

Una comparación agroecológica de canavalia, *Canavalia ensiformis* (L.)DC., y soya, *Glycine max* (L.) Merr., sometidas a dos frecuencias de riego. I. Fenología y crecimiento

Agroecological comparison of canavalia, *Canavalia ensiformis* (L.) DC., and soya, *Glycine max* (L.) Merr., under two irrigation frequencies. I. Fenology and growth

De Gouveia M.¹ y D. Marín Ch.²

Resumen

Se comparó la fenología y el crecimiento de los cultivares: Tovar de *Canavalia ensiformis* (L.)DC., y FT-88011 de *Glycine max* (L.)Merrill, sembrados con densidades de 50.000 y 400.000 p/ha respectivamente, en el Campo Experimental del CENIAP en Maracay. Los tratamientos considerados fueron: canavalia regada cada 5 días (C5), canavalia regada cada 10 días (C10), soya regada cada 5 días (S5) y soya regada cada 10 días (S10). Hasta los 50 días desde la siembra no hubo diferencias en los estadios vegetativos entre las especies, pero luego se hizo evidente una mayor producción de hojas y ramas en la canavalia respecto a la soya. Los eventos reproductivos ocurrieron mas tempranamente y duraron menos tiempo en la soya en relación a la canavalia. No hubo diferencias en la acumulación de materia seca total (MST) ni en el área foliar media por planta (AF) entre frecuencias de riego, probablemente por la homogeneización del terreno a causa de lluvias ocurridas prematuramente. La MST, el AF, y los valores máximos del índice de asimilación neta (IAN) y del índice de crecimiento del cultivo (ICC), resultaron significativamente mayores en la canavalia, mientras que el índice de área foliar (IAF) y el área foliar específica (AFE), fueron significativamente mas altos en la soya.

Palabras clave: *Canavalia ensiformis*, *Glycine max*, fenología, crecimiento, riego.

Abstract

A comparative study of phenology and growth in *Canavalia ensiformis* (L.) DC cv. Tovar and *Glycine max* (L.) Merrill line FT-88011, sown in experimental plots with 50.000 and 400.000 p/ha, was made at CENIAP Experimental Station in Maracay, Venezuela. The treatments were: canavalia watered each 5 days (C5),

Recibido el 11-01-1999 • Aceptado el 23-02-1999

1. FONAIAP, Estación Experimental Valle de la Pascua.

2. Instituto de Botánica Agrícola. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Apartado 4579.

canavalia watered each 10 days (C10), soybean watered each 5 days (S5) and soybean watered each 10 days (S10). No differences in vegetative stages between species were found until 50 days after sowing, but a higher leaf and branch production was evident in canavalia. In soybean the reproductive stages were earlier and shorter in relation to canavalia. No differences due to different irrigation frequencies were found in the total dry matter accumulation (TDM), or leaf area per plant (LA), possibly due to uniformity in plot humidity because of early rains. TDM, LA and maximal values of net assimilation rate (NAR) and crop growth rate (CGR), were significantly higher in canavalia, but leaf area index (LAI) and specific leaf area (SLA) were significantly higher in soybean

Key words: *Canavalia ensiformis*, *Glycine max*, phenology, growth, irrigation.

Introducción

Canavalia ensiformis (L.) DC., es una leguminosa nativa del trópico americano (26) con gran potencial para su incorporación a la producción nacional, como fuente de proteínas para la alimentación de rumiantes, aves y cerdos. Aunque posee lectinas en hojas y semillas, como muchas otras leguminosas (4), varias propuestas tecnológicas recientes y en particular la aplicación de calor seco (27, 31, 32), permiten prever la solución de ese problema, lo cual haría posible aprovechar sus cualidades, como son: alta productividad, alto valor nutritivo en granos y follaje, gran capacidad de fijación del nitrógeno atmosférico, fácil germinación de las semillas, y resistencia al ataque de insectos. Un amplio intervalo de tolerancia ante variadas condiciones de textura y fertilidad del suelo así como su resistencia a la sequía, son importantes atributos adicionales (16, 22, 33).

La soya (*Glycine max* (L.) Merr.), aparentemente originaria de la China, posee también un gran valor nutritivo y numerosas ventajas como

son sus bajos requerimientos de fósforo, su tolerancia a suelos ácidos y a niveles de aluminio relativamente altos (30). Aunque es muy productiva en otros países y su forraje es de alta calidad (11), no ha podido establecerse definitivamente como cultivo en Venezuela, a pesar de la gran demanda existente para su empleo en la industria de alimentos concentrados para animales. De hecho la soya es componente importante en la elaboración de mezclas balanceadas para la industria avícola, y la demanda interna tanto para la alimentación animal como para la elaboración de grasas y aceites de consumo humano, debe cubrirse por lo menos en un 85% a través de la importación (5, 21). Recientemente la soya se ha incorporado en planes de rotación de cultivos, tendentes a la recuperación de suelos en los llanos orientales.

Los estudios dirigidos hacia la consolidación de la canavalia como cultivo comercial destinado a la producción animal, buscar la sustitución parcial de la soya como fuente protéica, a fin de reducir la

dependencia nacional de la importación de esta última. Se argumenta generalmente una mayor tolerancia de la canavalia en comparación con la soya ante condiciones ambientales adversas que pueden ocurrir en muchas partes del país, pero hasta la fecha no se había efectuado una comparación de ambas especies bajo las mismas condiciones de crecimiento. Es

por ello que en el presente trabajo se planteó tal comparación, como una manera de aportar información basada en resultados experimentales, que permita valorar mejor ambos recursos. El objetivo específico en esta parte del estudio, fue la comparación de la fenología y del crecimiento bajo dos frecuencias de riego.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el Campo Experimental del CENIAP (Lote H4), ubicado en el Municipio Mario Briceño Iragorri, estado Aragua, a 455 m s n m, entre las coordenadas 67° 31' O y 10° 17' N. El clima es estacional Awi según la clasificación de Köppen, con una precipitación promedio anual de 920 mm distribuidos principalmente entre mayo y noviembre, y un período seco comprendido entre diciembre y abril. En la figura 1, se observan los valores de la precipitación, la evaporación y la temperatura máxima del aire, agrupados en intervalos de 5 días (pentadas) a partir del 26 de enero de 1995, según datos de la Estación Meteorológica del CENIAP, situada dentro del mismo campo experimental. La temperatura máxima fluctuó entre 30,9 y 36,0 °C, mientras que la mínima (no graficada y disponible sólo desde abril), osciló entre 17,7 y 18,8 °C. Para el lapso entre abril y julio la temperatura promedio fue 25,6 °C.

El suelo forma parte de la Serie Maracay, y posee textura franco arenosa, pH 6,50 (en agua 1:1), 1,4% de materia orgánica y concentraciones de P, K y Ca disponibles de 77, 19 y

124 ppm, respectivamente, de acuerdo al análisis de una muestra compuesta del suelo superficial de la parcela (primeros 30 cm), realizado en el Laboratorio del Instituto de Recursos Agroecológicos del CENIAP. Según los criterios aceptados para la solución extractora empleada, la concentración de P puede considerarse como alta, mientras que la de K y Ca son muy bajas.

Se empleó la variedad Tovar de canavalia y la línea FT-88011 de soya. La primera se escogió por ser uno de los genotipos mas ventajosos para la producción comercial de canavalia (24), y la segunda por los altos rendimientos obtenidos en ensayos regionales del FONAIAP (8). La siembra se realizó manualmente el 31-01-95, con densidades de 50.000 p/ha en canavalia (17) y 400.000 p/ha en soya (28), al día siguiente de la aplicación de un riego uniforme en toda el área experimental. El diseño experimental fue de bloques al azar en un arreglo factorial 2x2 sobre parcelas divididas, con 5 repeticiones de cada uno de los tratamientos siguientes: 1) canavalia regada cada 10 días (C10); 2) canavalia

regada cada 5 días (C5); 3) soya regada cada 10 días (S10) y 4) soya regada cada 5 días (S5). El área experimental ocupó 620 m², conteniendo 20 unidades experimentales (parcelas) con 6 hileras de 6 metros de largo cada una; cada hilo de soya contenía 120 plantas y cada hilo de canavalia 15. Los tratamientos fueron asignados a cada parcela en forma aleatoria, tomando como parcela principal el riego y como secundaria las especies. Para reducir el efecto de las infiltraciones del agua de riego, se dejaron 3 hileras sin sembrar entre parcelas principales adyacentes. La aplicación diferencial del riego comenzó a los 25 días desde la siembra (dds), cuando las plantas de ambas especies tenían dos hojas compuestas (fenofase V3), una vez superada la etapa crítica de implantación del cultivo. Sin embargo,

las extemporáneas lluvias caídas el 20 y 21 de marzo (68,6 y 58,4 mm; figura 1), homogeneizaron el terreno, por lo cual hubo que esperar semana y media para continuar la aplicación del riego en la forma prevista. Las observaciones fenológicas se realizaron de acuerdo al método de Fehr *et al.* (7) para la soya, y simplificado por Marín (17) para la canavalia. Las descripciones se aplicaron a cada una de las plantas extraídas para el análisis de crecimiento en los cuatro tratamientos contemplados.

La materia seca total (MST) y el área foliar por planta (AF) se determinaron con una frecuencia de 5 días en el caso de la soya, y de 10 días en la canavalia, atendiendo a las diferencias en la duración de ciclos, con muestras de 5 individuos por tratamiento. La disección de las

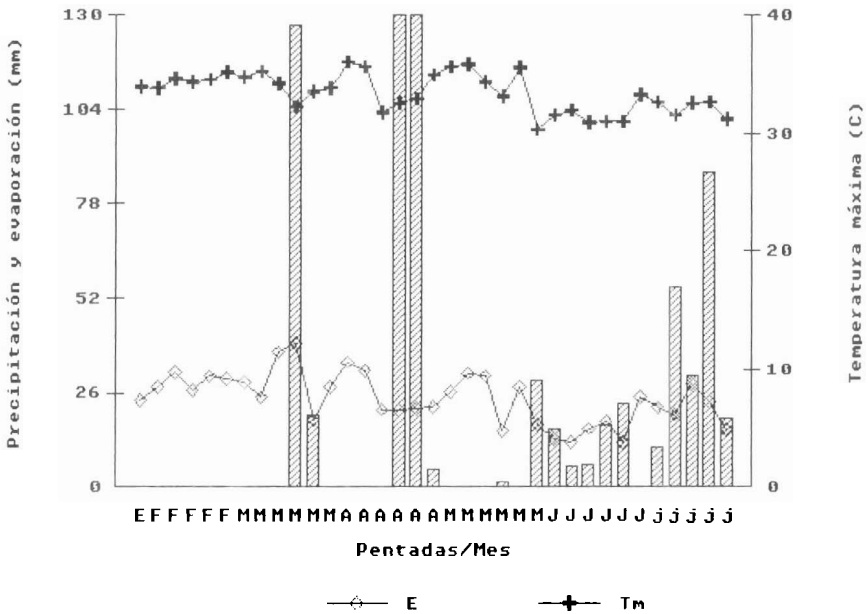


Figura 1. Precipitación (P), evaporación (e) y temperatura máxima (Tm).

plantas en raíces, tallos, hojas, inflorescencias, flores y frutos, se llevó a cabo en el Laboratorio de Ecología del Instituto de Botánica de la Facultad de Agronomía de la UCV. Las muestras se secaron a 70°C por 72 horas en una estufa de convección Jouan, previa medición del área foliar con un equipo LI-3000, y luego se pesaron las fracciones en una balanza Sartorius.

Los datos originales de AF y de la MST en relación con el tiempo, fueron ajustados mediante el criterio de máximo valor del coeficiente de determinación (R^2). Posteriormente se derivaron las ecuaciones obtenidas, a fin de determinar las relaciones que permitieron estimar los valores instantáneos del Índice de Área Foliar (IAF), del Índice de Asimilación Neta (IAN), y del Índice de Crecimiento del Cultivo (ICC), siguiendo los procedimientos señalados en la literatura (2, 12,13). Asimismo se calcularon los valores del Área Foliar

Específica (AFE).

En la misma fecha de siembra se aplicó una dosis de 330 kg/ha del fertilizante 12-24-12 homogéneamente en toda el área experimental. La lámina de riego suministrada por gravedad fue de 23,2 mm aproximadamente, calculada como el producto de caudal y tiempo en relación con el área regada. El control de malezas se efectuó de manera pre y post-emergente con Gramoxone (1L/200 L de agua), además de limpiezas manuales complementarias. Las parcelas y especialmente las de soya, fueron afectadas por el chinche marrón (*Euschistus servus*) y el coquito perforador (*Diphalauca aulica*), siendo necesario su control con Basudín a razón de 85 mL/18 L de agua. El tratamiento estadístico de los datos para cada variable se realizó en concordancia con el diseño utilizado (29), mediante el empleo del paquete SAS.

Resultados y discusión

Fenología. En el cuadro 1 se comparan los estadios fenológicos de la soya y de la canavalia sin discriminar tratamientos, ya que no se encontraron diferencias asociadas a las frecuencias de riego. Las plántulas de canavalia emergieron desuniformemente alrededor de los 10 dds, existiendo áreas con fallas en la germinación; algunos autores sugieren que los retardos en la emergencia pueden asociarse al tamaño de las semillas, debido a que los granos pequeños (menores de un gramo) necesitan

mayor tiempo para la imbibición, variando con ello la velocidad de emergencia de las plántulas en comparación con granos mas grandes (17,19); sin embargo, como en este caso las semillas empleadas fueron seleccionadas por su tamaño, es probable que la heterogeneidad en la emergencia haya obedecido mas bien a un exceso de humedad luego del riego de asiento. Ramis *et. al.* (24), afirman que la germinación en la canavalia puede ser reducida por los excesos de agua.

Cuadro 1. Comparación de los estadios fenológicos de canavalia y soya (dds: días desde la siembra; V denota los estadios vegetativos y R los reproductivos. En la canavalia r se refiere al número de ramas en el eje principal).

dds	Soya	Canavalia
0-10	Ve	Vo
11-20	V1-3	V1
21-30	V3-4	V3-4
31-40	V4-5	V5-6 (1-3r)
41-50	V6-8 (R1)	V7R0 (3-5r)
51-60	V8-12 (R2-R3)	V9-14 (R1) (4-10r)
61-70	V11-13 (R3-R4)	V11-14 (R2) (7-10r)
71-80	V8-14 (R4)	V11-19 (R2-R3) (8-13r)
81-90	V9-14 (R5)	V14-25 (R2-R3) (6-15r)
91-100	V11-16 (R6)	V16-26 (R3) (6-16r)
101-110	V13-16 (R6)	V16-28 (R3) (5-13r)
111-120	V9-16 (R7-R8)	V19-28 (R3) (7-15r)
121-140	-	V20-33 (R4-R5) (6-18r)
141-150	-	V21-34 (R4-R5) (6-18r)

A los 14 dds se inició la expansión de los protófilos, y a los 24 se observaron diferentes fenofases dentro del mismo muestreo, pero con predominio del estadio V3 (dos hojas compuestas). Desde los 35 días se observó la formación de ramas en la canavalia, y ese proceso continuó sin interrupciones hasta el final del experimento, llegando a observarse en algunos casos hasta 18 ramas primarias por planta a los 133 dds. Ya a los 44 dds el proceso reproductivo se encontraba en marcha, puesto que había yemas florales en crecimiento (R0) en un 50% de las plantas; este dato es consistente con observaciones previas (16) en las cuales la fenofase R0 ocurrió a los 43 dds, en plantas sembradas en Maracay entre el 15 de diciembre y el 15 de enero, cuando la duración del día oscilaba entre 11h 33

min y 11h 36 min. Dichos autores al igual que Kessler (15), sostienen la influencia cuantitativa de los días cortos sobre la floración en canavalia. La fenofase R1 (inflorescencias en crecimiento) ocurrió a los 56 dds cuando las plantas tenían de 9 a 14 nudos en su eje principal (V9 y V14), mientras que la antesis (R2) se inició a los 64 días en plantas con 11 a 14 nudos, algunas de las cuales ya tenían pequeñas legumbres verdes (R3). Sin embargo, el estadio R3 alcanzó su máxima manifestación solamente a partir de los 92 dds, y se prolongó hasta los 120, ocurriendo el amarillamiento (R4) y secado (R5) de los frutos a partir de los 133 y 140 días respectivamente, aunque la maduración heterogénea de las legumbres determinó que las plantas fueran cosechadas en dos oportunidades. Si bien globalmente los

eventos fenológicos observados en este experimento, coinciden con resultados publicados en trabajos previos (17, 24), la fase de llenado de granos en este ensayo se prolongó con respecto a esas observaciones, probablemente a causa del exceso de humedad ocasionado por las lluvias caídas desde la última semana de mayo.

La soya presentó una germinación más uniforme que la de la canavalia, de modo que a los 8 dds ya todas las plántulas presentaban sus cotiledones sobre la superficie del suelo (estadio Ve). El alto contenido de agua en el suelo en el momento de la siembra debió actuar como coadyuvante del proceso, ya que las semillas de soya absorben una considerable cantidad de agua, y requieren un nivel de humedad mínimo de 50% con base en el peso seco, para que ocurra la germinación (28). A los 14 dds el 80% de las plantas se hallaba en la fenofase V1 y a los 40 el 60% había llegado a V5. Descontando el lapso consumido en la emergencia, estos datos concuerdan con los resultados de Fehr *et. al.* (7), quienes señalan un promedio de 5 días para el desarrollo de un nuevo nudo entre la emergencia y la etapa V5, después de los cuales se requieren tres días para la formación de cada nudo nuevo. Las primeras flores abiertas (R1) se observaron entre los 41 y 50 dds, y la fenofase R2 ocurrió a los 56 dds en un 70% de la población. Cabe recordar en este punto que la soya es considerada como una planta de día corto (23), de manera que la siembra a finales de enero probablemente favoreció su actividad reproductiva. Las particularidades de los genotipos en cuanto a su sensibilidad al

fotoperíodo deben ser tomadas en consideración, puesto que las diferencias en la duración del día y en la temperatura del aire entre años y localidades, son suficientes para inducir inestabilidad en el inicio de la floración, tal como se ha demostrado con varios cultivares en Australia (20).

La fenofase R3 (con legumbre de 5 mm en cualquiera de los cuatro nudos superiores del tallo principal) era evidente a los 59 dds, y la R4 entre 64 y 77 dds; esta última fecha coincidió con el inicio de un secado masivo del follaje, ocurriendo la caída del mismo aproximadamente a los 87 dds. A los 85 días comenzó la R5, a los 92 días la R6, y la R7 a los 113 dds. Finalmente la madurez fisiológica (R8) se alcanzó a los 120 días. En tres líneas de soya cultivadas bajo riego y sembradas en diciembre en la Mesa de Guanipa, la fenofase R1 ocurrió a los 38 o 39 días mientras que la R5 requirió 57-58 días (25), aunque los autores emplearon genotipos menos longevos (108-110 días) que el del presente trabajo (120 días), lo cual explicaría parcialmente las diferencias en la ocurrencia de las fenofases señaladas con respecto a nuestros resultados. Es interesante destacar que no existe una relación directa entre duración del ciclo y duración de las fenofases particulares (18), hecho que puede ser útil para la escogencia de materiales apropiados para condiciones locales.

La comparación de los estadios fenológicos de la soya y la canavalia (cuadro 1), indica que las fenofases vegetativas en ambas especies ocurrieron paralelamente hasta los 50 dds, después de los cuales se hizo evidente el mayor desarrollo vegetativo

de la canavalia así como el mayor lapso de tiempo necesario para el llenado y maduración de las legumbres en esa especie. Las fenofases reproductivas en la soya comenzaron entre los 41 y 50 dds con la apertura de la primera flor, mientras que para esa fecha la canavalia se encontraba apenas en R0 (yemas florales en crecimiento). El estadio R2 de la canavalia ocurrió entre los 61 y 70 días, mientras que la soya se encontraba para ese lapso en el R4, y la producción de flores fue mas prolongada en la canavalia en comparación con la soya. Asimismo se observaron grandes diferencias en la ramificación siendo ésta mas profusa en la canavalia. La ausencia de diferencias en cuanto a la fenología en plantas de la misma especie sometidas a diferentes frecuencias de riego, puede atribuirse al efecto uniformizante de las lluvias caídas en el mes de marzo, aunque tal situación afectaría solamente a las fenofases vegetativas, ya que la floración en las leguminosas estudiadas depende mas de variables no controladas en el experimento, como es el caso del fotoperíodo (15,16, 20,23).

Acumulación de materia seca total y crecimiento del área foliar. En la figura 2a, se representa la acumulación de MST promedio por planta de soya, en S5 y S10. Los valores se ajustaron bien a un modelo polinomial de tercer grado, con ecuaciones: $y = -1,27 - 0,30x + 0,014x^2 - 0,00008x^3$ ($R^2=0,98$; $P<0,01$) para S5, e $y = 2,68 - 0,39x + 0,02x^2 - 0,00008x^3$ ($R^2=0,97$; $P<0,01$) en S10, donde y representa la MST expresada en gramos por planta y x el número de días desde la siembra. No hubo

diferencia significativa entre frecuencias de riego ($F=0,02$), a causa de la homogeneización de la humedad del suelo ya señalada, y la máxima acumulación de biomasa ocurrió entre los 100 y 112 dds cuando las plantas se encontraban en el estadio reproductivo R6. Al final del ciclo la producción de MST de la soya fue equivalente a 1510 g/m^2 como promedio de S5 y S10, siendo superior a los 1200 g/m^2 obtenidos con el cultivar A:sgrow 3127 en Balcarce, Argentina, con una densidad de 330.000 p/ha (1). Asimismo, la biomasa final cosechada en este trabajo, superó los valores encontrados en la fase R7 con tres líneas de soya crecidas en la Mesa de Guanipa (25). En general la tendencia de las curvas de la figura 2a coincide con los resultados publicados por varios autores (9, 28, 34).

El crecimiento de las plantas de canavalia resultó mucho mayor que el de las de soya (obsérvense las diferencias de escala entre las figuras 2a y 2b), pero siguiendo una progresión diferente, aunque pudo expresarse también según el modelo polinomial con las relaciones: $y = -11,66 + 0,96x - 0,015x^2 + 0,002x^3$ ($R^2=0,97$; $P<0,01$) para C5, e $y = -29,55 + 2,55x - 0,037x^2 + 0,0003x^3$ ($R^2=0,98$; $P<0,01$) para el tratamiento C10. No hubo diferencia estadísticamente significativa en cuanto a las frecuencias de riego para la canavalia, pero la comparación entre especies indicó valores significativamente mas altos para la MST de la canavalia ($F=90,57$; $P<0,01$) respecto a la soya. De hecho, la acumulación final de biomasa fluctuó entre 1467 y 1554 g/

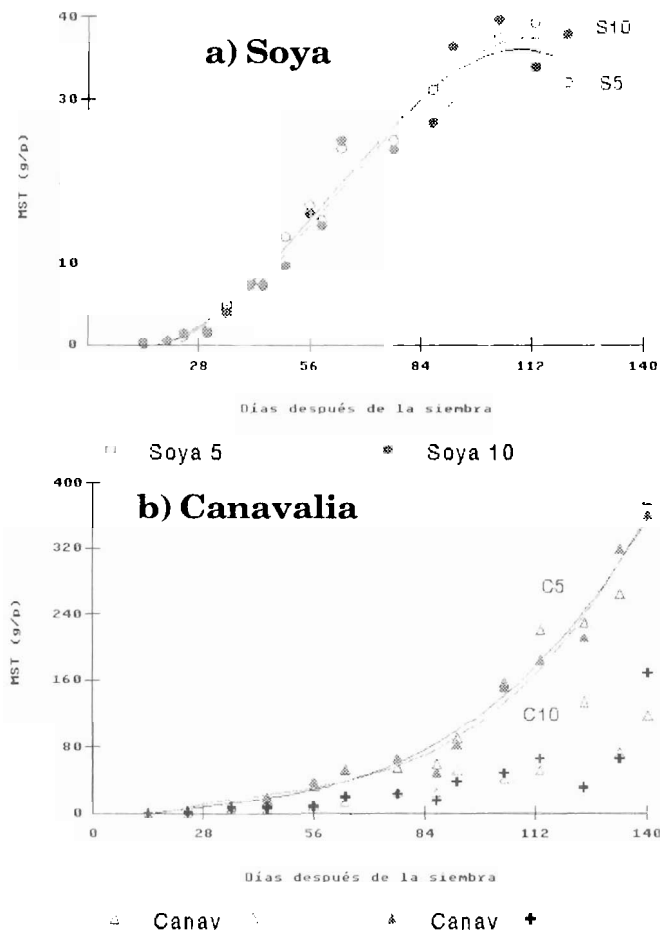
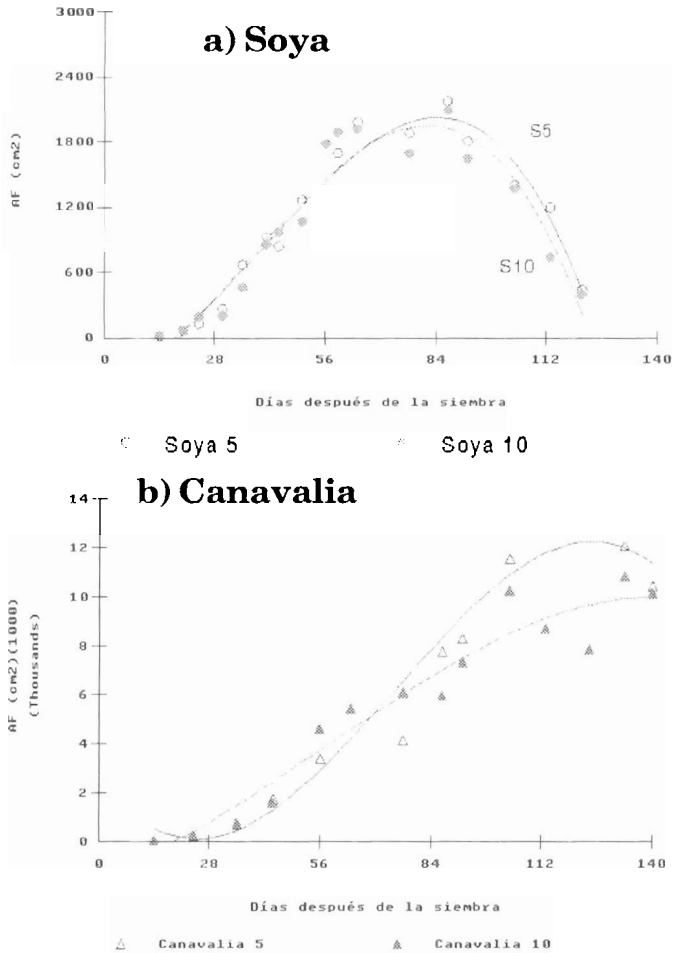


Figura 2. Acumulación de MST en soya y canavalia bajo dos frecuencias de riego.

m² en la soya y entre 1810 y 1907 g/m² en la canavalia, a pesar de que la densidad de siembra empleada en la primera fue ocho veces mayor que la de la segunda. La aplicación de las ecuaciones indicadas para los cuatro tratamientos, para un mismo valor de x mayor de 20 días, produce valores de MST mucho mas altos en canavalia que en la soya, lo cual indica una mayor tasa de crecimiento absoluto de la primera especie. Por otra parte,

tampoco hubo efecto de las interacciones entre especie y riego o entre riego y bloques para la variable MST.

Los cursos del AF se presentan en las figuras 3 a y b para soya y canavalia, respectivamente. El crecimiento de la superficie foliar en la soya pudo representarse mediante la relación: $y = -348 + 6,70x - 0,84x^2 - 0,007x^3$ ($R^2 = 0,96$; $P < 0,01$) en el caso de S5, e $y = -540 + 19,02x + 0,65x^2 - 0,006x^3$



Cuadro 3. Cursos del AF en soya y canavalia bajo dos frecuencias de riego.

($R^2=0,93$; $P<0,01$) en S10, mientras que con C5 se encontró la ecuación $y=2753-226,64x+5,46x^2-0,024x^3$ ($R^2=0,96$; $P<0,01$), y con C10 $y=-1303+51,48x+1,01x^2-0,006x^3$ ($R^2=0,94$; $P<0,01$). Al igual que ocurrió con la MST, los análisis de variancia globales no indicaron diferencias significativas entre frecuencias de riego en cuanto al AF de soya o canavalia, pero sí en-

tre las especies como es obvio si se consideran las distintas escalas de las figuras 3a y 3b. No obstante, hubo diferencias puntuales en el AF de la canavalia, con valores mayores en C5 en comparación con C10 a los 113 y 124 dds ($P<0,01$). Las curvas de crecimiento del área foliar en la canavalia reflejan el hábito indeterminado del genotipo empleado,

en claro contraste con el secado uniforme del vástago en la soya y la consecuente caída del AF después de los 87 dds.

La distribución del peso entre diferentes órganos a lo largo del ciclo siguió el mismo patrón en las dos especies, pero con variaciones que pueden tener implicaciones funcionales importantes. La fracción de raíces se redujo de 17 a 6% durante el ciclo en la soya, y entre 11 y 3% en la canavalia. El porcentaje referente a los tallos fluctuó entre 72 y 32 en la soya y de 48 a 22 en la canavalia, mientras que las hojas representaron 58% al inicio y sólo 5% al final del ciclo en la soya, en tanto que la canavalia presentó una disminución de 70% a 24%. La biomasa reproductiva representó fracciones similares, ya que las inflorescencias llegaron a constituir hasta el 8% del peso seco total en la soya y el 5% en la canavalia, mientras que el peso de las legumbres fluctuó entre 37 y 41% en la soya y entre 40 y 41% en la canavalia. Exceptuando las partes reproductivas, los cambios en la distribución de asimilados durante el ciclo fueron mas pronunciados en la soya que en la canavalia, en correspondencia con la naturaleza del crecimiento en ambas especies. A pesar de la gran ramificación de la canavalia, los tallos pesaron menos que las hojas, lo cual ilustra la alta capacidad de formación de follaje en esta especie, aunque naturalmente el peso de la fracción foliar está influenciado por el valor del AFE.

Indices de crecimiento (AFE, IAN, IAF, ICC). El AFE mostró una tendencia decreciente en la soya y

estabilizante en la canavalia, sugiriendo en éste último caso el efecto neto de la coexistencia de hojas viejas (con láminas mas gruesas) y hojas jóvenes (con láminas delgadas), durante casi todo el período experimental. En la soya los valores medios durante el ciclo fueron 269 ± 12 y 264 ± 14 cm^2/g en S5 y S10 respectivamente, mientras que los de la canavalia fueron 166 ± 9 y 163 ± 9 cm^2/g en C5 y C10 respectivamente. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos de la misma especie, pero sí entre las especies ($P < 0,01$), indicando globalmente la presencia de láminas mas mesófilas en la soya y mas coriáceas en la canavalia.

La figura 4 muestra los cursos del IAN en los tratamientos considerados. En todos los casos la tendencia fue similar, con valores máximos al inicio del ciclo, tal como han encontrado otros autores con variados cultivos (6,14,17), pero con un ligero incremento tardío en la canavalia, que puede explicarse por la interacción entre su hábito de crecimiento indeterminado y el buen suministro de agua existente durante el ensayo. No hubo diferencia significativa entre tratamientos con excepción de los valores máximos, los cuales fueron mayores ($P < 0,05$) en canavalia (27,7 y 31,53 $\text{g}/\text{m}^2\text{d}$ en C5 y C10 respectivamente), en comparación con la soya (23,43 y 21,92 $\text{g}/\text{m}^2\text{d}$ en S5 y S10 respectivamente). La reducción del IAN con el crecimiento se asocia al aumento del IAF y refleja una reducción de la eficiencia fotosintética, en la medida que aumenta el costo

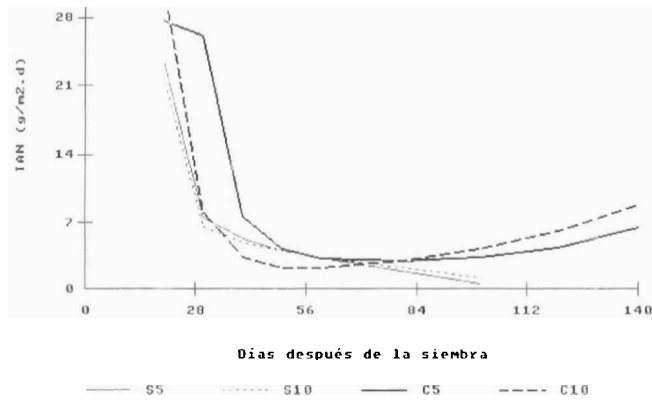


Figura 4. Curso del IAN en soya y canavalia bajo dos frecuencias de riego.

respiratorio de la biomasa (3), aunque la persistente formación de hojas nuevas en genotipos de crecimiento indeterminado como el de la canavalia, puede introducir ligeras variantes en dicha tendencia.

Los cursos del IAF por el

contrario, indicaron grandes diferencias entre las especies, y sólo para la canavalia en cuanto a las frecuencias de riego, aún cuando éstas últimas no fueron estadísticamente significativas (figura 5). La soya alcanzó los valores más altos del IAF

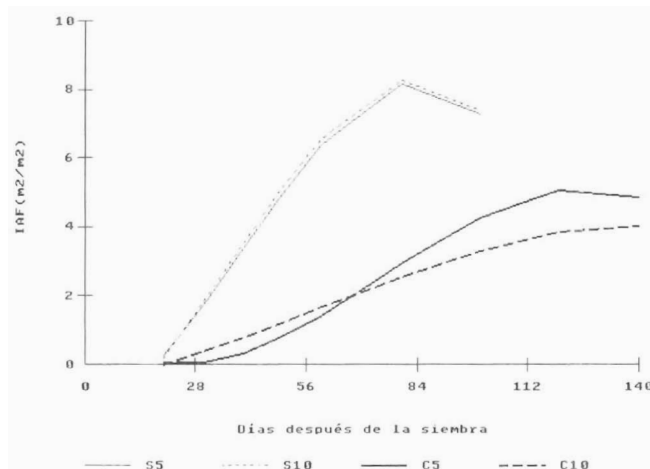


Figura 5. Curso del IAF en soya y canavalia bajo dos frecuencias de riego.

a los 80 dds, siendo casi idénticos para S5 y S10 (8,17 y 8,3 respectivamente), y significativamente mayores ($P < 0,01$) que los de la canavalia en la misma fecha (2,91 y 2,54 en C5 y C10 respectivamente). En la canavalia los valores máximos se alcanzaron a los 120 dds en C5 y a los 140 en C10, pero el tratamiento C10 superó al C5 hasta los 60 dds, ocurriendo lo contrario después de ese muestreo. En Venezuela se han reportado valores máximos del IAF en cultivos de soya, del orden de 4,9 a los 53 dds para la variedad Soyica P-31 bajo riego (28), y de 3,7 en condiciones de sabana bajo riego con la línea FP-1 (25); lamentablemente los autores citados no indican las densidades empleadas, limitando una comparación mas precisa. Los valores máximos de IAF encontrados en este trabajo para la soya pueden considerarse como muy altos, y ello probablemente evidencia un exceso de humedad durante el experimento. En

la zona tropical semiárida de Australia, se ha encontrado que los IAF de parcelas de soya cv. Ross bajo riego continuo, superaron los de parcelas regadas con menos frecuencia, de manera que los valores máximos fueron 6 y 3 respectivamente (10). Cabe destacar no obstante que los mayores valores del IAF de la soya en comparación con los de la canavalia, obedecen al menor espaciamiento entre plantas de la primera especie, toda vez que el área foliar promedio por planta fue significativamente mayor en la canavalia, tal como se indicó en párrafos precedentes.

Los cursos de la productividad del cultivo mostrados en la figura 6, probablemente resumen de manera más clara las diferencias en la dinámica del crecimiento entre las especies estudiadas, ya que el ICC instantáneo integra los efectos del IAN y del IAF. Resulta evidente de la figura 6 que la máxima productividad de la

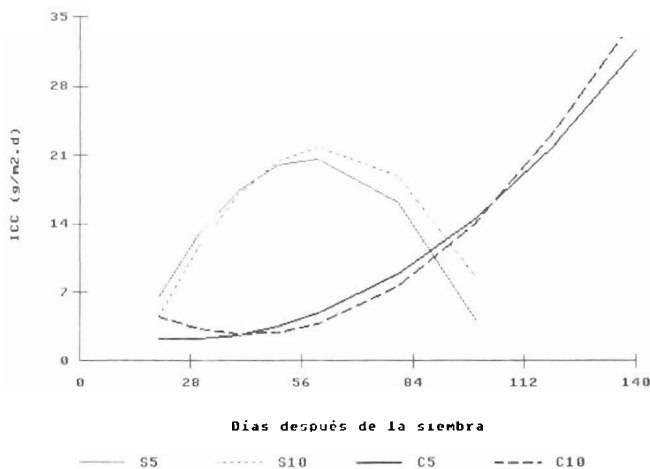


Figura 6. Cursos del ICC en soya y canavalia bajo dos frecuencias de riego.

soya ocurrió alrededor de los 60 dds (coincidiendo con la antesis e inicio de formación de frutos), mientras que la canavalia presentó valores crecientes de productividad hasta el final del ensayo. En consecuencia, el análisis de variancia global manifestó diferencias entre especies, con valores significativamente mayores para la soya ($P < 0,01$) en los muestreos efectuados entre los 30 y 80 dds, y valores superiores de la canavalia en las fechas siguientes. Los máximos

valores alcanzados por la canavalia en este ensayo (31,7 y 35 g/m²d en C5 y C10 respectivamente), superan los 20,4 y 28,1 g/m²d calculados para el cv. Yaracuy, en experimentos efectuados sobre suelos de la Serie Maracay (17), mientras que los máximos ICC de la soya son comparables con los encontrados en el cultivar S09-90 (6). Asimismo son ligeramente superiores a los 18 g/m²d reportados para el cv. Asgrow 3127 en Argentina (1).

Conclusiones

No hubo diferencias fenológicas atribuibles a las frecuencias de riego aplicadas, y en general los eventos fenológicos ocurrieron más precozmente y duraron menos en la soya que en la canavalia, en correspondencia con el biotipo y la dinámica de crecimiento de los genotipos empleados.

La acumulación de MST y el crecimiento del AF fueron significativamente superiores en la canavalia en comparación con la soya, aunque no hubo diferencias entre frecuencias de riego. En todos los casos el crecimiento se ajustó bien a modelos polinomiales de tercer orden, con valores de $R^2 = 0,94$ significativos para $P < 0,01$.

El AFE decreció con el tiempo en la soya, mientras que tendió a mantenerse aproximadamente

constante en la canavalia, con valores significativamente más altos en la primera especie, evidenciando la presencia de hojas más delgadas y de textura suave en comparación con las de canavalia.

El IAN decreció en función del tiempo en ambas especies y los valores máximos fueron significativamente mayores en la canavalia respecto a la soya. El IAF presentó cursos similares pero diacrónicos en las dos especies, de manera que en la soya se alcanzaron valores significativamente más altos y en menos tiempo que los correspondientes a la canavalia. El ICC manifestó tendencias completamente distintas entre las especies, con valores más altos para la soya ($P < 0,01$) entre los 30 y 80 dds, mientras que los máximos de la canavalia ocurrieron alrededor de los 140 dds.

Agradecimientos

Los autores agradecen la participación de los señores José Antonio García y Napoleón Martínez, del Laboratorio de Ecología Agrícola, en los trabajos de campo y laboratorio.

También al personal del Laboratorio de Suelos del CENIAP por su asistencia técnica, y a FUNDACITE Aragua por el financiamiento del trabajo.

Literatura citada

1. Andrade, F. H. 1995. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. *Field Crops Res.* 41:1-12.
2. Beadle, C. 1985. Plant growth analysis. p: 20-25. In: J. Coombs, D.O. Hall, S.P. Long and J.M.O.S. Scurlock (eds.). *Techniques in Bioproductivity and Photosynthesis*. 2nd edition Pergamon Press. Great Britain.
3. Blackman, G. 1968. The application of the concepts of growth analysis to the assesment of productivity. p:243-259. In: *Functioning of Terrestrial Ecosystems at the Primary Production Level*. UNESCO.
4. Bressani, R. 1993. Papel de los granos leguminosos comestibles tropicales en los alimentos y la nutrición. p: 21-41. In: Vargas R., A. León y A. Escobar (eds). *Canavalia ensiformis* (L.)DC. Producción, Procesamiento y Utilización en Alimentación Animal. Editorial Futuro. San Cristóbal.
5. Campos, H. 1984. Importancia y perspectivas del cultivo de soya en Venezuela. *Revista Protinal XXXII* No. 140.
6. Cox, W.J. and G.D. Jollif. 1986. Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. *Agron. J.* 78:226-230.
7. Fehr, W. and C. Cavinnes. 1977. Stage of soybean development. University of Science and Technology Ame, Iowa. Special Report No. 80. 10 p.
8. FONAIAP, 1991. Ensayos regionales de rendimiento en soya. Serie D. (28). 13 p.
9. Garside, A., R. Lawn and D. Byth. 1992 a. Irrigation management of soybean (*Glycine max* L. Merrill) in a semi-arid tropical environment. I. Effect of irrigation frequency on growth, development and yield. *Aust. J. Agric. Res.* 43:100-117.
10. Garside, A., R. Lawn and D. Byth. 1992 b. Irrigation management of soybean (*Glycine max* L. Merrill) in a semi-arid tropical environment. III. Response to saturated soil culture. *Aust. J. Agric. Res.* 43:1019-1032.
11. Hintz, R. and K. Albrecht. 1994. Dry matter partitioning and forage nutritive value of soybean components. *Agron. J.* 86:59-62.
12. Hunt, R. 1978. *Plant growth analysis. Studies in Biology 96*. Edward Arnold. London.
13. Hunt, R. 1990. *Basic growth analysis. Plant growth analysis for beginners*. Unwin Hyman. London.
14. Jolliffe, P.A., A.J.P. Tarimo and G.W. Eaton. 1990. Plant growth analysis: growth and yield component responses to population density in forage maize. *Annals of Botany* 65:139-147.
15. Kessler, C., 1990. An agronomic evaluation of jackbean (*Canavalia ensiformis*) in Yucatán, México. II. Germplasm. *Expl. Agric.* 26:31-40.
16. Marín, Ch. D. y B. Jiménez. 1990. Algunos aspectos ecofisiológicos del cultivo de *Canavalia ensiformis* (L.)DC. *Recursos Tropicales para la Alimentación Animal* 1(3):1-36.

17. Marín Ch., D. 1993. Algunos aspectos ecofisiológicos del cultivo de *Canavalia ensiformis* (L.)DC. p: 65-76. In: Vargas R., A. León y A. Escobar (eds). *Canavalia ensiformis* (L.)DC. Producción, Procesamiento y Utilización en Alimentación Animal. Editorial Futuro. San Cristóbal.
18. Marín Ch. D. 1998. Ecofisiología de la producción de leguminosas graneras. Trabajo presentado en el taller: "Formulación de un programa integral de investigación en leguminosas". IDEA, Sartenejas. 23 y 24 de abril de 1998. Mimeografiado 15 p.
19. Mariño N. 1994. Anatomie des semences, problèmes de germination pour *Canavalia ensiformis* (L.)DC. cv Tovar. Mémoire D.A. A. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes. I.N.R.A. Rennes. 59 p.
20. Mayers J., R. Lawn and E. Byth. 1991. Agronomic studies in soybean (*Glycine max* L. Merrill) in the dry season of the tropics. III. Effect of artificial photoperiod extension on phenology, growth and seed yield. *Aust. J. Agric. Res.* 42:1109-1121.
21. Morett E. 1992. La soya, un cultivo necesario. Fundación Polar. Caracas, Venezuela. 61 p.
22. National Academy of Science (NAS). 1979. Tropical legumes: resources for the future. Washington D.C. 331 p.
23. Pookpakdi, A. 1986. Physiological requirements of soybean in tropical crop systems. p: 387-392. In: Soybean in Tropical and Subtropical Cropping Systems. Proceeding of a Symposium. Edition 1986. Tukuta, Japan.
24. Ramis C., J. Viera y R. Vargas. 1994. Un nuevo cultivo: canavalia. UCV-Fundación Polar. Caracas. 93 p.
25. Rincón C. y L. De Silva. 1992. Fenología, área foliar y producción de materia seca de tres variedades de soya *Glycine max* (L.) Merr. bajo riego en condiciones de sabana. *Agronomía Trop.* 42:175-190.
26. Sauer, J. 1964. Revision of canavalia. *Brittonia* 16(2):106-181.
27. Sívoli L. 1998. Factores antinutricionales en leguminosas. Trabajo presentado en el taller: "Formulación de un programa integral de investigación en leguminosas". Sartenejas, 23 y 24 de abril de 1998. Mimeografiado. 7 p.
28. Solórzano P.R. 1992. La soya, su producción en Venezuela. *Protinal* 189 p.
29. Steel R. and J. Torrie. 1992. Bioestadística: principios y procedimientos. Mc Graw Hill. México.
30. Tanaka, A. 1986. The physiology of soybean yield improvement. Soybean in Tropical and Subtropical Cropping Systems. p: 323-331. In: Proceeding of a Symposium. Edition 1986. Tukuta, Japan.
31. Udedibie, A. B.I. 1993. Utilización de granos de *Canavalia (ensiformis y gladiata)* en dietas para aves en Nigeria. p: 229-240. In: Vargas R., A. León y A. Escobar (eds.). *Canavalia ensiformis* (L.)DC. Producción, Procesamiento y Utilización en Alimentación Animal. Editorial Futuro. San Cristóbal.
32. Vargas R. 1998. Estado actual de las investigaciones sobre la utilización de canavalia en la alimentación de aves y cerdos. Trabajo presentado en el taller: "Formulación de un programa integral de investigación en leguminosas". IDEA, Sartenejas. 23 y 24 de abril de 1998. Mimeografiado 12 p.
33. Viera J. y C. Ramis 1993. Aspectos genéticos del cultivo de canavalia. p: 85-96. In: Vargas R., A. León y A. Escobar (eds). *Canavalia ensiformis* (L.)DC. Producción, Procesamiento y Utilización en Alimentación Animal. Editorial Futuro. San Cristóbal.
34. Wilcox, J. 1985. Dry matter partitioning as influenced by competition in soybean isolines. *Agronomy J.* 77:738-742.