

Modificación en el Modelo de Distribución de Asimilados por la Reducción en la Densidad de Flujo Fotónico Fotosintético en *Cyperus rotundus*.¹

MARTA G. RONCO y JOSE BELTRANO²

Resumen. El ciperó, *Cyperus rotundus* L. #³ CYPRO, es considerada una de las malezas más agresivas de las zonas templado húmedas y tropicales del mundo. Se reproduce casi exclusivamente por medio de tubérculos interconectados por rizomas. Es una especie C₄ y, por lo tanto, una reducción en la densidad de flujo fotónico fotosintético (DFFF) afecta sensiblemente su crecimiento e induce un cambio en la estrategia de la distribución de los fotoasimilados. El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de diferentes DFFF sobre el crecimiento y la formación de órganos de propagación vegetativa (tubérculos), manteniendo constante la relación R/RL (ζ). Para ello se cultivaron plantas bajo 2.000 (T₁=luz solar plena); 850 (T₂) y 300 (T₃) $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, (60 y 85% de sombreado respectivamente). Los resultados obtenidos indican que el peso seco de la parte aérea se redujo significativamente solo cuando la DFFF fue del 15%, mientras que el de la subterránea se vio afectado aún con una irradiancia de 40% respecto del control. El área foliar se incrementó con la reducción de la irradiancia, aunque este aumento no generó un mayor saldo exportable de asimilados. El número de rizomas por planta no se vio modificado, mientras que el de los tubérculos se redujo significativamente; aumentando proporcionalmente el número de brotes secundarios por rizoma. De estos resultados se deduce que con baja irradiancia (300 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) el ciperó cambia el modelo de distribución de asimilados, ya que en estas condiciones los rizomas se convierten en brotes aéreos secundarios, mientras que con alta irradiancia generan tubérculos.

Palabras clave. Sombreado, tubérculos, rizomas. *Cyperus rotundus*, CYPRO.

Abstract. Purple nutsedge, *Cyperus rotundus*-L. #³ CYPRO, is regarded as the world's most noxious weed of temperate and tropical regions. The reproduction is almost exclusively by means of tubers interconnected by rhizomes. Purple nutsedge is a C₄ specie and, therefore, a reduction in photosynthetic photon flux density (PPFD) affects their growth and induces another strategy in photoassimilates distribution. The aim of this work was to describe the effect of different PPFD on the growth and tuber formation, maintaing constant the relation R/FR (ζ). The plants were grown under three shade treatments: T₁ (full sunlight)=2.000; T₂=850 and T₃=300 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, (60 and 85% shade respectively). Shading (T₃=85%) reduced significantly the dry weight of aerial biomass, while below-ground biomass was affected with less shading (T₂=60%). Full sunlight produced significantly less leaf area than shaded plants, but this increase did not produce more exportable photoassimilates. Rhizome number remained almost constant, while the tuber number was reduced significantly. These results showed that shading (300 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) affected the photoassimilates partition of purple nutsedge, since these conditions determined that rhizomes turn to secondary shoots, while in full sunlight they produced tubers.

Additional index words: shade, tubers, rhizomes, *Cyperus rotundus*, CYPRO.

¹ Recibida para publicación y en forma revisada

² Instituto de Fisiología Vegetal, Fac. Cs. Naturales y Fac. Cs. Agrarias y Ftaleas, UNLP. CC 327, 1900 La Plata, Argentina. Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Buenos Aires.

³ Las letras que siguen a este símbolo son un código de computadora aprobado por la WSSA, Composite List of Weeds, Weed Sci. 32, Suppl. 2. Disponible por la WSSA, 309 West Clark St., Champaign, IL 61820.

⁴ Medias de una misma columna seguidas por las mismas letras no son significativas al 5%, utilizando el test LSD.

⁵ Received for publication and in revised form

² Instituto de Fisiología Vegetal, Fac. Cs. Agrarias y Ftaleas. Fac. Cs Naturales. UNLP. CC327, 1900 La Plata, Argentina. Comisión de Investig. Científicas - Bs As.

³ Letters following this symbol are a WSSA-approved computer code from Composite List of Weeds, Weed Sci. 32, Suppl. 2. Available from WSSA, 309 West Clark St., Champaign, IL 61820.

INTRODUCCION

El cebollín o cípero, *Cyperus rotundus* L., originaria de la India, es considerada una de las malezas más agresivas de las zonas tropicales y templado húmedas (4, 9, 10). Se encuentra en casi todas las zonas agrícolas del mundo y, aunque de baja estatura, compete severamente con muchos cultivos altos y vigorosos tales como el algodón, caña de azúcar, etc. causando reducción en el rendimiento de los mismos.

Es una hierba heliófila, perenne, con hojas graminosas formando una roseta, de raíces fibrosas, con rizomas muy extensos, de rápido crecimiento, blancos y carnosos cuando jóvenes, fibrosos y de aspecto de «alambre» cuando son viejos. Posee tubérculos más o menos alargados, blancos y suculentos cuando son jóvenes, tornándose marrones y fibrosos, cubiertos de hojas escamosas, cuando envejecen.

La parte aérea de las plantas de cípero parecen individuos independientes, pero están interconectadas por una densa malla de finos rizomas alineados entre tubérculos, localizados en la base de los tallos aéreos y tubérculos durmientes. Su reproducción es casi exclusivamente por tubérculos, ya que las semillas son por lo común estériles (8, 11, 16).

Debido al profuso sistema de reproducción vegetativa que presenta es una maleza de muy difícil erradicación (13).

La cantidad de radiación solar interceptada por las plantas es el principal determinante de la producción total de materia seca. Las plantas responden a distintos niveles de irradiancia a través de diferentes respuestas morfológicas, bioquímicas y fisiológicas. Se ha encontrado que idénticos genotipos que crecen bajo diferentes irradiancias tienen respuestas distintas, indicando que algunos parámetros del crecimiento están fuertemente modificados por el régimen lumínico (5, 6).

Las plantas que crecen a la luz solar directa producen más biomasa (tallos y hojas) y trasladan mayor proporción de los fotoasimilados hacia la parte subterránea, mientras que el sombreado generalmente reduce la producción de materia seca y distribuye mayor cantidad de asimilados a los tallos, disminuyendo la formación de órganos subterráneos (rizomas) (5, 15). En el cípero se ha encontrado que el crecimiento y desarrollo está influenciado por la intensidad de la luz (7, 17).

El objetivo del trabajo fue estudiar el efecto de diferentes densidades de flujo fotónico fotosintético (DFFF) sobre el crecimiento y la formación de órganos de propagación vegetativa, manteniendo constante la relación R/RL.

MATERIALES Y METODOS

Las plantas de cípero fueron obtenidas a partir de tubérculos durmientes, maduros, de tamaño uniforme (promedio: 1,5 cm de largo) que se coleccionaron, en noviembre de 1993, de una población natural que crece en los alrededores de La Plata (34° 57' LS), Provincia de Buenos Aires, Argentina.

Los tubérculos se incubaron en vermiculita húmeda a 25°C, en oscuridad, hasta su brotación. Luego se plantaron en potes individuales de 600 ml de capacidad que contenían tierra de jardín tamizada. Cuando las plántulas poseían un par de hojas totalmente expandidas se distribuyeron en tres tratamientos con distintas DFFF:

T₁ : Control = Luz solar directa; 2.000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

T₂ : Sombreado I = 60% de sombreado; 850 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

T₃ : Sombrado II = 85% de sombreado; 300 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

La DFFF se midió usando un sensor cuántico (LI-COR, LI-190 S). Los tratamientos de sombreado se lograron mediante capas superpuestas de malla neutra (relación R/RL (ζ) cte.= 1,2) colocadas sobre marcos metálicos de 1x1m (T₂= 2 capas y T₃= 4 capas de malla neutra). En cada cobertura se dejaron libres 15 cm en la parte inferior para permitir la circulación del aire. Los tratamientos, de 50 repeticiones cada uno, se distribuyeron al azar dentro de las coberturas.

Cuando las plantas tuvieron entre 5 y 6 hojas totalmente expandidas se cosecharon 10 al azar (primera extracción). Luego cada 30 días se recolectaron igual número de plantas de cada tratamiento.

De cada planta se determinaron los pesos seco de la raíz, los rizomas, los tubérculos, el tallo y las hojas. Además se contó el número de rizomas, de tubérculos y de tallos secundarios y se midió el área foliar.

Se consideró un tubérculo cuando el engrosamiento subapical del rizoma superó los 5 mm de diámetro. Por tallo secundario se consideró a aquel vástago aéreo diferenciado a partir de un tubérculo o rizoma origi-

nado de la planta madre.

Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza de 2 variables, con el tiempo y el sombreado como efectos principales. Las medias se compararon con el test LSD a un nivel de significancia del 5 %.

RESULTADOS Y DISCUSION

El sombreado aumentó significativamente el área foliar y retrasó la floración, llegando a ser esta última nula, con un 85% de sombreado. En la Figura 2 se observa que el área foliar del T₁ llegó a un máximo de 73 cm² a los 60 días, disminuyendo luego por senescencia, coincidiendo con el inicio de la floración. Las plantas que crecieron bajo 850 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (T₂) incrementaron su área foliar (201 cm²) hasta el principio de la floración (90 días), momento a partir de la cual las hojas basales comenzaron a senescer. En las plantas del T₃ el crecimiento del área foliar se estabilizó alrededor de los 60 días (131 cm²) y se mantuvo constante hasta finalizar el experimento debido a que la senescencia foliar se vió retrasada y la floración totalmente inhibida. La alteración en la floración es una característica observada en numerosas especies vegetales, en donde una disminución en la irradiancia produce, en general una menor floración llegando, en algunos casos, a inhibirla totalmente (3). Por otra parte, el aumento del área foliar por una reducción en la DFFF es una respuesta observada en numerosas especies (2, 14).

Una significativa reducción (85%) en la DFFF (T₃) disminuyó sensiblemente la biomasa total. En coincidencia con Björkman (5), Frankland (6) y Ballaré et al. (1), la disponibilidad de fotoasimilados se vió disminuída por el sombreado.

Las plantas que crecieron bajo luz solar directa (2.000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) diferenciaron tubérculos e inflorescencias a los 60 días y la biomasa subterránea representó alrededor del 40%, respecto de la total (Figura 3A). En la Figura 3B se observa que las que crecieron a 850 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ particionaron igual porcentaje de materia seca hacia la parte subterránea, pero recién diferenciaron tubérculos e inflorescencias a los 90 días de la brotación. Las que se sometieron a 300 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ modificaron el modelo de distribución de asimilados, ya que priorizaron la parte aérea, y a los 60 días sólo un 25% de su biomasa correspondió a los órganos subterráneos (Figura 3C). Si bien la formación de tubérculos coincidió con el T₂, éstas no diferenciaron órganos florales, después de 120 días.

Es importante destacar que la biomasa final de los tubérculos fue proporcional a la irradiancia bajo la cual crecieron las plantas y al área foliar de las mismas. La biomasa de los tubérculos de los T₁ y T₂ fue semejante (3.369 mg pl⁻¹ vs. 2.716 mg pl⁻¹, respectivamente), a pesar que las plantas del T₁ estaban sometidas a una irradiancia de 2.000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y las del T₂ a 850 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, las diferencias no fueron significativas dada la menor área foliar de las primeras (27 cm² vs 86 cm²). Mientras que la biomasa de los tubérculos en las plantas del T₃ (300 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) fue de 765 mg pl⁻¹ con un área foliar de 118 cm² (Figura 3A,B,C). Es sorprendente el hecho que el cípero, a pesar de ser una especie C₄ con alta exigencia lumínica, formó tubérculos, aún con muy baja irradiancia.

Hasta los 90 días la formación de rizomas fue directamente proporcional a la irradiancia a la cual estaban sometidas las plantas, pero el ritmo de crecimiento fue distinto, ya que a los 120 días el peso seco de estos órganos fue similar en los tres tratamientos (Figura 3A,B,C).

Estos resultados son semejantes a los obtenidos por Jordan-Molero y Stoller (12), quienes encontraron que, con intenso sombreado, el cípero produce tubérculos mientras que la biomasa de los rizomas se mantiene constante.

Cuando las plantas crecieron a la luz solar directa (T₁) (alta disponibilidad de asimilados) todos los rizomas diferenciaron tubérculos, los que emitieron tallos secundarios; a 850 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (T₂) todos los rizomas formaron tubérculos, la mayoría de los cuales emitieron un tallo secundario; mientras que a 300 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (T₃) (baja disponibilidad de asimilados) solo algunos rizomas diferenciaron tubérculos, transformándose la mayoría de ellos en tallos secundarios (Tabla 1).

Este comportamiento fue similar al encontrado en *Wedelia glauca*, que en condiciones de alta irradiancia formó órganos de reserva (rizomas), mientras que con baja disponibilidad de asimilados por defoliación o sombreado, las yemas cotiledonales no generaron rizomas, sino que devinieron tallos erectos (15). Similar comportamiento fue demostrado también en *Cynodon dactylon*, que con alta oferta de asimilados generó estolones y rizomas como órganos de reserva y/o propagación, mientras que con baja irradiancia solo formó tallos erectos (2).

En la Figura 3 y en la Tabla 1 se puede observar que a los 120 días de brotación, ni la biomasa ni el número de rizomas se vieron afectados por la disminución de la irradiancia, mientras que la producción de tubérculos mostró una directa relación con la intensidad de flujo fotosintético interceptado.

De estos resultados se deduce que con baja irradiancia ($300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) el cípero cambia el modelo de distribución de asimilados, incrementando su biomasa aérea por la formación de numerosos tallos secundarios. Si bien la planta «está preparada» para diferenciar órganos de invasión (tubérculos), la baja irradiancia no determina saldo exportable suficiente para una mayor formación de estas estructuras.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Sr. Pedro Subeldía por la preparación del material para los ensayos y a la Srita. Ofelia Ocampo por su asistencia técnica.

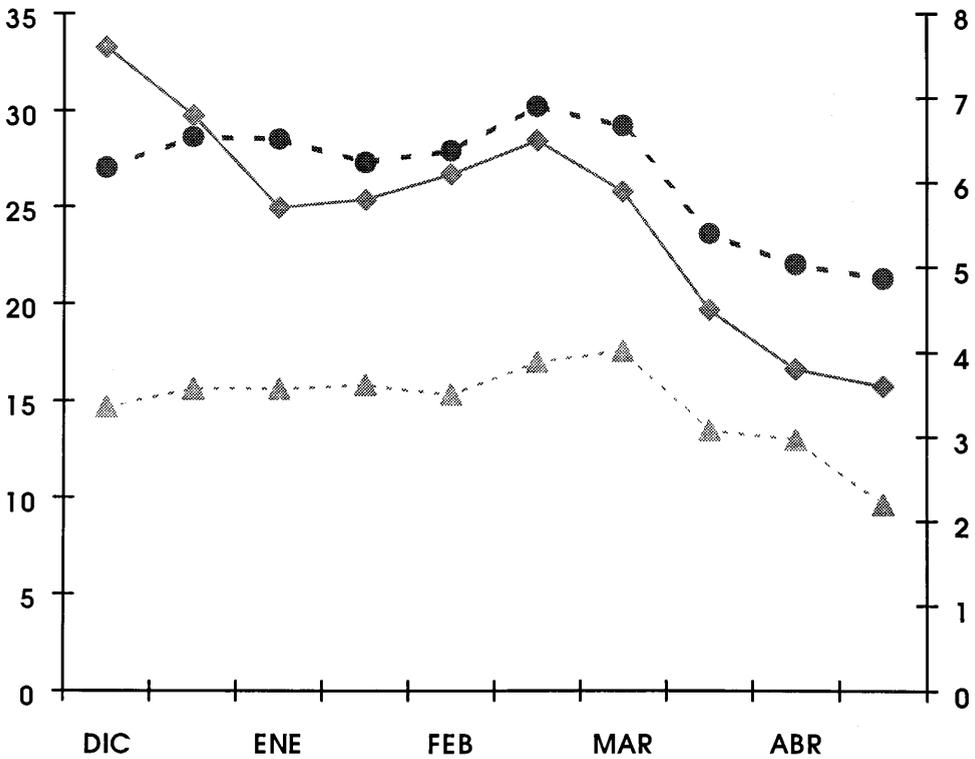


Figura 1. Temperaturas máximas, mínimas y radiación solar incidente desde diciembre 1993 hasta abril 1994.

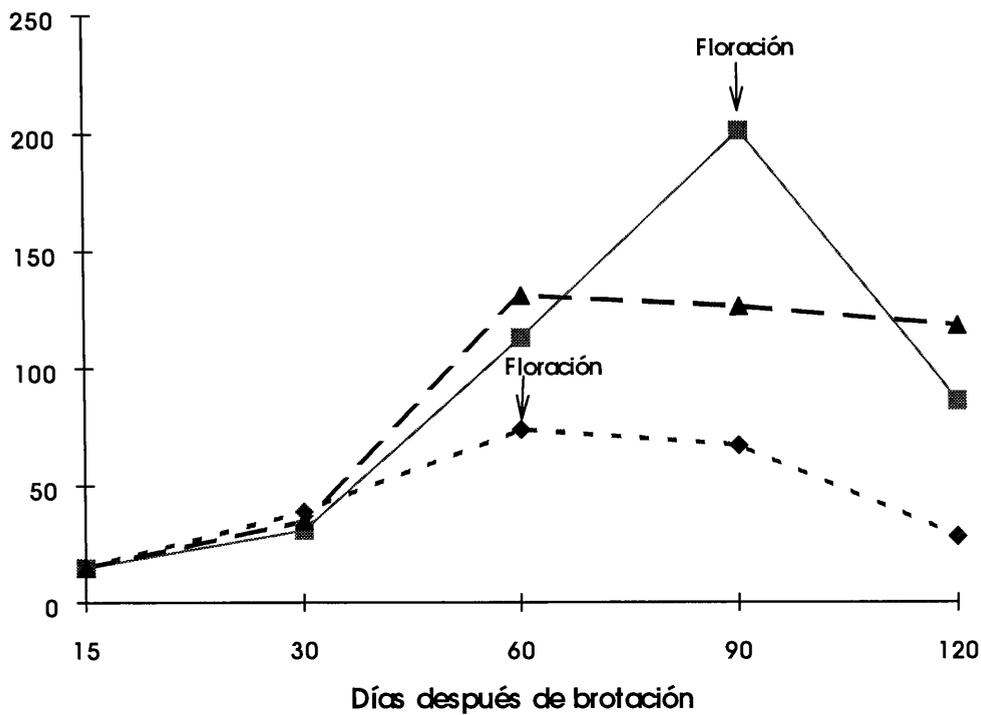


Figura 2. Influencia de la disminución de la irradiancia sobre el área foliar en el cípero. 2.000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; 850 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; 300 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

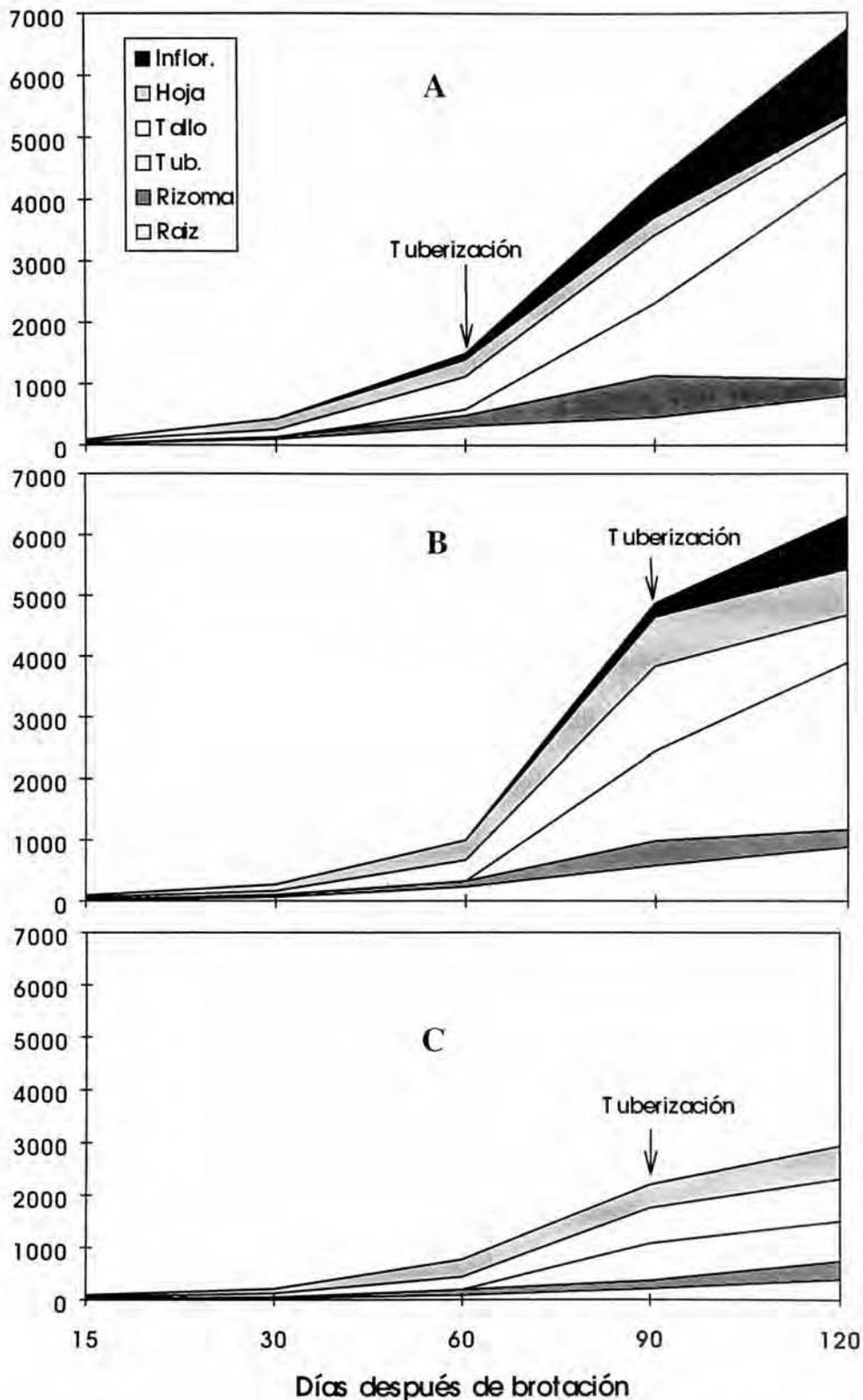


Figura 3. Efecto de las distintas densidades de flujo fotónico fotosintético en la partición de materia seca del cípero; expresada en mg de peso seco. A. DFFF = 2.000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. B. DFFF = 850 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. C. DFFF = 300 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

LITERATURA CITADA

1. Ballaré, C., R. Sánchez, A. Scopel and C. Ghersa. 1988. Morphological responses of *Datura ferox* seedlings to the presence of neighbours: Their relationships with the canopy microclimate. *Oecologia* (Berlin), 76:551-557.
2. Beltrano, J., J. Willemoës, E. R. Montaldi and R. Barreiro. 1991. Photoassimilate partitioning modulated by phytochrome in Bermudagrass *Cynodon dactylon* (L.) Pers. *Plant Sci.* 55:19-22.
3. Bernier, G., J. M. Kinet and R. R. Sachs. 1981. The physiology of flowering. Vol. I. The initiation of flowers. CRC Press, Inc. Florida. 149 pp.
4. Betría, A. 1973. Biología del cípero (*Cyperus rotundus* L.). *Rev. Fac. Agron. La Plata.* 49:181-199.
5. Björkaman, O. 1981. Responses to different quantum flux densities. Pages 57-108 in O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond and H. Ziegler, ed. *Encyclopedia of Plant Physiology*. N.S. Vol. 12A. Springer-Verlag. Berlin.
6. Frankland, B. 1986. Perception of light quantity. Pages 219-235 in Kendrick, R. E. and G. H. M. Kronenberg, ed. *Photomorphogenesis in plants*. Academic Press. London.
7. Hammerton, J. L. 1975. Experiments with *Cyperus rotundus* L. II. Seasonal variations in growth. *Weed Res.* 15:339-341.
8. Hauser, F. W. 1962. Establishment of purple nutsedge from space-planted tubers. *Weeds.* 10:209-212.
9. Hauser, F. W. 1962. Development of purple nutsedge under field conditions. *Weeds.* 10:315-327.
10. Holm, L. G., D. L. Plucknett, J. V. Pancho and J. P. Herberger. 1977. The world's worst weeds. Distribution and biology. Univ. Press of Hawaii. Honolulu. 609 pp.
11. Horowitz, M. 1972. Growth, tuber formation and spread of *Cyperus rotundus* L. from single tubers. *Weed Res.* 12:348-363.
12. Jordan-Molero, J. E. and W. Stoller. 1978. Seasonal development of yellow and purple nutsedges (*Cyperus esculentus* and *C. rotundus*) in Illinois. *Weed Sci.* 26:614-618.
13. Kleifeld, Y., T. Blumenfeld, G. Herzlinger and H. Bucsbaum. 1992. Control of purple nutsedge (*Cyperus rotundus*) in cotton with benfuresate. *Phytoparasitica.* 20:37-46.
14. Pierson, E. A., N. M. Richard and R. A. Black. 1990. The effect of shading on photosynthesis, growth, and regrowth following the defoliation for *Bromus tectorum*. *Oecologia.* 84: 534-543.
15. Montaldi, E. R., J. Beltrano, W. Abedini y T. Marrone. 1984. Factores que afectan la formación de rizomas en el «sunchillo» (*Wedelia glauca* Ort. Off.). *Rev. Fac. Agr. Buenos Aires.* 5:139-145.
16. Thullen, R. J. and P. E. Keeley. 1979. Seed production and germination in *Cyperus esculentus* and *C. rotundus*. *Weed Sci.* 27:502-505.
17. Willis, G. D. 1975. Effect of light and temperature on growth of purple nutsedge. *Weed Sci.* 23:93-96.