

**EFFECTO DE BORDE EN LA EVAPOTRANSPIRACION DE
EICHHORNIA CRASSIPES (PONTEDERiaceae) ***

*Víctor H. Lallana ***, *María del Carmen Lallana*, *Rafael A. Sabattini ***
y Daniel E. Temporelli

Cátedra de Fisiología Vegetal

Facultad de Ciencias Agropecuarias - Universidad Nacional de Entre Ríos
C.C. 24, 3100 Paraná, Entre Ríos
Argentina

RESUMEN

Lallana, V.H.; M. del C. Lallana, R.A. Sabattini y D.E. Temporelli. 1986. Efecto de borde en la evapotranspiración de *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae). *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*, 17 (1): 63 – 70

Los objetivos del presente trabajo fueron verificar la existencia del efecto de borde y evaluar la incidencia de los factores climáticos en la evaporación (E_o) de una superficie de agua libre y en la evapotranspiración (E) del "camalote" (*Eichhornia crassipes*).

El ensayo se realizó en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (31° 50' S, 60° 31' W, Paraná) entre el 15 de febrero y el 27 de mayo de 1982. Se utilizó un diseño de cuadrado latino 5 x 5 con los siguientes tratamientos: T1) E_o (agua) – borde (agua); T2) E_o – borde (plantas); T3) E (plantas) – borde (agua); T4) E – borde (plantas) y T5) E – borde (tierra). Se emplearon plantas de 25 a 35 cm. de altura. Las mediciones se efectuaron con intervalos de 24 a 72 h en el recipiente interno por el método gravimétrico.

Las pérdidas de agua diarias promedio (g/d) y por tratamiento para el período completo fueron de 91,3; 70; 253,3; 213,6 y 227,8 para T1, T2, T3, T4 y T5 respectivamente. En la mayoría de los días de medición no hubo diferencias (test de Tukey al 5 y 10%) entre T1 y T2, ni entre T3, T4 y T5. En las superficies en que se trabajó (recipiente interno 181,5 cm² y externo 2370,3 cm²), el borde simulado de plantas, agua o tierra no tuvo influencia en las pérdidas de agua. La relación E/E_o media para el período completo fue de 3,07.

Tanto la E_o como la E tuvieron una alta correlación con los factores climáticos $R=0,882$ y $0,717$ ($P=10\%$) respectivamente. Se observó una mayor influencia de la temperatura y radiación solar, y en menor medida velocidad del viento y la humedad relativa.

* Trabajo financiado por un subsidio de la Subsecretaría de Ciencia y Tecnología (SUBCYT), No. 10030702-001. Trabajo presentado el 18/11/83 en la 46ª Reunión de Comunicaciones Científicas de la Asoc. Cienc. Nat. Litoral, (S. Fe).

** Investigador y becario del CONICET respectivamente. Instituto Nacional de Limnología, Sto. Tomé (S. Fe).

ABSTRACT

Lallana, V.H.; M.d. C. Lallana; R.A. Sabattini and D.E. Temporelli. 1986. Border effect in the evapotranspiration of *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae). *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*, 17 (1): 63 – 70

The object of this work was to confirm the existence of border effect and to evaluate the incidence of climatic factors on the evaporation (E_0) of a free-water surface and on the evapotranspiration (E) of *Eichhornia crassipes*, "camalote".

The trial was carried out at the experimental field of the Agricultural Sciences Faculty (31° 50'S, 60° 31' W, Paraná), between February 15 and May 27, 1982. A square latin design 5 x 5 was used with the following treatments: T1) E_0 (water) – border (water); T2) E_0 – border (plants); T3) E (plants) – border (water); T4) E – border (plants) and T5) E – border (soil). Plants 25 to 35 cm high were used. Measures were made by the gravimetric method at intervals of 24 to 72 hours in the internal pan.

Average daily water losses (g/d) and by treatments for the complete period were: 91.3; 70; 253.3; 213.6 and 227.8 for T1, T2, T3, T4 and T5, respectively. In the majority of days (Tuckey test 5 and 1°/o) no differences were noted among T1 and T2, T3, T4, and T5. In the surfaces where the work was conducted (internal pan 181.5 cm² and external pan 2370.3 cm²) the simulated border of plants, water or soil had no influence. The medium rate E/E_0 for the complete period was 3.07.

E_0 as well as E showed a high correlation with climatic factors $R = 0.882$ and 0.717 ($P = 1^0/o$), respectively. The influence of temperature and solar radiation was greater than the influence of velocity of wind and relative humidity.

INTRODUCCION

Son bien conocidas^{5,10} las pérdidas de agua por evapotranspiración en *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms "camalote", como también los problemas que estas plantas ocasionan al impedir el movimiento físico del agua y el transporte fluvial. La bibliografía sobre evapotranspiración en plantas acuáticas es relativamente abundante^{2,4,5,7,8,11,17}. Todos estos trabajos concluyen en determinar la relación E/E_0 (evapotranspiración/evaporación); es decir, cuántas veces más podría incrementarse la pérdida de agua comparada con una superficie de agua libre. Se observa disparidad en los valores de esta relación que, en la mayoría de los casos puede atribuirse principalmente a distintas condiciones ambientales y/o experimentales⁷, en lo referente a forma, superficie y profundidad de los recipientes utilizados^{2, 3, 7, 8, 11, 14, 16, 17}.

En los antecedentes sobre plantas acuáticas de la Argentina, y en particular los referentes al valle aluvial del río Paraná medio⁶, es posible apreciar una clara predominancia de trabajos relacionados al inventario de sus comunidades vegetales y algunos estudios sobre sucesiones vegetales; pero hay pocos sobre fisiología, y particularmente ninguno sobre la evapotranspiración de ellas. En la actualidad, estos últimos aspectos han adquirido mayor énfasis como consecuencia de la futura construcción de represas en el río Paraná medio

En los estudios de E del "camalote" un aspecto poco claro es el llamado "efecto de borde", es decir, las diferencias en las pérdidas por evapotranspiración que se producirían entre la periferia y el centro de una superficie dada. Al respecto, Weer y Kamerling¹⁷ demostraron que la E era mayor en la periferia, determinando hasta un 40% o más; por el contrario, Benton¹ sostiene que la E es proporcional a la superficie de agua bajo la cubierta vegetal y no al volumen de plantas o a la periferia.

Por la dificultad que presenta la medición de la E *in situ* es necesario conocer la influencia del efecto de borde a nivel experimental, con el objeto de lograr una mayor confiabilidad de los resultados y de esta manera poder inferirlos a gran escala.

Los objetivos de este trabajo fueron verificar la existencia del efecto de borde y evaluar la incidencia de los factores climáticos (temperatura, humedad relativa, radiación solar y velocidad de viento) sobre la E_0 de una superficie de agua libre y en la E del "camalote".

MATERIALES Y METODOS

La experiencia se realizó en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (31° 50' S, 60° 31' W, Paraná) entre el 15 de febrero y el 27 de mayo de 1982. Durante este período se realizaron 30 mediciones, con intervalos de 24 a 72 h.

Para simular el efecto de borde, cada unidad experimental estuvo compuesta por un recipiente externo de 57 cm de diámetro y 40 cm de altura que contenía, según los tratamientos, agua, agua y plantas o tierra. Dentro de él se colocó un recipiente de menor tamaño (15,2 cm de diámetro y 23,5 cm de altura) sujeto en el centro por un soporte. Las pérdidas de agua diarias (E y E_0) se midieron por el método gravimétrico en el recipiente interno, teniendo la precaución de secarlo cuidadosamente por fuera, previo a la pesada.

Se utilizó un diseño de cuadrado latino (5x5) para que todas las repeticiones fueran afectadas de igual manera por los factores ambientales. Los tratamientos fueron: T1) E_0 (agua) — borde (agua); T2) E_0 (agua) — borde (plantas); T3) E (plantas) — borde (agua); T4) E (plantas) — borde (plantas) y T5) E (plantas) — borde (tierra).

En aquellos casos donde el período de medición fue superior o inferior a un día, los valores se expresaron sobre la base de 24 h y figuran como "día número" en las Fig. 1 y 2. En los días de lluvia se interrumpieron las mediciones.

En los tratamientos de E, se colocaron en cada recipiente interno dos plantas de 25 a 35 cm de altura, las que se mantuvieron con un número constante de hojas. En los recipientes externos (T2 y T4) se colocaron plantas de igual tamaño, cubriendo toda la superficie libre. Semanalmente se cambiaban las plantas y el agua de cada tratamiento y además, cada 2 ó 3 días se enrasaban los recipientes de acuerdo al consumo de agua. Las plantas se colectaron en lagunas de las islas Santa Cándida y Berduc (Santa Fe) y el agua utilizada fue del río Paraná.

Los registros meteorológicos (velocidad del viento, radiación solar, temperatura y humedad relativa) fueron tomados de la EERA Paraná del INTA, ubicada a 3 km del campo experimental (Fig. 2).

Las pérdidas medias por tratamiento fueron transformadas a logaritmo de decimales para uniformar variancias. El análisis de la variancia se realizó para cada día de medición y las diferencias se testearon según Tukey¹³. Se correlacionaron los factores climáticos con la \bar{E}_O $((T1 + T2)/2)$ y \bar{E} $((T3 + T4 + T5)/3)$ por medio de una regresión lineal múltiple.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las medias y desvío estandar de pérdida de agua diaria (g/d) por tratamiento para el período completo fueron : $T1 = 91,2 \pm 34$; $T2 = 70 \pm 27,9$; $T3 = 253,3 \pm 72,6$; $T4 = 213,6 \pm 57,2$ y $T5 = 227,8 \pm 66,6$.

El análisis de la variancia no dió diferencias significativas entre filas ni entre columnas. Según test de Tukey ($P = 95\%$), no se observaron diferencias entre $T1$ y $T2$ en el 60% de los días; ni entre $T3$, $T4$ y $T5$ en el 87% de los casos. A nivel de $P = 99\%$ aumentó el número de días en donde no se verificaron diferencias entre los tratamientos de E_O (83%) ni entre los de E (93%).

Las curvas de E tuvieron una mayor fluctuación que las de E_O , observándose para ambas, una tendencia similar en función del tiempo (Fig. 1).

Como en la mayoría de los casos no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos de E ni de E_O (Fig. 1) se calcularon los promedios y con ellos se obtuvo la relación E/E_O para cada día (Fig. 2). Las relaciones E/E_O calculadas en mayo fueron superiores a las de febrero y marzo; la E_O disminuyó un 53% y la E un 31% respecto a sus valores absolutos de febrero (Fig. 2). Esto indicaría que ante el descenso de los registros térmicos se redujo más la E_O que la E , y por consiguiente la relación aumentó. Así la E/E_O media para el período completo fue de 3,07 valor que resultó superior a los hallados por Brezny *et al.*² (1,26 en India), Weert y Kamerling¹⁷ (1,46 en Surinam) y Desougi y Obeid³ (1,76 en Sudán).

Las relaciones son menores bajo condiciones climáticas rigurosas (climas tropicales) que favorecerían una alta tasa de evaporación y aparentemente podría limitarse el proceso de la transpiración, de acuerdo a lo observado por Lugo *et al.*⁹ en mediciones de evapotranspiración para esta especie en "cámara de acetato" a campo.

Por otra parte, las mayores relaciones E/E_O encontradas en las zonas de climas templados^{11,16} (3,2 y 3,7 en EE.UU., 30° N) se asemejarían a la de este trabajo (3,07). Cabe señalar que el factor climático no es la única causa de las diferencias observadas, sino también la densidad^{3,7,11} y el tamaño de las plantas utilizadas (altura y área foliar)^{3,7,8,11}.

Para el análisis de la correlación lineal múltiple, se verificó la normalidad de los factores climáticos. La humedad relativa (HR) y la velocidad del viento (V) respondieron a una curva normal según nivel de signifi-

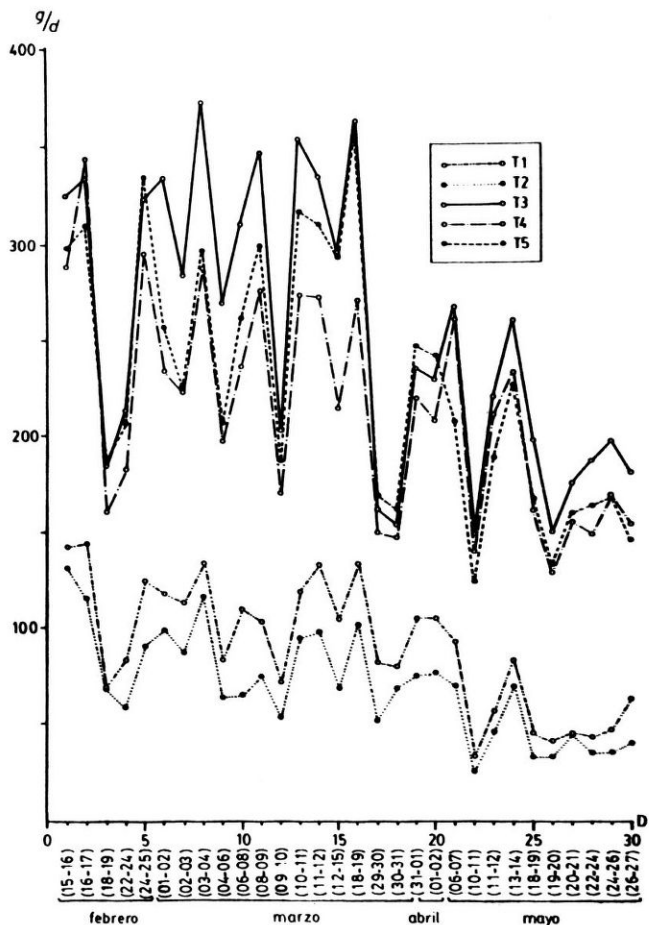


Fig. 1. Evapotranspiración (T3, T4 y T5) y evaporación (T1, T2) media diaria. Valores transformados a 24 h para cada intervalo de medición, indicado entre paréntesis. D: Día número.

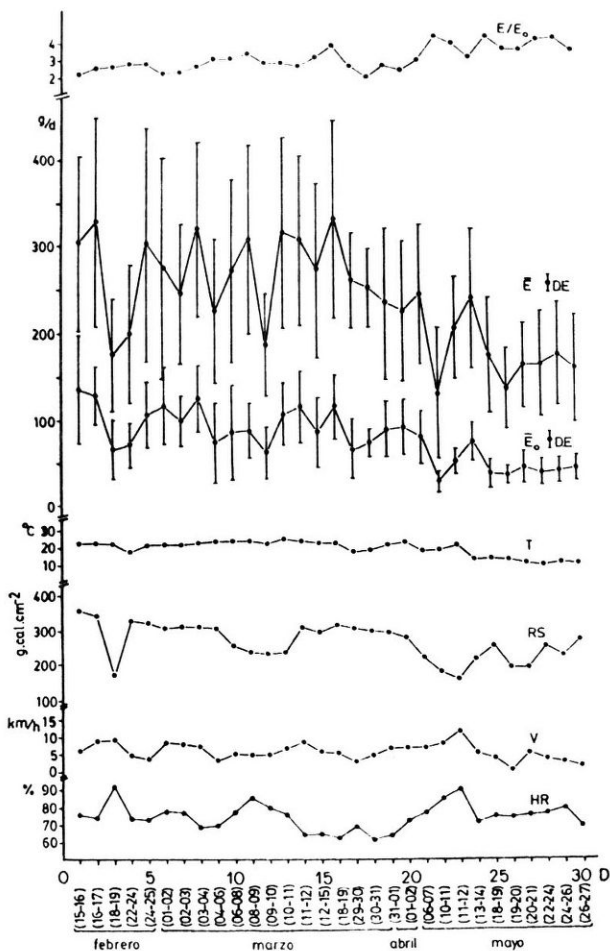


Fig. 2. Pérdida media de agua por evaporación (E_0) y evapotranspiración (E/E_0) en "camalote" en Paraná, Argentina, y registros meteorológicos: T) temperatura; RS) radiación solar; V) velocidad del viento, promedio diario (9, 15 y 21 h) y HR) humedad relativa. La T y HR son promedios diarios de registros horarios de 16 a 16 h. La RS es la sumatoria de los registros durante las 24 h. DE: Desvío estándar. D: Día número.

Cuadro 1

Coefficientes de correlación lineal entre evaporación (E_0), evapotranspiración (E) y los factores climáticos (Ver Fig. 2).

Variables	T (°C)	V (km/h)	HR (%)	RS (g.cal.cm ⁻²)
E_0	0,727	0,369	-0,341	0,671
E	0,628	0,372	-0,094	0,473

ción del 10⁰/o; la radiación solar (RS) según nivel de significación del 5⁰/o y la temperatura (T) lo hizo con la transformación Sen x a nivel del 5⁰/o. Tanto la E_0 como la E tuvieron una alta correlación con los factores climáticos (Fig. 2), $R = 0,882$ y $0,717$ respectivamente y con un bajo error de la estima. A pesar de que ambas dependen de una combinación de factores se observó una mayor participación de la temperatura y la radiación solar y en menor nivel la velocidad del viento y la humedad relativa (Cuadro 1).

La ecuación de la regresión múltiple para la evaporación y evapotranspiración fue :

$$E_0 = 10(1,152 + 0,0017 RS + 0,0207 V - 0,0029 HR + 0,0179 \text{ sen } T)$$

y,

$$E = 10(1,62 + 0,001 RS + 0,0103 V + 0,0103 HR + 0,0022 \text{ sen } T)$$

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos, sugieren que no existen diferencias entre los tratamientos de evapotranspiración, por lo tanto no habría efecto de borda.

Una cobertura de *E. crassipes* evapotranspiraría una cantidad de agua tres veces superior a lo que evaporaría una superficie de agua libre. La magnitud de estas pérdidas se debería tener en cuenta en aquellos proyectos hidráulicos destinados a riego u otros usos, previstos en la futura presa del Paraná Medio, dado las posibilidades de colonización del camalote.

Los factores climáticos de mayor incidencia tanto en la evaporación como en la evapotranspiración fueron la radiación y la temperatura.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al Lic. Luis A. Kieffer del Instituto Nacional de Limnología (INALI – CONICET) por la ayuda brindada en el análisis estadístico de los resultados. Asimismo al Dr. Héctor D. Ginzo del Centro de Ecofisiología Vegetal (CEVEG) y al Ing. Mario Amsler (INALI) por las sugerencias hechas al manuscrito y por sus juicios críticos.

También al personal de campo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNER) que colaboró en la etapa experimental del trabajo y a la EERA Paraná del INTA por facilitar la información meteorológica.

REFERENCIAS

1. Benton, A.R. 1979. Discussion by Sherwood B. Idso: Evapotranspiration from water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.) in Texas reservoirs. *Water Resour. Bull.*, 15:1470–1472.
2. Brezny, O.; I. Mehta y R.K. Sharma. 1973. Studies on evapotranspiration of some aquatic weeds. *Weed. Sci.*, 21 : 197–204.
3. Desougi, L.A. y M.Obeid. 1978. Some aspects of the evapotranspiration of *Eichhornia crassipes* and some other aquatic weeds (p.: 391–398). *Proc. EWRC 5th. Symp. on Aquatic Weeds*.
4. Gopal, B. 1983. Utilization of water hyacinth as a new resource or for its control: Some environmental considerations. *Int. Conf. Water Hyacinth*, Hyderabad, India.
5. Jaime Guadiana, A. y H. Chapa Saldaña. 1976. El lirio acuático en México, problemas y soluciones. *Recursos Hidrau.*, 5: 590–603.;
6. Lallana, V.H.; M.C.Marta y R.A.Sabattini. 1981. Macrófitas acuáticas del valle aluvial del río Paraná medio. Revisión crítica (81–135). En: *Estudio Ecológico del río Paraná medio*. Vol. II 1a. parte. INALI. Santo Tomé, Argentina. 135 p.
7. Lallana, V.H.; R.A.Sabattini; M. del C. Lallana y O.G.Brutti. 1983. Evapotranspiración en plantas acuáticas. *UNICA*, 9: 53–57.
8. Little, E.C.S. 1967. Progress report on transpiration of some tropical water weeds. *Pans. (C)*, 13: 127–132.
9. Lugo, A.E.; S.A.Jones; K.R. Dugger y T.L. Morris. 1979. Ecological approaches to the control of aquatic weeds. *Geol. Ecol. Trop.*, 3: 193–213.
10. Mitchell, D.S. 1974. The development of excessive population of aquatic plants (38–49). En: *Aquatic vegetation and its use and control*, (Mitchell, Ed.) *UNESCO*, 135 p.
11. Penfound, W.T. y T.T. Earle. 1948. The biology of the water hyacinth. *Ecol. Monogr.*, 18: 448–472.
12. Perez del Viso, R.; N.M.Tur y V.Mantovani. 1968. Estimación de la biomasa de hidrófitos en cuencas isleñas del Paraná medio. *Physis*, 28 (76): 219–226.
13. Pimentel Gómez, F. 1978. Curso de Estadística Experimental. *Hemisferio Sur*. B.Aires, 323 p.
14. Rogers, H.H. y D.E. Davies. 1972. Nutrient removal by water hyacinth. *Weed. Sci.*, 20: 423–428.
15. Sutcliffe, J. 1977. Las plantas y el agua. *Omega*, Barcelona, 91 p.
16. Timmer, C.E. y L.W. Weldon. 1967. Evapotranspiration and pollution of water hyacinth. *Hyacinth Control J.*, 6: 34–37.
17. Weert Van der, R. y G.E.Kamerling. 1974. Evapotranspiration of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). *J. Hydrol.*, 22: 201–212.