

## INFLUENCIA DEL REGIMEN DE HUMEDAD EN EL SUELO SOBRE EL CRECIMIENTO DE *Rottboellia exaltata* EN INVERNADERO<sup>1/</sup>\*

Ronald Hernández \*\*

Adolfo Soto \*\*

### ABSTRACT

**Influence of soil moisture upon growth of *Rottboellia exaltata* in the greenhouse.** The growth of *R. exaltata* under four soil moisture regimes was studied in the greenhouse, using a Thapto Vertic Dystrandept. Moisture levels were 100, 75, 50 and 25% of field capacity (established for this experiment at 0,689 MPa and 71% of available moisture). The permanent wilt point was estimated at 22.5% of available moisture. Response to treatments was evaluated through leaf, root, stem and inflorescence dry weight, and leaf area, at 5 sampling dates (22, 44, 66, 110 and 154 days after planting). To assess the influence of the moisture regime on growth, the Relative Growth Rate (RGR), the Net Assimilation Rate (NAR), the Leaf Area Ratio (LAR) and the Leaf Area Duration (LAD) were determined. *R. exaltata* showed a certain tolerance to water deficit, since during the first 66 days after planting the moisture regimes had no sensible effect on biomass. At 154 days, the 100 and 75% regimes exceeded by an average of 88% the biomass produced with 50 and 25%. On the average, as soil water availability increased, there were increases in RGR and NAR, and decreases in LAR. The greatest photosynthetic efficiency of *R. exaltata* occurred when moisture conditions were adequate and, under deficit conditions, a larger leaf area was required to sustain the same amount of biomass. Also, the duration of leaf area in active condition on the plant diminished as available soil moisture decreased. No increase in the Root/Aerial Part ratio occurred in this species when moisture deficiency increased.

### INTRODUCCION

*Rottboellia exaltata* es una maleza que se introdujo en Costa Rica en 1960, posiblemente como contaminante de semilla de arroz (Sánchez, 1985). En varias regiones del país, principalmente las aptas para la producción de granos como sor-

go, maíz y frijol, se presenta en altas poblaciones que pueden provocar hasta la pérdida total de las cosechas. Durante 1980 el Instituto Nacional de Seguros indemnizó con más de  $\text{¢}2.000.000$  a agricultores de varias partes del país por pérdidas provocadas por *R. exaltata*.

En el trópico, una de las variantes más violentas del medio lo constituye la disponibilidad de agua. Durante la época de lluvias es relativamente abundante, lo que provoca un agresivo crecimiento de las malezas, mientras que durante la estación seca esa disponibilidad es muy reducida, lo que induce una merma en el crecimiento de las malas hierbas. Sin embargo, el desarrollo de sistemas de

1/ Recibido para publicación el 7 de marzo de 1989.

\* Parte de la tesis de grado presentada por el primer autor para optar al título de Ingeniero Agrónomo en la Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

\*\* Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

riego con el fin de mantener dichas áreas en producción relativamente continua durante todo el año, implica que también las malezas estarán en una producción continua de propágulos, con lo cual se podría llegar a niveles poblacionales que impidan una producción rentable.

Sánchez (1985) comparó los niveles poblacionales de *R. exaltata* en Guanacaste, de época seca bien definida, y Limón, de época seca poco definida, y encontró que en la primera zona las poblaciones son menores; por ello se asume que el régimen de humedad influye en la reproducción de esta planta.

El presente trabajo tuvo como objetivo estudiar el crecimiento de la *R. exaltata* en cuatro regímenes de agotamiento de la humedad del suelo, en condiciones de invernadero.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en un invernadero de la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno, de la Universidad de Costa Rica, localizada a 84°16' de longitud oeste y a 10°1' de latitud norte, que, según la caracterización de Holdridge (1967) corresponde a un bosque seco premontano, región subtropical.

La semilla de *R. exaltata*, proveniente de la misma Estación Experimental, se pregerminó el 7 de mayo de 1984 en una mezcla de suelo: arena 1:1. Tres días después se transplantaron tres plántulas, escogiendo las más vigorosas y con un tamaño uniforme de plúmula y radícula, a vasos plásticos de 2 L de capacidad, que contenían 1.500 g de suelo. Dichos recipientes tuvieron un diámetro mayor de 15,5 y menor de 13,1 cm y una altura de 11,8 cm.

El suelo que se usó como sustrato en el experimento provenía de los primeros 20 cm de la serie Baudrit, cuyas características físicas se muestran en el Cuadro 1.

*R. exaltata* fue sometida a cuatro regímenes de agotamiento de humedad en el suelo, los cuales fueron 0 (100% de la capacidad de campo, CC), 25% (75% de la CC), 50% (50% de la CC) y 75% (25% de la CC). Para determinar la humedad existente en el suelo se utilizaron celdas de resistencia eléctrica (Coleman, 1970) de acuerdo con una calibración previa. Se colocaron dos celdas en cada uno de los 4 recipientes, uno por cada nivel de humedad en que crecía *R. exaltata*, a las

Cuadro 1. Características físicas del sustrato, suelo del perfil 98 de la Serie Baudrit.

COMPOSICION		HORIZONTE Ap+ A12 (0-36 cm) ITIQUIS-FAO (1974)	
Arena (%)		54,06	
Arcilla (%)		7,27	
Limo (%)		38,67	
Mat. orgánica (%)		13,51	
<b>ALTO CONTENIDO ALOFANICO</b>			
Densidad aparente (kg/l)		0,89	
Densidad real (kg/l)		2,88	
% Poros		54,91	
Infiltración inicial (cm/h)		7,60	suelo húmedo
Infiltración real (cm/h)		4,80	suelo húmedo
Infiltración inicial (cm/h)		12,80	suelo seco
Infiltración constante (cm/h)		2,80	suelo seco

profundidades de 2,4 y 7,8 cm, o sea a 1/4 y 3/4 partes del recipiente, respectivamente. La primera celda se utilizó como indicativa de la humedad durante las etapas iniciales del crecimiento de la especie en estudio, mientras que la segunda, para etapas posteriores. La humedad del suelo en los vasos se dejó alcanzar el régimen de agotamiento establecido, y entonces se suplió la deficiencia hasta llegar a capacidad de campo.

Se determinó como punto de marchitez permanente para *R. exaltata* en el sustrato utilizado en este experimento, un 22,5% de humedad disponible en el suelo, y como capacidad de campo, 71,07%. Al suelo que se usó como sustrato también se le realizó una curva de retención de humedad en el Laboratorio de Suelos de la Escuela de Fitotecnia.

A cada vaso se le adicionaron 170 ml de solución nutritiva de Hoagland modificada (Weber, 1972) a los 5, 10 y 15 días después de la siembra y luego cada 1,5 meses durante los 154 días que duró el experimento. La adición se realizó junto con el agua de riego. A los 132 días después de sembrar se suspendió el riego, puesto que se consideró que la planta en estudio había alcanzado la senescencia y a partir de ese momento entraba en la fase de maduración de la semilla.

Los tratamientos de 4 regímenes de humedad por 5 épocas de muestreo (22, 44, 66, 110 y 154 días después de la siembra, DDS), se distribuyeron en un diseño experimental de bloques divi-

Cuadro 2. Promedio heptadal (por banda del hidrotérmómetro) de temperatura y humedad relativa dentro del invernadero en la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno durante el desarrollo de la *R. exaltata* de mayo a octubre de 1984.

Fecha	Temperatura (°C)				Humedad relativa (%)		
	Máxima	Mínima	Promedio	Oscilación	Máxima	Mínima	Promedio
07-13 mayo 84	28,4	16,2	22,3	12,2	93,0	51,3	72,2
14-20 mayo 84	26,8	15,5	21,2	11,3	93,0	48,9	71,0
21-27 mayo 84	25,9	15,3	20,6	10,6	93,6	59,5	76,6
28-03 jun, 84	26,0	15,7	20,9	10,3	94,1	60,8	77,5
04-10 jun, 84	26,1	14,7	20,4	11,4	95,7	57,8	76,8
11-17 jun, 84	26,9	18,1	22,5	8,8	98,5	64,3	81,4
18-24 jun, 84	27,4	18,8	23,1	8,6	98,8	60,4	79,6
25-01 jul, 84	27,9	18,1	23,0	9,8	98,7	55,0	76,9
02-08 jul, 84	27,1	18,0	22,6	9,1	99,9	69,6	84,8
09-15 jul, 84	27,3	17,5	22,4	9,8	100,0	61,4	80,7
16-22 jul, 84	27,7	17,9	22,8	9,8	99,0	55,1	77,1
23-29 jul, 84	28,5	18,0	23,3	10,5	98,8	57,1	78,0
30-05 ago, 84	27,0	17,8	22,4	9,2	98,8	64,8	81,8
06-12 ago, 84	25,9	18,8	22,4	7,1	98,8	69,7	84,3
13-19 ago, 84	27,9	18,1	23,0	9,8	98,4	59,0	78,7
20-26 ago, 84	27,6	17,6	22,6	10,0	98,8	60,9	79,9
27-02 set, 84	27,3	18,2	22,8	9,1	98,8	64,4	81,6
03-07 set, 84	27,3	18,5	22,9	8,8	98,8	64,7	81,8
Promedio madurez fisiológica			22,3				78,9
03-09 set, 84	27,4	18,5	23,0	8,9	98,8	65,6	82,2
10-16 set, 84	27,4	17,9	22,7	9,5	98,8	62,9	80,9
17-23 set, 84	25,9	17,5	21,7	8,4	98,8	73,2	86,0
24-30 oct, 84	27,6	17,8	22,7	9,8	98,7	62,1	80,4
01-07 oct, 84	26,9	18,4	22,7	8,5	97,4	59,8	78,6
08-14 oct, 84	27,8	18,1	23,0	9,7	95,8	54,5	75,2
15-21 oct, 84	27,4	17,6	22,5	9,8	96,6	54,1	75,4
22-28 oct, 84	25,2	18,4	21,8	6,8	96,9	71,3	84,1
Promedio ciclo de vida			22,5				80,3

didos con 4 repeticiones, en el cual, se consideró como parcela al régimen de humedad disponible en el suelo, y como subparcela, a la época de muestreo.

En cada época de muestreo se determinó el peso seco de hojas, raíces, tallos e inflorescencias, colocando las partes vegetales en una estufa a 65°C hasta peso constante. También se determinó el área foliar, para lo cual se obtuvieron discos de diámetro conocido en tres estratos de la planta, y el peso y la cantidad de semillas al final del ciclo.

Para estimar la influencia del régimen de humedad disponible en el suelo sobre el crecimiento de la *R. exaltata*, se usó el Índice de Crecimiento Relativo (ICR), el Índice de Asimilación Neta (IAN), la Razón de Área Foliar (RAF) y la Duración de Área Foliar (DAF), según el procedi-

miento matemático mencionado por Leopold y Kriederman (1975).

Durante el período en que se condujo la investigación se mantuvo un higropermógrafo dentro del invernadero, con el fin de registrar ciertas variables climáticas.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Condiciones de clima en el invernadero

La humedad relativa promedio durante el período experimental fue de 79,4%, mientras que la temperatura fue de 22,4°C. La humedad relativa dentro del invernadero superó en un 12% a la externa, y la temperatura fue de 1,4°C mayor que

afuera. El el Cuadro 2 se muestran los promedios semanales (heptadales) de temperatura y humedad relativa.

**Retención de humedad**

Hubo diferencias en la retención de humedad del suelo que se usó como sustrato en relación con la información previa existente (PNUD/FAO, 1974) para dicho suelo. De acuerdo con los datos que se obtuvieron, se consideró que el Punto de Marchitez Permanente (PMPB) se alcanzó cuando se provocó una tensión de humedad en el suelo de 6,89 at (0,689 MPa) (Figura 1), y con base en este valor fue que se establecieron los tratamientos.

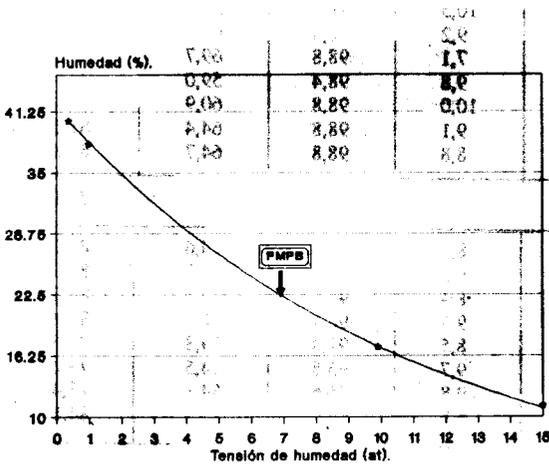


Fig. 1. Retención de humedad por el suelo que se usó como sustrato.

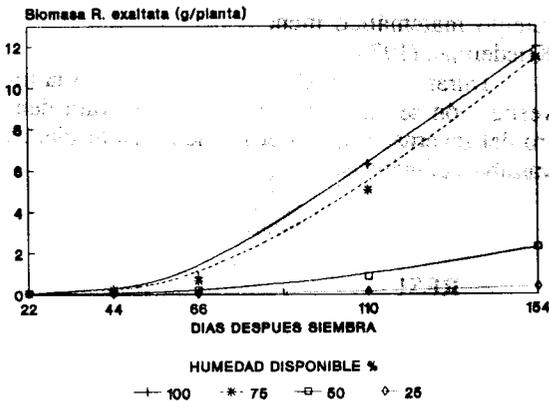


Fig. 2. Producción de biomasa por *R. exaltata* en función del lapso de muestreo y el régimen de humedad disponible en el suelo.

**Producción de biomasa**

Durante los primeros 66 DDS, los regímenes de humedad no influyeron sensiblemente en la producción de biomasa de *R. exaltata*; a los 110 DDS, las plantas sometidas a los regímenes de 100% y 75% de humedad superaron, en promedio, en 76% a las de los otros dos regímenes, y en el muestreo de los 154 días, estos mismos regímenes con menor estrés, superaron en 88%, en promedio, la cantidad de biomasa encontrada con 50 y 25% (Figura 2).

Los resultados anteriores pueden ser indicativos de que *R. exaltata* presenta, al menos inicialmente, una cierta tolerancia al déficit hídrico, y si el estrés no es muy severo, sobrevive razonablemente.

**Indices de crecimiento**

En términos generales, se produjo un aumento en el ICR, o sea, en la acumulación de materia seca por g de materia seca existente, conforme aumentó la disponibilidad de agua en el suelo (Figura 3). Además, este aumento promedio en el ICR correlacionó directamente con un aumento promedio en el IAN (Figura 4) y una disminución de la RAF (Figura 5).

Esto indica que la mayor eficiencia fotosintética de *R. exaltata* se produjo cuando las condiciones de humedad fueron adecuadas, y los efectos que se encontraron en la RAF pueden servir de apoyo a esta justificación, puesto que, la mayor RAF se encontró cuando el déficit de humedad disponible fue mayor en el suelo, lo que se puede interpretar como que se requirió una mayor área foliar para sustentar una misma cantidad de biomasa cuando la planta estuvo en estrés de agua. La reducción en la eficiencia fotosintética cuando la humedad disponible en el suelo es escasa, ha sido observada en otras plantas con metabolismo  $C_4$  (Osmond *et al.*, 1980) y se puede atribuir tanto a una pérdida sustancial de clorofila (Alberte *et al.*, 1977) como a una desorganización en la estructura fina de los cloroplastos (Giles *et al.*, 1974), similar a la que encontraron Paul y Patterson (1980) cuando hicieron crecer *R. exaltata* bajo sombra. Kramer (1980) también, señaló que el déficit de humedad causa una reducción del turgor de las células, con lo cual se induce un decrecimiento de la superficie foliar y de la tasa fotosintética por unidad de área foliar. Sobre este mismo punto, los autores encontraron una desorganización de los cloroplastos del mesófilo con 50 y 25% de hume-

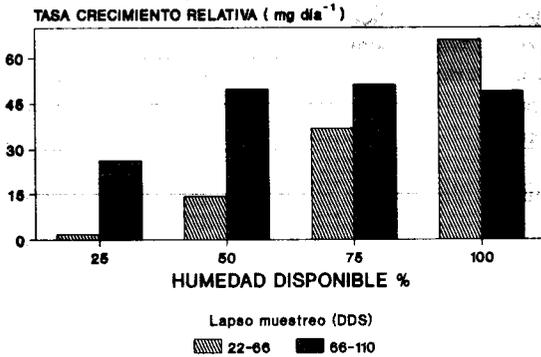


Fig. 3. Índice de Crecimiento Relativo de la *R. exaltata* en función del lapso de muestreo y el régimen de humedad disponible en el suelo.

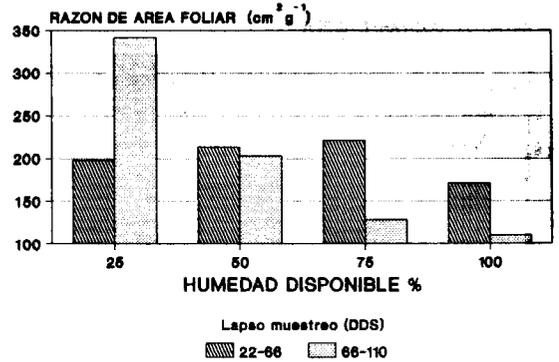


Fig. 5. Razón de Área Foliar de la *R. exaltata* en función del lapso de muestreo y el régimen de humedad disponible en el suelo.

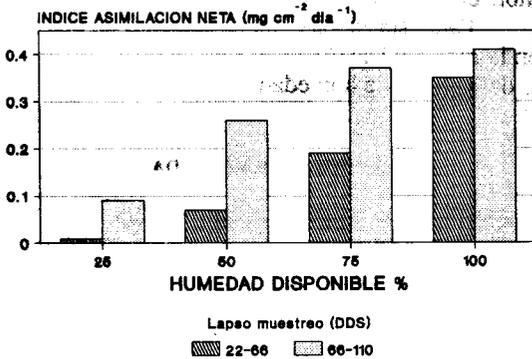


Fig. 4. Índice de Asimilación Neta de la *R. exaltata* en función del lapso de muestreo y el régimen de humedad disponible en el suelo.

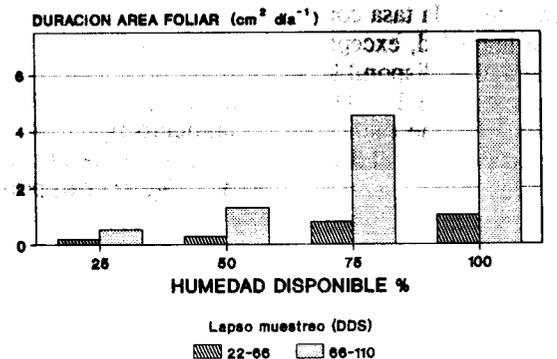


Fig. 6. Duración del Área Foliar de la *R. exaltata* en función del lapso de muestreo y el régimen de humedad disponible en el suelo.

dad disponible en el suelo, y también de la vaina del haz, con el de 25%.

Un factor que ayudó a la mayor eficiencia fotosintética apuntada, fue el período de permanencia del área foliar en condición activa en la planta, la cual fue menor conforme se redujo el régimen de humedad disponible en el suelo (Figura 6). Este resultado se pudo deber a un incremento en la tasa de senescencia de las hojas fisiológicamente más viejas ante el estrés de agua, como informó Begg (1980).

En relación al comportamiento de los índices en los diferentes períodos del crecimiento, en todos los casos en que se provocó déficit de humedad en el suelo, el mayor ICR ocurrió en el período de 66-110 DDS, mientras que con el 100% de humedad disponible en el suelo, eso ocurrió en el lapso de 22-66 DDS (Figura 3). En el período 22-66 DDS el ICR presentó la tendencia a aumentar

conforme aumentó la humedad disponible en el suelo. Para 66-110 DDS, el ICR fue semejante en los regímenes de 50, 75 y 100%, y sólo cuando la disponibilidad de humedad fue muy baja (25%), se presentó un ICR sensiblemente bajo (Figura 3).

El decline del ICR con 100% de humedad disponible, de 22-66 a 66-110 DDS, se debió a una reducción del 36% en la RAF, a pesar de que el IAN aumentó 17%. En el caso de los regímenes de 50 y 75%, el incremento en el ICR entre una y otra etapa, se atribuyó a los incrementos en el IAN (95 y 271%, respectivamente), a pesar de que existieron reducciones en la RAF (92 y 5%, respectivamente). Finalmente, el aumento en el ICR con 25% de humedad disponible en el suelo se debió tanto a un aumento del IAN (800%), como de la RAF (72%) (Figuras 4 y 5).

No se presentó la respuesta típica de la relación Raíz/Parte Aérea, (Figura 7) ésta es, un incre-

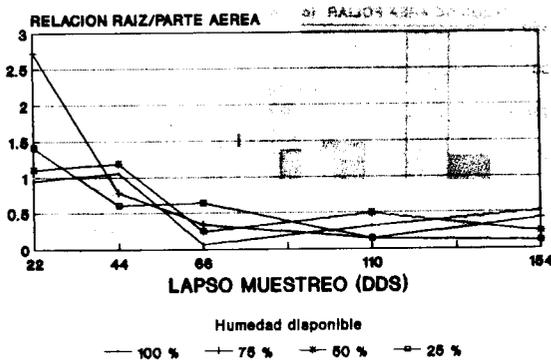


Fig. 7. Relación Raíz/Parte Aérea de la *R. exaltata* en función del lapso de muestreo y el régimen de humedad disponible en el suelo.

mento de la tasa conforme aumenta la deficiencia de humedad, excepto en la condición de 75% de humedad disponible en el suelo en el lapso de muestreo de 22 DDS. Sin embargo, Begg (1980) sostiene que dicho comportamiento típico sólo ocurre cuando el déficit de humedad provocado no influye sobre la asimilación de  $\text{CO}_2$ , lo cual, presumiblemente, ocurrió en este experimento.

## RESUMEN

Se estudió el crecimiento de *R. exaltata* en cuatro regímenes de humedad del suelo, bajo condiciones de invernadero, en un suelo Thapto Vertic Dystrandep.

Los regímenes de humedad fueron 100, 75, 50 y 25% de la capacidad de campo (establecida para este experimento en 0,689 MPa y 71% de humedad disponible). El punto de marchitez permanente se estimó en 22,5% de humedad disponible.

A los tratamientos se les evaluó el peso seco de hojas, raíces, tallos e inflorescencias, y el área foliar, en 5 épocas de muestreo (22, 44, 66, 110 y 154 días después de la siembra). Para evaluar la influencia del régimen de humedad sobre el crecimiento se usó el Índice de Crecimiento Relativo (ICR), el Índice de Asimilación Neta (IAN), la Razón de Área Foliar (RAF) y la Duración de Área Foliar (DAF).

*R. exaltata* presentó una cierta tolerancia al déficit hídrico pues durante los primeros 66 días

después de la siembra los regímenes de humedad no influyeron sensiblemente sobre la biomasa. A los 154 días, los regímenes de 100 y 75 % superaron en 88%, en promedio, la cantidad de biomasa producida con 50 y 25%.

En promedio, conforme aumentó la disponibilidad de agua en el suelo se produjeron aumentos en el ICR y el IAN, y disminuciones en la RAF. La mayor eficiencia fotosintética de *R. exaltata* se produjo cuando las condiciones de humedad fueron adecuadas, y bajo condiciones de déficit, se requirió una mayor área foliar para sustentar una misma cantidad de biomasa.

También, el período de permanencia del área foliar en condición activa en la planta, fue menor conforme se redujo el régimen de humedad disponible en el suelo.

Para esta especie, no se presentó un aumento en la relación Raíz/Parte Aérea conforme aumentó la deficiencia de humedad.

## LITERATURA CITADA

- ALBERTE, R.S.; THORNER, J.P.; FISCUS, E.L. 1977. Water stress effects on the content and organization of chlorophyll and bundle sheath chloroplasts of maize. *Plant Physiology* 59:351-353.
- BEGG, J.E. 1980. Morphological adaptations of leaves to water stress. *In* Adaptation of plants to water and high temperature stress. Ed. by N.C. Turner and P.J. Kramer. New York, USA, Wiley. p. 33-42.
- COLEMAN, E.A. 1970. Soil moisture and cells; instruction manual. Illinois, Soiltest. 20 p.
- COSTA RICA. INSTITUTO NACIONAL DE SEGUROS. 1981. Algunos aspectos importantes sobre el zacate indio (*Rottboellia exaltata*). San José, INS, Departamento Agropecuario. 17 p.
- GILES, K.L.; BEARDSSELL, F.; COHEN, D. 1974. Cellular and ultrastructural changes in mesophyll and bundle sheath cells of maize in response to water stress. *Plant Physiology* 54:208-212.
- HOLDRIDGE, L.R. 1967. Life zone ecology. San José, Tropical Science Center. p. 206.
- KRAMER, P.J. 1980. Drought stress and the origin of adaptations. *In* Adaptation of plants to water and high temperature stress. Ed. by N.C. Turner and P.J. Kramer. New York, USA, Wiley. p. 7-20.

- LEOPOLD, A.C.; KRIEDERMAN, P.E. 1975. Plant growth and development. 2 ed. New Delhi, McGraw-Hill. p. 77-105.
- OSMOND, C.B.; WINTER, K.; POWLES, S.B. 1980. Adaptive significance of carbon dioxide cycling during photosynthesis in water-stressed plants. *In* Adaptation of plants to water and high temperature stress. Ed. by N.C. Turner and P.J. Kramer. New York, USA, Wiley. p. 139-154.
- PNUD/FAO. 1974. Organización de distritos de riego en la Cuenca del Río Itiquís, Costa Rica; suelos. Roma, FAO. p. irr. (Informe técnico no. 2-AGO:DP/COS/509)
- PAUL, R.N.; PATTERSON, D.T. 1980. Effects of shading on the anatomy and ultrastructure of the leaf mesophyll and vascular bundles of itchgrass (*Rottboellia exaltata*). *Weed Science* 28(2):216-224.
- SANCHEZ, T. 1985. Estudio preliminar de la distribución y ecología de *Rottboellia exaltata* L.F. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 95 p.
- WEBER, J.B. 1972. Model soil systems, herbicide leaching, and sorption. *In* Research methods in weed science: Twenty-fifth anniversary commemorative issue of the Southern Weed Science Society, Ed. by R.E. Wilkison. Atlanta, Georgia, Pop Enter Price and Creative Printer. p. 146-147.