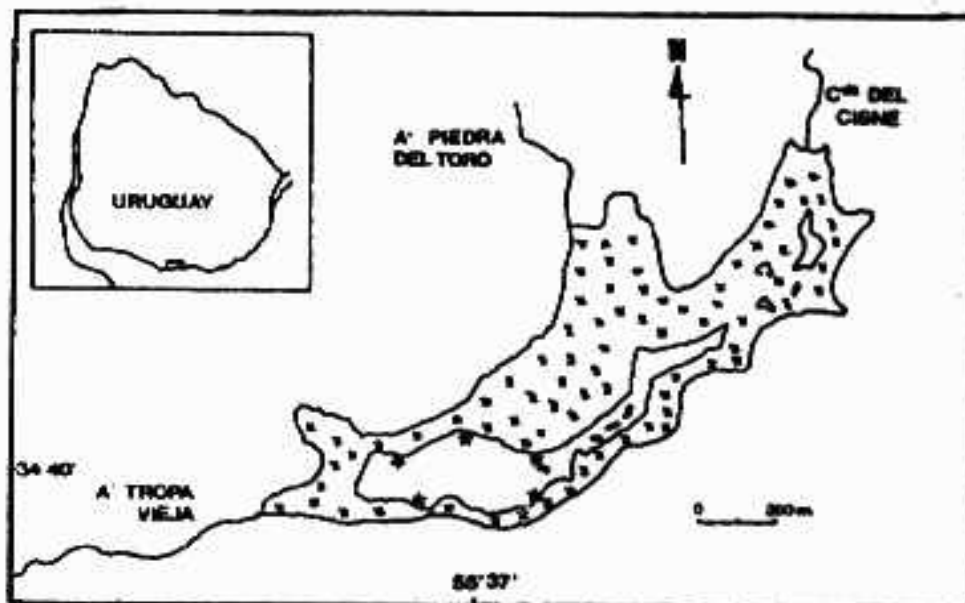


Figura 1 - Ubicación del reservorio del Cisne y estaciones de muestreo (★)

vamente por la resuspensión del sedimento sino que también probablemente por la abrasión de las cubiertas litorales de macrófitas, cuya distribución alcanza a ocupar el 57.6% del área total del sistema. Las principales especies de macrófitas encontradas en el sistema son: *Scirpus giganteus*, *Scirpus californicus*, *Polygonum ferruginium*, *Typha latifolia*, *Elodea* sp. y *Ceratophyllum* sp. (Crosa et al., en prensa).

MATERIAL Y METODOS

El período de estudio abarcó desde octubre de 1987 a febrero de 1989. Las muestras fueron colectadas mensualmente en 5 estaciones litorales (fig. 1), tomándose 5 muestras al azar en cada una, con un cuadrado de 0.25m² para la estimación de la densidad. El error de esta estimación no superó en ningún mes el 10%. Las plantas fueron denominadas M y H, siendo estas últimas las derivadas de estolones de las M. Se escogieron mensualmente 250 individuos al azar (50 por estación) para la estimación de los siguientes parámetros: diámetro de la planta, largo de raíz y peso fresco. Estos parámetros fueron medidos separadamente para las plantas M y H debido a la gran variabilidad de los registros. El error en la estimación del peso promedio por individuo para las plantas H, no superó el 4% y para las M el 2%. El diámetro fue medido mediante calibre (apreciación de 0.1mm), el largo de raíz con regla (apreciación 1mm) y el peso fresco con una balanza (apreciación 0.1g).

El peso seco (PS) fue determinado mediante el secado de submuestras a 105 °C durante 24h y el porcentaje de materia orgánica mediante el peso seco libre de cenizas en una mufla a 550°C durante 4h. Para la cuantificación del contenido de carbono se aplicó el coeficiente 0.47 sobre la materia orgánica (Westlake, 1969).

Se calculó la biomasa separadamente para las plantas H y M mediante la densidad y el peso seco promedio por estación, y la biomasa total como la suma de las anteriores. La producción fue estimada como la diferencia de biomasa entre los períodos de muestreo, de acuerdo a la metodología utilizada por Odum y presentada en Penfound (1954).

Se registró *in situ* el pH mediante un pH-metro Cole-Parmer, oxígeno disuelto mediante un oxímetro YSI M57, temperatura con el termistor acoplado al oxímetro y conductividad con un conductímetro Horizon. Se colectaron muestras superficiales de agua para el análisis de los siguientes nutrientes: amonio de acuerdo al método de Koroleff (1970), nitrato por el método de Müller & Wideman (1955), fosfato según Strickland & Parsons (1972), fósforo total de acuerdo a Zahradnik (1981) y silicatos aplicando el método de Strickland & Parsons (1972).

Los datos meteorológicos fueron obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología.

RESULTADOS

Previa descripción de los resultados se comprobó si existían diferencias significativas entre los promedios registrados en las cinco estaciones. Para esto se aplicó el test de Kruskal y Wallis, el cual demostró que las medias para el número de individuos y el peso pertenecían a una misma población estadística, $k = 1.79$, $p < 0.05$ y $k = 0.01$, $p < 0.05$ respectivamente. En consecuencia, los resultados son expresados en base al promedio de las cinco estaciones.

La biomasa de las plantas M alcanzó su máximo en el mes de setiembre (540 gPS/m²) y la de las H en julio (470 gPS/m²) contribuyendo en un 80 y 70% de la biomasa total respectivamente. La mínima biomasa de las M (190 gPS/m²) coincidió con la ausencia de plantas H en octubre de 1987 (fig.2). El máximo de biomasa total (708 gPS/m²) y el mínimo (190 gPS/m²) coincidieron con el máximo y el mínimo de la biomasa de las plantas M respectivamente (fig.2).

Las densidades más elevadas de las plantas M se encontraron en primavera (358 ind/m²-setiembre/88 y 385 ind/m²-octubre/87), y valores menores, entre diciembre y julio (fig.3). Las plantas H aumentaron su densidad a partir de su aparición en el mes de noviembre de 1987 alcanzando su máximo (460 ind/m²) en agosto (fig.3). La relación, número de plantas H/ plantas M, registró un paulatino incremento desde la aparición de los primeros brotes hasta mayo, cuando existieron *ca.* 7 plantas H por cada planta M.

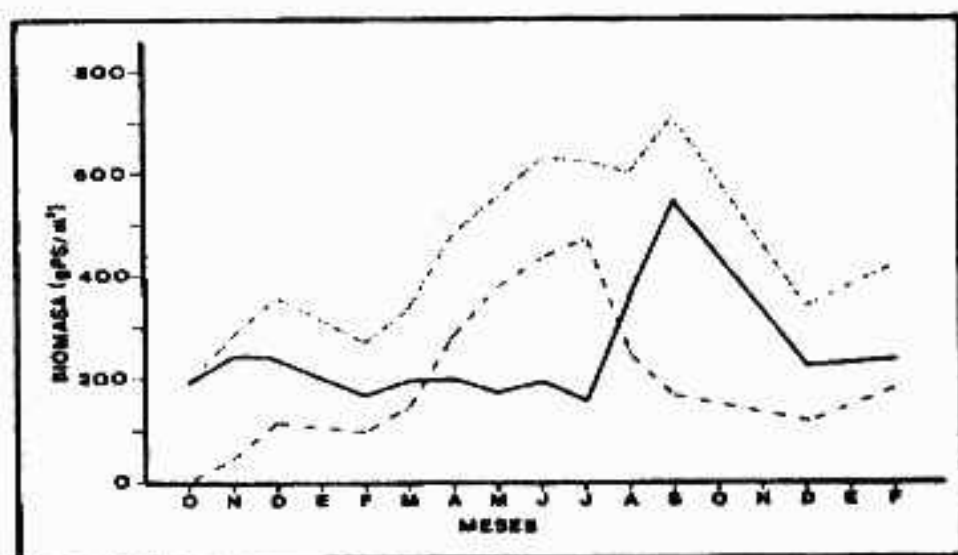


Figura 2 - Variación mensual de la biomasa total (·-·) y de las plantas M (—) y H (-·-).

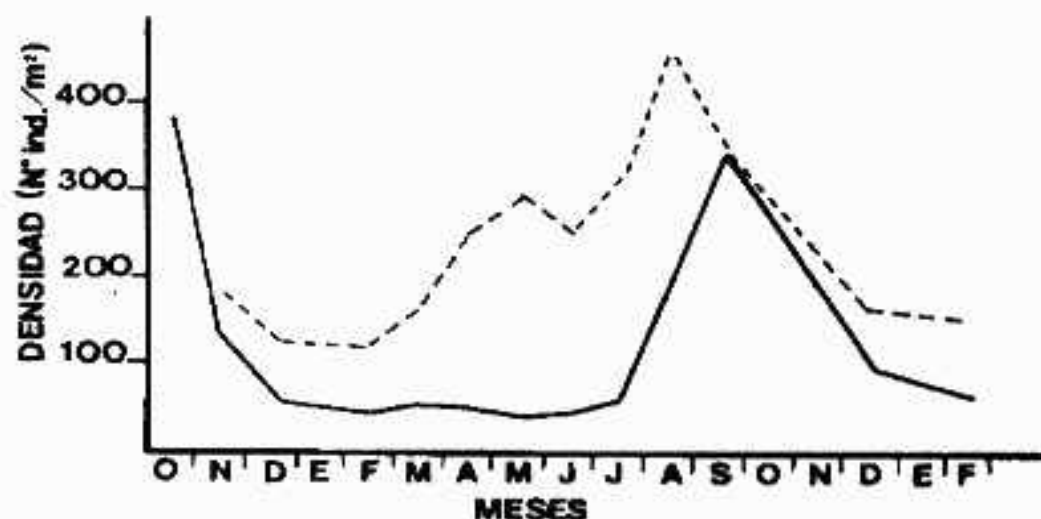


Figura 3 - Variación mensual de la densidad para las plantas M (—) y H (-·-).

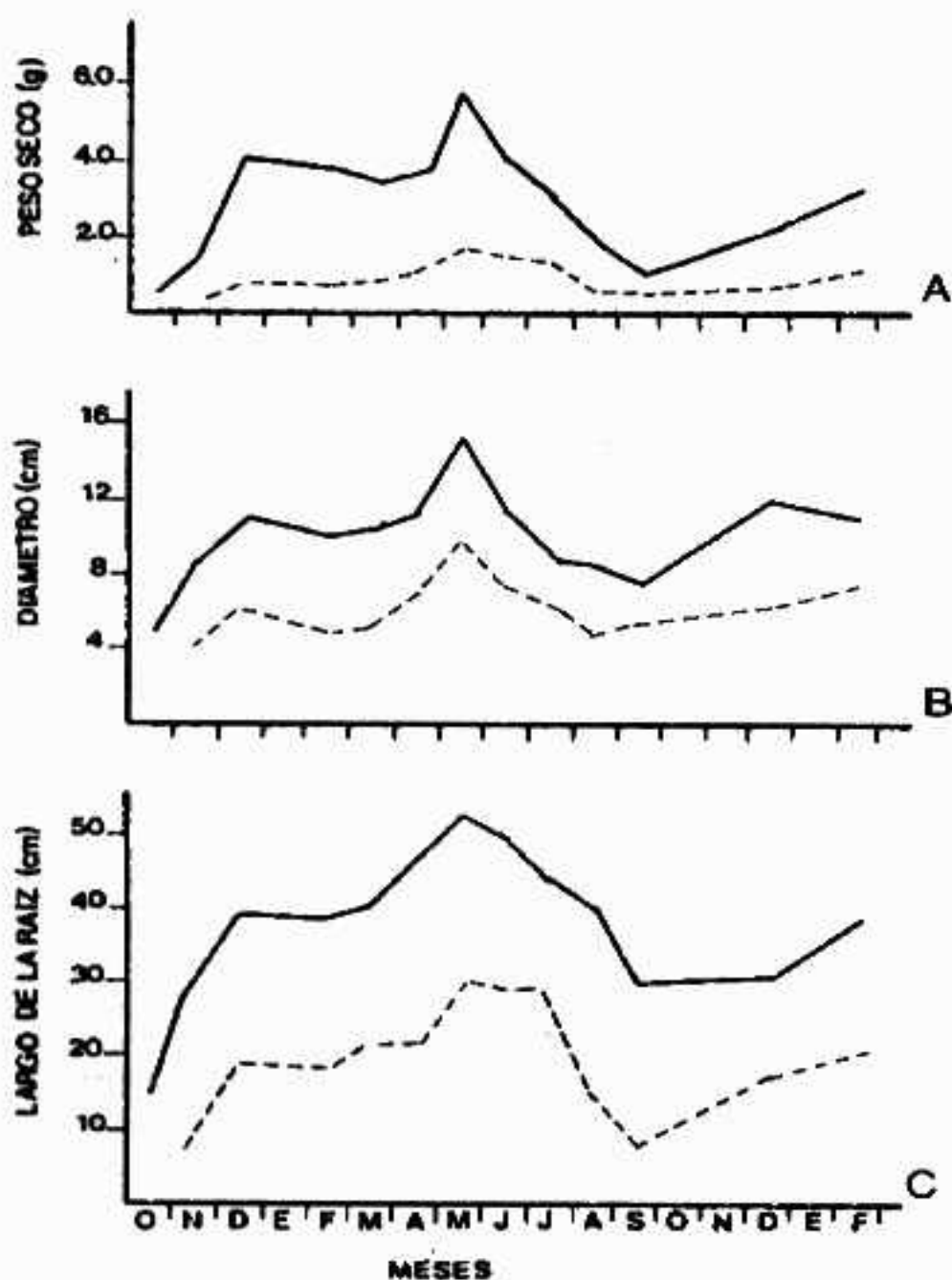


Figura 4 - Variación mensual de: A) peso seco, B) diámetro y C) largo de raíz para las plantas M (—) y H (---).

El peso seco, el diámetro y el largo de raíz de los individuos M y H presentaron sus valores máximos en el mes de mayo (fig. 4). Los parámetros morfológicos estuvieron relacionados con el peso, de forma potencial en el caso del diámetro ($y = 0.284 * x^{2.143}$, $r^2 = 0.779$, $n=2771$) y exponencial en el caso del largo de la raíz ($y = 4.044 * e^{0.0536 * x}$, $r^2 = 0.773$, $n = 2771$).

El contenido de carbono fue constante durante el período de estudio ($37.2 \pm 0.55\%$ del PS).

Pistia alcanzó a cubrir el 17.4% del área del espejo de agua ($48800m^2$) en el mes de julio registrándose la mínima cobertura ($1600m^2$) en el mes de diciembre de 1988, después de la extracción casi total de la planta a cargo de las autoridades que controlan la planta purificadora de agua (fig.5).

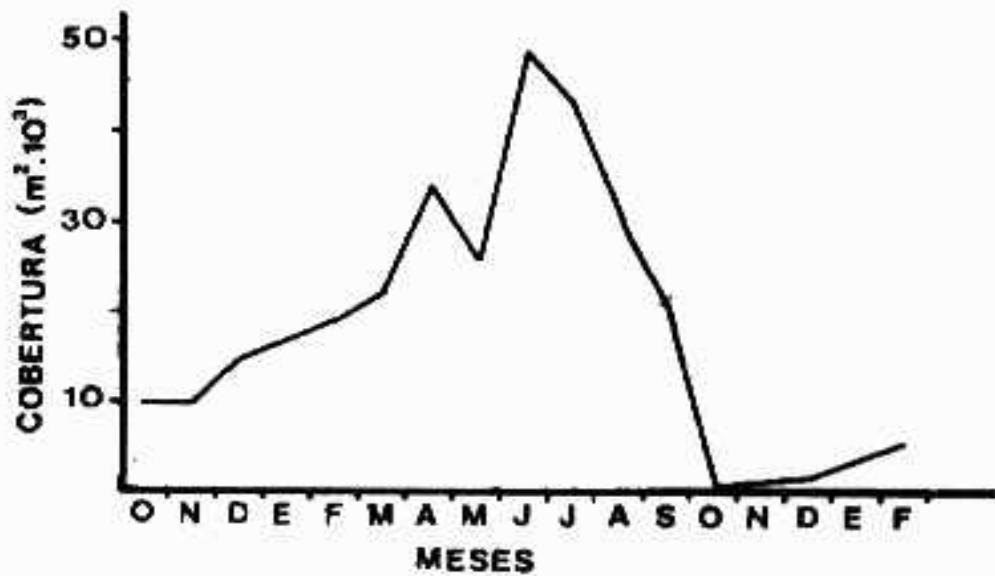


Figura 5 - Variación mensual de la cobertura de *Pistia* en el reservorio.

La variación mensual de la productividad presentó los máximos valores en primavera y otoño, observándose valores negativos en los meses de verano de 1988 e invierno (fig.6). La productividad media durante el año fue de 0.58 gC/m².d lo que equivale a 2.13 Ton C/ha. año.

Las aguas del sistema se caracterizaron durante el período de estudio por su pH neutro a ligeramente ácido en los meses de otoño e invierno (tabla I). La concentración de nitrato y amonio fue muy variable. Se detectaron concentraciones elevadas durante mayo e indetectables en la primavera del 88 y verano del 89 (tabla I). Las concentraciones de PO₄ fluctuaron entre 2.47 µg/l (octubre/88) y 185 µg/l (febrero/88). Estas concentraciones señalarían su estado eutrófico. Los demás parámetros son expresados en la tabla I.

Los parámetros meteorológicos: temperatura del aire, frecuencia de heladas, precipitación y horas de sol por mes, se observan en la tabla II.



Figura 6 - Variación mensual de la producción neta.

Tabla I - Variación mensual de los parámetros físicos y químicos de la capa superficial de agua (0-0.5m).

MESES	T °C	O ₂ mg/l	pH	K µs/cm	ALC meq/l	NO ₃ µg/l	NH ₄ µg/l	PO ₄ µg/l	Pt µg/l	SiO ₂ µg/l
OCT	18	11.6	7.0	260	1.0	180	31.9	12.1	128.7	439.6
NOV	21.5	7.3	6.8	290	3.1	180	22.3	12.1	63.3	1719.2
DIC	22	7.5	7.0	300	1.6	160	0	109.4	52.4	1064.0
FEB	22.5	6.0	6.7	260	1.5	87	31.1	185.1	57.4	1349.6
MAR	22	—	6.6	310	1.6	16	29.0	88.7	93.0	2822.4
ABR	16.5	4.8	6.1	145	1.1	67	103.0	129.8	144.5	9688.0
MAY	12	7.3	6.2	—	0.8	340	198.8	58.4	63.5	6311.1
JUN	9.8	8.1	6.7	150	0.8	30	52.8	72.3	50.2	8769.6
JUL	9	8.2	6.4	188	0.8	65	53.6	32.6	68.8	1761.2
AGO	13.2	6.6	6.4	322	1.3	—	15.9	53.5	128.0	761.6
SET	14.2	7.1	7.3	375	1.6	0	0	29.7	62.0	529.2
OCT	16.7	6.8	6.4	380	1.3	500	0	2.5	213.9	—
DIC	22	6.3	7.4	400	1.8	0	0	88.1	194.0	2601.2
FEB	23.4	4.9	7.2	150	1.9	400	0	94.9	71.3	3458.0

Tabla II - Variación mensual de los parámetros meteorológicos.

MESES	T MED. °C	F. de HELADAS	PREC. mm	H. de SOL POR MES h
OCT	15.1	0	83.8	197.4
NOV	18.6	0	25.8	228.5
DIC	20.2	0	170.3	197.8
FEB	20.8	0	52.8	197.4
MAR	21.4	0	300.6	158.2
ABR	15.1	0	18.1	227.7
MAY	11.4	0	33.0	175.4
JUN	8.7	1	1.3	146.1
JUL	9.7	4	32.9	149.5
AGO	11.4	0	45.1	199.6
SET	11.6	2	1.0	192.6
OCT	14.4	0	80.6	214.2
DIC	21.6	0	60.3	291.9
FEB	23.2	0	—	243.2

DISCUSION

Las nuevas plantas se originan fundamentalmente por vía vegetativa mediante estolones (Poi de Neiff & Neiff, 1977), estas se desprenden de las plantas M principalmente a fines del invierno y principios de la primavera. Desde entonces aumentan de tamaño, tanto en diámetro y largo de la raíz, como en peso hasta alcanzar un máximo en otoño, para luego disminuir en el invierno. La temperatura y los cambios en las concentraciones de amonio, ortofosfato y sílice reactivo condicionarían este comportamiento. En este sentido el peso promedio de las plantas M y H se correlacionaron positivamente con la concentración de amonio ($r = 0.638$, $p < 0.02$, $n = 11$; $r = 0.688$, $p < 0.02$, $n = 10$ respectivamente). Las correlaciones con la concentración de sílice fueron $r = 0.598$, $p < 0.05$, $n = 11$ y $r = 0.658$, $p < 0.02$, $n = 10$ para las plantas M y H respectivamente. En cambio la variación de la concentración de ortofosfato solo se correlacionó con las plantas M ($r = 0.554$, $p < 0.05$, $n = 11$). La baja temperatura y la presencia de siete heladas entre los meses de junio y setiembre provocó la muerte de hojas y la disminución del tamaño de las plantas, lo que se tradujo en el menor diámetro, largo de la raíz y peso en los meses del invierno.

A partir de los individuos desprendidos se originan nuevas plantas H repitiéndose así el ciclo. Dada la alta turbidez del agua y la intersección de la luz por parte de la propia planta, probablemente esta sea la única forma de reproducción en el reservorio del Cisne, ya que la luz es un factor limitante de la germinación (Pieterse, 1981). El período de fertilidad fue muy amplio, observándose la presencia de flores durante todo el período de estudio con una disminución marcada en el mes de agosto. La mayor densidad de las plantas, encontrada en primavera, fue ocasionada por el desprendimiento masivo de las plantas H y su transformación en plantas M. El desprendimiento se debió al avanzado estado de descomposición observado en el invierno.

Los incrementos de biomasa total durante fines de verano, otoño e invierno fueron ocasionados por un aumento de la biomasa en las plantas H (ver fig.2). Esta estuvo correlacionada directamente con la densidad de las plantas H así como con su tamaño ($r = 0.645$, $p < 0.02$, $n = 10$; $r = 0.58$, $p < 0.05$, $n = 10$ respectivamente). El aumento de biomasa total a fines del invierno y en la primavera del 88 se debió en cambio, al aumento de biomasa de las plantas M. Esta última estuvo correlacionada directamente con la densidad de las mismas ($r = 0.636$, $p < 0.05$, $n = 11$) e inversamente correlacionada con el tamaño ($r = -0.72$, $p < 0.01$, $n = 11$). Después de la extracción, la biomasa presentó valores semejantes a los del año anterior en la misma época.

Los valores de biomasa de invierno y primavera pueden ser considerados elevados, si los comparamos con los registrados en otras zonas más cálidas. Así por ejemplo, Poi de Neiff & Neiff (1977) registraron valores de 166 a 394 gPS/m² en el Chaco, Argentina, Reddy *et al.*, (1983) de 300 a 500 gPS/m² en Florida, USA, Hall & Okali (1973) de 520 a 613.5 gPS/m² en Ghana, Africa.

Los valores más elevados de productividad de la primavera y el otoño, comparados con el verano, se deberían a que en este último las tasas de respiración generalmente superan a las tasas de fotosíntesis (Penfound, 1956). Otro factor determinante podría ser la presencia del coleóptero *Neohydronomus affinis*, un notable control biológico de *Pistia* (Harley *et al.*, 1984). Los adultos de esta especie se alimentan de la superficie de la hoja y las larvas de los tejidos internos de la misma, provocando el mayor daño en el verano (DeLoach *et*

al., 1976). La disminución observada en el diámetro, tanto para las plantas M y H, así como una disminución del peso promedio por individuo, confirmarían estas hipótesis. En invierno la productividad decrece debido a la sensibilidad de *Pistia* a las bajas temperaturas del aire (Reddy *et al.*, 1983). El promedio anual de productividad es bajo comparado con el descrito en Penfound (1956) 2.04 gC/m².d. Así también, Hall & Okali (1973), registraron una productividad máxima de 14.2 gPS/m².d., superior a la registrada en el presente trabajo que fue de 5.33 gPS/m².d.

El descenso en la cobertura a partir del mes de julio seguramente fue debido al descenso de la temperatura y a las heladas. La correlación hallada entre el número de plantas H/ plantas M y la cobertura ($r = 0.695$, $p < 0.01$, $n = 11$) indica que la variación del tamaño de la mata es directamente dependiente de la reproducción vegetativa.

CONCLUSIONES

— El crecimiento de las plantas estaría condicionado principalmente por la temperatura del aire y la concentración de amonio, ortofosfato y silicatos.

— Probablemente la única forma de reproducción de *Pistia* en este ecosistema sea vegetativa. El aumento de la cobertura se correlacionó con el cociente plantas H/ plantas M.

— Los incrementos de la biomasa total durante fines del verano, otoño y parte del invierno son condicionados por un aumento en la densidad y tamaño de las plantas H. En cambio los incrementos de primavera son debidos a la combinación entre el aumento de la densidad y la disminución del tamaño de las plantas M.

— Los valores de biomasa de invierno y primavera fueron elevados comparados con otros estudios de las regiones tropicales y subtropicales.

— Los máximos valores de producción fueron bajos con respecto a los registrados en otras zonas más cálidas. La variación anual de la misma estaría condicionada principalmente por la temperatura y la abundancia de *Neohydronomus affinis*.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración de los Sres. J. Gorga, J. Ferrando, E. Marchesi y de la Srta. B. Dardano; así como también a todos los integrantes del Dept° de Limnología.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CROSA, D.; GORGA, J.; FERRANDO, J.; MAZZEO, N. Algunos parámetros físicos y morfométricos del Embalse del Cisne (Canelones-Uruguay). *Rev. Asoc. Cien. Nat. Litoral*. (En prensa).
- DELOACH, C.J.; DELOACH, A.D.; CORDO, H.A. (1976). *Neohydronomus pulchellus*, a weevil attacking *Pistia stratiotes* in South America: Biology and Host Specificity. *Ann. ent. Soc. Am.* 69:830-834.
- ESTEVEZ, F. (1988). *Fundamentos de limnología*. Río de Janeiro, Interciencia, Finep. 575p.
- FAO. (1980). *Reporte del uso racional de la nutria*. Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 30p. (Informe).

- HALL, H.B. & OKALI, D.U.U. (1974). Phenology and reproductivity of *Pistia stratiotes* on the Volta Lake, Ghana. *J. appl. Ecol.* 11:709-726.
- HARLEY, K.L.S.; FORNO, L.W.; KASSULKE, R.C.; SANDS, D.P.A. (1984). Biological control of water lettuce. *J. Aquat. Plant. Manage.* 22:101-102.
- KOROLEFF, F. (1970). Direct Determination of Ammonia in Natural waters as Indophenol-blue. *Hydr. Comm. ICES, C.M.* 1969/C:9.
- MÜLLER, R. & WIDERMAN, O. (1955). Die Bestimmung des Nitrat-Ions in Wasser. *Von Wasser.* XXII, 247p.
- PENFOUND, W.T. (1956). Primary production of vascular aquatic plants. *Limnol. Oceanogr.* 1:92-101.
- PIETERSE, A.H.; DE LANGE, L.; VERHANGEN, L. (1981). A study on certain aspects of seed germination and growth of *Pistia stratiotes* L. *Acta Bot. Neerl.* 30:47-57.
- POI DE NEIFF, A. & NEIFF, J.J. (1977). El pleuston de *Pistia stratiotes* de la Laguna Barranqueras (Chaco, Argentina). *Ecosur.* 4:69-101.
- REDDY, K.R.; SUTTON, D.L.; BOWES, G. (1983). Freshwater aquatic plant biomass production in Florida. *Soil Crop. sci. Soc. Florida Proc.* 42:28-40.
- SRIDHAR, M.K.C. (1986). Trace elements composition of *Pistia stratiotes* in a polluted lake in Nigeria. *Hydrobiologia* 131:273-276.
- STRICKLAND, J.D.H. & PARSONS, T.R. (1982). *A Practical Handbook of Seawater Analysis.* Canada, Fish. Res. Board. 310p.
- WESTLAKE, D.F. (1969). Macrophytes. En: Vollenweider, R.H. *A Manual on methods for Measuring Primary Production in Aquatic Environments.* Blackwell, (IBP Handbook, 12). Pub. 210p.
- ZAHRADNIK, P. (1981). *Methods for Chemical Analysis of Inland water.* Limnologisches Institut Osterreichische Akademie der Wissenschaften, 70p.