

## Crecimiento, fotosíntesis foliar y rendimiento en granos en los cultivares Tovar y Yaracuy de *Canavalia ensiformis* (L.) DC, sembrados en Calabozo, estado Guárico

Growth, leaf photosynthesis and grain yield in *Canavalia ensiformis* (L.) DC, cv. Tovar and Yaracuy in Calabozo, Guarico state

D. Marín Ch.<sup>1</sup> y M. Pérez de Azkue<sup>2</sup>

### Resumen

Se comparó la tasa fotosintética foliar, el crecimiento y el rendimiento en granos en los cultivares Tovar y Yaracuy de *Canavalia ensiformis* (L.) DC, con y sin fertilización, en parcelas con 50.000 p/ha. Hubo un incremento significativo en la acumulación de materia seca total (MST) y en el índice de área foliar (LAF) en ambos cultivares fertilizados, pero no se encontraron diferencias en el rendimiento en granos (2.708 - 2.956 kg/ha), ni en sus componentes. Las tasas fotosintéticas medidas en protófilos y folíolos en cuatro fechas durante el ciclo no presentaron diferencias significativas entre tratamientos, pero sí con la edad. A los 43 días desde la siembra y bajo buenas condiciones hídricas y lumínicas se encontraron los valores máximos de fotosíntesis (30,0-30,5 mmolCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.s) en hojas de plantas fertilizadas de los dos cultivares. Con déficit hídrico el cv. Tovar presentó tasas fotosintéticas ligeramente mayores que las del Yaracuy, en correspondencia con los valores significativamente más altos de resistencia estomática encontrados en este último. La fotosíntesis aumentó linealmente con el potencial hídrico entre -2,00 y -0,50 MPa, y el intervalo entre -1,00 y -2,41 MPa parece representar un margen dentro del cual las plantas de ambos genotipos pueden fotosintetizar aunque de manera limitada, en presencia de déficit hídrico. **Palabras clave:** *Canavalia ensiformis*, fotosíntesis foliar, crecimiento, rendimiento.

### Abstract

This study was conducted to compare leaf photosynthetic rates, growth and grain yield between the cultivars Tovar and Yaracuy of *Canavalia ensiformis* (L.) DC, with and without fertilization. Plant density was 50.000 p/ha. There was

Recibido el 20-05-1998 • Aceptado el 13-01-1999

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

2. CENIAP, Maracay, Venezuela.

a significantly higher total dry matter accumulation (TDM) and leaf area index (LAI) in fertilized plots, but there was not any difference in grain yield (2.708 - 2.956 kg/ha), and yield components. Leaf photosynthetic rates were measured in four dates during the growing cycle, and the higher values (30,0-30,5 mmolCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.s were obtained at 43 days after planting, using leaves from fertilized plants. The cultivar Tovar had an advantage under water stress in relation to Yaracuy, whose stomatal resistance values were significantly higher. Leaf photosynthetic rates showed a linear increase with leaf water potential between -2,00 and -0,50 MPa, and the interval between -1,00 and -2,41 MPa seem to be the limit within which plants from both genotypes may still show some reduced photosynthetic activity under water stress.

**Key words:** *Canavalia ensiformis*, leaf photosynthesis, growth, grain yield.

## Introducción

La producción nacional de leguminosas es deficitaria. En cuanto a las graneras, sus bajos rendimientos promedios, situados alrededor de 600 kg/ha, justifican que se les destine exclusivamente al consumo humano, con una disponibilidad de apenas 6,8 kg/persona/año de la cual el 63% proviene de la importación (12). La oferta de leguminosas forrajeras es prácticamente inexistente, y la industria de alimentos concentrados para animales depende de la importación de soya, a un costo anual superior a los 200 millones de dólares (22). La situación expuesta ha conducido a los investigadores a adoptar posiciones contrarias, de manera que algunos niegan toda posibilidad de éxito y abogan por un abastecimiento nacional totalmente basado en la importación (4), mientras que otros son más optimistas, y proponen la búsqueda de recursos alternativos así como la introducción de mejoras en las técnicas de producción de las leguminosas tradicionales o de cultivo incipiente (1, 12, 16, 20).

Entre las especies leguminosas tropicales que pueden ser integradas a la industria de alimentos concentrados para animales, se destaca *Canavalia ensiformis* (L.)DC., por su gran capacidad productiva, alto valor nutritivo, alta fijación de nitrógeno atmosférico, tolerancia a la sequía y por ser poco atacada por insectos (16). No obstante, algunos resultados obtenidos hasta la fecha muestran limitaciones del rendimiento de la canavalia asociadas con la acidez del suelo (15, 17), por lo cual en el presente trabajo se estudió el crecimiento, fotosíntesis foliar y rendimiento en granos de los cultivares Tovar y Yaracuy, con dos niveles de fertilización, en un suelo con pH más ácido que el de localidades anteriormente empleadas como son Maracay y San Nicolás, estado Portuguesa (9, 10). Ambos genotipos se consideran como los más adecuados para la producción comercial de la leguminosa (16, 21), y el estudio reviste particular importancia práctica, ya que los Llanos Altos Centrales, cuyos

suelos son mayormente ácidos, forman parte importante de la posible zona de

producción comercial de la especie.

## Materiales y métodos

El trabajo se realizó en la Estación Experimental Bancos de San Pedro, del Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP), situada 20 Km al sur de Calabozo, estado Guárico. El clima es Awi con temperatura media de 26,7 °C, precipitación media anual de 1.301 mm (57% entre los meses de junio y agosto), y evaporación media anual de 2.091 mm. Según información suministrada en la propia estación, el suelo es un alfisol (Ultic Rhodudalfs), no calcáreo, con textura franca a franco-arenosa, pH 5,5-6,2 y concentraciones bajas de  $P_2O_5$  (9-16 ppm),  $K_2O$  (10-21 ppm) y  $CaO$  (260-361 ppm). La materia orgánica fluctúa entre 2,39 y 2,46% y el N ( $NO_3$ ) entre 0,07 y 1,04 ppm.

El experimento comprendió 4 tratamientos resultantes de la combinación de los dos cultivares con dos niveles de aplicación de fertilizante (0 y 2.160 g de la fórmula 12-24-12 por parcela), y se denominaron: YARSIN (cv. Yaracuy sin aplicación de fertilizante), YARCON (cv. Yaracuy con aplicación de fertilizante), TOVSIN (cv. Tovar no fertilizado) y TOVCON (cv. Tovar fertilizado), con una densidad de siembra constante de 50.000 p/ha, considerada óptima para el cultivo (7).

El diseño experimental fue de bloques al azar con 5 repeticiones de cada tratamiento. La siembra se efectuó manualmente el 21-09-95 y la cosecha final se realizó a los 138 días después

de la siembra (dds). El fertilizante se suministró en 2 fracciones iguales, a los 22 y 53 dds, coincidentes aproximadamente con las fenofases V3 (3 nudos en el eje principal) y R2 (antesis). Durante el ciclo del cultivo las lluvias totalizaron 325 mm y se aplicaron 3 riegos complementarios de aproximadamente 25 mm cada uno, de forma que el suministro total de agua durante el ensayo se estimó en 400 mm. El mantenimiento de las parcelas comprendió dos aplicaciones de Gramoxone (0,5%) con asperjadora de espalda, y la limpieza manual y periódica para excluir la competencia con las malezas, que formaban una comunidad integrada por *Hypharrenia rufa* (Nees) Stapf, *Indigofera* sp., *Euphorbia heterophylla* L., *Cyperus rotundus* L., *Rotboellia cochinchinensis* (Lour) W.D.Clayton, *Phyllanthus niruri* L., *Chamaesyce hyssopifolia* (L.) Small, *Ch. hypericifolia* (L.) Millsp., *Desmodium* sp., *Melochia* sp., *Tridax procumbens* L., *Mimosa* spp., *Eleusine indica* Gaert, *Bidens pilosa* L. y *Sida* sp.

Para seguir el crecimiento se muestreaban quincenalmente 5 plantas al azar en cada tratamiento, y se determinaba el área foliar por planta (medidor CI-202 de CID Inc.), así como el peso total (balanza Sartorius L-2200 S), una vez secado el material a 70°C durante 72 horas en una estufa Jouan. El rendimiento en granos con 14% de humedad se calculó con

base en dos hileras por parcela en cada tratamiento, considerándose el número de granos/m<sup>2</sup> y el peso promedio de un grano (PPUG) como componentes del rendimiento (11).

La tasa fotosintética foliar se determinó con un equipo LI-6200, con mediciones puntuales en los protófilos a los 20 dds, y cursos diarios en la sexta hoja del tallo principal a los 43 y 70 dds, así como en las hojas subapicales (nudos 10-13) a los 112 dds. En todos los casos se emplearon 7 láminas sanas completamente expandidas en cada

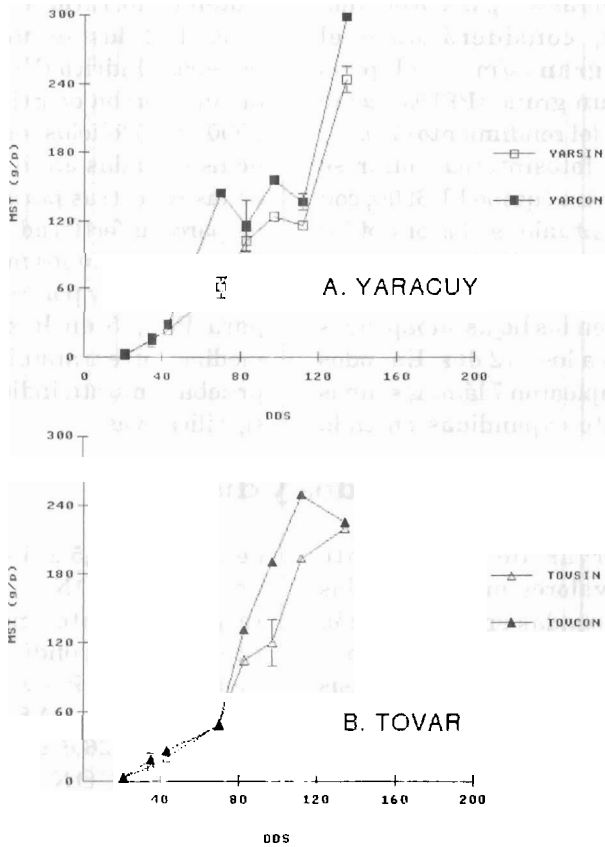
tratamiento. En el muestreo realizado a los 112 dds se midió también el potencial hídrico (Yh), con el empleo de una bomba de Schollander (PMS-1000), en 5 folíolos tomados al azar en hojas situadas en la misma posición de las muestras para fotosíntesis, en las parcelas fertilizadas. Los resultados fueron comparados mediante análisis de variancia, y por prueba de student para  $P < 0,05$  en la comparación de medias entre tratamientos, cuando la prueba conjunta indicaba diferencias significativas.

## Resultados y discusión

Las curvas de crecimiento presentaron valores mayores en las parcelas fertilizadas en comparación con las no fertilizadas en ambos cultivares (figura 1 A y B). Los análisis de variancia parciales indicaron diferencias significativas entre tratamientos para  $P < 0,01$  a los 70 y 112 dds y para  $P < 0,05$  a los 97 y 134 dds. Las comparaciones de medias mostraron que en el cv. Yaracuy las plantas fertilizadas alcanzaron mayor peso seco que las no fertilizadas a los 70, 97, 112 y 134 dds, mientras que en el cv. Tovar las diferencias ocurrieron a los 83, 90 y 112 dds. La fertilización implicó un aumento del peso de las fracciones de hojas y especialmente de tallos después de los 43 dds en ambos cultivares, siendo mas notorio dicho incremento en el cv. Yaracuy, cuyas plantas son mas ramificadas; en efecto, los valores medios del peso de hojas por planta fueron  $30,4 \pm 7,7$  vs  $21,8 \pm 4,5$  g en YARCON y YARSIN respectivamente (o sea un incremento

de 39%), y  $24,5 \pm 5,4$  vs  $22,2 \pm 5,1$  g en TOVCON y TOVSIN respectivamente, mientras que los valores correspondientes a los tallos fueron:  $33,9 \pm 9,3$  vs  $21,3 \pm 5,4$  g en YARCON y YARSIN (59% de aumento), y  $26,6 \pm 7,0$  vs  $22,7 \pm 5,8$  g en TOVCON y TOVSIN respectivamente. Entre los 43 y 70 dds ocurrió la antesis y se formaron las primeras legumbres verdes pequeñas en todos los tratamientos, en una etapa de gran desarrollo vegetativo que aumentó a 17 ó 18 el número de nudos en el eje principal.

Los aumentos en el peso del follaje estuvieron asociados con una mayor área foliar media por planta y consecuentemente con mayores valores del índice de área foliar (IAF), tal como se ilustra en la figura 2 (A y B). Los análisis de variancia parciales para los cursos del IAF indicaron diferencias significativas entre tratamientos para  $P < 0,05$  desde el segundo muestreo, con valores estadísticamente superiores



TOVSIN: Tovar sin fertilización. TOVCON: Tovar con fertilización. YARSIN: Yaracuy sin fertilización. YARCON: Yaracuy con fertilización.

**Figura 1. Acumulación de materia seca total (MST) en dos cultivares de *Canavalia ensiformis*.**

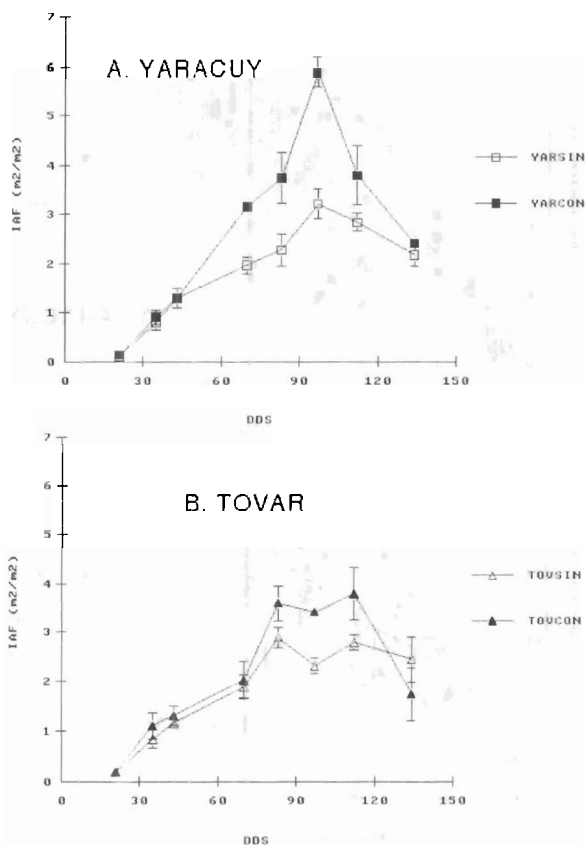
en YARCON respecto a YARSIN entre los 70 y 134 dds y de TOVCON respecto a TOVSIN en los últimos cuatro muestreos. En los dos cultivares el IAF decreció notablemente a los 134 dds, ocurriendo una mayor caída del follaje en el tratamiento TOVCON respecto al TOVSIN, lo cual explica la inversión de los puntos finales en la figura 2B. Tendencias similares se han encontrado en trabajos previos con

densidades de siembra comparables, en los cuales el IAF decrece normalmente después de los 100 dds (6, 13), indicando que si bien se trata de genotipos de crecimiento indeterminado, la tasa de formación de hojas nuevas disminuye una vez que progresa el llenado de frutos, y aumenta el traslado de fotosintetizados hacia ellos. Los cambios en el IAF no estuvieron acompañados de

modificaciones del grosor de las hojas, ya que no se encontraron cambios significativos en el área foliar específica (AFE), cuyos valores medios en  $\text{cm}^2/\text{g}$  durante el ciclo fueron:  $171 \pm 20$  en YARSIN,  $182 \pm 27$  en YARCON,  $187 \pm 39$  en TOVSIN y  $189 \pm 28$  en TOVCON.

Tampoco hubo diferencias en la tasa fotosintética de los protófilos a los 20 dds (con RFA de  $1.025 \text{ mmol}/\text{m}^2\text{s}$  como promedio durante las mediciones)

con valores de  $20,58 \pm 5.03$  y  $22,50 \pm 4,54 \text{ mmol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$  en Yaracuy y Tovar, respectivamente, aunque la resistencia estomática fue significativamente mayor ( $P < 0,05$ ) en el primer cultivar comparado con el segundo ( $0,58 \pm 0,09$  vs  $0,47 \pm 0,04 \text{ s}/\text{cm}$ ;  $t=2,96$ ). Los resultados de las mediciones efectuadas a los 43 dds se agruparon según la radiación incidente, para comparar la respuesta de cada cultivar en relación con la

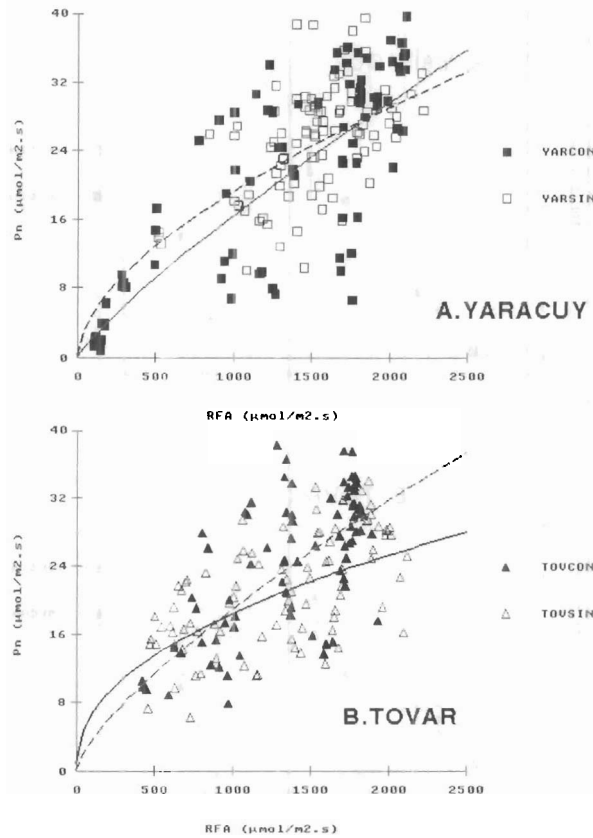


TOVSIN: Tovar sin fertilización. TOVCON: Tovar con fertilización. YARSIN: Yaracuy sin fertilización. YARCON: Yaracuy con fertilización.

**Figura 2. Cursos del índice de área foliar (IAF) en dos cultivares de *Canavalia ensiformis*.**

aplicación o no de fertilizante. Los resultados (figura 3 A y B) mostraron iguales tendencias, con ajustes de potencia moderados (valores de  $R^2$  de 0,76; 0,35; 0,49 y 0,33 en YARCON, YARSIN, TOVCON y TOVSIN respectivamente), y mayores tasas de fotosíntesis en las hojas de plantas fertilizadas en la mayoría de los casos, como lo indican las líneas punteadas en la figura 3. La mayor amplitud de valores de la RFA durante las

mediciones en el tratamiento YARCON, explica en parte su mejor ajuste, aunque en general era de esperarse una mayor tasa de fotosíntesis en las hojas de plantas fertilizadas, dada la correlación positiva encontrada entre esa variable y la concentración de N foliar, en varias especies incluyendo leguminosas (18). El cv. Tovar presentó una mayor diferencia de valores de fotosíntesis entre hojas de plantas fertilizadas y no



TOVSIN: Tovar sin fertilización. TOVCON: Tovar con fertilización. YARSIN: Yaracuy sin fertilización. YARCON: Yaracuy con fertilización.

**Figura 3. Relación entre la tasa de fotosíntesis foliar y la radiación incidente en dos cultivares de *Canavalia ensiformis*.**

fertilizadas en comparación con el cv. Yaracuy, cuando la RFA superaba los 1000 mmol/m<sup>2</sup>.s.

Los valores medios diarios de fotosíntesis obtenidos en los muestreos de los 43 y 70 dds en la sexta hoja del eje principal (cuadro 1), no presentaron diferencias entre tratamientos pero sí entre fechas, con valores significativamente menores ( $P < 0,05$ ) a los 70 dds. En un experimento en invernadero, también se encontró una reducción de la tasa de fotosíntesis con la edad en folíolos de los cultivares Tovar y Yaracuy, aunque los valores en ambos genotipos podían mantenerse más o menos estables durante un lapso de aproximadamente 11 días bajo buenas condiciones hídricas (3). En cultivos de algodón con diferentes densidades de siembra se han reportado disminuciones en la fotosíntesis de 30,3 a 22,0 mmolCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.s (27%) y de 36,2 a 22,5 mmolCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.s (38%), entre los 70 y 115 días de edad en hojas de la misma edad fisiológica (14). Las tasas fotosintéticas máximas correspondientes a los 43 dds, con alta RFA

(mayormente entre 1.000 y 1.800 mmol/m<sup>2</sup>.s) y suelo húmedo a causa de las lluvias recientes, son las más altas publicadas hasta la fecha en *C. ensiformis* (cuadro 1).

A los 112 dds el suelo se encontraba seco ya que el riego previo se aplicó 29 días antes, y se establecieron correlaciones entre la tasa de fotosíntesis, la resistencia estomática y el potencial hídrico, en plantas fertilizadas de los dos cultivares. La figura 4 muestra relaciones lineales entre la fotosíntesis y el potencial hídrico, con aumentos de la tasa fotosintética según incrementa el potencial hídrico entre -2,00 y -0,50 MPa, y con valores ligeramente mayores en el cv. Tovar, aunque sin llegar a ser estadísticamente diferentes. El análisis conjunto de los datos de ambos cultivares produjo la relación  $y=26,16 + 10,84 x$  (con  $R^2=0,83$ ), que permite predecir un cierre estomático total cuando el potencial hídrico baje a -2,41 MPa.

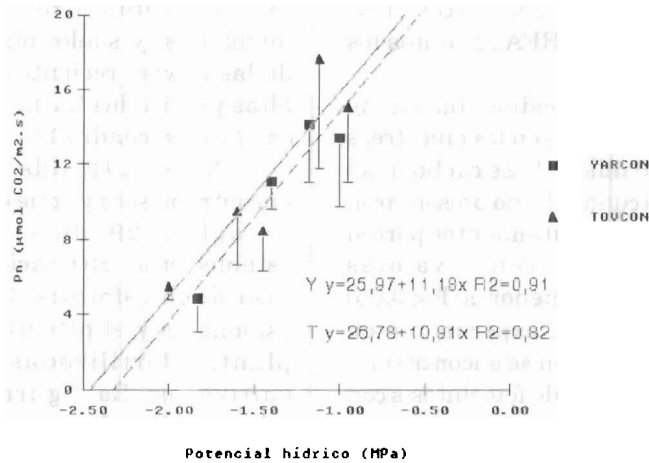
Cuando se consideró la relación entre la resistencia estomática y el

**Cuadro 1. Valores medios diarios y máximos (entre paréntesis) de la tasa fotosintética foliar en dos cultivares de *C. ensiformis* en dos fechas de muestreo (mmoles/m<sup>2</sup>.s).**

DDS	YARSIN	YARCON	TOVSIN	TOVCON
43	24,29 ± 1,36 (26,83)	19,95 ± 4,38 (30,51)	21,83 ± 1,41 (23,76)	24,82 ± 1,53 (30,04)
70	16,22 ± 1,90 (20,96)	14,79 ± 2,04 (20,91)	14,21 ± 1,64 (17,19)	16,54 ± 1,85 (21,54)

Cada valor es un promedio de tres lecturas en siete folíolos situados en el nudo 6 en cada tratamiento y en seis muestreos realizados entre las 9 y 17 horas. Se indica el error estándar de cada promedio.





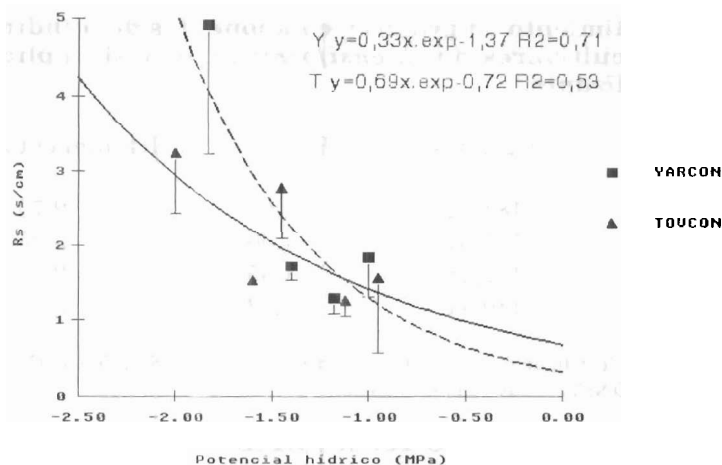
TOVCON: Tovar con fertilización. YARCON: Yaracuy con fertilización.

**Figura 4. Relación entre la tasa de fotosíntesis foliar y el potencial hídrico.**

potencial hídrico para la misma fecha, la diferencia entre los genotipos fue más marcada, de forma que Yaracuy mostró una tendencia a mayores valores de resistencia en la medida que el potencial hídrico alcanzaba niveles cercanos a  $-2,0$  MPa (figura 5). En San Nicolás y sobre un suelo seco ( $2,08\%$  de humedad y  $-1,0$  MPa), no se encontraron diferencias significativas en los promedios diarios de conductividad entre los genotipos Yaracuy y Tovar, aunque el valor equivalente en resistencia resultó ligeramente mayor en el primero ( $2,80$  vs  $2,40$  s/cm), para un potencial hídrico foliar de  $-1,25$  MPa en los dos cultivares (10). Las curvas de resistencia difusiva en relación con el potencial hídrico presentadas en la figura 5, son coherentes con las posiciones relativas de los cultivares en la figura 4, pero se ajustaron mejor a un modelo exponencial, con coeficientes de determinación de  $0,71$

en Yaracuy y  $0,53$  en Tovar. Ambas curvas indican que los estomas comienzan a cerrarse mayormente cuando el potencial hídrico declina por debajo de  $-1,0$  MPa, así que puede deducirse que el intervalo entre  $-1,0$  y  $-2,41$  MPa representa un margen en el cual las hojas de plantas de ambos genotipos pueden mantener una actividad fotosintética, aunque reducida por la presencia de déficit hídrico. En un trabajo con el cv. Yaracuy en el cual se utilizó la técnica de hojas cortadas (2, 19), se había estimado un cierre estomático total cuando el potencial hídrico llegara a  $-2,89$  MPa (8).

Los valores del rendimiento en granos así como de sus componentes se muestran en el cuadro 2. No hubo diferencias significativas entre tratamientos en cuanto al rendimiento, ni en el número de granos por metro cuadrado ni en el peso promedio de un grano, evidenciando similares condiciones de crecimiento en todos los



TOVCON: Tovar con fertilización. YARCON: Yaracuy con fertilización.

**Figura 5. Relación entre la resistencia difusiva foliar y el potencial hídrico.**

casos. Este resultado confirma la ausencia de efecto de la aplicación de fertilizante sobre el rendimiento en granos en la canavalia, aunque en esta ocasión hubo un efecto benéfico del fertilizante sobre la acumulación de biomasa total en ambos cultivares. En experimentos previos efectuados en Maracay y San Nicolás con los mismos cultivares y densidades de siembra (9,13) solamente el cv. Tovar respondió a la fertilización con aumento en la materia seca total. El comportamiento homogéneo de los dos genotipos en Calabozo podría asociarse a la menor disponibilidad de nutrientes en el suelo y especialmente de P con 9-16 ppm, en comparación con 70 y 143 ppm en Maracay y San Nicolás respectivamente. El rendimiento promedio en granos en las tres localidades siguió la secuencia: Maracay>Calabozo>San Nicolás, pero los valores de los dos primeros sitios (2.877 y 2.798 kg/ha en Maracay y Calabozo respectivamente), no difirieron significativamente entre sí, aunque

ambos resultaron mayores ( $P<0,05$ ) que el promedio correspondiente a San Nicolás (1.957 kg/ha). La secuencia de rendimientos se relacionó por una parte con la disponibilidad de agua durante el ciclo, (500 mm en Maracay, 400 mm en Calabozo y 200 mm en San Nicolás), y por otra parte con la duración del cultivo (175, 138 y 128 días en Maracay, Calabozo y San Nicolás, respectivamente). Es interesante destacar que si se considera la biomasa total existente a los 128 días y se la relaciona con el rendimiento promedio en granos obtenido en cada localidad, se encuentra que el índice de cosecha (IC) fue mayor en Maracay que en Calabozo y San Nicolás ( $0,29>0,24>0,22$ ), indicando que tanto con limitaciones hídricas extremas como las del ensayo de San Nicolás, como en un suelo más ácido y menos fértil como es el de Calabozo, el IC mantiene valores aceptables que superan los de otras leguminosas graneras en igualdad de condiciones.

**Cuadro 2. Rendimiento en granos y componentes del rendimiento en dos cultivares de *C. ensiformis*, con y sin aplicación de fertilizante.**

Tratamiento	No. granos/m <sup>2</sup>	PPUG (g)	Rendimiento (kg/ha)
YARSIN	181,62	1,64	2.708
YARCON	195,84	1,66	2.956
TOVSIN	180,48	1,65	2.708
TOVCON	180,41	1,72	2.821

TOVSIN: Tovar sin fertilización. TOVCON: Tovar con fertilización. YARSIN: Yaracuy sin fertilización. YARCON: Yaracuy con fertilización.

## Conclusiones

La aplicación de fertilizante completo produjo un incremento significativo en la acumulación de MST y en el IAF en los cultivares Tovar y Yaracuy de canavalia. Este resultado contrasta con los obtenidos en Maracay y San Nicolás, donde solamente el cv. Tovar respondió a la fertilización, y puede explicarse por la menor fertilidad natural (en particular la baja disponibilidad de P) de los suelos de la estación Bancos de San Pedro en comparación con los otros sitios. No obstante y al igual que en los casos mencionados, el aumento en la MST y del área foliar no estuvo acompañado con incrementos en la producción de granos.

No hubo diferencia entre tratamientos en cuanto al rendimiento en granos, que fluctuó entre 2.708 y 2.956 kg/ha.

Los resultados de las mediciones de la tasa fotosintética en los protófilos no evidenciaron diferencias

significativas entre cultivares pero la resistencia difusiva foliar fué significativamente mayor en Yaracuy. A los 43 dds la relación entre fotosíntesis foliar y RFA incidente se ajustó a curvas de potencia con coeficientes de determinación variables según el tratamiento, y se alcanzaron los valores máximos de fotosíntesis del orden de 30 mmoles CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.s en hojas de plantas fertilizadas de los dos cultivares. A los 70 dds hubo una disminución significativa en la tasa fotosintética en todos los tratamientos en comparación con el muestreo anterior.

A los 112 dds y bajo déficit hídrico, la fotosíntesis foliar del cv. Tovar fue ligeramente superior a la del Yaracuy, con valores de resistencia difusiva significativamente mayores en este último, especialmente cuando el potencial hídrico foliar bajaba hasta 2,00 MPa.

## Agradecimientos

Los autores agradecen la ayuda del personal técnico y de investigación de la Estación Bancos de San Pedro del FONAIAP, en especial a la Ing. Agr. Nidia Alfonso y los TAI Roberto Pérez y José Manuel Lugo. Igualmente a los Técnicos José A. García y

Napoleón Martínez, del Laboratorio de Ecología Agrícola de la Fac. de Agronomía UCV., por su asistencia durante el trabajo de campo. Este trabajo contó con el apoyo financiero del CONICIT a través del proyecto S1-2310.

## Literatura citada

1. Aponte, A. 1995. Producción de grano y semilla de quinchoncho. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Programa Cooperativo de Investigación de la Zona Andina. Serie C. No. 40. Maracay, Venezuela. 64 p.
2. Ceulemans, R., I. Impens and R. Imler. 1987. Stomatal conductance and stomatal behaviour in Populus clones and hybrids. Can. J. Bot. 66:1404-1414.
3. Contreras, F. 1995. Comparación de la tasa fotosintética foliar en dos cultivares de *Canavalia ensiformis* (L.)DC., en relación con la edad y el déficit hídrico en condiciones de invernadero. Trabajo especial de grado. Fac. Agronomía UCV. Maracay. 59 p.
4. Gómez, A. F. 1996. La agricultura requerida. Refolit C.A. Guanare, Venezuela. 40 p.
5. Lynch, J. and N.S. Rodríguez. 1994. Photosynthetic Nitrogen-Use Efficiency in Relation to Leaf Longevity in Common Bean. Crop Sci. 34:1284-90.
6. Marín, Ch. D. 1984. Poblaciones y épocas de siembra y su relación con el crecimiento y producción en *Canavalia ensiformis* (L.)DC. Trabajo de ascenso. Facultad de Agronomía UCV. Maracay. 157 p.
7. Marín, Ch. D. 1986. Rendimiento en granos en *Canavalia ensiformis* (L.)DC., bajo diferentes arreglos espaciales, épocas y densidades de siembra. Rev. Fac. Agron. (Maracay) 14(3-4):205-219.
8. Marín, Ch. D. 1993. Algunos aspectos ecofisiológicos del cultivo de *Canavalia ensiformis* (L.)DC. p. 65-76. En: *Canavalia ensiformis* (L.)DC. Producción, procesamiento y utilización en alimentación animal. R.E. Vargas, A. León y A. Escobar, editores.
9. Marín, Ch. D. 1996. Comparación ecofisiológica de los cultivares Tovar y Yzacuy de *Canavalia ensiformis* (L.)DC., sembrados en dos localidades. I. Análisis de crecimiento. Agronomía Trop. 46(1):5-29.
10. Marín, Ch. D. 1996. Comparación ecofisiológica de los cultivares Tovar y Yzacuy de *Canavalia ensiformis* (L.)DC., sembrados en dos localidades. II. Fotosíntesis foliar, acumulación de nutrimentos y otras variables. Agronomía Trop. 46(1):31-48.
11. Meynard, J. M. et G. David. 1992. Diagnostic de l'elaboration du rendement des cultures. Cahiers Agricultures 1(3):9-19.
12. Montilla, J.J. 1993. Discurso de apertura. p: 17-19. En: *Canavalia ensiformis* (L.)DC. Producción, procesamiento y utilización en alimentación animal. R.E. Vargas, A. León y A. Escobar, editores.
13. Navas, P.B. y D. Marín Ch. 1995. Comportamiento ecofisiológico de la asociación canavalia-maíz con y sin aplicación de nitrógeno, y con diferentes arreglos cronológicos. Agronomía Trop. 45(4):609-635.

14. Peng, S. and D.R. Krieg. 1991. Single Leaf and Canopy Photosynthesis Response to Plant Age in Cotton. *Agron. J.* 83:704-708.
15. Pérez, D. 1988. Potencial productivo y estabilidad del rendimiento de 12 genotipos de *Canavalia* spp. Tesis de Maestría. Fac. Agronomía UCV. Maracay. 139 p.
16. Ramis, C., J. Viera y R. Vargas. 1994. Un nuevo cultivo: Canavalia. UCV/ Fundación Polar. 93 p.
17. Ramón, M. 1990. Efecto del tamaño de la semilla y de la localidad sobre los rendimientos de cuatro genotipos de *Canavalia ensiformis* (L.)DC. Tesis de Maestría. Fac. Agronomía UCV. Maracay. 98 p.
18. Sinclair, T.R. and T. Horie. 1989. Leaf Nitrogen, Photosynthesis, and Crop Radiation Use Efficiency: A Review. *Crop. Sci.* 29:90-98.
19. Slavik, B. 1974. Methods of studying plant water relations. *Ecological Studies* 9. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. p:156-218.
20. Solórzano, P. y H. Campos G. 1994. Perspectivas del cultivo de la soya en Venezuela. FONAIAP Divulga 46:2-4.
21. Viera, J. y C. Ramis. 1993. Aspectos genéticos del cultivo de la canavalia. p.85-96. En: *Canavalia ensiformis* (L.)DC. Producción, procesamiento y utilización en alimentación animal. R.E. Vargas, A. León y A. Escobar, editores.
22. Villarroel, D. A., M. A. Oliveros y A. J. Millán. 1996. Una alternativa a la floración prematura de la soya en el trópico. FONAIAP Divulga 54:8-10.