

LEGUMINOSAS ARBUSTIVAS NATIVAS PARA MEJORAR LA AGRICULTURA MAICERA ITINERANTE DE YUCATÁN

Native Tree Legumes for Improvement of Slash-and-Burn Maize System in Yucatan, Mexico

A. Ayala Sánchez¹, L. Krishnamurthy^{2‡}, J. A. Basulto Granier¹ y J. A. Leos Rodríguez²

RESUMEN

En la búsqueda de mejorar el sistema de agricultura maicera de roza, tumba y quema, se desarrolló un experimento durante seis años y medio con los objetivos de evaluar el establecimiento y crecimiento de 18 leguminosas arbustivas como barbechos mejorados en cuatro años y su capacidad para mejorar la productividad de maíz de temporal en dos y medio años subsecuentes. Los barbechos mejorados fueron las especies de *Acacia gaumeri*, *A. glomerosa*, *Bauhinia divaricata*, *B. unguolata*, *Caesalpineia gaumeri*, *C. yucatanensis*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Lonchocarpus rugosus*, *Lonchocarpus yucatanensis*, *Mimosa bahamensis*, *Piscidia piscipula*, *Pithecellobium albicans*, *Pithecellobium dulce*, *Pithecellobium leucospermum*, *Senna octucifolia*, *Senna racemosa* y *Sesbania sesban*, además de dos barbechos de vegetación natural. Los resultados indicaron que el crecimiento de *L. leucocephala*, *C. yucatanensis* y *P. piscipula* fue mejor ($P < 0.05$). La incidencia de malezas bajo el dosel arbolado se redujo ($P < 0.05$) con *L. leucocephala*, *P. dulce*, *Senna racemosa*, *A. gaumeri* y *P. albicans*. Las especies que más leña produjeron ($P < 0.05$) fueron *L. leucocephala*, *C. yucatanensis* y *P. piscipula*; las que rebrotaron mejor ($P < 0.05$) fueron *L. leucocephala*, *A. gaumeri*, *M. bahamensis*, *P. leucospermum*, *P. albicans*, *S. octucifolia*, *C. yucatanensis* y *C. gaumeri*. Una vez eliminados los barbechos, el cultivo de maíz desarrolló mejor ($P < 0.05$) después de *L. leucocephala*, *C. yucatanensis*, *S. racemosa*, *P. piscipula*, *P. albicans* y *M. bahamensis*. Se concluye que *L. leucocephala*, *C. yucatanensis*, *P. piscipula*, *A. gaumeri*, *P. albicans* y *G. sepium*, en este orden, ofrecen mayor potencial para

usarse como barbechos mejorados en los suelos Cambisol crómico del sur de Yucatán.

Palabras clave: roza, tumba y quema; barbechos mejorados; agroforestería; milpa.

SUMMARY

In the search to improve slash-and-burn agriculture, an experiment was conducted over six and half years with the objective of evaluating the establishment and growth of 18 leguminous shrubs as improved four-year fallows and its capacity to increase rain fed maize productivity over three consecutive crop cycles. The improved fallows consisted of the following species: *Acacia gaumeri*, *A. glomerosa*, *Bauhinia divaricata*, *B. unguolata*, *Caesalpineia gaumeri*, *C. yucatanensis*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Lonchocarpus rugosus*, *Lonchocarpus yucatanensis*, *Mimosa bahamensis*, *Piscidia piscipula*, *Pithecellobium albicans*, *Pithecellobium dulce*, *Pithecellobium leucospermum*, *Senna octucifolia*, *Senna racemosa* y *Sesbania sesban*, and two fallows of natural vegetation. After eliminating the two fallows, maize was cultivated over three years. The results indicate that the growth of *L. leucocephala*, *C. yucatanensis* and *P. piscipula* ($P < 0.05$) was highest. Incidence of weeds under shrubs decreased with *L. leucocephala*, *P. dulce*, *S. racemosa*, *A. gaumeri* and *P. albicans* ($P < 0.05$). The species that produced the most fire wood were *L. leucocephala*, *C. yucatanensis* and *P. piscipula* ($P < 0.05$), and those that sprouted the most were *L. leucocephala*, *A. gaumeri*, *M. bahamensis*, *P. leucospermum*, *P. albicans*, *S. octucifolia*, *C. yucatanensis* and *C. gaumeri* ($P < 0.05$). The best maize crop was recorded after *L. leucocephala*, *C. yucatanensis*, *S. racemosa*, *P. piscipula*, *P. albicans* and *M. bahamensis* ($P < 0.05$). It is concluded that *L. leucocephala*, *C. yucatanensis* and *P. piscipula*, *A. gaumeri*, *P. albicans* and *G. sepium*, in this order, are the species with greater potential for improving fallow in a chromic Cambisol of southern Yucatan.

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Uxmal. Muna, Yucatán. Apartado postal 50-4, 97000 Itzimmá, Mérida, Yucatán, México.

[‡] Autor responsable (krishna_ir@yahoo.com)

² Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Suelos. 56230 Chapingo, Estado de México.

Index words: *slash-and-burn, improved fallows, agroforestry, milpa.*

INTRODUCCIÓN

En Yucatán se queman 150 000 ha año⁻¹ de vegetación para la siembra de maíz bajo el sistema tradicional de roza, tumba y quema (RTQ), llamado "milpa". La mayor población campesina y la baja disponibilidad de tierras reducen la duración del barbecho o descanso y aumentan el tiempo de cultivo del suelo, lo que aumenta la vulnerabilidad del sistema por degradación de la vegetación secundaria y el suelo. Frente a los cada vez más reducidos rendimientos de maíz y a la escasez de productos arbóreos, el bienestar familiar campesino se prevé más difícil de lograr.

Se reconoce que el tiempo y el tipo de vegetación en el período de descanso de un terreno están directamente relacionados con mejor fertilidad y estructura del suelo, menor incidencia de malezas y plagas, alto rendimiento de los cultivos y obtención de productos secundarios forestales de calidad (Levy y Hernández, 1992); sin embargo, esa relación no sucede cuando faltan especies que fijen nitrógeno, cubran permanentemente el suelo, reduzcan la pérdida de humedad en el suelo, compitan contra las malezas y mejoren la disponibilidad de fósforo. Entendida la causa, es fácil reconocer que la milpa necesita fortalecerse y mejorarse, integrando árboles que reciclen nutrientes y que, además, generen productos forestales de valor para el bienestar de las familias campesinas dependientes del cultivo de maíz bajo RTQ.

Los barbechos mejorados son una tecnología agroforestal que aprovecha las funciones y los productos de árboles especializados en el rescate y reacomodo de nutrientes en beneficio de los cultivos agrícolas subsecuentes al descanso. Los barbechos mejorados con especies adecuadas logran, en períodos cortos de descanso, aumentos en la materia orgánica, el nitrógeno total, los cationes intercambiables y el fósforo extractable del suelo (Prinz, 1986; Nair, 1993); adicionan grandes cantidades de biomasa aérea y radicular; sus raíces penetran capas compactadas y mejoran la estructura y aumentan los macroporos, mejoran la infiltración y almacenamiento del agua, y reducen la erosión (Torquebiau y Kwesiga, 1996); aumentan las poblaciones de lombrices y micro-artrópodos en el suelo (Rao *et al.*, 1998); y son capaces de mejorar la productividad de los cultivos agrícolas en proporciones que van de 50 a 157%

más que los sistemas tradicionales (Kwesiga y Coe, 1994; Torquebiau y Kwesiga, 1996; Rao *et al.*, 1998; Alegre *et al.*, 2000).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el establecimiento y el crecimiento de 18 leguminosas arbustivas manejadas como barbecho mejorado por cuatro años y su capacidad para el mejoramiento de la productividad de maíz cultivado en dos años y medio sucesivos, en un suelo Cambisol crómico del sur de Yucatán.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento duró seis y medio años (de mediados de 1996 a finales de 2002) e incluyó un período de barbecho con leguminosas por cuatro años y un período de cultivo subsecuente de maíz por dos y medio años. Éste se desarrolló en el Campo Experimental Uxmal, del INIFAP, ubicado en el km 75 de la carretera Mérida-Uxmal, en Muna, Yucatán (20° 25' N y 89° 46' O). El tipo de suelo fue un Cambisol crómico que, de acuerdo con Duch (1988), presenta entre 30 y 60 cm de espesor rico en materia orgánica (6.6%), calcio (27.5 meq/100 g), magnesio (6.4 meq/100 g) y potasio (2.2 meq/100 g), pero pobre en fósforo (3.6 g kg⁻¹, Bray II) y ligeramente alcalino (7.5 de pH en agua, relación 1:1). El clima es subhúmedo y caluroso, con un promedio anual de precipitación de 1100 mm; se presenta una estación lluviosa con duración de 6 a 7 meses, donde ocurre 82% de la precipitación anual, y otra seca de 5 a 6 meses, sin embargo, la humedad relativa del aire que prevalece durante el año es superior a 70%; la temperatura media anual se sitúa en 26 °C, con una oscilación termal de las medias mensuales entre 5 y 7 °C. Las Figuras 1 y 2 muestran las condiciones climáticas promedio de los años de conducción del experimento.

Los tratamientos consistieron en la evaluación de las especies de *Acacia gaumeri*, *A. glomerosa*, *Bauhinia divaricata*, *B. unguolata*, *Caesalpineia gaumeri*, *C. yucatanensis*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Lonchocarpus rugosus*, *Lonchocarpus yucatanensis*, *Mimosa bahamensis*, *Piscidia piscipula*, *Pithecellobium albicans*, *Pithecellobium dulce*, *Pithecellobium leucospermun*, *Senna octucifolia*, *Senna racemosa*, *Sesbania sesban* y dos barbechos de vegetación natural. En el barbecho de vegetación natural uno, no se perturbó la vegetación después de preparar el terreno, mientras que en el barbecho dos, las parcelas recibieron el mismo control

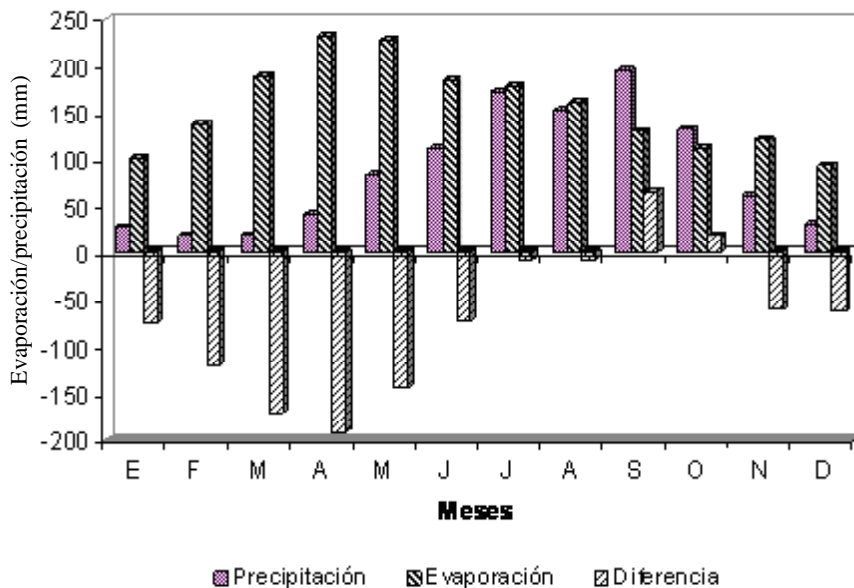


Figura 1. Promedios de precipitación, evaporación y diferencia hídrica durante el desarrollo del experimento. Muna, Yucatán, 1996 - 2002.

de maleza que se aplicó al resto de tratamientos en el primer año. Las especies se seleccionaron considerando su facilidad de establecimiento y rapidez de crecimiento, su producción de biomasa y su capacidad de permanecer verde durante la sequía, combinando conocimiento campesino y referencias de literatura. Se usó un diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. La parcela experimental fue de 8 x 12 m, con una parcela útil de 4 x 10 m.

El experimento se estableció en un terreno con dos años sin cultivar, invadido por gramíneas, cuya preparación consistió en chapeo manual, quema y aplicación de un herbicida desecante cuando emergió la

maleza. La siembra de las leguminosas fue el 5 de julio de 1996, mediante espeque, con una separación de 2.0 m entre hileras y 1.0 m entre plantas; el control de malezas para el establecimiento de las leguminosas fue por chapeo manual, en 1996; las fallas de establecimiento se corrigieron en 1997 con plantas de vivero de un año. En el 2000, al término del barbecho, las leguminosas se derribaron con machete, a ras del suelo, y se esparcieron las hojas y ramas sobre el terreno, mientras que el material grueso se hizo leña y se sacó de la parcela. En los siguientes dos y medio años, se cultivó maíz: se sembró el 15 de julio de 2000, el 18 de junio de 2001 y el 25 de julio de 2002, con el método de espeque; se depositaron tres semillas de maíz por "golpe", con una separación de 1.0 m entre hileras y 0.5 m entre cepas (para una densidad esperada de 36 mil plantas ha⁻¹); para ello, se abrieron brechas entre la hojarasca seca para facilitar la siembra y se asperjó insecticida para reducir el ataque de roedores y pájaros. El control de la maleza en el maíz se realizó con herbicidas selectivos para hoja ancha y maíz.

En las leguminosas estudiadas, se midió el número de plantas por área, la altura promedio de plantas y el porcentaje de cobertura, la producción de leña por área y su capacidad de rebrote después de la poda. Se midió la producción de materia seca de maleza durante los períodos de barbecho y cultivo. En maíz se registró el número de plantas por área, la altura promedio de plantas

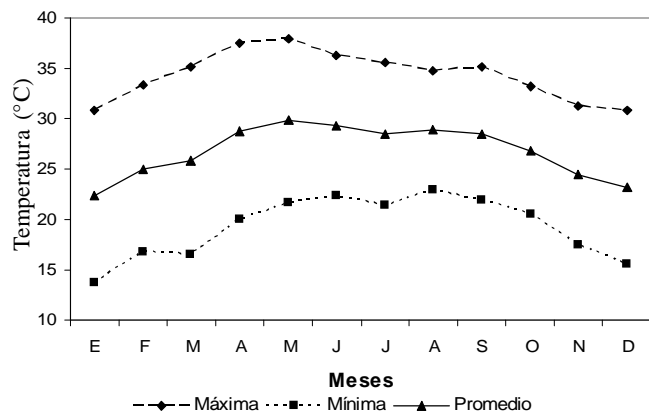


Figura 2. Promedios de temperaturas máxima, mínima y media durante el desarrollo del experimento. Muna, Yucatán, 1996 - 2002.

y el rendimiento de grano comercial con base en mazorcas buenas producidas, con ajuste a 16% de humedad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento de las Leguminosas

Al finalizar los cuatro años del período de barbecho, la especie más alta ($P < 0.05$) fue *L. leucocephala*, con 716 cm, seguida por *C. yucatanensis*, *S. octucifolia*, *P. piscipula* y *S. racemosa*, las cuales fueron similares ($P > 0.05$) y juntas promediaron 459 cm. Las especies restantes sólo promediaron 285 cm. En cuanto a número de plantas, *P. piscipula* mantuvo 100% de plantas, seguida de *L. rugosus* (77%), *S. octucifolia* (81%), *L. leucocephala* (71%), *C. yucatanensis* (83%), *P. dulce* (77%), *A. gaumeri* (79%), *P. albicans* (79%) y *G. sepium* (67%). En febrero de 2000, las especies que mayor ($P < 0.05$) cobertura presentaron fueron *P. piscipula* y *L. leucocephala*, con 69 y 65%, respectivamente (Cuadro 1).

Aunque *L. leucocephala* creció poco en sus primeros meses, esta especie aceleró su crecimiento después de establecida, alcanzando una altura semejante a la reportada por NAS (1984) para plantas de edad similar a las de este estudio. Por su parte, *C. yucatanensis* es un arbusto conocido en la región y que, por lo general, no rebasa los 4 m, altura que se rebasó en este experimento (478 cm). *G. sepium*, que alcanzó menos de 4 m, todavía puede llegar a 12 m, según Pennington y Sarukhan (1968), al igual que *P. piscipula*, que en forma natural es un árbol de 15 a 25 m (Chávez, 1995).

La mayor persistencia de plantas de *P. piscipula* indica mejor adaptabilidad de esta especie a los procesos de corte y quema o a su relación con el manejo selectivo de los agricultores. Otras especies bien adaptadas fueron *M. bahamensis*, *C. gaumeri*, *P. albicans*, *G. sepium*, *L. rugosus*, *B. divaricata*, *P. albicans* y *C. yucatanensis*. La especie *L. leucocephala* fue la que más temprano y mejor cubrió el terreno, pues tiene la capacidad para dominar debido a su abundante y precoz producción de semillas, su habilidad de rebrote después del corte o quema, su persistente banco de semillas en el suelo y su habilidad de formar densos matorrales (Hughes, 1998). Las especies que también tuvieron un buen comportamiento en cobertura del suelo fueron *P. piscipula*, *C. yucatanensis*, *P. albicans*, *A. gaumeri* y *S. octucifolia* y se observó que

Cuadro 1. Crecimiento final de las leguminosas arbustivas como barbecho mejorado para la producción de maíz. Muna, Yucatán, 1996 - 2000.

Tratamiento	Altura	Leguminosas arbustivas	Cobertura
	cm	plantas ha ⁻¹	%
<i>A. gaumeri</i>	438 bc	3958 ab	49 abcd
<i>A. glomerosa</i>	81 ef	1458 de	1 h
<i>B. divaricata</i>	64 f	313 e	6 gh
<i>B. unguolata</i>	353 bcd	2604 bcd	40 bcde
<i>C. gaumeri</i>	352 bcd	2500 bcd	40 bcde
<i>C. yucatanensis</i>	478 b	4167 ab	62 ab
<i>G. sepium</i>	358 bcd	3333 abc	33 cdef
<i>L. leucocephala</i>	716 a	3542 abc	65 a
<i>L. rugosus</i>	226 d	3854 ab	17 fgh
<i>L. yucatanensis</i>	279 cd	3021 bcd	15 fgh
<i>M. bahamensis</i>	330 bcd	1771 cde	31 def
<i>P. albicans</i>	352 bcd	3958 ab	54 abc
<i>P. dulce</i>	210 de	3854 ab	24 efg
<i>P. leucospermum</i>	249 d	2813 bcd	31 def
<i>P. piscipula</i>	454 b	5000 a	69 a
<i>S. octucifolia</i>	461 b	4063 ab	53 abcd
<i>S. racemosa</i>	442 b	3125 bcd	55 abc
<i>S. sesban</i>	412 bc	729 e	16 fgh

Valores con la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente (Duncan, 5%).

la cobertura alcanzada está muy relacionada con el número de plantas por parcela que estas mismas especies mostraron, así como con su capacidad de tolerar la sequía y retener sus hojas.

Capacidad de Rebrote y Producción de Leña de las Leguminosas

El mayor número de rebrotes por planta ($P < 0.05$) lo presentaron *M. bahamensis*, *P. albicans* y *P. leucospermum*, con valores respectivos de 28, 27 y 26. La altura de los rebrotes fue mayor ($P < 0.05$) en *L. leucocephala* y *A. gaumeri*, con 76 y 58 cm, respectivamente. La mayor cantidad de materia seca producida ($P < 0.05$) fue para el rebrote de *C. gaumeri*, el cual logró 128 g planta⁻¹, similar ($P > 0.05$) a la producida por *B. unguolata* y *L. Leucocephala*, con 95 y 91 g planta⁻¹, respectivamente (Cuadro 2).

La capacidad de rebrote después del disturbio refleja la adaptación de estas especies al proceso de RTQ, lo que se sostiene en la afirmación de que *A. gaumeri*, *L. leucocephala*, *M. bahamensis*, *P. piscipula* y *P. dulce* son especies de regeneración que se manifiestan

Cuadro 2. Capacidad de rebrotes y producción de leña de leguminosas arbustivas como barbecho mejorado para la producción de maíz en Muna, Yucatán, en 2000.

Tratamiento	Rebrotes	Altura	Biomasa	Leña
	No. planta ⁻¹	cm	g planta ⁻¹	Mg ha ⁻¹
<i>L. rugosus</i>	11 bcde	41 bcd	80 bcd	18 ef
<i>M. bahamensis</i>	28 a	15 efg	24 fg	11 f
<i>S. octucifolia</i>	19 abc	39 bcd	63 bcdef	76 bcde
<i>A. glomerosa</i>	0 e	0 g	0 g	17 ef
<i>B. divaricata</i>	3 de	13 fg	25 fg	3 f
<i>L. leucocephala</i>	18 abc	76 a	91 abc	154 a
<i>B. unglata</i>	21 ab	49 bc	95 ab	28 ef
<i>P. leucospermum</i>	26 a	39 bcd	35 efg	7 f
<i>C. yucatanensis</i>	18 abc	48 bc	71 bcde	113 ab
<i>S. racemosa</i>	12 bcde	38 bcde	46 def	90 bcd
<i>P. dulce</i>	11 bcde	26 cdef	45 def	19 ef
<i>P. piscipula</i>	10 bcde	35 bcdef	83 bcd	102 abc
<i>L. yucatanensis</i>	6 cde	22 defg	35 efg	33 def
<i>C. gaumeri</i>	15 abcd	46 bcd	128 a	40 def
<i>A. gaumeri</i>	11 bcde	58 ab	69 bcde	56 cdef
<i>P. albicans</i>	27 a	49 bc	65 bcdef	27 ef
<i>G. sepium</i>	9 bcde	34 bcdef	49 cdef	21 ef
<i>S. sesban</i>	0 e	0 g	0 g	44 def

Valores con la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente (Duncan, 5%).

desde el primer año después del disturbio y continúan apareciendo hasta 25 años después (Flores, 1989); en consecuencia, la retención o inclusión de estas especies a las fases de barbecho y aun de cultivo, son la clave para el mantenimiento de la productividad de los terrenos (Nair, 1993).

Las especies más productivas en leña ($P < 0.05$) fueron *L. leucocephala*, *C. yucatanensis* y *P. piscipula*, con 154, 113 y 102 Mg ha⁻¹, respectivamente (Cuadro 2), lo que superó en mucho a las 9 Mg ha⁻¹ producidas por el barbecho de dos años con *S. sesban* en Zambia (Kwesiga y Coe, 1994). Además, en las comunidades de Yaxcabá y X-uilub, Yucatán, se prefiere la leña de *C. gaumeri*, *P. piscipula*, *P. albicans*, *M. bahamensis*, *A. gaumeri* y *G. sepium* (Levy y Hernández, 1992).

Incidencia de Malezas

En el período lluvioso de 1997, la materia seca de malezas fue menor ($P < 0.05$) bajo el dosel de *L. leucocephala*, *S. sesban*, *P. dulce*, *A. gaumeri* y *S. racemosa*, la cual no pasó de 198 kg ha⁻¹. Al inicio de la época seca de 1998, *L. leucocephala* redujo la materia seca de malezas a sólo 88 kg ha⁻¹, ($P < 0.05$)

aunque 10 especies fueron estadísticamente similares ($P > 0.05$). A los tres meses de la siembra de maíz (octubre de 2000), la materia seca de maleza fue menor ($P < 0.05$) en donde estuvo *P. leucospermum*, con 600 kg ha⁻¹, que estadísticamente igualó a *B. unglata*, *P. albicans*, *L. leucocephala* y *P. dulce* ($P > 0.05$), con incidencias que fluctuaron entre 750 y 800 kg ha⁻¹ (Cuadro 3).

Durante el período de barbecho, los arbustos posiblemente deprimieron la maleza por sombreo y competencia de espacio, nutrientes y agua, mientras que durante el período de cultivo, la reducción pudo deberse a la cobertura del suelo por la hojarasca de las leguminosas. Una explicación parecida es la de Szott *et al.* (1991), quienes encontraron que los barbechos de cuatro años con los géneros *Cajanus* e *Inga* suprimieron más efectivamente la maleza hacia el período de cultivo que los barbechos con estoloníferas de los géneros *Centrosema*, *Pueraria* y *Desmodium*.

Crecimiento del Maíz

En el primer ciclo de maíz (2000), la altura de plantas un mes después de la siembra fue más alta ($P < 0.05$) en los barbechos mejorados de *M. bahamensis* y *C. yucatanensis*, ambos con 30 cm, pero fueron similares ($P > 0.05$) al resto de las especies que fluctuaron entre 24 y 29 cm, exceptuando a *L. rugosus*, *L. yucatanensis* y *P. albicans*. En el segundo ciclo de cultivo (2001), las plantas de maíz que crecieron en donde se desarrolló *C. yucatanensis* fueron las más altas ($P > 0.05$) con 234 cm, sin embargo, fueron estadísticamente similares a otras ocho especies. En el año 2002, las plantas de maíz más altas fueron las de *L. rugosus*, con 256 cm (Cuadro 4).

Partiendo de la misma densidad de siembra, el número de plantas de maíz en el año 2000 no presentó diferencias significativas ($P > 0.05$) entre tratamientos y su promedio general fue de 26 625 plantas ha⁻¹. En el segundo año de cultivo, el número de plantas varió entre tratamientos y se encontraron más plantas ha⁻¹ ($P < 0.05$) en el barbecho de *G. sepium* (31 458 plantas), aunque en la mayoría de los tratamientos fueron estadísticamente similares ($P > 0.05$) a éste. En 2002 el número de plantas fue mayor ($P < 0.05$) para *C. yucatanensis*, con 13 958 plantas (Cuadro 4).

El descanso del terreno por cuatro años favoreció el crecimiento inicial de las plantas de maíz. En el año 2000, después de la siembra, ocurrió un fuerte período

Cuadro 3. Materia seca de malezas al usar leguminosas como barbecho mejorado para la producción de maíz en Muna, Yucatán, 1997 - 2000.

Tratamiento	Fase de barbecho		Fase cultivo
	Oct-97	Dic-98	Oct-00
	----- kg ha ⁻¹ -----		
<i>A. gaumeri</i>	189 c	107 ab	1.025 abcd
<i>A. glomerosa</i>	260 abc	131 a	825 bcd
<i>B. divaricata</i>	289 abc	137 a	925 abcd
<i>B. unglata</i>	216 bc	127 ab	750 cd
Barbecho 1 [†]	211 c	120 ab	1.050 abcd
Barbecho 2 [†]	292 abc	119 ab	825 bcd
<i>C. gaumeri</i>	241 abc	123 ab	1.450 a
<i>C. yucatanensis</i>	214 bc	108 ab	1.075 abcd
<i>G. sepium</i>	237 bc	120 ab	1.100 abcd
<i>L. leucocephala</i>	164 c	88 b	775 cd
<i>L. rugosos</i>	348 ab	143 a	1.275 abc
<i>L. yucatanensis</i>	231 bc	144 a	925 abcd
<i>M. bahamensis</i>	292 abc	136 a	825 bcd
<i>P. albicans</i>	238 bc	119 ab	750 cd
<i>P. dulce</i>	185 c	139 a	800 cd
<i>P. leucospermum</i>	291 abc	131 a	600 d
<i>P. piscipula</i>	288 abc	111 ab	1.100 abcd
<i>S. octucifolia</i>	371 a	145 a	900 abcd
<i>S. racemosa</i>	198 c	136 a	850 bcd
<i>S. sesban</i>	172 c	109 ab	1.400 ab

Valores con la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente (Duncan, 5%). [†] Barbechos 1 y 2 de vegetación natural.

de sequía (45% menos lluvia) que dañó fuertemente a siembras de maíz aledañas, sin embargo, las plantas de este trabajo sobrevivieron al estrés. Aunque los datos de 2002 fueron afectados por el paso del huracán "Isidoro", se destaca la persistencia de *C. yucatanensis* como la especie en la cual el maíz tiende a crecer más alto. Al parecer, los barbechos mejorados altos, poblados y frondosos favorecen la altura y el número de plantas de maíz; los casos sobresalientes son los barbechos de *L. leucocephala*, *S. racemosa*, *P. piscipula*, *L. rugosos* y *P. albicans*.

Rendimiento de Grano de Maíz

El rendimiento de grano de maíz para el primer año de cultivo fue más alto ($P < 0.05$) en *M. bahamensis*, con 1047 kg ha⁻¹, pero similar ($P > 0.05$) a los barbechos de casi todas las demás especies, a excepción de *L. yucatanensis*, *A. gaumeri* y *P. leucospermum*, que produjeron 471 539 y 556 kg ha⁻¹, respectivamente. En el segundo ciclo de cultivo, los rendimientos más altos ($P > 0.05$) se presentaron en los barbechos de *S. racemosa* y *G. sepium*, con 824 y 803 kg ha⁻¹, respectivamente. Para el tercer ciclo de cultivo, los mayores rendimientos ($P > 0.05$) se presentaron en

Cuadro 4. Crecimiento de plantas de maíz después del barbecho mejorado con leguminosas arbustivas en Muna, Yucatán.

Tratamiento	Altura			Población		
	2000	2001	2002	2000	2001	2002
	----- cm -----			----- plantas ha ⁻¹ -----		
<i>A. gaumeri</i>	25 ab	209 abc	217 abc	26667 a	25417 abcd	8021 fg
<i>A. glomerosa</i>	24 ab	197 b	211 abc	25000 a	30833 ab	18125 abcd
<i>B. divaricata</i>	27 ab	195 c	209 abc	26250 a	28542 abcd	19896 abc
<i>B. unglata</i>	27 ab	212 abc	214 abc	25417 a	27083 abcd	17604 abcde
Barbecho 1	24 ab	197 bc	207 abc	29583 a	29583 abc	8229 fg
Barbecho 2	25 ab	211 abc	176 c	26250 a	30833 ab	11667 cdef
<i>C. gaumeri</i>	29 ab	211 abc	206 abc	25000 a	26875 abcd	9375 efg
<i>C. yucatanensis</i>	30 a	233 a	187 bc	25833 a	28125 abcd	13958 a
<i>G. sepium</i>	27 ab	200 bc	191 bc	27917 a	31458 a	9583 efg
<i>L. leucocephala</i>	26 ab	222 abc	232 ab	25833 a	23750 d	13125 bcdef
<i>L. rugosos</i>	23 b	195 c	256 a	25417 a	27083 abcd	15417 bcdefg
<i>L. yucatanensis</i>	23 b	194 c	197 bc	23750 a	30417 abc	8021 fg
<i>M. bahamensis</i>	30 a	191 c	204 abc	30417 a	26458 abcd	17604 abcde
<i>P. albicans</i>	23 b	205 abc	203 abc	26667 a	24583 cd	8958 fg
<i>P. dulce</i>	27 ab	191 c	200 bc	27500 a	26875 abcd	10104 defg
<i>P. leucospermum</i>	24 ab	195 c	225 abc	27083 a	27292 abcd	20417 ab
<i>P. piscipula</i>	29 ab	228 ab	205 abc	27083 a	24792 bcd	7292 g
<i>S. octucifolia</i>	26 ab	195 c	220 abc	25000 a	27292 abcd	16458 abcdef
<i>S. racemosa</i>	27 ab	223 abc	217 abc	29167 a	30208 abc	21146 ab
<i>S. sesban</i>	24 ab	200 bc	205 abc	26667 a	27917 abcd	11771 cdefg

Valores con la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente (Duncan, 5%).

Cuadro 5. Rendimiento de grano de maíz después de un período de barbecho mejorado con leguminosas en Muna, Yucatán.

Tratamiento	Rendimiento de grano		
	2000	2001	2002
	- - - - - kg ha ⁻¹ - - - - -		
<i>A. gaumeri</i>	539 bc	648.8 ab	114.2 abc
<i>A. glomerosa</i>	713 abc	692.4 ab	57.9 c
<i>B. divaricata</i>	814 abc	665.0 ab	21.8 c
<i>B. unglata</i>	745 abc	747.8 ab	211.1 ab
Barbecho 1	793 abc	710.6 ab	88.0 bc
Barbecho 2	768 abc	649.3 ab	128.5 abc
<i>C. gaumeri</i>	740 abc	660.7 ab	56.5 c
<i>C. yucatanensis</i>	826 abc	741.6 ab	246.6 a
<i>G. sepium</i>	986 ab	803.5 a	120.5 abc
<i>L. leucocephala</i>	706 abc	712.0 ab	128.2 abc
<i>L. rugosus</i>	612 abc	674.4 ab	127.5 abc
<i>L. yucatanensis</i>	471 c	599.2 ab	76.3 bc
<i>M. bahamensis</i>	1047 a	732.3 ab	201.9 ab
<i>P. albicans</i>	721 abc	587.0 ab	96.0 bc
<i>P. dulce</i>	726 abc	479.9 b	126.4 abc
<i>P. leucospermum</i>	556 bc	668.7 ab	243.7 a
<i>P. piscipula</i>	746 abc	722.7 ab	104.9 abc
<i>S. octucifolia</i>	659 abc	517.4 ab	53.6 c
<i>S. racemosa</i>	879 abc	824.2 a	72.0 bc
<i>S. sesban</i>	707 abc	740.1 ab	114.1 abc

Valores con la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente (Duncan, 5%).

los tratamientos de *C. yucatanensis* y *P. leucospermum*, con 246 y 243 kg ha⁻¹, respectivamente (Cuadro 5).

Los rendimientos promedio de los 20 tratamientos respectivos, para los años 2000, 2001 y 2002, fueron de 738, 679 y 114 kg ha⁻¹ y estuvieron relacionados con diferencias de precipitación entre los años 2000 y 2001 y con la ocurrencia del huracán "Isidoro", en 2002; los tratamientos con mejor producción superaron a los barbechos naturales en 20 a 34%. Las diferencias en rendimiento de maíz encontradas en el presente caso no son tan espectaculares como las reportadas en la literatura, las cuales varían desde 55 hasta 157% más que los tratamientos testigo (Kwesiga y Coe, 1994; Torquebiau y Kwesiga, 1996; Rao *et al.*, 1998; Alegre *et al.*, 2000).

Por otro lado, es posible que se requiera más tiempo para observar los efectos de mejoramiento del suelo y la productividad del maíz, debido al período de descanso con barbechos mejorados, ya que la lenta pudrición de raíces juega un papel importante en el mejoramiento de

la productividad del suelo después del período de barbecho y que en los años sucesivos de siembra se pueden incrementar los rendimientos (Torquebiau y Kwesiga, 1996).

CONCLUSIONES

Considerando su rápido y constante crecimiento, mayor capacidad de supervivencia de las plantas, amplia y persistente cobertura, mayor capacidad para reducir malezas, alta producción de leña, elevada supervivencia después de ser podadas, y por favorecer el crecimiento y la producción de maíz, las especies de *Leucaena leucocephala*, *Caesalpinia yucatanensis* y *Piscidia piscipula*, seguidas de *Pithecellobium albicans*, *Gliricidia sepium* y *Acacia gaumeri*, se presentan como leguminosas arbustivas promisorias para su uso en barbechos mejorados en el sur de Yucatán.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen los aportes económicos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), la Fundación Yucatán Produce, A. C., la Fundación Ford y la Fundación Rockefeller, así como los complementos del INIFAP, el ICRAF y la Universidad Autónoma Chapingo, para la realización y finalización de este trabajo.

LITERATURA CITADA

- Alegre, J., L. Arévalo, W. Guzmán y M. Rao. 2000. Barbechos mejorados para intensificar el uso de la tierra en los trópicos húmedos de Perú. *Agroforestería en las Américas* 27: 7-18.
- Chávez G., M. 1995. Dzibilchaltún, flora y fauna. Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad. Biocenosis. Mérida, Yucatán, México.
- Duch G., J. 1988. Conformación territorial del estado de Yucatán. Los componentes del medio físico. Universidad Autónoma Chapingo. Centro Regional de la Península de Yucatán. México, D. F.
- Flores G., J. S. 1989. Dominancia de las leguminosas en la vegetación de Yucatán. *Revista de la Universidad Autónoma de Yucatán* 4-170: 68-80.
- Hughes, E. C. 1998. *Leucaena*. Manual de recursos genéticos. Oxford Forestry Institute. Department of Plant Sciences. University of Oxford, Oxford, UK.
- Kwesiga, F. and R. Coe. 1994. The effect of short rotation *Sesbania sesban* fallows on maize yield. *For. Ecol. Manage.* 64: 199-208.
- Levy, T. S. y E. Hernández X. 1992. La sucesión secundaria y su manejo en el sistema roza-tumba-quema. pp. 195-202. *In:* V. D. Zizumbo, H. C. Rasmussen, R. L. Arias y C. S. Terán (eds.). La modernización de la milpa en Yucatán: utopía o realidad.

- Centro de Investigación Científica de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Nair, P. K. 1993. An introduction to agroforestry. Kluwer Academic Publishers ICRAF. Dordrecht, The Netherlands.
- NAS (National Academy of Sciences). 1984. *Leucaena: promising forage and tree crop for the tropics*. 2nd ed. National Agricultural Service. Washington, DC, USA.
- Pennington, D. T. y J. Sarukhan. 1968. *Árboles tropicales de México*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Food and Agriculture Organization. México, D. F.
- Prinz, D. 1986. Increasing the productivity of smallholder farming systems by introduction of planted fallows. *Plant Res. Dev.* 24: 31-56.
- Rao, R. M., P. K. R. Nair, and C.K. Ong. 1998. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. *Agrofor. Systems* 38: 3-50.
- Szott, L. T., C. A. Palmand, and P. A. Sanchez. 1991. Agroforestry in acid soils of the humid tropics. *Adv. Agron.* 45: 275-301
- Torquebiau, E. F. and F. Kwesiga. 1996. The role of roots in improved fallows systems in Eastern Zambia. *Agrofor. Syst.* 34: 193-211.