

COBERTURA DE LEGUMINOSAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ EN LOS ALTOS DE CHIAPAS, MÉXICO

Legume Cover Crops in Corn Production in the Highlands of Chiapas, Mexico

H.U. Bernardino-Hernández¹, J.D. Álvarez-Solís^{1†}, N.S. León-Martínez¹ y L. Pool-Novelo¹

RESUMEN

Se evaluó el efecto de mucuna y frijol botil como cultivos de cobertura sobre algunas características físicas, químicas y biológicas del suelo, el control de arvenses y el rendimiento de maíz (*Zea mays*) en Santa Martha, Chenalhó, Chiapas. El trabajo se realizó con la participación de campesinos tzotziles en cuatro sitios cultivados con maíz ubicados en las zonas templada y cálida de la comunidad. En cada sitio, se establecieron parcelas grandes sin y con cobertura de mucuna en el ciclo de cultivo previo, y, como parcelas chicas, las coberturas de mucuna, frijol botil y un control sin cobertura, con un diseño de parcelas divididas en bloques al azar con tres repeticiones. Los resultados mostraron que la cobertura anterior de mucuna cortada y dejada sobre el suelo tuvo un efecto positivo en el control de arvenses, incrementó el rendimiento de maíz e influyó en el balance positivo entre los ingresos totales y los costos de producción. Sin embargo, la cobertura anterior no tuvo efecto significativo cuando el mantillo se quemó antes de la siembra de maíz o se utilizó para la alimentación de ganado en la temporada seca. Las coberturas de mucuna y de frijol botil en el segundo ciclo presentaron escasa producción de biomasa aérea a 150 días y no tuvieron efecto significativo en el control de arvenses. En la zona cálida, la mucuna produjo más biomasa que el frijol botil, pero, en la zona templada, el frijol botil produjo más biomasa que la mucuna, con valores máximos de biomasa aérea seca de 2.5 y 1.0 t ha⁻¹ para mucuna y frijol botil, respectivamente. El rendimiento de maíz mostró una correlación positiva con la materia orgánica, N total y P Olsen del suelo y negativa con la biomasa de arvenses.

¹Departamento de Agroecología, División de Sistemas de Producción Alternativos, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Apartado Postal 63, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.

[†] Autor responsable (dalvarez@sclc.ecosur.mx)

Recibido: Mayo de 2003. Aceptado: Julio de 2005.
Publicado en *Terra Latinoamericana* 24: 133-140.

Palabras clave: control de arvenses, *Zea mays*, *Mucuna sp.*, *Phaseolus coccineus*.

SUMMARY

The effect of mucuna and botil bean as cover crops on some soil physical, chemical and biological characteristics, control of weeds and corn yield (*Zea mays*) was evaluated in Santa Martha, Chenalhó, Chiapas, Mexico. Fieldwork was conducted with the participation of tzotzil farmers in four sites with corn cultivation located in the temperate and hot zones of the community. In every site, major plots with or without mucuna cover in the previous cropping cycle were established, and as minor plots, the covers of mucuna, botil bean, and a control without cover under a design of split plots in randomized blocks with three replications. Results showed that when the previous cover of mucuna was cut and left on the soil surface there was a positive effect on the control of weeds, it increased corn yield and influenced the positive balance between the total income and the production costs. Nevertheless, the previous cover did not have a significant effect when litter was burned before corn sowing, or when it was grazed by cattle during the dry season. Dry matter production of legume covers in the second cycle was scarce at 150 days, and there was no significant effect on the control of weeds. Mucuna had higher production of biomass than botil bean in the hot zone, but botil bean had more biomass than mucuna in the temperate zone, with a maximum value of dry matter production of 2.5 and 1.0 t ha⁻¹ for mucuna and botil bean, respectively. Corn yield showed a positive relationship to organic matter, total N and Olsen P, and negative to weed biomass.

Index words: control of weeds, *Zea mays*, *Mucuna sp.*, *Phaseolus coccineus*.

INTRODUCCIÓN

La producción de maíz (*Zea mays* L.) en laderas abruptas de la región de Los Altos de Chiapas

se realiza mediante prácticas tradicionales en proceso de transformación debido a la generación de nuevos conocimientos. La producción de maíz en estas laderas presenta baja productividad y altos riesgos de degradación del suelo por erosión hídrica y pérdida de su fertilidad (Álvarez-Solís *et al.*, 1998). La producción de maíz con fertilizantes de origen industrial se enfrenta al alto costo económico y ambiental que significa el empleo de estos insumos y a la baja rentabilidad que las inversiones de capital tienen en la agricultura de ladera (Pool-Novelo *et al.*, 2000).

En este contexto se encuentra la comunidad de Santa Martha, municipio de Chenalhó, donde a través de un Taller de Evaluación Rural Participativa se detectaron como problemas relevantes la escasa fertilidad de los suelos y la baja productividad del maíz (Pool-Novelo *et al.*, 1997). Una alternativa que podría ayudar a resolver estos problemas lo constituye el uso de leguminosas como cultivos de cobertura, ya que éstas han mostrado efectos favorables en el control de arvenses (Caamal *et al.*, 1996), retención de humedad (Buckles *et al.*, 1992), disminución de la erosión y recuperación de la fertilidad del suelo (Aguilar-Jiménez, 1997). Entre las leguminosas que se han empleado con mayor éxito como cobertura en las regiones cálidas de los países tropicales se encuentra la mucuna (*Mucuna* sp.) (Flores *et al.*, 1992). Sin embargo, existe poca información sobre especies que puedan utilizarse como coberturas en tierras altas y templadas (> 1500 m de altitud).

Una especie promisoría como cultivo de cobertura en tierras altas y templadas es el frijol botil (*Phaseolus coccineus* subsp. *coccineus* Delgado), debido a su buena adaptación y alta capacidad fijadora de nitrógeno y producción de biomasa (Álvarez-Solís y León-Martínez, 1991). Esta leguminosa se cultiva en las tierras altas de Centroamérica y del sureste de México (Delgado-Salinas, 1988) como especie asociada al maíz a bajas densidades mediante el uso de espalderas entre los surcos de siembra. En

el presente trabajo, se evaluó el comportamiento de mucuna y frijol botil como coberturas en el cultivo de maíz, mediante la valoración de sus efectos sobre algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, así como en el control de arvenses y rendimiento de maíz en las condiciones ambientales y prácticas de manejo locales en la comunidad indígena de Santa Martha en la región de Los Altos de Chiapas. La hipótesis de trabajo fue que las coberturas de leguminosas contribuyen, de manera diferencial, en el mejoramiento de la fertilidad del suelo y la productividad del maíz, con un mejor comportamiento del frijol botil en la zona templada y de la mucuna en la zona cálida de la comunidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en Santa Martha, Chenalhó, Chiapas (16° 55' 20.63" y 17° 01' 39.97" N; 92° 39' 27.17" y 92° 42' 57.01" O) habitada por campesinos mayas de la etnia tzotzil. La comunidad presenta un gradiente altitudinal de 800 a 2200 m, en el que se diferencia una zona cálida (< 1000 m, con clima cálido subhúmedo y temperaturas medias de > 22 °C), una zona de transición (de 1000 a 1500 m, con clima semicálido subhúmedo y temperaturas medias entre 18 y 22 °C), y una zona templada (> 1500 m, con clima templado subhúmedo y temperaturas medias de < 18 °C). Los suelos predominantes son Luvisol crómico en la zona templada y Feozem háplico en la zona cálida (INEGI, 1993). La precipitación total anual oscila entre 1200 y 1500 mm (Pool-Novelo *et al.*, 1997).

En el ciclo agrícola 2000, se sembró maíz sin y con cobertura de mucuna en cuatro sitios de la comunidad (Cuadro 1). Dos sitios se localizaron en la zona templada (Sitios 1 y 2) y dos en la cálida (Sitios 3 y 4). La siembra de mucuna se realizó 40 días después de la siembra del maíz (ddsm) en medio del surco a una distancia de 1 m entre matas y 1 m entre filas. La mucuna se dejó como cobertura sin

Cuadro 1. Características de los sitios experimentales.

| | Sitio 1 | Sitio 2 | Sitio 3 | Sitio 4 |
|-------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------|
| Altitud (m) | 1640 | 1560 | 1000 | 850 |
| Ubicación en el paisaje | media loma | pie de montaña | media ladera | media ladera |
| Pendiente (%) | 10 | 10 | 20 | 28 |
| Textura | franco arcilloso | franco arcilloso | franco arcilloso | franco arcillo arenoso |

cosechar las semillas y en la preparación del terreno para el siguiente ciclo agrícola, se cortó y se depositó en la superficie del suelo, con excepción del Sitio 1 donde se quemó. La mucuna tuvo un mejor desarrollo en la zona cálida que en la templada, con un aporte estimado de biomasa aérea seca de 1.0 y 0.6 t ha⁻¹, respectivamente; sin embargo, la cantidad de mantillo en los sitios de la zona cálida disminuyó debido a su aprovechamiento para la alimentación de ganado mediante pastoreo directo en la temporada seca.

En el ciclo agrícola 2001, se dividieron las superficies de cada sitio sin y con el antecedente de cobertura de mucuna en tres bloques con base en la pendiente general del terreno y se sembró maíz con cobertura de mucuna, cobertura de frijol botil y un control sin cobertura, con un esquema de parcelas divididas en bloques al azar con tres repeticiones. Las parcelas grandes se asignaron al antecedente de cobertura de mucuna y, las chicas, a las coberturas del segundo ciclo. La parcela chica tuvo un área total de 64 m² y área útil de 25 m². Se realizó la siembra directa de cuatro a cinco semillas/mata de maíz criollo (amarillo en la zona templada y blanco en la cálida) con distancia entre matas y entre surcos de 1 m (10 000 matas ha⁻¹). A 40 dds, se sembraron tres semillas/mata de mucuna y frijol botil en medio del surco a una distancia de 1 m entre matas y 1 m entre filas. El control de arvenses y la fertilización se realizaron de acuerdo con el conocimiento, el tiempo disponible y las posibilidades económicas de cada productor. El control de arvenses se realizó en tres ocasiones en la zona templada y en dos en la cálida. El primero se hizo previo a la siembra de las leguminosas con Cuproquat/Herpivól en los Sitios 1 y 3, y con azadón en los Sitios 2 y 4; el segundo se realizó 30 a 40 días después de la siembra de las leguminosas (ddsl) con Gramoxone en los Sitios 2, 3 y 4, y con azadón en el Sitio 1; el tercero se efectuó 60 a 70 dds con azadón. Se utilizó una dosis de fertilización de 120-100-00 que se aplicó fraccionada en tres ocasiones: la primera a la siembra del maíz (00-60-00, con superfosfato de calcio triple), la segunda 40 dds (60-20-00, con urea y superfosfato de calcio triple), y la tercera 80 dds (60-20-00, con urea y superfosfato de calcio triple), con excepción del Sitio 4, que no tuvo esta última aplicación. La dobla de la caña del maíz, para acelerar el secado de la mazorca, se realizó a 180 dds en todos los sitios.

En el ciclo agrícola 2001, se determinaron las constantes de humedad: capacidad de campo y punto

de marchitez permanente a la siembra de maíz (Cavazos y Rodríguez, 1992) y se registró la dinámica de humedad gravimétrica del suelo cada 20 a 25 días. A 150 dds, se obtuvieron muestras compuestas de suelo en cada parcela chica, mediante la recolecta de cinco submuestras en zigzag a una profundidad de 0 a 20 cm, y se realizaron los análisis: materia orgánica (digestión húmeda de Walkley y Black), N total (semi microkjeldahl), fósforo extractable (Olsen), y biomasa microbiana (Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000).

A 150 y 210 dds, se obtuvo el peso seco (60 °C por 72 h) del follaje de mucuna y frijol botil, y el número y peso seco de nódulos en la raíz. Al follaje se le determinó la concentración de N y P (Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000). Se midió la cobertura del suelo y la biomasa aérea seca de arvenses en dos cuadrantes de 1 m² seleccionados al azar en cada parcela chica (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974).

Se midió el rendimiento de grano de maíz en 10 matas con competencia completa colectadas al azar dentro de la parcela útil a 210 dds. La relación B/C se obtuvo al dividir los beneficios representados en ingresos monetarios totales (IT) entre los costos monetarios totales (CT) para cada tratamiento (Urrutia-Campos, 1989). Los beneficios se estimaron a partir del rendimiento de grano de maíz y su valor de venta. Los costos totales se determinaron mediante la fórmula:

$$CT = DM + TNP + GI \text{ (Martínez-Quezada, 1995)}$$

donde: DM = desembolso monetario (jornales pagados); TNP = trabajo no remunerado (trabajo personal y familiar); y GI = gasto de insumos.

Los datos se procesaron mediante análisis de varianza para un diseño de parcelas divididas por sitio. Las medias se compararon mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Se realizaron análisis de correlación y de regresión múltiple entre las variables de respuesta y el rendimiento de maíz. Se utilizó el Sistema de Análisis Estadístico para Windows, Versión 8.0 (SAS Institute, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características del Suelo

En general, no se observaron deficiencias de humedad del suelo durante el ciclo de cultivo, con

excepción del Sitio 4 en la zona cálida con un contenido de humedad igual al punto de marchitez permanente (PMP) a la siembra de maíz y leguminosas (Figura 1). En ese mismo periodo hubo más humedad con antecedente de mucuna que sin mucuna en los Sitios 2 y 3, posiblemente debido al efecto del mantillo de mucuna del ciclo anterior que se depositó sobre la superficie del suelo, similar a lo observado por Buckles *et al.* (1992) en laderas del litoral del Atlántico de Honduras. Este efecto no ocurrió en los Sitios 1 y 4 posiblemente por la quema del mantillo en el Sitio 1 y porque la pendiente pronunciada y la textura más arenosa del Sitio 4 influyeron, de manera negativa, en la retención de humedad indistintamente de la cobertura antecedente. Es importante señalar que, en la temporada de lluvias, hubo la presencia de corrientes superficiales provenientes de la montaña que modificaron la dinámica de humedad del suelo en el Sitio 2, con una mayor afectación del tratamiento sin antecedente de mucuna, por lo cual, a partir de julio, se obtuvieron valores más altos que la capacidad de campo en esa condición.

Los suelos presentaron contenidos altos de materia orgánica (MO), N total y biomasa microbiana, con valores promedio de 6.9%, 0.37%, y 2.0 mg g⁻¹, respectivamente, y no hubo diferencias significativas entre tratamientos en ningún sitio. El contenido de P Olsen fue significativamente ($P \leq 0.05$) más alto con

antecedente de mucuna que sin mucuna en el Sitio 2, con valores de 7.5 y 3.0 mg kg⁻¹, respectivamente. En este sitio, el contenido de P Olsen al inicio del experimento fue de 6.7 y 7.3 mg kg⁻¹ con y sin antecedente de mucuna, respectivamente, lo cual indica que el P extraíble disminuyó sin antecedente de mucuna. Esta disminución no es atribuible a una diferencia en la dosis de fertilización, ya que si bien los Sitios 1, 2 y 3 se fertilizaron tres veces mientras que el Sitio 4 se fertilizó sólo dos veces, al interior de cada uno de los sitios se aplicó la misma dosis de fertilización. De ahí que la disminución de P extraíble en el tratamiento sin antecedente de mucuna pudo haber sido una consecuencia de la disolución del superfosfato de calcio triple aplicado en la fertilización y su lavado hacia afuera del sitio, debido a las condiciones de mayor humedad y la presencia de corrientes superficiales que se registraron en la temporada de lluvias en esa condición.

Biomasa de Leguminosas y de Arvenses

Tanto el frijol botil, como la mucuna produjeron escasa biomasa aérea hasta el momento del primer muestreo (150 dds), pero a 210 dds la biomasa de frijol botil se incrementó 300% y la de mucuna 900%. Este efecto se debe a una mayor exposición a la luz debido a la dobla de las cañas de maíz hacia finales del ciclo de cultivo (octubre-noviembre), coincidiendo

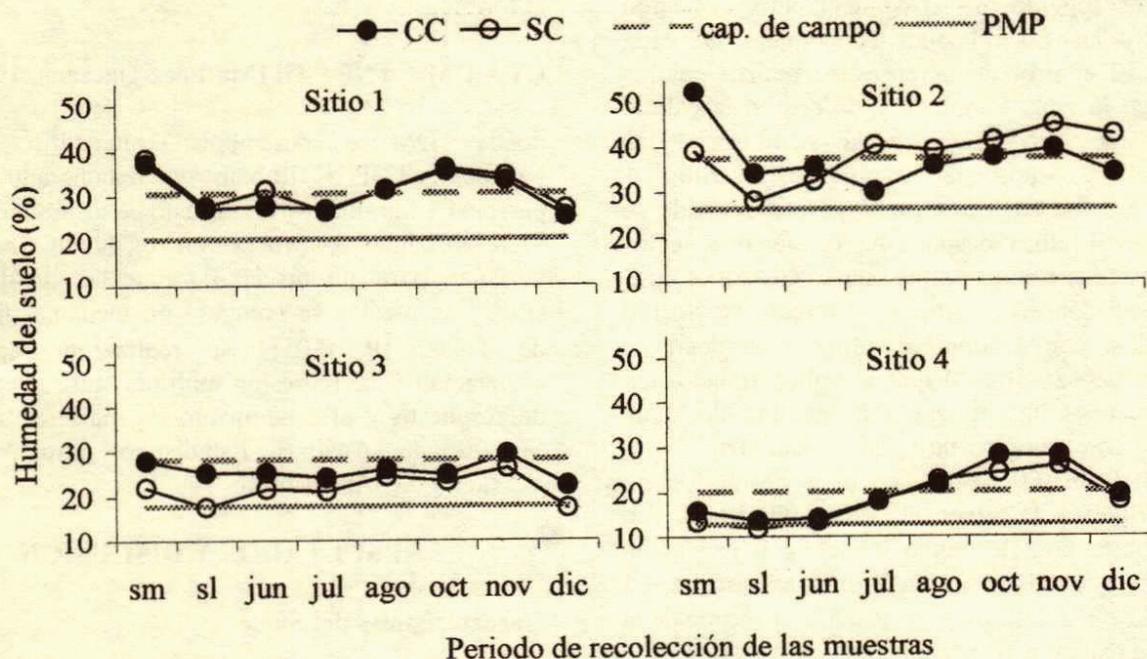


Figura 1. Humedad del suelo durante el ciclo. Sm = siembra de maíz, sl = siembra de leguminosas, CC y SC = con y sin cobertura de mucuna, PMP = punto de marchitez permanente.

con la etapa de rápido crecimiento de las leguminosas (Narváez-Carbajal y Paredes, 1994). En el Sitio 2 (zona templada), el frijol botil produjo significativamente ($P \leq 0.05$) más biomasa aérea que la mucuna en ambos muestreos. En el Sitio 1, no fue así debido a la alta incidencia de arvenses competidoras que inhibieron el desarrollo del frijol botil. Por el contrario, en los Sitios 3 y 4 (zona cálida), la mucuna produjo significativamente ($P \leq 0.05$) más biomasa aérea que el frijol botil en el segundo muestreo; en este caso, el antecedente de cobertura influyó positivamente en la biomasa de mucuna (Cuadro 2).

La concentración de N en el follaje fue significativamente ($P \leq 0.05$) más alta en la mucuna que en el frijol botil en el Sitio 3 (Cuadro 2). La concentración de P del follaje tuvo un promedio general de 0.29% y no varió significativamente entre leguminosas en ningún sitio. La mayor concentración de N en el follaje de mucuna que en el frijol botil en el Sitio 3 es atribuible al diferente comportamiento de la nodulación nativa inducida por *Rhizobium* que presentaron las leguminosas entre sitios y, en consecuencia, con su capacidad para fijar el N atmosférico. En el Sitio 3, el frijol botil tuvo menos nódulos (5 nódulos planta⁻¹) que en los otros sitios (19 a 61 nódulos planta⁻¹), mientras que la mucuna tuvo similar número de nódulos en todos los sitios (3 a 5 nódulos planta⁻¹); además, el peso seco de

nódulos fue 26.5 veces más alto en mucuna que en frijol botil en el Sitio 3, y solo 3.5 veces más alto en los otros sitios.

Con los datos de la producción de materia seca a 210 dds, se estimó que, en la zona cálida, la mucuna podría aportar al suelo 85 y 7 kg ha⁻¹ de N y P, respectivamente; mientras que, en la zona templada, el frijol botil aportaría 40 y 3 kg ha⁻¹ de N y P, respectivamente, por lo que es de esperar que los residuos de estas leguminosas contribuyan paulatinamente a disminuir el uso de fertilizantes.

La cantidad y la composición de arvenses fueron diferentes en los cuatro sitios. En la zona templada, la producción de biomasa aérea seca de arvenses fue 3.5 veces más alta en el Sitio 1 que en el Sitio 2; con predominancia del pasto *Arthraxon hispidus* en el Sitio 1, conocida por los productores como cola de conejo, y de las arvenses de hoja ancha *Galinsoga parviflora*, *Commelina difusa* y *Sigesbeckia jorullensis* en el Sitio 2. En la zona cálida hubo similar producción de biomasa aérea seca de arvenses y predominancia de especies de hoja ancha que pastos en ambos sitios, principalmente *Galinsoga parviflora*, *Pteridium aquilinum* y *Chamaecrista ruta* en el Sitio 3, y *Jaegeria hirta* y *Anthericum aurantiacum* en el Sitio 4. La especie reportada por los productores para consumo humano fue *Galinsoga parviflora*, conocida como tzuy.

Cuadro 2. Producción de biomasa aérea y contenido foliar.

| Sitio | Antecedente | Leguminosa | Biomasa | | Contenido foliar |
|-------|-------------|--------------|----------------------|---------|------------------|
| | | | 150 dds [†] | 210 dds | Nitrógeno |
| | | | t ha ⁻¹ | | % |
| 1 | Con mucuna | Mucuna | 0.10 a [†] | 0.21 a | 2.98 a |
| | | Frijol botil | 0.07 a | 0.27 a | 3.16 a |
| | Sin mucuna | Mucuna | 0.08 a | 0.35 a | 3.49 a |
| | | Frijol botil | 0.07 a | 0.15 a | 3.41 a |
| 2 | Con mucuna | Mucuna | 0.07 b | 0.19 b | 3.42 a |
| | | Frijol botil | 0.14 a | 1.01 a | 3.88 a |
| | Sin mucuna | Mucuna | 0.06 b | 0.19 b | 3.56 a |
| | | Frijol botil | 0.17 a | 0.48 a | 3.40 a |
| 3 | Con mucuna | Mucuna | 0.23 a | 2.47 a | 3.42 a |
| | | Frijol botil | 0.28 a | 0.31 b | 3.14 b |
| | Sin mucuna | Mucuna | 0.25 a | 1.11 b | 3.54 a |
| | | Frijol botil | 0.27 a | 0.78 b | 3.28 b |
| 4 | Con mucuna | Mucuna | 0.20 a | 0.53 a | 4.04 a |
| | | Frijol botil | 0.09 a | 0.25 b | 2.68 a |
| | Sin mucuna | Mucuna | 0.05 a | 0.13 b | 3.67 a |
| | | Frijol botil | 0.19 a | 0.30 b | 3.74 a |

[†] dds = días después de la siembra de maíz. [†] Medias seguidas de la misma letra por columna en cada sitio no difieren significativamente entre sí ($P \leq 0.05$).

El análisis estadístico indicó significativamente ($P \leq 0.05$) mayor producción de biomasa aérea seca de arvenses sin el cultivo antecedente de mucuna que con mucuna en el Sitio 2 con valores de 0.7 y 0.3 t ha⁻¹ de biomasa, respectivamente. La menor producción de biomasa de arvenses con antecedente de mucuna en este sitio es atribuible al efecto del mantillo en el control de arvenses, impidiendo su germinación y crecimiento, similar a lo observado por Caamal *et al.* (1996) en Yucatán. En los otros tres sitios no hubo efecto significativo de las coberturas, lo que pudo ser una consecuencia del lento crecimiento que presentaron las leguminosas hasta 150 dds, alcanzando una cobertura de suelo de <20%. Por el contrario, las arvenses crecieron más rápidamente superando en desarrollo a las leguminosas. Debido a ello, los productores decidieron realizar el control de arvenses en varios momentos durante el ciclo de cultivo. Además, la quema en el Sitio 1 para limpiar el terreno antes de la siembra o el pastoreo directo de ganado en los Sitios 3 y 4 significó la eliminación o la disminución del mantillo de mucuna del ciclo anterior y, con ello, se inhibió el efecto de la cobertura en el control de arvenses.

Rendimiento de Maíz

La producción de grano de maíz fue significativamente ($P \leq 0.05$) más alta con antecedente de mucuna que sin mucuna en el Sitio 2 (Cuadro 3). En los otros sitios, no hubo efecto significativo de los tratamientos en el rendimiento de maíz. El mayor rendimiento de maíz con antecedente de mucuna que sin mucuna en el Sitio 2 se relaciona con las condiciones más favorables de humedad y contenido de P Olsen del suelo y la menor biomasa de arvenses

competidoras observadas en ese tratamiento. El análisis de correlación bivariada de Pearson indicó correlación positiva del rendimiento de maíz con la MO ($r = 0.30$, $P \leq 0.05$), el N total ($r = 0.42$, $P \leq 0.05$) y el P Olsen del suelo ($r = 0.27$, $P \leq 0.05$) y negativa con la biomasa de arvenses ($r = -0.26$, $P \leq 0.05$). Asimismo, el análisis de regresión lineal múltiple por pasos mostró que el rendimiento de maíz (Y) tuvo una relación positiva con el N total, el P Olsen y la biomasa microbiana del suelo, y negativa con la biomasa de arvenses, obteniéndose la ecuación:

$$Y = 0.37 + 4.83 \text{ N total} + 0.06 \text{ P Olsen} + 0.23 \text{ biomasa microbiana} - 0.30 \text{ biomasa de arvenses}$$

($P \leq 0.01$, $R^2 = 0.34$ y $n = 72$)

Las prácticas de manejo y la heterogeneidad ambiental probablemente influyeron en el valor bajo del coeficiente de correlación múltiple.

Relación Beneficio/Costo

El costo de mano de obra y los insumos durante el ciclo de cultivo fueron ligeramente más altos con antecedente de mucuna que sin mucuna, debido al desembolso monetario por la compra de semilla de la mucuna y los jornales invertidos durante su siembra. Los costos de producción variaron entre sitios, debido al número de deshierbes manuales y la dificultad para su realización, es decir, implicó más fuerza de trabajo la eliminación de pastos que arvenses de hoja ancha, lo que explica el alto costo de producción observado en el Sitio 1. Sin embargo, en el Sitio 3, se requirió menos mano de obra, debido a que el productor realizó el control de arvenses mediante el uso de herbicidas; esto permitió reducir hasta en 90%

Cuadro 3. Rendimiento de grano de maíz por efecto de los factores de cobertura antecedente y actual por sitio experimental.

| Sitio | Antecedente | Cobertura actual | | | Media |
|--------------------------------|-------------|------------------|--------------|---------|--------------------|
| | | Mucuna | Frijol botil | Testigo | |
| ----- t ha ⁻¹ ----- | | | | | |
| 1 | Con mucuna | 2.2 | 2.3 | 2.4 | 2.3 a [†] |
| | Sin mucuna | 2.2 | 2.2 | 2.8 | 2.4 a |
| 2 | Con mucuna | 4.0 | 4.1 | 4.5 | 4.2 a |
| | Sin mucuna | 2.6 | 3.3 | 2.9 | 2.9 b |
| 3 | Con mucuna | 2.1 | 1.9 | 2.5 | 2.2 a |
| | Sin mucuna | 1.9 | 2.5 | 1.9 | 2.1 a |
| 4 | Con mucuna | 1.7 | 2.0 | 2.0 | 1.9 a |
| | Sin mucuna | 2.1 | 2.4 | 3.0 | 2.5 a |

[†] Medias seguidas de la misma letra por columna y sitio no difieren significativamente entre sí ($P \leq 0.05$).

Cuadro 4. Relación beneficio/costo del cultivo de maíz en los cuatro sitios experimentales con y sin el antecedente de cobertura de mucuna.

| Sitio | Antecedente | Costo de la producción | Valor de la producción | Ingreso neto | B/C |
|----------------|-------------|------------------------|------------------------|--------------|------|
| ----- \$ ----- | | | | | |
| 1 | Con mucuna | 6539.8 | 5530.7 | -1009.1 | 0.84 |
| | Sin mucuna | 6202.8 | 5850.7 | -352.1 | 0.94 |
| 2 | Con mucuna | 6130.0 | 10031.2 | 3901.2 | 1.64 |
| | Sin mucuna | 5793.0 | 7051.2 | 1258.2 | 1.22 |
| 3 | Con mucuna | 4099.7 | 5188.8 | 1089.1 | 1.26 |
| | Sin mucuna | 3762.7 | 5059.2 | 1296.5 | 1.34 |
| 4 | Con mucuna | 4055.6 | 4533.9 | 478.3 | 1.13 |
| | Sin mucuna | 3718.6 | 5972.8 | 2254.2 | 1.61 |

el trabajo físico. Otro factor que influyó en el balance B/C fue la aplicación de fertilizantes, debido a que los Sitios 1, 2 y 3 recibieron tres aplicaciones de fertilizantes, mientras que el Sitio 4 tuvo dos. Es por esta razón que la relación B/C más alta se obtuvo con antecedente de mucuna en el Sitio 2, seguido de sin antecedente de mucuna en el Sitio 4, y la menor en el Sitio 1 (Cuadro 4). De esta manera, la relación B/C es sensible al comportamiento de sus componentes: producción de maíz, trabajo invertido y costo de insumos externos, ya que los valores más altos se debieron al incremento en la producción de maíz, mientras que los valores más bajos al aumento de mano de obra, como lo observado por Mendoza-Escalante *et al.* (1997) en Sahcabá, Yucatán.

CONCLUSIONES

- La heterogeneidad de las condiciones ambientales y la diversidad de prácticas de manejo agrícola influyeron en el comportamiento de la mucuna y del frijol botil como coberturas en el cultivo de maíz. El manejo, que consistió en cortar y dejar la cobertura antecedente de mucuna sobre el suelo, contribuyó a disminuir la biomasa de arvenses, mejoró la producción de maíz, e influyó en el balance positivo entre el ingreso total y los costos de producción. Por el contrario, la quema del mantillo para limpiar el terreno antes de la siembra o la disminución del mantillo por pastoreo directo de ganado durante la temporada seca inhibieron el beneficio esperado de la cobertura.

- Las coberturas de mucuna y de frijol botil en el segundo ciclo presentaron escasa producción de biomasa aérea y no tuvieron un efecto significativo en el control de arvenses. En la zona cálida, la mucuna produjo más biomasa que el frijol botil, pero, en la zona templada, el frijol botil produjo más biomasa que

la mucuna, con una producción de biomasa aérea seca máxima de 2.5 y 1.0 t ha⁻¹ para mucuna y frijol botil, respectivamente. El rendimiento de maíz mostró una correlación positiva con materia orgánica, N total y P Olsen del suelo y negativa con biomasa de arvenses.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los revisores y al editor de la revista Terra, cuyos comentarios fueron de utilidad para el mejoramiento de este artículo. A M.A. López-Anaya quien participó en los análisis del suelo.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Jiménez, C.E. 1997. La utilización del nescafé (*Stizolobium deeringianum* Bort.) como abono verde por los indígenas choles del Valle de Tulijá, al norte del estado de Chiapas, México. Red Gestión de Recursos Naturales 7: 33-40.
- Álvarez-Solís, J.D. y N.S. León-Martínez. 1991. Inoculation of *Phaseolus coccineus* L. with *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* strains under glasshouse conditions. Trop. Agric. (Trinidad) 68: 219-224.
- Álvarez-Solís, J.D., P.M. Rosset, B.M. Díaz-Hernández, H. Plascencia-Vargas y R.R. Rice. 1998. El impacto de la transformación del paisaje sobre la base productiva en Los Altos de Chiapas. pp. 65-82. In: Manejo y conservación de suelo y agua en Chiapas, México. El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.
- Buckles, D., I. Ponce, G. Saín y G. Medina. 1992. Tierra cobarde se vuelve valiente: uso y difusión del frijol abono (*Mucuna deeringianum*) en laderas del Litoral del Atlántico de Honduras. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. El Batán, México.
- Caamal, A., J. Jiménez-Osornio y B.E. Valverde. 1996. Utilización de leguminosas como cobertura para el control de malezas en maíz, en Yucatán, México, como alternativa al sistema de roza-tumba-quema. Red Gestión de Recursos Naturales 4: 31-37.
- Cavazos, T. y O. Rodríguez. 1992. Manual de prácticas de física de suelos. Trillas. México, D.F.

- Delgado-Salinas, A. 1988. Variation, taxonomy, domestication, and germoplasm potentialities in *Phaseolus coccineus*. pp. 441-463. In: Gepts, P. (ed.). Genetic resources of *Phaseolus* beans. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands.
- Flores, M., R. Alemán, T. Solomon y R. Zepeda. 1992. La utilización de leguminosas en sistemas agrícolas de regiones de altura. Noticias sobre Cultivos de Cobertura 6. Centro Internacional de Información sobre Cultivos de Cobertura. Tegucigalpa, Honduras.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1993. Carta Edafológica E15-11 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Escala 1:250 000. Aguascalientes, México.
- Martínez-Quezada, A. 1995. Crisis del café y estrategias campesinas (El caso de la Unión de Ejidos Majomut en Los Altos de Chiapas). Dirección de Centros Regionales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, estado de México.
- Mendoza-Escalante, A., T. Kelly y J. Jiménez-Osornio. 1997. Evaluación económica de un sistema de labranza y abonado en la asociación de maíz con leguminosas (*Mucuna deeringianum* y *Canavalia ensiformis*): una alternativa al sistema roza-tumba-quema en la comunidad de Sahcabá, Yucatán. Red Gestión de Recursos Naturales 8: 5-14.
- Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley. New York.
- Narváez-Carbajal, G. y H.E. Paredes. 1994. El pica pica (*Mucuna pruriens*) más que un abono verde para el maíz, en el norte del Istmo oaxaqueño. Universidad Autónoma Chapingo. Oaxaca, Oax., México.
- Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación. 31 de diciembre de 2002.
- Pool-Novelo, L., N.S. León-Martínez, M.J. Ruiz-Díaz, R.E. Zúñiga-López, A. López-Meza, O. Sánchez-Carrillo, R. Pérez-Pérez, S.H. Cortina-Villar, B.M. Díaz-Hernández, H. Plascencia-Vargas, R. Moguel-Viveros y M.R. Parra-Vázquez. 1997. Ordenamiento territorial y planes de manejo comunitario en Santa Martha, Chenalhó, Chiapas. El Colegio de la Frontera Sur-Rockefeller-Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. San Cristóbal de las Casas, Chiapas. México.
- Pool-Novelo, L., A. Trinidad-Santos, J. Etchevers-Barra, J. Pérez-Moreno y A. Martínez-Garza. 2000. Mejoradores de la fertilidad del suelo en la agricultura de ladera de Los Altos de Chiapas, México. Agrociencia 34: 251-259.
- SAS Institute, Inc. 1999. The SAS system for Windows. Release 8.0. Cary, NC.
- Urrutia-Campos, J. 1989. Metodología para la identificación, formulación, ejecución y evaluación de proyectos productivos con participación de la comunidad. Cuadernos de Capacitación 13. Editorial INCA-RURAL. México, D.F.