Rev. Fac. Agron. (LUZ). 1998, 15: 297-311

Crecimiento y rendimiento en granos en una asociación de maíz (*Z. mays* L.) y caraota (*Phaseolus vulgaris* L.), con siembra simultánea

Growth and grain yield in a maize (*Z.mays* L.)-field bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercrop, with simultaneous sowing

D. Marín Ch.[1], Y. Olivar y R. Cavanerio[2]

Resumen

Se estudió una asociación de maíz (var. CENIAP DMR) y caraota (var. UCV-Manuare) con siembra simultánea, en la Estación Experta de la Facultad de Agronomía de la UCV en Maracay, Venezuela. El diseño experimental fue completamente aleatorizado con 6 repeticiones de los tratamientos: maíz puro (MP), maíz asociado (MA), caraota pura (CP) y caraota asociada (CA). Se empleó la misma densidad en monocultivo y asociación, con 50.000 plantas/ha de la gramínea y 200.000 plantas/ha de la leguminosa. No hubo efecto de la asociación sobre la acumulación de materia seca o el área foliar del maíz, mientras que ambas variables resultaron significativamente disminuidas en la leguminosa, la cual se comportó como competidora mas débil. El rendimiento en granos del maíz no fue significativamente afectado por la competencia con la caraota, mientras que ésta última presentó una disminución de 50% en asociación, a causa de un menor número de granos por metro cuadrado, aunque no hubo efecto sobre el peso promedio de un grano. No obstante, la asociación resultó con una ventaja de 23% respecto a los monocultivos, en términos de la Relación de Equivalencia de Area y Tiempo (REAT).

Palabras clave: *Zea mays, Phaseolus vulgaris*, asociación, competencia interespecífica, relación de equivalencia de área y tiempo, área foliar específica.

Abstract

A maize (var. CENIAP DMR) - field bean (var. Manuare) intercrop was studied under simultaneous sowing at the UCV Experimental Station (Experta), Faculty of Agronomy, Maracay, Venezuela. A completely randomized design was utilized with 6 replications per treatment, they were: only maize (MP), intercropped maize (MA), only field bean (CP), and intercropped field bean (CA). Sow-

Recibido el 01-12-1997 ● Aceptado el 26-02-1998

1. Instituto de Botánica Agrícola. Facultad de Agronomía UCV. Av. El Limón. Apartado Postal 4579. Maracay.

2. Escuela Agronómica Salesiana San José, Barinas.

ing densities were similar in both pure and mixed plots with 50.000 and 200.000 plants/ha for the cereal and legume respectively. The results showed no effects of the association on the leaf area development and biomass accumulation of the intercropped maize, whereas these same plant characteristics were highly reduced in the legume, which behaved as a poor competitor. Maize grain yield was not affected by intercropping. Grain yield in the legume was significantly reduced (ie. 50%). This reduction was a consequence of a decrease in the number of grains per unit area, the individual seed weight being unaffected. However, in terms of the Area Time Equivalent Ratio (REAT), the association showed an advantage (23%) over the monocrops.
Key words: *Zea mays*, *Phaseolus vulgaris*, intercropping, interespecific competition, area - time equivalent ratio, specific leaf area.

Introducción

Los cultivos asociados consisten en la siembra de dos o mas especies que comparten el mismo terreno durante todo su ciclo o parte del mismo, optimizando el uso de la tierra cuando este recurso es limitante, mediante una intensificación espacial y temporal. Es por ello que las asociaciones de cultivos son empleadas mayormente por pequeños agricultores, quienes tratan de lograr el mayor número posible de productos agrícolas, en un terreno por lo general pequeño y atendido por la mano de obra familiar. De esa manera se logra una mayor estabilidad en la producción, por cuanto si una especie falla, las otras pueden permitir una compensación alimenticia y/o económica para el agricultor. Una menor incidencia de plagas y enfermedades así como un mejor control de malezas también se consideran entre las ventajas de las asociaciones, mientras que las desventajas radican en la mayor complejidad para el manejo de los cultivos y limitaciones para la mecanización de las labores (3, 20, 23).

Los cultivos asociados forman parte de una modalidad agrícola mas amplia basada en el empleo de varias especies en vez de una sola, y que se denomina cultivos múltiples (4), la cual incluye adicionalmente a los sistemas agroforestales, que combinan cultivos anuales con árboles (por ejemplo maíz entre calles de *Leucaena* o *Gliricidia*), los silvopastoriles que emplean gramíneas forrajeras y árboles, los "jardines creoles" de las Antillas (similares a los "conucos" indígenas venezolanos) y otros tipos de policultivos.

En muchos casos los agricultores que emplean asociaciones, consideran una de las especies componentes como la mas importante, sea por su mayor interés como alimento para el consumo familiar o porque posee un mejor precio en el mercado, mientras que la otra o las otras especies se consideran como complementarias. Bajo tales circunstancias el criterio para juzgar el éxito de la asociación, es que el rendimiento de la especie principal no sea afectado por la combinación, de

manera que cualquier rendimiento extra obtenido con la(s) especie(s) complementaria(s), representa en si misma una ganancia (25).

En el presente trabajo se evaluó el crecimiento y rendimiento en una asociación de amplio uso tanto en Venezuela como en otros países latinoamericanos (2, 18), como lo es la de maíz (*Zea mays* L.) y caraota (*Phaseolus vulgaris* L.), con siembra simultánea y cosecha escalonada. En la misma se consideró a la gramínea como el componente principal, a causa de su mayor importancia en el sistema agroalimentario nacional.

Materiales y métodos

Lugar experimental, condiciones climáticas y edáficas. El experimento se realizó en la Estación "Experta" de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela en Maracay (10°15'N y 67°36'O), estado Aragua, aproximadamente a 450 m.s.n.m.

El clima de Maracay es Awi según la clasificación de Koeppen, o sea que se trata de un clima tropical (con temperatura media del mes más frío mayor de 18 °C), isotérmico (fluctuación anual menor de 5°C), y con máximas lluvias entre el 21 de junio y el 22 de septiembre. La precipitación media anual es de 969 mm (promedio de 30 años), con la época lluviosa de mayo a octubre, y la de sequía entre noviembre y abril. La temperatura media anual es de 24,8°C (14).

Los suelos de la estación Experta pertenecen a la Serie Maracay, y se han clasificado como Fluventic Haplustoll, con textura franca a franco-arenosa, pH 6,01-7,55, Capacidad de Intercambio Catiónico de 16,5 meq/100g, y concentraciones disponibles de 45-74 ppm de P, 1731-3325 ppm de Ca y 68-81 ppm de K (6, 7, 15).

Material biológico. Como material biológico se empleó maíz de la variedad CENIAP-DMR, de granos amarillos y tusa blanca, con plantas de 2,69 m de altura y mazorcas ubicadas a 1,40 m sobre el suelo (5); y caraota variedad UCV-Manuare, de porte erecto con ápice ligeramente voluble, flores moradas y granos negros. El genotipo UCV-Manuare fue seleccionado en la Universidad Central de Venezuela a partir de cruces entre Porrillo Sintético y Compuesto Chimaltenango (O. Mora, comunicación personal).

Tratamientos, diseño experimental y variables evaluadas. El experimento fue de tipo aditivo (23) con siembra simultánea, y comprendió seis repeticiones de los tratamientos: Maíz Puro (MP), Maíz Asociado (MA), Caraota Pura (CP) y Caraota Asociada (CA), dispuestas en un diseño completamente aleatorizado. Aunque las plantas de maíz y caraota en asociación compartían las mismas parcelas, se requiere analizar para cada componente el efecto de la competencia intra e interespecífica, en contraste con las parcelas puras en las cuales sólo ocurre competencia intraespecífica. Tanto en parcelas puras como asociadas el maíz se sembró

con densidad de 50.000 plantas/ha y la caraota con 200.000 plantas/ha, de manera que las parcelas asociadas con hileras intercaladas tenían una densidad total de 250.000 plantas/ha. Cada parcela de monocultivo tenía 5 hilos de 5 m de largo y cada parcela asociada 10 hilos en el mismo espacio.

La siembra se realizó manualmente el 29-04-97, en un terreno preparado mediante rastreo, nivelación y surcado. Para seguir el crecimiento se hicieron 6 muestreos de 4 plantas por especie y tratamiento entre los 23 y 57 días desde la siembra (dds). Las plantas se extraían cuidadosamente y se llevaban al Laboratorio de Ecología Agrícola, donde se disectaban para separar las raíces, hojas verdes y secas, tallos, inflorescencias y frutos. Posteriormente las fracciones se secaban en una estufa marca Jouan modelo ISO 9001, a 70°C por 72 horas y luego se pesaban en una balanza Sartorius. La fracción de hojas incluyó solamente las láminas foliares (es decir que se usó un criterio funcional), mientras que los pecíolos en la leguminosa y las vainas foliares en el maíz se adicionaban a los tallos. En cada fecha de muestreo se hicieron observaciones fenológicas de las plantas cosechadas (además de observaciones generales del conjunto), y de la coloración interna de los nódulos radicales en la leguminosa, como presunto indicador de actividad de los mismos. La fenología de la caraota siguió los criterios de Lebaron (8), con modificaciones para ajustar las fenofases a un cultivar precoz como el empleado, y agregándose el conteo de ramas; en el maíz se aplicaron las definiciones de Hanway (11).

Para estimar el área foliar en la leguminosa se empleó la regresión: $y=0,230+0,628x$ ($R^2=0,95$), calculada sobre la base de 30 folíolos de variados tamaños, donde y es el área foliar en cm^2 y x el producto del largo por ancho máximo para cada folíolo, de manera que el área foliar total por planta se calculó como la suma de las áreas de todos los folíolos evaluados en la forma indicada. En el caso del maíz se procedió de una manera similar, pero con el empleo de la relación propuesta por Montgomery según la cual el área foliar es igual a 0,75 por el producto del largo por ancho máximo de las láminas foliares (13).

Con el área foliar promedio por planta en cada repetición y tratamiento, y el espacio medio de terreno ocupado por planta en cada caso, se calculó el índice de área foliar (IAF), que representa el cociente entre la superficie foliar del cultivo y el área de terreno ocupado por el mismo. Ya que en este cálculo se emplearon solamente las hojas verdes, el IAF representa un estimado del tamaño del aparato fotosintético del cultivo; el IAF de la asociación se calculó en cada fecha de muestreo sumando los IAF parciales de los componentes.

Con los valores del área foliar promedio por planta en cada repetición y tratamiento también se calculó el área foliar específica (AFE), variable que refleja la densidad y grosor de las láminas foliares, y que por ser un índice muy sensible al sombreo, puede emplearse como indicador de competencia por luz.

La determinación del rendi-

miento en granos se basó en la producción por planta en un hilo *ad hoc* en cada repetición. La caraota se cosechó el 30-06-97 a los dos meses de la siembra, mientras que las plantas de maíz fueron dobladas a los 75 dds y cosechadas sus mazorcas el 05-08-97 a los 98 dds. Para calcular el rendimiento se consideró el número de plantas presentes en la hilera al final del ciclo, y se calculó el número de legumbres por planta, el número de granos por legumbre y el peso promedio de 100 granos en el caso de la leguminosa; en el maíz se cuantificó el número mazorcas por planta, el de granos por mazorca y el peso medio de 100 granos. Con esos datos se calculó el número de granos por metro cuadrado (NG/m^2) y el peso promedio de un grano (PPUG), en cada tratamiento, considerados como los componentes del rendimiento en la metodología de "Elaboración del Rendimiento" (17). Finalmente, con los valores de rendimiento en granos se calculó la "Relación de Equivalencia de Área y Tiempo" (REAT), para estimar la eficiencia de uso de los recursos en cultivos asociados. Este índice se expresa como: $REAT=(RMA/RMP)(t_1/T) + (RCA/RCP)(t_2/T)$, donde RMA y RCA son respectivamente los rendimientos del maíz y la caraota en asociación, RMP y RCP los rendimientos de maíz y caraota en monocultivo, t_1 la duración del ciclo del maíz, t_2 la duración del ciclo de la leguminosa y T la duración total de la asociación (12).

Los resultados de las variables de crecimiento fueron comparadas mediante la prueba de t para cada fecha de muestreo, mientras que el rendimiento y variables relacionadas fueron comparados con análisis de variancia.

Manejo agronómico de las parcelas. Como el experimento se desarrolló durante la primera parte de la temporada lluviosa, el riego fue complementario, y se aplicó los días 28 de abril (presiembra), 03, 08, 15 y 20 de mayo. Las lluvias caídas en mayo totalizaron 77 mm, mientras que en junio y julio fueron 83,6 y 284,5 mm respectivamente, según datos de la Estación Meteorológica del CENIAP. Las malezas se controlaron manualmente con limpias efectuadas los días 14 y 27 de mayo y 02 de junio. Considerando las buenas condiciones de fertilidad del suelo, sólo se aplicó una dosis de 80 kg/ha de fertilizante 12-24-12, homogeneamente repartida en el área experimental a los 17 dds. No se requirió aplicar productos químicos de control para plagas o enfermedades, a pesar de la presencia en bajas proporciones, de insectos tales como gusanos cortadores (aparentemente *Feltia subterranea*), saltahojas (*Empoasca sp.*), coquitos perforadores de las hojas (*Diabrctica sp.* y *Expitia sp.*) y bachacos (*Atta* sp.). Se observó también la presencia de controladores biológicos como la vaquita y la mariquita (*Rodolia cardinalis* y *Cyclonela sanguinclis*), que consumen huevos de algunas especies dañinas.

Resultados y discusión

Observaciones fenológicas. Las plantas de maíz y de caraota germinaron uniformemente en todas las parcelas, ocurriendo la emergencia alrededor de los 6 dds. En la leguminosa los protófilos se encontraban desarrollados (estadio V1) aproximadamente a los 11 dds, mientras que a los 23 dds las raíces presentaban pequeñas masas nodulares de color rojo o rosado, y el tallo tenía dos hojas trifolioladas en crecimiento (estadio V3). A los 30 días había de 4 a 7 nudos en el tallo principal de la caraota pura y de 5 a 6 en las asociadas, mientras se observaban ramificaciones en número de 1-4 en las asociadas y de 3-6 en las de cultivo puro; en esa misma fecha se observaron los primeros botones florales en crecimiento, manteniéndose la presencia de nódulos radicales rojos y rosados.

A los 37 dds continuaba la formación de botones florales y de nódulos radicales de color rojo, y no se observaron diferencias fenológicas entre tratamientos, ya que todas las plantas tenían entre 12 y 13 nudos en el eje principal y 6 ramas como valor promedio. A los 44 dds se observaron las primeras plantas en antesis (estadio R1), coincidiendo con la presencia de legumbres verdes muy pequeñas (R2-R3) tanto en las plantas puras como asociadas; para esa fecha proseguía la formación de nódulos y las hojas inferiores se encontraban en proceso de desecamiento. El número de hojas verdes en el tallo principal fluctuaba entre 8 y 10 en ambos tratamientos, pero era notoria una ramificación mas profusa en las plantas asociadas (5-9 ramas), en comparación con las de monocultivo (6 a 7).

A los 50 dds continuaba la nodulación en plantas puras y asociadas, se alargaban la legumbres (R4-R6) y se reducía la cantidad de flores aún cuando se mantenía una débil formación de botones. El secado de las hojas fue mayor en las parcelas puras, donde el número de hojas aun verdes en el tallo principal llegó a un máximo de 9, mientras que las plantas asociadas mostraban de 10 a 12. También el número de ramas era mayor en las parcelas asociadas (8-11) que en las puras (5 a 7).

A los 57 dds no había diferencia en el número de nudos en el tallo principal con 13 en promedio, pero continuaba prevaleciendo una mayor ramificación en las plantas asociadas (hasta 9 ramas) en comparación con las puras (hasta 6 ramas). Permanecían unas pocas flores abiertas en ambos tratamientos, las legumbres finalizaban el llenado de granos (R7-R8) con una longitud media de 9 cm, y las masas nodulares eran de color marrón. Finalmente a los 60 dds los vástagos se encontraban mayormente secos y las legumbres listas para la cosecha (R9). De acuerdo con los criterios del CIAT simplificados por Singh (8), para la clasificación del germoplasma de caraota, el cv. UCV-Manuare puede considerarse como tipo II, con base en su crecimiento indeterminado, hábito erecto con débil volubilidad apical, 50 cm de altura me-

dia de las plantas y aproximadamente 13 nudos en el tallo principal durante la fase de floración. Sin embargo, cabe señalar que la duración total del ciclo en el genotipo UCV-Manuare es menor que los 70 a 85 días, considerados como promedio para los cultivares de *P. vulgaris* sembrados para obtener semillas, bajo condiciones ambientales normales (8).

En cuanto al maíz, las plantas puras y asociadas tenían de 3-4 hojas a los 23 dds (estadio 1 o fase juvenil). A los 30 días había de 6 a 8 hojas en las plantas de monocultivo y de 5 a 6 en la asociación. A los 37 dds el maíz puro llegó a 9 hojas y el asociado a 8, mientras que las hojas inferiores presentaban los primeros signos de marchitez en ambos tratamientos. A los 44 dds, cuando las plantas puras o asociadas tenían entre 10 y 12 hojas, se observó el inicio de la emergencia de panículas (estadio 4) mientras que las hojas basales se encontraban secas. A los 50 dds continuaba la diferenciación de las panículas o estadio B que marca el fin de la fase vegetativa (10), y en la mayoría de las plantas emergía también la espiga (estadio 5), aunque en algunas sólo se notaba el engrosamiento del tallo causado por la misma. A los 57 días todas las plantas tenían igual cantidad de hojas (13-14) y las espigas estaban completamente formadas. A los 64 dds ya había mazorcas en crecimiento, mientras que a los 75 dds se observaron granos maduros y se procedió al doblado de las plantas. El desarrollo de las inflorescencias masculinas y femeninas en el presente ensayo, fue ligeramente mas precoz en comparación con referencias previas (5), que señalan la ocurrencia de dichas fenofases en el cultivar CENIAP DMR a los 57 y 60 dds.

De manera general, los resultados expuestos indican que no hubo diferencias en cuanto a la ocurrencia de las fenofases reproductivas, ni en la nodulación (evaluada de forma cualitativa), pero si un aumento en la ramificación de las plantas de caraota asociadas con el maíz, lo cual debió conllevar a un incremento en el número de hojas por planta. La gramínea no presentó cambio fenológico alguno relacionado con la presencia de la leguminosa.

Crecimiento. La figuras 1 A y B muestran las curvas de crecimiento, expresadas como acumulación de materia seca total promedio por planta (MST), en las dos especies en cultivo puro y en asociación. Se han empleado escalas apropiadas para cada especie a fín de destacar las diferencias entre ellas. Con la excepción del primer muestreo, los análisis de variancia indicaron diferencias altamente significativas ($P<0,01$) entre tratamientos desde los 31 hasta los 57 dds, con valores crecientes de F. Las comparaciones de medias por la prueba de t indicaron valores significativamente mayores en el peso medio de las plantas de maíz respecto a las de caraota a los 38 y 45 dds ($P<0,05$), y a los 51 y 57 dds ($P<0,01$). La comparación de la MST entre tratamientos en el maíz no mostró una tendencia clara, alternándose los valores mas altos entre plantas de cultivo puro o asociado, pero con un mayor peso de las plantas asociadas después de los 50 dds (figura1A). Por

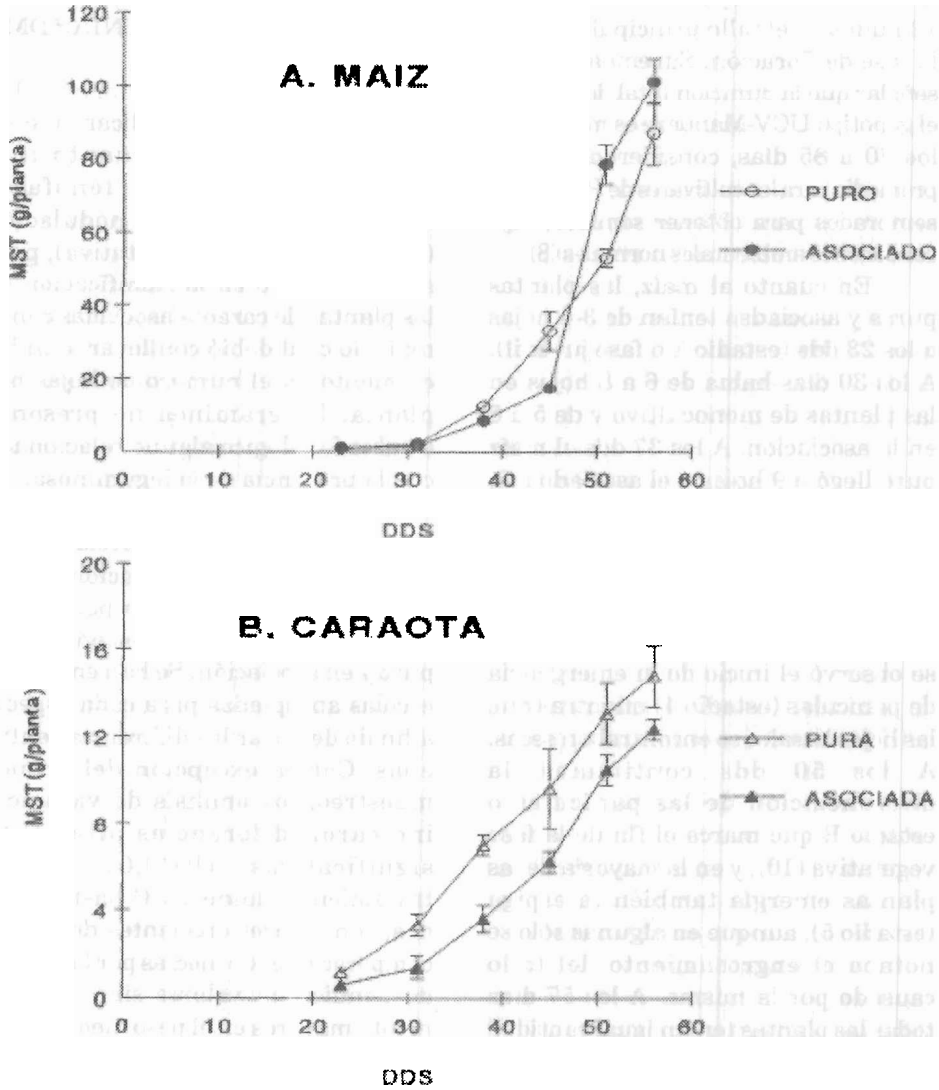

Figura 1. Curvas de crecimiento en maíz y caraota puros y asociados.

su parte las plantas de caraota asociada presentaron pesos secos significativamente menores ($P<0,01$) que los del monocultivo desde el segundo muestreo (figura 1B), con una reducción media de 29,3% a lo largo del ciclo. Estos resultados indican que la leguminosa se comportó como el competidor mas débil en la asociación, lo cual concuerda con lo esperado en términos de una combinación de plantas C3 y C4 en siembra simultánea. Como la MST de las parcelas asociadas resulta de la suma

de los componentes, se puede deducir que la acumulación de biomasa fue mayor en las parcelas asociadas en comparación con las puras.

Las curvas de MST del maíz (figura1A) se ajustaron bien a un modelo exponencial del tipo y=0,0336x exp.0,1452 (R^2=0,97) para el cultivo puro e y=0,0206 x.exp.0,1542 (R^2=0,97) para el asociado, mientras que las de la leguminosa se ajustaron mejor a un modelo polinomial de segundo orden, que responden a las ecuaciones: y=5,76+0,23x-0,002x2 (R^2=0,99) para el cultivo puro, e y=3,41-0,34x-0,009x2 (R^2=0,99) en la asociación. Las pequeñas diferencias entre los coeficientes de regresión en el maíz contrastan con las grandes diferencias en las relaciones encontradas para la leguminosa, en concordancia con las tendencias mostradas en la figura1.

Área foliar. Las figuras 2 A y B presentan los cursos del área foliar promedio por planta; al igual que con la MST, los análisis de variancia mostraron diferencias altamente significativas (P<0,01) entre tratamientos a partir del segundo muestreo. En el caso del maíz sólo hubo diferencias en el área foliar entre tratamientos en el cuarto y quinto muestreo (P<0,05), mientras que en la leguminosa las plantas del cultivo asociado presentaron valores de área significativamente menores (P<0,01) que los del monocultivo en el segundo, tercero y cuarto muestreo. Globalmente hubo una disminución de 33% en el área foliar promedio por planta en la caraota asociada en comparación con la pura, mientras que la del maíz, promediada durante el ciclo, fue casi idéntica en cultivo puro y asociado (2.176±178 *vs* 2.173±117 cm^2/planta, respectivamente). Como en las parcelas asociadas se observó una mayor ramificación de la caraota que en las puras, se puede deducir que la asociación produjo mas hojas pero de menor tamaño en la caraota asociada en comparación con la pura.

Los valores del IAF que se presentan en la figura 3 permiten comparar los monocultivos con la asociación. En general la asociación y el cultivo puro de caraota alcanzaron valores de IAF mucho mayores que los del monocultivo de maíz, lo cual se corresponde con las diferencias en densidades de siembra empleadas, pero por otra parte el IAF de la asociación se mantuvo con valores altos durante mas tiempo que el de los cultivos puros, sugiriendo una mayor duración del área foliar. Esta última observación, que concuerda con el desecamiento mas rápido del follaje de la caraota pura en comparación con la asociada, puede ser de interés práctico si la asociación estudiada se enmarca dentro de un esquema de rotación de cultivos, con ventajas evidentes en términos de la cobertura del suelo, de control de malezas y del aporte de nutrimentos en el próximo rastreo. Las comparaciones de medias indicaron diferencias altamente significativas (P<0,01) desde los 31 días, con valores mas altos para el monocultivo de caraota en el segundo y tercer muestreo, y del cultivo asociado en el quinto y sexto muestreo.

Las condiciones experimentales empleadas, con la asociación de una gramínea C4 de porte alto y una

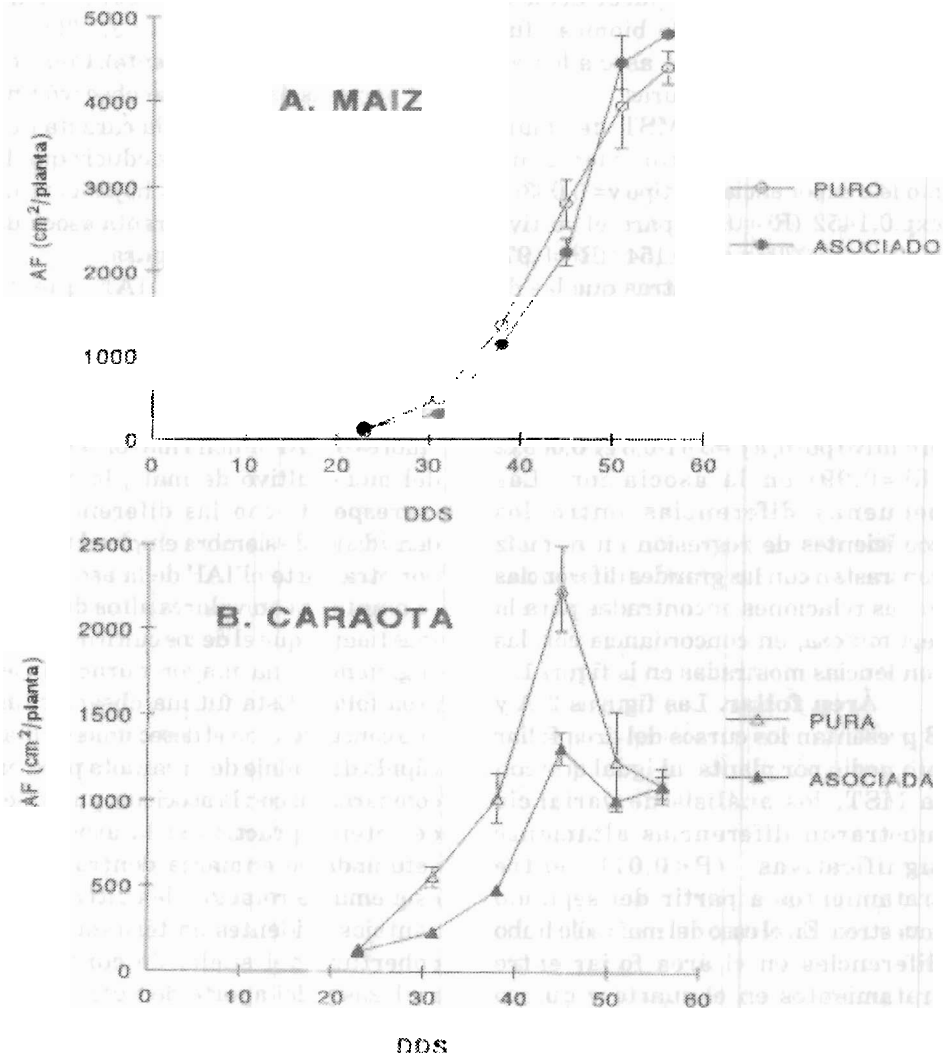

Figura 2. Area foliar por planta en maíz y caraota puros y asociados.

leguminosa baja sembrada simultáneamente sobre un terreno fértil, durante la primera parte de la época de lluvias y con riego complementario, permiten suponer que el principal factor de competencia durante el ensayo debió ser la luz. De hecho, mediciones del potencial hídrico foliar efectuadas al mediodía a los 36 dds con una bomba de presión luego de 3 días sin lluvia (5 lecturas por tratamiento), indicaron valores de -0,63 MPa en la caraota pura, -0,80 MPa en la caraota asociada, -0,92 MPa en el maíz puro y -1,01 MPa en el maíz asociado; aunque los valores

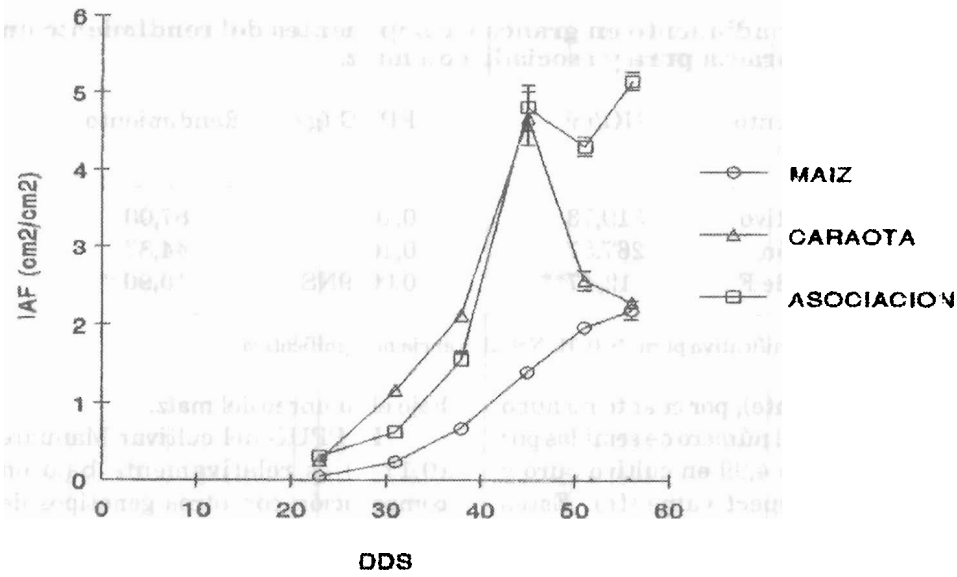

Figura 3. Cursos del IAF en maíz y caraota puros y en la asociación.

ligeramente mas bajos en la asociación sugieren una mayor extracción de agua en esas parcelas en correspondencia con su mayor IAF, globalmente indican un nivel de déficit hídrico no restrictivo del crecimiento. Por el contrario, las comparaciones del área foliar específica (AFE) apoyan la hipótesis de competencia por luz, ya que no hubo diferencia en los valores medios durante el ciclo correspondientes al maíz puro y asociado (254±40 *vs* 253,5±25,4 cm^2/g respectivamente), mientras que la caraota asociada presentó un valor medio de 344,2±19,6 cm^2/g, significativamente mas alto ($P<0,01$) que el de la caraota pura (276,2±22,7 cm^2/g). Esto quiere decir que bajo el sombreo del follaje del maíz, las hojas de la leguminosa fueron menos densas en comparación con las del cultivo puro.

Rendimiento en granos y evaluación de la asociación. El cuadro 1 presenta los resultados del rendimiento y sus componentes en la caraota. Como puede observarse el rendimiento en granos del cultivo puro (equivalente a 870 kg/ha) fue casi el doble del obtenido en la asociación (449 kg/ha), a causa de la competencia con el maíz. En cuanto a los componentes del rendimiento, el número de granos por metro cuadrado (NG/m^2) fue significativamente mayor en las parcelas puras en comparación con las asociadas, pero no hubo diferencia estadísticamente significativa en el peso promedio de un grano (PPUG). La disminución del NG/m^2 en la asociación es consecuencia de una reducción significativa ($P<0,01$) en el número promedio de legumbres cosechadas por planta (4,79 *vs* 2,58 en cultivo puro y asociado,

Cuadro 1. Rendimiento en granos y componentes del rendimiento en caraota pura y asociada con maíz.

Tratamiento (g/m²)	NG/m²	PPUG (g)	Rendimiento
Monocultivo	519,73	0,166	87,00
Asociación	267,87	0,167	44,87
Prueba de F	12,47**	0,0049NS	10,90**

**Diferencia significativa para P<0,01. NS: diferencia no significativa.

respectivamente), por cuanto no hubo diferencia en el número de semillas por vaina (5,20 vs 4,99 en cultivo puro y asociado, respectivamente). Estos resultados evidencian una competencia temprana sobre la caraota que afectó el número de semillas pero no el llenado de las mismas; es decir que la leguminosa manifestó un cambio morfológico inducido por la competencia por luz y mediado por un aumento en la ramificación y en el número de hojas, que a la postre equivale a un mecanismo compensatorio que privilegia el llenado homogéneo de pocas semillas por planta. Resultados similares se encontraron en un experimento de competencia entre la leguminosa *Lupinus angustifolius* y la maleza *Bromus driandrus* en Australia (22). Una de las respuestas generalizables cuando se combinan una graminea alta con una leguminosa baja en ausencia de limitaciones hídricas, es un incremento en la eficiencia de uso de la radiación por parte de la planta C3 (21); esta observación, que según algunos autores se basa en una menor irradiancia foliar (16, 19), podría explicar el llenado uniforme de granos en *P. vulgaris* en el presente ensayo, bajo el sombreo del maíz.

El PPUG del cultivar Manuare (0,17 g) es relativamente bajo en comparación con otros genotipos de caraota con ciclos mas largos, y que poseen un período de llenado de granos mas prolongado, como son Cubagua (con ciclo de 75 días), Coche (75 días) y Tacarigua (75-80 días), cuyos pesos promedio de granos son 0,20; 0,20 y 0,24 g respectivamente (9). Cultivares peruanos como el Gloriabamba, con ciclo de 115 días alcanza un PPUG de 0,35 g, mientras que los fenotipos Cajamarca 64-1 y Puebla 444 con duración de 130 días tienen un PPUG de 0,45 g (18).

Los rendimientos en granos, así como sus componentes para el caso del maíz se muestran en el cuadro 2. El análisis de variancia no indicó diferencias significativas entre los tratamientos, aunque el rendimiento en granos presentó una reducción de 14%, el PPUG en 5% y el NG/m² en 9,7%, en el maíz asociado respecto al puro.

Con los valores del rendimiento en granos y la duración del ciclo de cada especie, se calculó el Indice de Relación de Area y Tiempo (REAT). Para ello se consideró como

Cuadro 2. Rendimiento en granos y componentes del rendimiento en maiz puro y asociado con caraota.

Tratamiento (g/m^2)	NG/m^2	PPUG (g)	Rendimiento
Monocultivo	341	0,200	344,13
Asociación	308	0,191	294,80
Prueba de F:	1,35 NS	0,70NS	2,63NS

NS: diferencia no significativa.

denominador constante los rendimientos promedios de cada especie en cultivo puro, y duraciones de 60 días para la leguminosa y 98 días para el maíz y la asociación. El empleo de un valor constante del rendimiento en monocultivo para cada especie, permite superar una de las críticas que se hacen normalmente a la Relación de Equivalencia de la Tierra (RET) (23), como índice para evaluar las asociaciones y en el cual se fundamenta el cálculo de la REAT. El valor de este último índice resultó ser $1,23 \pm 0,08$ ($P<0,01$) que significa una ventaja de 23% del cultivo asociado sobre los monocultivos de referencia, en términos de la producción de granos. Este resultado es muy interesante desde el punto de vista agronómico, por una parte porque la REAT es un indicador mas exigente que la RET, y además porque la parametrización del rendimiento de los monocultivos de referencia tiende a subestimar la ventaja del cultivo asociado (23). Experimentos realizados en Santa Rosa (estado Mérida) con asociaciones de caraota con maíz o zanahoria en siembra simultánea, también presentaron resultados favorables (1). Asociaciones de maíz y soya con siembra simultánea, presentaron valores de RET comprendidos entre 0,89 y 1,18 dependiendo del nivel de fertilidad y la interacción con malezas (24), siendo estos valores inferiores al encontrado para la REAT en el presente ensayo.

Conclusiones

En cuanto a la fenología no hubo efecto de la asociación sobre el maíz, ocurriendo la formación de inflorescencias masculinas y femeninas a los 50 y 57 dds respectivamente. La caraota tampoco presentó diferencias en cuanto a la ocurrencia de las fenofases reproductivas ni en la nodulación, pero las plantas asociadas presentaron un incremento en su grado de ramificación, bajo el sombreo del maíz.

En general no hubo diferencia estadísticamente significativa en la acumulación de materia seca y área foliar de las plantas de maíz en monocultivo y asociación, mientras que ambas variables resultaron

significativamente reducidas en la caraota asociada, en comparación con su monocultivo.

El AFE promedio de la caraota asociada fue significativamente mayor que el de la pura, indicando la presencia de hojas menos densas en el primer caso, como consecuencia de la competencia por luz con el maíz. Los valores de AFE del cereal no fueron alterados por la combinación con la leguminosa.

A pesar de la disminución del rendimiento en granos de la caraota asociada, el rendimiento del maíz no fue estadísticamente afectado y la asociación resultó beneficiosa en términos de la REAT, con una ventaja de 23% respecto a los cultivos puros.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los técnicos José Antonio García y Napoleón Martinez, del Laboratorio de Ecología Agrícola, por su desempeño en labores de campo y laboratorio. Asimismo al técnico José Luis Horesok y al profesor Oswaldo Mora, del Laboratorio de Genética, por proporcionar el material e información sobre el cv. Manuare. Finalmente al profesor Orlando Guenni por la revisión del resumen en inglés.

Literatura citada

1. Añez B. y E. Tavira. 1990. Evaluación de las asociaciones vainita-maíz y vainita-zanahoria en los Andes. Rev. Agric. Andina. 5:59-75.

2. Augstburger F. 1985. Cultivos asociados en climas templados y fríos de Bolivia. Turrialba 359(2):117-125.

3. Arias I.A. y C.H. Muñoz. 1983. Evaluación de sistemas en monocultivo y asociación de maíz y leguminosas en el nor-oriente de Guárico. Agronomía Trop. 33(1-6):143-154.

4. Baldy C. y C.J. Stigter. 1993. Agrométéorologie des cultures multiples en régions chaudes. INRA Editions. Paris.

5. Bejarano A., V. Segovia, L. Andrade y H. Moreno. 1980. Caracteres biométricos de veintiun cultivares de maíz. FONAIAP Serie B No. 1. 7 p.

6. Casanova E. and W. Avilán. 1982. Effect of Broadcast Application of Superphosphate and Band Applied Fertiliser on Corn Yields in Venezuela. p. 531-542. En: Phosphorus and Potassium in the Tropics (Pushparajah, E. and Sharfuddin H.A. Hamid, de.). Kuala Lumpur: The Malasysian Society of Soil Science.

7. Espinoza A.C. 1990. Estudio preliminar de cultivos asociados. Caso *Canavalia ensiformis* (L.) DC. e *Ipomoea batatas* (L) Lam. Trabajo especial de grado. Facultad de Agronomía UCV. Maracay. 91 p.

8. Fageria N.K., V.C. Baligar and C.A. Jones. 1991. Growth and mineral nutrition of field crops. Marcel Dekker. Inc. New York.

9. Fundación Servicio para el Agricultor FUSAGRI. 1987. Caraota y frijol. Serie Petroleo y Agricultura No. 11. 95 p.

10. Girardin P. 1991. De l'ovule au grain de maïs mature. p:187-200. En: Physiologie et production de maïs. Communications au Colloque La vie du maïs. Physiologie du maïs. D. Picard Coordinateur. INRA, Paris.

11. Hanway J.J. 1963. Growth stages of corn (*Zea mays* L.). Agron. J. 55:487-492.

12. Hiebsch C.K. and R.E. McCollum. 1987. Area x Time Equivalence Ratio: A Method For Evaluating The Productivity Of Intercrops. Agron. J. 79:15-22.

13. Maddonni G.A. and M.E. Otegui. 1996. Leaf area, light interception, and crop development in maize. Field Crops Research 48: 81-87.

14. Marín D. y V. Riera. 1992. Algunas características climáticas, edáficas y florísticas de la selva decídua del Jardín Botánico Universitario de Maracay (JABUM), Venezuela. Ernstia 2(3-4):95-103.

15. Marín D. 1984. Evaluación de una asociación canavalia-auyama. Agronomía Trop. 40(4-6):205-215.

16. Marshall and Willey. 1983. Radiation interception and growth in an intercrop of pearl millet/groundnut. Field Crops Res. 7:141-160.

17. Meynard J.C. et G. David. 1992. Diagnostic de l'élaboration du rendement des cultures. Cahiers Agricultures 1:9-19.

18. Pineda P., J.A.Kipe-Nolt and E. Rojas. 1994. *Rhizobium* inoculation increases of bean and maize yields in intercrops on farm in the peruvian sierra. Expl. Agric. 30:311-318.

19. Soussana J.F., O. Faurie and H. Sinoquet. 1995. Radiation and nitrogen acquisition and use in simulated grass-c o-ver swards. p. 331-342. En: Ecophysiology of Tropical Intercropping. H. Sinoquet and P. Cruz editors. INRA Editions. Paris.

20. Sánchez P. 1981. Suelos del Trópico. IICA. Costa Rica.

21. Squire G.R. 1990. The physiology of tropical crop production. CAB International. Wallingford UK.

22. Supalisapa S., B.T. Steer and S.P.Milroy. 1992. Competition between lupin (*Lupinus angustifolis* L.) and great brome (*Bromus driandus* Roth): development of leaf area, light interception and yields. Australian J. of Exp. Agric. 32:71-81.

23. Vandermeer J. 1992. The ecology of intercropping. Cambridge University Press.

24. Weil R.R. and M.E. McFadden. 1991. Fertility and weed stress effects on perfomance of maize/soybean intercrop. Agron.J.83:717-721.

25. Willey R.W. 1979. Intercropping. Its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. Field Crops Abstracts 32(2):73-85.