

# LEGUMINOSAS DE COBERTERA PARA MEJORAR Y SOSTENER LA PRODUCTIVIDAD DE MAÍZ EN EL SUR DE YUCATÁN

## Legumes as Cover Crops to Improve and Sustain Corn Productivity in the Southern Yucatan

A. Ayala Sánchez<sup>1</sup>, L. Krishnamurthy<sup>2†</sup> y J. A. Basulto Graniel<sup>2</sup>

### RESUMEN

En Yucatán, México, más de 50 mil familias dependen de la producción de maíz mediante el sistema de roza, tumba y quema, mismo que, ante la escasez de terrenos con vegetación secundaria para la rotación, está reduciendo su productividad y perdiendo sostenibilidad. El objetivo del presente trabajo es evaluar la capacidad de *Canavalia ensiformis* y *Mucuna pruriens*, asociadas o en barbecho corto (período de descanso previo al cultivo de maíz), para mejorar la producción de maíz. En un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones, se distribuyeron 14 tratamientos consistentes en la asociación de mucuna o canavalia con maíz variedad Blanco Uxmal, sin o con 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; las mismas leguminosas en barbecho de uno o dos años, seguidos de maíz, con o sin P; además, dos controles de maíz en cultivo continuo sin fertilizar y fertilizado con la fórmula 40-100-00. Los resultados mostraron que las leguminosas desarrollaron mejor ( $P < 0.05$ ) cuando se establecieron como barbecho de dos años. Las plantas de maíz fueron más altas ( $P < 0.05$ ) en monocultivo con el tratamiento de dos años de mucuna-P. La incidencia de maleza se redujo considerablemente ( $P < 0.05$ ) con los tratamientos de dos años de mucuna-P, un año de canavalia y en maíz-mucuna. La producción de maíz fue más alta ( $P < 0.05$ ) en los dos controles, pero su rendimiento anual disminuyó al cuarto año, siendo superados por dos años de mucuna-P. Se concluye que, al inicio, las leguminosas de cobertera perjudican el desarrollo y la producción del maíz asociado o alternado, pero que en el cuarto año parece haber un beneficio de éstas a favor de la producción de grano, especialmente en el sistema

de dos años de mucuna-P, y que los tratamientos de maíz sin fertilizar y fertilizado, a pesar de haber acumulado más producción, tienden a la insostenibilidad a partir del tercer año.

**Palabras clave:** *Canavalia ensiformis*, *Mucuna pruriens*, agroforestería, barbechos mejorados.

### SUMMARY

More than 50 thousand families in the State of Yucatán, Mexico, depend on maize production under slash-burn agriculture, in which productivity and sustainability are decreasing due to shortage of terrains with secondary vegetation. The objective of the present research was to evaluate the capacity of *Canavalia ensiformis* and *Mucuna pruriens* as cover crops in association with maize or as short fallow to improve maize production. The experiment consisted of random blocks with four replicates; the 14 treatments were association *M. pruriens* or *C. ensiformis* with maize, with or without 100 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; the same legumes in fallow of one or two years, followed by consecutive maize production, with or without P; controls were consecutive maize without fertilization and fertilized with 40-100-0 formula. The results showed that the leguminous cover developed better ( $P < 0.05$ ) when established as two year fallow. The maize plants were taller ( $P < 0.05$ ) under the two year *M. pruriens*-P treatment. Weeds were significantly reduced ( $P < 0.05$ ) in the two year *M. pruriens*-P, one year *C. ensiformis* and maize with *M. pruriens* treatments. The maize yield was better ( $P < 0.05$ ) in control plots, but in the fourth year yield decreased and was surpassed by the yield of two-year *M. pruriens*-P. It is concluded that the leguminous cover crops initially have adverse effects on the development and production of maize under association or fallow, but by the fourth year grain production benefits, especially in the two-year *M. pruriens*-P system, the maize treatments with and without fertilization, despite having accumulated more production, tended to be unsustainable from the third year.

<sup>1</sup> INIFAP-Campo Experimental Uxmal. 97000 Mérida, Yucatán, México.

<sup>†</sup> Autor responsable (krishna@mx.inter.net)

<sup>2</sup> Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. 56230 Chapingo, Estado de México.

**Index words:** *Canavalia ensiformis*, *Mucuna pruriens*, *agroforestry*, *improved fallows*.

## INTRODUCCIÓN

Para los agentes del desarrollo, la milpa o roza, tumba y quema es un sistema tradicional de producción de maíz, pero para los campesinos representa un sistema cosmológico en el cual todas las actividades están precedidas por ceremonias de orden místico-religioso. Las instituciones se ocupan de la milpa debido a la importancia que posee para el bienestar social y el uso que hace de los recursos naturales; los campesinos, por su parte, quieren cuidarla y mejorarla para alimentar y nutrir a su familia. Tanto la sociedad como los productores están preocupados por la pérdida de sostenibilidad de este sistema debido a la reducción de áreas arboladas. Aquella desea conservar los recursos y mejorar el ambiente; los productores no quieren perder el acceso a terrenos agrícolamente productivos, a los productos forestales ni a la fauna silvestre. Sin embargo, cada año se siguen talando y quemando cerca de 150 mil ha de vegetación secundaria de selva subcaducifolia en modo rotacional para dedicarlas a la producción de maíz, cultivo que paulatinamente reduce su producción.

Las presiones sociales y ambientales promueven que los milperos realicen adecuaciones en el sistema de roza, tumba y quema, catalogado de alta racionalidad: ellos acortan los períodos de descanso, lo que restringe la regeneración arbórea y la recuperación de la fertilidad del suelo; aumentan los años de cultivo, lo cual desgasta la productividad del suelo, y aumenta la incidencia de malezas, plagas y enfermedades. Esta intensificación de uso del terreno se manifiesta en la reducción de la productividad agrícola y forestal. La consecuencia última es la insatisfacción de las necesidades básicas de las familias campesinas que, en su afán por salir de la pobreza, tienen que buscar nuevas y variadas formas de producción alejadas de sus costumbres y tradiciones.

Desde un punto de vista agroecológico, para que la milpa mantenga su productividad y sostenibilidad sin el uso de grandes cantidades de insumos externos, ésta necesita ser fortalecida y mejorada a través del uso de plantas que reciclen nutrientes que fijen nitrógeno, que cubran permanentemente el suelo, que reduzcan la pérdida de humedad en el suelo, que compitan contra las malezas, que mejoren la disponibilidad de P, y que, además de estos servicios, generen productos útiles para el bienestar de las familias campesinas. Los campesinos

conducen con esta hipótesis, pues reconocen que en su milpa existen problemas de infertilidad, falta de humedad del suelo, incidencia de malezas, plagas y enfermedades, y están inconformes con la baja producción de grano. Los barbechos cortos con leguminosas de cobertera que ocupen uno o dos años el terreno en rotación con el maíz en cultivo consecutivo y las asociaciones de estas leguminosas con maíz en siembra intercalada, pueden ser una alternativa para el mejoramiento y la sostenibilidad de la milpa en Yucatán.

Las leguminosas *Mucuna pruriens* y *Canavalia ensiformis* se asocian bien con maíz, pueden ser manejadas en rotación con este cultivo, cultivadas como abono verde o cobertura del suelo contra erosión y tienen utilidad como forraje y alimento humano (Duke, 1981). En México, los Popolucas de Veracruz desarrollaron barbechos con mucuna para restaurar la fertilidad, mejorar la estructura del suelo y eliminar malezas; los Chontales integraron la especie al maíz y la calabaza en intercultivo, y los Mixes la aprovechan para el control de malezas (Buckles *et al.*, 1998).

En Yucatán se ha demostrado la capacidad de mucuna y canavalia para reducir las malezas cuando se asocian o rotan al cultivo de maíz (Caamal *et al.*, 2001), pero sus efectos sobre el mejoramiento de la calidad del suelo (Caamal *et al.*, 2001) y el aumento de los rendimientos de maíz no están del todo claros, debido, en parte, al corto período de los trabajos realizados.

Los objetivos del presente trabajo son evaluar el comportamiento agronómico y los efectos de *Mucuna pruriens* y *Canavalia ensiformis* sobre el desarrollo y la productividad del maíz, cuando estas leguminosas de cobertera se cultivan como barbecho corto de uno o dos años y cuando se asocian al cultivo de maíz, ambos casos con y sin fertilización fosforada en un suelo del tipo Cambisol crómico del sur de Yucatán.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó desde principios de 1998 hasta finales de 2002 en el Campo Experimental Uxmal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el km 75 de la carretera Mérida-Uxmal, en Muna, Yucatán (20° 25' N y 89° 46' O). El clima es cálido subhúmedo ( $Aw_0$ ), con precipitación y temperatura media anual de 990 mm y 25 °C, respectivamente. El tipo de suelo fue un Cambisol crómico que, de acuerdo con Duch (1988), presenta entre 30 y 60 cm de espesor, es rico en materia

orgánica (MO) (6.6%), calcio (Ca) (27.5 meq 100 g<sup>-1</sup>), magnesio (Mg) (6.4 meq 100 g<sup>-1</sup>) y potasio (K) (2.2 meq 100 g<sup>-1</sup>), pero pobre en fósforo (P) (3.6 g kg<sup>-1</sup>, Bray II) y ligeramente alcalino (pH 7.5, relación en agua 1:1). Se evaluaron 14 tratamientos, incluyendo dos testigos de maíz variedad Blanco Uxmal, uno sin fertilizante y el otro fertilizado con la fórmula 40-100-00; cuatro tratamientos consistentes en la asociación de maíz con las leguminosas canavalia o mucuna, sin o con aplicación de 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; cuatro tratamientos de barbechos de canavalia o mucuna de un año seguido de maíz consecutivo, con o sin el apoyo de 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; y cuatro tratamientos de barbechos de dos años con esas mismas leguminosas seguidos de maíz consecutivo, con o sin la fertilización con P (Cuadro 1). Los cuatro tratamientos de barbechos de un año iniciaron en 1999 para coincidir con la siembra de maíz de los barbechos de dos años (Cuadro 2).

El diseño de tratamientos fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las unidades experimentales fueron parcelas de 11 m de largo y 6 m de ancho, conteniendo seis hileras de maíz (1.0 m entre hileras y 0.5 m entre plantas) en monocultivo o asociadas a las leguminosas; estas últimas en cultivo puro ocupan doce hileras (0.5 m entre hileras y 0.5 m entre plantas) y seis hileras asociadas al maíz (1.0 m entre hileras y 0.5 m entre plantas).

**Cuadro 1. Tratamientos en evaluación de asociaciones y barbechos de leguminosas de cobertera para la productividad y sostenibilidad de la milpa Muna, Yucatán.**

| No. | Tratamiento                         | No. | Tratamiento                                       |
|-----|-------------------------------------|-----|---|
| 1   | Maíz sin fertilizar                 | 8   | Mucuna un año y maíz consecutivo                  |
| 2   | Maíz fertilizado con N-P            | 9   | Canavalia un año con P y maíz consecutivo con P   |
| 3   | Maíz asociado a canavalia           | 10  | Mucuna un año con P y maíz consecutivo con P      |
| 4   | Maíz asociado a mucuna              | 11  | Canavalia dos años y maíz consecutivo             |
| 5   | Maíz asociado a canavalia con P     | 12  | Mucuna dos años y maíz consecutivo                |
| 6   | Maíz asociado a mucuna con P        | 13  | Canavalia dos años con P y maíz consecutivo con P |
| 7   | Canavalia un año y maíz consecutivo | 14  | Mucuna dos años con P y maíz consecutivo con P    |

N-P = aplicación anual de la fórmula 40-100-00; P = aplicación anual de 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Ambas dosis de fertilización aplicadas durante el primer mes de desarrollo del maíz.

El terreno utilizado había sido mecanizado, pero tenía un período de barbecho de cuatro años y la vegetación espontánea estaba dominada por gramíneas y algunos arbustos de 1.5 m de altura. El sitio experimental se preparó entre mayo y junio de 1998 por roza con machete y aplicación de herbicida desecante a los rebrotes. El maíz se sembró en condiciones de temporal el 31 de julio y las leguminosas el 13 de agosto; el siguiente año, el maíz se sembró el 28 de junio y las leguminosas el 30 de julio. En los años 2000, 2001 y 2002, la siembra respectiva de maíz fue el 27, 23 de junio y 20 de julio; en estos años las leguminosas repoblaron naturalmente las asociaciones con maíz. Ambos tipos de plantas se sembraron manualmente, depositando tres semillas por «golpe» de espeque o palo sembrador. El fertilizante químico se depositó sobre la superficie a 5 cm de las plantas, aplicando la totalidad del P y la mitad del N a la emergencia del maíz y la otra mitad del N cuando las plantas del maíz tenían de 7 a 9 hojas expuestas. Cada año, en las primeras semanas, se aplicó Tamarón en dosis de 2 mL L<sup>-1</sup> para ahuyentar a pájaros y ratones de las semillas y plántulas de maíz. En apoyo al maíz, se realizaron hasta tres podas por ciclo para disminuir los niveles de competencia de la mucuna y evitar el acame de las cañas de maíz.

En las leguminosas se midió la altura promedio de plantas, el porcentaje de cobertura y la disponibilidad de biomasa por área. La incidencia de malezas se evaluó en septiembre de 2000 y 2001, mediante su disponibilidad de biomasa por área. En maíz se registró el número de plantas por parcela, la altura promedio de las plantas y el rendimiento de grano comercial con base en el número de mazorcas buenas y un ajuste al 16% de humedad. El análisis de varianza y la separación de medias por la prueba de Duncan se realizó utilizando el programa SAS, Versión 6.12 (SAS Institute, 1993).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Desarrollo y Producción de Biomasa de Leguminosas

En el temporal de 1999, la mejor cobertura del suelo por las leguminosas se dio en los tratamientos de dos años de mucuna-P (100%), dos años de mucuna (100%) y el de un año de canavalia-P (97.5%); el resto de los tratamientos, a excepción de los de maíz-canavalia-P y el de maíz-canavalia, presentaron cobertura similar y ésta fluctuó entre 81 y 92% (Cuadro 3).

**Cuadro 2. Desarrollo de los tratamientos de asociaciones y barbechos de leguminosas de cobertera para la productividad y sostenibilidad de la milpa, Muna, Yucatán.**

| Tratamiento | Julio 1998       | Junio 1999       | Junio 2000       | Junio 2001       | Julio 2002       |
|-------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 1           | Maíz             | Maíz             | Maíz             | Maíz             | Maíz             |
| 2           | Maíz-N-P         | Maíz-N-P         | Maíz-N-P         | Maíz-N-P         | Maíz-N-P         |
| 3           | Maíz-canavalia   | Maíz-canavalia   | Maíz-canavalia   | Maíz-canavalia   | Maíz-canavalia   |
| 4           | Maíz-mucuna      | Maíz-mucuna      | Maíz-mucuna      | Maíz-mucuna      | Maíz-mucuna      |
| 5           | Maíz-canavalia-P | Maíz-canavalia-P | Maíz-canavalia-P | Maíz-canavalia-P | Maíz-canavalia-P |
| 6           | Maíz-mucuna-P    | Maíz-mucuna-P    | Maíz-mucuna-P    | Maíz-mucuna-P    | Maíz-mucuna-P    |
| 7           |                  | Canavalia        | Maíz             | Maíz             | Maíz             |
| 8           |                  | Mucuna           | Maíz             | Maíz             | Maíz             |
| 9           |                  | Canavalia-P      | Maíz-P           | Maíz-P           | Maíz-P           |
| 10          |                  | Mucuna-P         | Maíz-P           | Maíz-P           | Maíz-P           |
| 11          | Canavalia        | Canavalia        | Maíz             | Maíz             | Maíz             |
| 12          | Mucuna           | Mucuna           | Maíz             | Maíz             | Maíz             |
| 13          | Canavalia-P      | Canavalia-P      | Maíz-P           | Maíz-P           | Maíz-P           |
| 14          | Mucuna-P         | Mucuna-P         | Maíz-P           | Maíz-P           | Maíz-P           |

Los tratamientos de barbechos mostraron, en promedio, un porcentaje más alto de cobertura (92.5%) que aquéllos donde las leguminosas se asociaron al maíz (78%); esto tuvo que ver con la falta de competencia del maíz y la libertad de expansión en el terreno. Mucuna cubrió mejor y más pronto el terreno que canavalia. En Quintana Roo, mucuna y canavalia, a 30, 60 y 90 días de la siembra, alcanzaron coberturas de 35, 75 y 100% y 20, 60 y 90%, respectivamente. Mucuna tuvo un desarrollo agresivo, pero su ciclo de vida fue corto y a partir de febrero dejó el suelo prácticamente

descubierto, mientras que canavalia toleró los efectos de la sequía manteniendo sus hojas verdes, tal como lo explica Duke (1981).

En el mes de agosto de 1999, la altura de las leguminosas fue mayor en el tratamiento de dos años de mucuna-P (77.3 cm), aunque estadísticamente resultó similar a la de todos los tratamientos que incluyeron uno o dos años de barbecho (54.3 cm, en promedio), a excepción de dos años de canavalia-P que tuvo una altura similar a la de las leguminosas asociadas al maíz (48.7 cm, en promedio) (Cuadro 3). El hábito trepador

**Cuadro 3. Desarrollo de leguminosas de cobertera asociadas o en barbecho para la productividad y sostenibilidad de la milpa e incidencia de maleza. Muna, Yucatán.**

| Tratamiento             | Leguminosas         |          |          | Maleza              |          |
|-------------------------|---------------------|----------|----------|---------------------|----------|
|                         | Cobertura           | Altura   | Biomasa  | Sep 2000            | Sep 2001 |
|                         | %                   | cm       |          | kg ha <sup>-1</sup> |          |
| Maíz                    |                     |          |          | 2230 a              | 700 a    |
| Maíz-N-P                |                     |          |          | 2700 a              | 254 ab   |
| Maíz-canavalia          | 71.3 c <sup>†</sup> | 53.5 bc  | 1975 ab  | 0 b                 | 234 ab   |
| Maíz-mucuna             | 85.0 abc            | 46.0 c   | 1950 ab  | 0 b                 | 69 b     |
| Maíz-canavalia-P        | 75.0 bc             | 44.7 c   | 2350 ab  | 0 b                 | 393 ab   |
| Maíz-mucuna-P           | 81.3 abc            | 46.0 c   | 1987 ab  | 0 b                 | 387 ab   |
| Un año de canavalia     | 92.5 ab             | 64.3 abc | 1250 bc  | 0 b                 | 97 b     |
| Un año de mucuna        | 85.0 abc            | 59.5 abc | 937 bc   | 730 b               | 66 b     |
| Un año de canavalia-P   | 97.5 a              | 66.0 ab  | 300 c    | 370 b               | 218 ab   |
| Un año de mucuna-P      | 91.3 abc            | 64.3 abc | 962 bc   | 160 b               | 177 ab   |
| Dos años de canavalia   | 90.0 abc            | 71.8 ab  | 2362 ab  | 360 b               | 472 ab   |
| Dos años de mucuna      | 100 a               | 64.0 abc | 1700 abc | 0 b                 | 384 ab   |
| Dos años de canavalia-P | 83.8 abc            | 53.5 bc  | 2962 a   | 230 b               | 338 ab   |
| Dos años de mucuna-P    | 100 a               | 77.3 a   | 2287 ab  | 520 b               | 47 b     |

<sup>†</sup>Valores con la misma letra en columnas no difieren significativamente (Duncan, 5%).

de mucuna invalida la comparación con canavalia; sin embargo, la evaluación deja ver que aquella no expresó su capacidad trepadora que asociada al maíz superaría con facilidad a canavalia en cualquiera de los tratamientos de barbecho. Esto pudo deberse al manejo de podas que fue necesario realizar con el fin de evitar que el peso de esta especie acamara las plantas de maíz como generalmente ocurre (Buckles *et al.*, 1998). El desarrollo de las leguminosas de cobertera importa por sus implicaciones en la retención de humedad y la regulación de la temperatura del suelo.

Hacia el final de la temporada de crecimiento de 1999 se observó que las leguminosas con dos años de barbecho produjeron más biomasa ( $2327 \text{ kg ha}^{-1}$ ) que las asociadas al maíz ( $2065 \text{ kg ha}^{-1}$ ), mientras que aquéllas que sólo tuvieron un año de barbecho produjeron menos ( $862 \text{ kg ha}^{-1}$ ). La mayor producción de biomasa por tratamientos fue la de dos años de canavalia-P ( $2962 \text{ kg ha}^{-1}$ ) que, sin embargo, fue similar a la del resto de los tratamientos, a excepción de los cuatro tratamientos de un año de barbecho (Cuadro 3).

No se detectó tendencia alguna sobre la cobertura, altura ni la producción de biomasa en las leguminosas de cobertera, debida a la aplicación del fertilizante fosforado.

### **Incidencia de Maleza**

En el año 2000, todos los tratamientos con leguminosas de cobertera asociadas o en barbecho redujeron la incidencia de maleza del 84 al 100% en comparación con los controles de maíz. En 2001, este efecto fue menos marcado. En el Cuadro 3 se observa que a tres meses de la siembra, los controles de maíz fueron los más infestados con maleza ( $2465 \text{ kg ha}^{-1}$ ), mientras que el resto de los tratamientos que resultaron similares entre sí, presentaron, en promedio,  $197.5 \text{ kg ha}^{-1}$  de biomasa. En el siguiente año y mismo mes, el tratamiento de maíz sin fertilizar presentó la más alta incidencia de maleza con  $700 \text{ kg ha}^{-1}$ ; sin embargo, éste fue estadísticamente similar a más de la mitad de los tratamientos. Los cuatro tratamientos que presentaron la más baja incidencia de maleza promediaron  $69.7 \text{ kg ha}^{-1}$  y tres de ellos incluyeron a mucuna en sus tres modalidades (asociado y con uno o dos años de barbecho).

Es reconocida la capacidad de mucuna y canavalia para reducir la incidencia de maleza. Gordillo *et al.* (1998), en un estudio sobre la composición de la maleza

en maíz asociado a leguminosas, encontraron que, si bien el número de especies de maleza y su cantidad de biomasa decrecen, no puede afirmarse que exista un efecto definitivo de control de las mismas, pues el banco de semillas permanece después del segundo año de intercalación; ellos consideran que *M. deeringianum* es mucho más efectiva que *C. ensiformis*, ya que a esta última le falta capacidad de cobertura.

### **Desarrollo y Rendimiento de Maíz**

En el año 2000, con maíz en todos los tratamientos del experimento, el de dos años de mucuna-P mostró el mayor número de plantas (169), que fue estadísticamente igual a casi la mitad de los demás tratamientos. Por su parte, los seis tratamientos que tuvieron menos plantas y que fueron diferentes al de dos años de mucuna-P, promediaron 119 plantas por parcela, es decir, sólo un 10% por debajo de la población esperada (Cuadro 4).

En este mismo año, la altura de las plantas de maíz fue más elevada para el tratamiento de dos años de canavalia-P (205 cm) que resultó estadísticamente similar a seis tratamientos más, incluidos los controles de maíz; las alturas más bajas se presentaron en dos años de mucuna así como en los cuatro tratamientos de un año de barbecho (Cuadro 4).

En el primer año de conducción del experimento, los controles de maíz con y sin fertilizante produjeron  $1383$  y  $1926 \text{ kg ha}^{-1}$  de grano, mientras que los tratamientos de maíz asociado con las leguminosas no lograron la media tonelada de maíz por hectárea (Cuadro 4), presumiblemente debida a los daños causados al maíz por la agresividad de las leguminosas.

En el segundo año, en el cultivo de maíz, el rendimiento de grano fue mayor en el control fertilizado, que logró  $2280 \text{ kg ha}^{-1}$  que estadísticamente fue similar a todos, excepto a maíz-canavalia que sólo produjo  $1159 \text{ kg ha}^{-1}$  de grano (Cuadro 4).

En 2000, cumplidos los barbechos e incluido el maíz en todos los tratamientos, los rendimientos de grano más altos se presentaron en el control fertilizado y en el tratamiento de dos años de canavalia-P, ambos con más de  $900 \text{ kg ha}^{-1}$  de grano. Los tratamientos de menor rendimiento fueron los cuatro correspondientes a un año de barbecho y el de dos años de mucuna (Cuadro 4).

En 2001, el más alto rendimiento de maíz lo presentó el tratamiento de dos años de mucuna-P con  $1477 \text{ kg ha}^{-1}$ . El maíz fertilizado, junto con los tratamientos de un año de canavalia, un año de mucuna

**Cuadro 4. Desarrollo de plantas y rendimiento de maíz alternado o asociado a leguminosas de cobertera para la productividad y sostenibilidad de la milpa. Muna, Yucatán.**

| Tratamiento             | Plantas parcela <sup>-1</sup> |                                | Rendimiento de grano |         |         |         |         |
|-------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------|---------|---------|---------|---------|
|                         | No.                           | Altura de plantas<br>Sep. 2000 | 1998                 | 1999    | 2000    | 2001    | 2002    |
|                         | No.                           | cm                             | kg ha <sup>-1</sup>  |         |         |         |         |
| Maíz                    | 130 ab <sup>†</sup>           | 187 a                          | 1383 a               | 1931 ab | 738 ab  | 872 ab  | 661 a   |
| Maíz-N-P                | 123 b                         | 187 a                          | 1926 a               | 2280 a  | 925 a   | 753 b   | 495 abc |
| Maíz-canavalia          | 109 b                         | 182 a                          | 407 a                | 1159 b  | 514 abc | 909 ab  | 599 ab  |
| Maíz-mucuna             | 136 ab                        | 176 ab                         | 135 a                | 1319 ab | 581 abc | 990 ab  | 241 bc  |
| Maíz-canavalia-P        | 122 b                         | 192 a                          | 435 a                | 1552 ab | 650 abc | 883 ab  | 503 abc |
| Maíz-mucuna-P           | 113 b                         | 183 a                          | 193 a                | 1606 ab | 681 abc | 1006 ab | 318 abc |
| Un año de canavalia     | 128 ab                        | 129 c                          |                      |         | 232 c   | 618 b   | 439 abc |
| Un año de mucuna        | 122 b                         | 136 c                          |                      |         | 223 c   | 581 b   | 249 bc  |
| Un año de canavalia-P   | 135 ab                        | 154 bc                         |                      |         | 328 bc  | 875 ab  | 393 abc |
| Un año de mucuna-P      | 124 b                         | 141 c                          |                      |         | 281 bc  | 992 ab  | 210 c   |
| Dos años de canavalia   | 139 ab                        | 183 a                          |                      |         | 782 ab  | 953 ab  | 559 abc |
| Dos años de mucuna      | 137 ab                        | 136 c                          |                      |         | 324 bc  | 726 b   | 493 abc |
| Dos años de canavalia-P | 140 ab                        | 205 a                          |                      |         | 919 a   | 1006 ab | 393 abc |
| Dos años de mucuna-P    | 169 a                         | 185 a                          |                      |         | 710 abc | 1477 a  | 327 abc |

<sup>†</sup>Valores con la misma letra en columnas no difieren significativamente (Duncan, 5%).

y el de dos años de mucuna fueron los de menor rendimiento de maíz con un promedio de 670 kg ha<sup>-1</sup> de grano (Cuadro 4). Se debe destacar que, a tres años de cultivo consecutivo, los controles de maíz inician el descenso de su productividad, mientras que los tratamientos de maíz asociado y con barbecho de dos años con aplicación de P comienzan a mejorar la producción de grano.

Las producciones acumuladas respectivas, tanto del maíz fertilizado como sin fertilizar, son de 6379 y 5585 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. La producción proporcional promedio de las asociaciones de los barbechos de un año y de los de dos años fueron de 61, 28 y 36%, respectivamente, en atención al promedio de los controles. Esto significa que, mientras los controles tuvieron un rendimiento promedio superior a la tonelada anual, en las asociaciones fue de 734, en los barbechos de un año de 339 y en los de dos años de 433 kg ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, mientras los controles mostraron descenso en su productividad, las asociaciones y los barbechos de dos años con aplicación de P dejaron ver un mejoramiento de su productividad hacia el cuarto año, lo cual coincide con lo expresado por Buckles *et al.* (1998) acerca de que el sistema de maíz asociado a mucuna ha sido bien establecido (tres o más años), los rendimientos superan al maíz sin asociar y parecen permanecer constantes en los años sucesivos.

Los tratamientos con leguminosas que incluyeron la aplicación de P presentan, en promedio, un 28% más de rendimiento de grano que los tratamientos donde no se aplicó este nutrimento.

## CONCLUSIONES

- En el sur de Yucatán y bajo el diseño de tratamientos evaluados, las leguminosas en barbecho cubren mejor el suelo que asociadas al maíz y que mucuna supera a canavalia; sin embargo, el crecimiento agresivo de mucuna requiere de podas para reducir el daño a maíz y canavalia acaba produciendo más biomasa, aunque la fertilización fosforada no afecta el desarrollo ni la producción de biomasa de estas leguminosas. Ambas leguminosas anulan la incidencia de maleza en asociación con el maíz y la reducen considerablemente como barbechos de uno o dos años, sin embargo, este efecto no se sostiene en los años subsecuentes.

Sin manejo de podas, mucuna y canavalia afectan el desarrollo de las plantas de maíz en asocio; el monocultivo de maíz, sin o con fertilizante, supera en productividad al maíz asociado y al maíz después del barbecho, pero después del tercer año el monocultivo tiende a no ser sostenible; a partir del cuarto año, las leguminosas asociadas o en barbecho comienzan a beneficiar la productividad de grano del maíz, especialmente en el sistema de dos años de mucuna-P.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), a la Fundación Yucatán Produce, A. C., al INIFAP y la Universidad Autónoma Chapingo por su aportes económicos y complementarios para el desarrollo de este trabajo.

## LITERATURA CITADA

- Buckles D., B. Triomphe, and G. Sain. 1998. Cover crops in hillside agriculture. Farmer innovation with *Mucuna*. International Development Research Centre. International Maize and Wheat Improvement Center. Ottawa, Canada.
- Caamal M., J. A., O. J. J. Jiménez, B. A. Torres, and A. L. Anaya. 2001. The use of allelopathic legume cover and mulch species for weed control in cropping systems. *Agron. J.* 93: 27-36.
- 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. Chapingo, Estado de México.
- Duke, A. J. 1981. Handbook of legumes of world economic importance. Plenum Press. New York, NY, USA.
- Gordillo S., O., J. Jiménez y A. Caamal. 1998. Banco de semillas y composición de arvenses en milpas con manejo tradicional (roza-tumba-quema) e intensivo (labranza con intercalación de leguminosas) en Sahcabá, Yucatán, México. *Gestión de recursos naturales. Segunda Época* 11: 55-63.
- SAS Institute. 1993. User's guide. Version 6.12. SAS Institute. Cary, NC, USA.