



El Colegio de la Frontera Sur

**Uso de leguminosas como cobertura para el cultivo de
maíz en los Altos de Chiapas, México.**

TESIS

presentada como requisito parcial para optar al grado de
Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural

por

Héctor Ulises Bernardino Hernández

2003



El Colegio de la Frontera Sur

Uso de leguminosas como cobertura para el cultivo de maíz en los Altos de Chiapas, México.

TESIS

presentada como requisito parcial para optar al grado de
Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural

por

Héctor Ulises Bernardino Hernández

2003

TE/632.58/B4/

Bernardino Hernández, Héctor Ulises

Uso de leguminosas como cobertura para el
cultivo

ECO010000825-

28 AGO. 2003

DEDICATORIA

***A mi madre Reyna Hernández Ignacio, mi hermana Elsa
Saavedra Hernández y mi abuelita Filomena Ignacio
por su incondicional y constante apoyo...***

***A mis hijos Oscar Iván y Sergio Andreé por darme su
amor en todo momento....***

RESUMEN

Se estudió el efecto de *Mucuna sp.* y frijol botil (*Phaseolus coccineus* subsp. *coccineus*) como coberturas en el cultivo de maíz sobre algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, así como en el control de arvenses y rendimiento de maíz en Santa Martha, Chenalhó, Chiapas. El trabajo se realizó con la participación de campesinos tzotziles en cuatro sitios cultivados con maíz (*Zea mays* L.) ubicados en las zonas templada (S1 y S2) y caliente (S3 y S4) de la comunidad. En cada sitio se establecieron como parcelas mayores el antecedente sin y con cobertura de mucuna en el ciclo de cultivo previo (SC y CC respectivamente), y como parcelas menores las coberturas de mucuna (M), frijol botil (B) y un control sin cobertura (T) en un segundo ciclo de cultivo bajo un diseño en parcelas divididas con tres repeticiones. El antecedente CC incrementó significativamente la concentración de P Olsen del suelo, disminuyó la producción de materia seca de arvenses y aumentó el rendimiento de maíz en un sitio (S2). Las leguminosas utilizadas como coberturas en el segundo ciclo presentaron escasa producción de biomasa aérea a los 150 días y no tuvieron efecto significativo en el control de arvenses. Mucuna produjo más biomasa que botil en la zona caliente, pero en la zona templada mucuna produjo menos biomasa que botil, con una producción de materia aérea seca de 2.5 y 1.0 ton ha⁻¹ respectivamente. La producción de maíz (Y) tuvo relación positiva con el nitrógeno total (Nt), P-Olsen y biomasa microbiana (BM) del suelo y negativa con la biomasa de arvenses. El modelo que mejor explicó el rendimiento de maíz fue: $Y = 0.37 + 4.83 Nt + 0.06 P\text{-Olsen} + 0.23 BM - 0.30 \text{ arvenses}$ ($P < 0.05$, $R^2 = 0.3$ y $n = 72$).

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

ABSTRACT

The effect of *Mucuna sp.* and botil bean (*Phaseolus coccineus* subsp. *coccineus*) as cover crops in corn cropping on some soil physical, chemical and biological properties, control of weeds and corn yield was studied in Santa Martha, Chenalhó, Chiapas. Field work was conducted with participation of tzotzil peasants in four sites with corn cultivation (*Zea mays* L.), that were located in the temperate (S1 and S2) and warm (S3 y S4) zones of the community. At every site, the precedent with or without cover of mucuna in the previous cropping cycle were established as major plots (CC and SC, respectively), and the covers of mucuna (M), botil bean (B) and a control without cover (T) in a second cycle as minor plots, under a design of split plots with three replications. Results showed that in S2, CC increased significantly the concentration of soil Olsen-P, diminished the production of dry matter of weed, and increased the corn yield. The dry matter production of leguminous utilized as covers in the second cycle was scarce to 150 days, and there was not significant effect on the control of weeds. Mucuna had higher biomass production than botil bean in the warm zone, but in the temperate zone mucuna had lower biomass than botil bean, with an average dry matter production of 2.5 and 1.0 ton ha⁻¹ respectively. Corn yield (Y) had positive relation with total N, Olsen-P and microbial biomass (MB), and negative relation with weed biomass. The model that better explained corn yield was: $Y = 0.37 + 4.83 \text{ total N} + 0.06 \text{ Olsen P} + 0.23 \text{ MB} - 0.30 \text{ weed biomass}$ ($P < 0.05$, $R^2 = 0.3$ and $n = 72$).

Keys words: control of weeds, *Zea mays*, *Mucuna pruriens*, *Phaseolus coccineus*.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz tiene gran importancia en México puesto que constituye la base del sustento familiar para miles de campesinos. La producción de maíz es básicamente de subsistencia y se cultiva mediante una gran variedad de prácticas agrícolas tradicionales que se enfrentan a un proceso de transformación debido a la generación de nuevas experiencias. Esta actividad agrícola se ha enfrentado a una baja productividad y el cultivo de este grano en laderas abruptas presenta altos riesgos de degradación por erosión hídrica y como consecuencia pérdida gradual de la fertilidad de los suelos (Álvarez-Solís *et al.* 1998). Los campesinos, para mantener los rendimientos de maíz aplican insumos externos (Pool, 1998), enfrentando con ello los problemas del alto costo económico-ambiental y la baja rentabilidad que las inversiones de capital tienen en la agricultura de ladera.

La participación de los campesinos en la identificación de su problemática productiva y la búsqueda de posibles soluciones acorde a sus propios recursos, conocimientos y habilidades agrícolas, constituye una opción viable para la generación de prácticas agroecológicas que recuperen y conserven los recursos naturales (Velázquez-Hernández, 2002). En este contexto se encuentra la comunidad de Santa Martha, municipio de Chenalhó, en la región Altos de Chiapas, donde a través de un Taller de Evaluación Rural Participativa se detectaron como problemas relevantes la escasa fertilidad y baja productividad de los suelos (Pool *et al.* 1997).

Una alternativa que puede ayudar a resolver parcialmente estos problemas lo constituye el uso de leguminosas; estas plantas tienen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico y cuando se utilizan como cultivos de cobertura (CC) han mostrado efectos favorables en el control de arvenses (Caamal *et al.* 1996), en la retención de humedad en el suelo (Esquivel *et al.* 1999), en la disminución de la erosión y en el mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Aguilar-

Jiménez, 1997). Entre las leguminosas que han sido empleadas con mayor éxito como CC en las regiones cálidas de los países tropicales, se encuentran la mucuna (*Mucuna pruriens*), la canavalia (*Canavalia ensiformis*), el frijol dólicos (*Dolichos lablab*), el kudzú tropical (*Pueraria phaseoloides*) y el choreque (*Lathyrus nigrivalvis*) (Flores *et al.* 1992). Sin embargo, existe poca información sobre aquellas especies que puedan utilizarse como CC en tierras altas y templadas (>1500 msnm). Una especie promisoría para ser utilizada como CC en zonas de mayor altitud es el frijol botil (*Phaseolus coccineus* subesp. *coccineus*), debido a su alta capacidad fijadora de nitrógeno y producción de biomasa (Álvarez-Solís *et al.* 1991). Esta leguminosa es cultivada en las tierras altas de Centroamérica y del sureste de México (Delgado, 1989) y hasta ahora, no se tienen reportes sobre su utilización como CC, su uso en la agricultura tradicional se ha limitado como cultivo asociado al maíz con bajas densidades mediante la utilización de espalderas entre los surcos de siembra.

Por lo anterior, el uso de leguminosas como CC, es una tecnología agrícola que podría ayudar a recuperar la fertilidad del suelo e incrementar la productividad de los sistemas de cultivo de maíz en Los Altos de Chiapas. Sin embargo, la implementación de esta tecnología en áreas montañosas caracterizadas por su heterogeneidad ambiental, así como por la diversidad de prácticas agrícolas locales donde los campesinos utilizan germoplasma que han ido seleccionando por su adaptación a las condiciones ambientales prevalecientes, requiere de evaluación. En el presente trabajo se estudió el desempeño de una especie introducida (mucuna) y una promisoría nativa (frijol botil) como coberturas en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) 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 bajo las condiciones ambientales y prácticas de manejo locales en una comunidad indígena de Los Altos de Chiapas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. 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) habitado por campesinos indígenas mayas de la etnia tzotzil. En esta comunidad se diferencian dos sistemas terrestres: el alto bloque calizo o Horst del *Tsisim* y el sistema de fallas escalonadas, al norte y sur de la comunidad respectivamente. En la mayor parte del territorio predomina el bosque secundario de pino que se alterna con los campos de cultivo de maíz, café, caña, plátano y huertos de cítricos (Pool *et al.* 1997). El material geológico está constituido por lutitas, areniscas y conglomerados del período Terciario, sobre un basamento calizo del Cretácico Superior (Helbing, 1976). Los suelos corresponden a una asociación de Luvisoles crómicos, Leptosoles réndzicos, Feozen háplicos (INEGI, 1993). La comunidad presenta un gradiente altitudinal que va desde los 800 a los 2200 m, en el que se diferencia una zona cálida (<1000 m, con clima cálido subhúmedo y temperaturas >22 °C), una zona semicálida (1000 – 1500 m, con clima semicálido subhúmedo y temperaturas entre 18 a 22 °C), y una zona templada (>1500 m, con clima templado subhúmedo y temperaturas <18 °C). Se presentan abundantes lluvias en verano con precipitación anual entre 1,200 a 1,500 mm (Pool *et al.* 1997).

Siembra de maíz y coberturas de leguminosas. En el ciclo agrícola 2000 se sembró maíz sin y con cobertura de mucuna (SC y CC) en cuatro sitios de la comunidad, dos sitios se localizaron en la zona templada (S1 y S2) y dos en la caliente (S3 y S4). La siembra de mucuna en CC se realizó 40 días después del maíz (ddsm) entre los meses de junio y julio a una distancia entre matas de 1 m. La mucuna se dejó como cobertura sin cosechar las semillas y en la preparación del terreno para el siguiente ciclo agrícola se cortó y depositó en la superficie del suelo. Las características y propiedades de los suelos SC y CC de cada sitio al inicio del segundo ciclo se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características y propiedades de los suelos SC y CC de cada sitio al inicio del segundo ciclo de cultivo.

	Sitio 1 (S1)	Sitio 2 (S2)	Sitio 3 (S3)	Sitio 4 (S4)				
Altitud (m)	1640	1560	1000	850				
Pendiente (%)	10	10	20	28				
Ubicación en el paisaje	a media loma	a pie de montaña	a media ladera	a media ladera				
Años de uso continuo	18	15	5	13				
Obra de conservación	curvas a nivel	curvas a nivel	curvas a nivel	curvas a nivel				
Antecedente 2000								
	CC	SC	CC	SC	CC	SC	CC	SC
Arena (%)	37.3	39.3	39.3	47.3	37.3	45.3	55.3	57.3
Arcilla (%)	34.7	34.7	36.7	28.7	26.7	36.7	24.7	22.7
Limo (%)	28.0	26.0	24.0	24.0	36.0	18.0	20.0	20.0
DA (g mL ⁻¹)	1.1	1.1	1.0	1.1	1.3	1.2	1.3	1.3
pH (H ₂ O)	5.6	5.7	5.7	5.4	6.1	6.1	6.1	6.1
MO (%)	6.0	6.2	8.4	6.9	4.2	6.0	3.0	3.7
N total (%)	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2
CIC (meq/100g)	25.2	27.7	36.1	37.0	31.1	28.6	24.4	26.0
P Olsen (ppm)	5.6	6.2	6.7	7.3	5.9	6.7	5.3	12.3
BM (mg g ⁻¹)	2.4	2.9	1.5	3.0	1.7	2.4	1.3	1.8

CC = con cobertura, SC = sin cobertura. BM = biomasa microbiana.

En el ciclo agrícola 2001 se dividió la superficie SC y CC de cada sitio en tres bloques con base en la pendiente general del terreno y en cada uno de ellos se sembró maíz con cobertura de mucuna (M), cobertura de frijol botil (B) y un control sin cobertura (T), bajo un esquema de parcelas divididas con tres repeticiones. Las parcelas mayores fueron asignadas al antecedente de cobertura de mucuna (SC y CC) y las parcelas menores a las coberturas del segundo ciclo (M, B y T). Las parcelas menores tuvieron un área total de 64 m² y área útil de 25 m². Con excepción de la siembra de maíz y las

leguminosas, las prácticas de manejo se realizaron de acuerdo al conocimiento, tiempo disponible y posibilidades económicas de cada productor (Cuadro 2).

Propiedades del suelo. Se obtuvieron muestras compuestas de suelo en cada unidad experimental, mediante la recolección de 5 submuestras de suelo en *zig zag* a una profundidad de 0-20 cm. La muestra compuesta de suelo se secó al aire y se tamizó (malla 2 mm para todos los análisis y malla 0.5 mm para materia orgánica y nitrógeno total). Al momento de la siembra de maíz se determinaron las constantes de humedad: capacidad de campo (cc) y punto de marchitez permanente (PMP) (Cavazos y Rodríguez, 1992). Durante el ciclo de cultivo a intervalos de 20-25 días se determinó la humedad del suelo (peso constante). A los 150 dds se realizaron los siguientes análisis físicos, químicos y biológicos del suelo en el Laboratorio de Suelos y Plantas de Ecosur-Unidad San Cristóbal (Universidad Autónoma Chapingo, 1996): textura (Hidrómetro de Bouyoucos), densidad aparente (probeta), pH (relación 1:2.5), materia orgánica (digestión húmeda de Walkley y Black), nitrógeno total (semi microKjendahl modificado para incluir nitratos), fósforo extractable (Olsen), capacidad de intercambio de cationes (acetato de amonio 1 N pH 7) y biomasa microbiana por el método de fumigación e incubación (López-Noverola, 1995).

Cobertura y biomasa de leguminosas y arvenses. A los 150 y 210 dds se midió la longitud del follaje de mucuna y frijol botil del nivel del suelo a la última yema de crecimiento; se colectaron las matas y se trasladaron al laboratorio en bolsas de papel donde se obtuvo el peso seco del follaje (en horno a 60 °C por 72 horas) y la de algunos componentes de la raíz (número y peso seco de nódulos). Se obtuvo una muestra compuesta de follaje de la primera colecta de ambas leguminosas y se determinó la concentración de N y P (Universidad Autónoma Chapingo, 1996).

Cuadro 2. Manejo agrícola efectuado en los cuatro sitios seleccionados con y sin el antecedente de cobertura.

Sitio	Siembra				Fertilizaciones			Limpias			Dobla de las cañas de maíz
	maíz	leguminosas	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	
Preparación del terreno	(4-5 semillas mata ⁻¹ , distancia entre matas de 1 m, densidad de siembra = 10,000 matas ha ⁻¹)	40 dds de maíz (3 semillas mata ⁻¹ , distancia entre matas de 1 m)	Al momento de la siembra de maíz (en el mismo agujero que el maíz ligeramente cubierto con suelo)	40 dds de maíz (en la base y a un costado de la mata sin cubrirlo con suelo)	80 dds de maíz (en la base y a un costado de la mata sin cubrirlo con suelo)	35-38 dds de maíz	30-40 dds de leguminosas	60-70 dds de leguminosas			180 dds de maíz
S1	Uso de fuego (20 de abril) amarillo (raza olotón, 26 de abril)	mucuna y botil	130 kg ha ⁻¹ STC (60 kg ha ⁻¹ de P)	100 kg ha ⁻¹ de STC; 43 kg ha ⁻¹ de urea (60-20 kg ha ⁻¹ de N y P)	100 kg ha ⁻¹ de STC; 43 kg ha ⁻¹ de urea (60-20 kg ha ⁻¹ de N y P)	Cuprocuat/Herbivol	Azadón	Azadón			Noviembre (con machete)
S2	Chaporreo con machete (26 de abril) amarillo (raza olotón, 28 de abril)	mucuna y botil	130 kg ha ⁻¹ STC (60 kg ha ⁻¹ de P)	100 kg ha ⁻¹ de STC; 43 kg ha ⁻¹ de urea (60-20 kg ha ⁻¹ de N y P)	100 kg ha ⁻¹ de STC; 43 kg ha ⁻¹ de urea (60-20 kg ha ⁻¹ de N y P)	Azadón	Gramoxone	Azadón			Noviembre (con machete)
S3	Chaporreo con machete (1 de mayo) blanco (raza olotón, 3 de mayo)	mucuna y botil	130 kg ha ⁻¹ STC (60 kg ha ⁻¹ de P)	100 kg ha ⁻¹ de STC; 43 kg ha ⁻¹ de urea (60-20 kg ha ⁻¹ de N y P)	100 kg ha ⁻¹ de STC; 43 kg ha ⁻¹ de urea (60-20 kg ha ⁻¹ de N y P)	Cuprocuat/Herbivol	Gramoxone	---			Octubre (con machete)
S4	Chaporreo con machete (15 de mayo) blanco (raza olotón, 22 de mayo)	mucuna y botil	130 kg ha ⁻¹ STC (60 kg ha ⁻¹ de P)	100 kg ha ⁻¹ de STC; 43 kg ha ⁻¹ de urea (60-20 kg ha ⁻¹ de N y P)	---	Azadón	Gramoxone	---			Octubre (con machete)

dds= días después de la siembra. STC = superfosfato triple de calcio. Ingrediente activo Gramoxone/Cuprocuat = Paraquat; Herbivol = 2-4 D: éster isobutílico.

Una vez extraídas las leguminosas de los cuadrantes se midió la cobertura total de arvenses mediante la estimación del porcentaje de suelo cubierto, se obtuvo la fracción de arvenses correspondiente a los pastos y se identificaron las especies existentes. Posteriormente, se colectó el follaje y se obtuvo el peso seco total (en horno a 60 °C por 72 horas) y el aportado por los pastos.

Rendimiento de maíz y relación beneficio/costo (B/C). El rendimiento de grano de maíz se midió en 10 matas colectadas al azar dentro de la parcela útil a los 210 dds. El B/C se estimó mediante un indicador que resultó de dividir los beneficios representados en ingresos monetarios (IT) entre los costos monetarios o gastos (CT) para cada tratamiento (Urrutia, 1989). Los beneficios fueron estimados a partir del rendimiento de grano de maíz y su valor de venta. Los costos totales se determinaron mediante la siguiente fórmula: $CT = DM + TNP + GI$ (Martínez, 1995), donde: DM = desembolso monetario (jornales pagados), TNP = trabajo no remunerado (trabajo personal y familiar convertido a pesos) y GI = gasto de insumos.

Análisis estadísticos. Los datos se procesaron mediante análisis de varianza para un diseño de parcelas divididas en cada sitio. Las medias se compararon mediante la DSH 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 programa SAS para Windows versión 8.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto sobre algunas propiedades del suelo. En la Figura 1 se muestra el contenido de humedad del suelo registrado durante el ciclo de cultivo SC y CC en los cuatro sitios. En general, no se observaron deficiencias de humedad del suelo, a excepción de SC en S4 que presentó valores de humedad del

suelo ligeramente inferiores al PMP al momento de la siembra de maíz y leguminosas. Así mismo, con excepción de S3, la humedad del suelo a final del ciclo de cultivo fue ligeramente superior a la capacidad de campo. Los sitios ubicados en la zona caliente (S3 y S4) presentaron menos humedad del suelo que los sitios de la zona templada (S1 y S2). En S3 y S4 hubo la tendencia hacia contenidos de humedad del suelo más altos CC que SC.

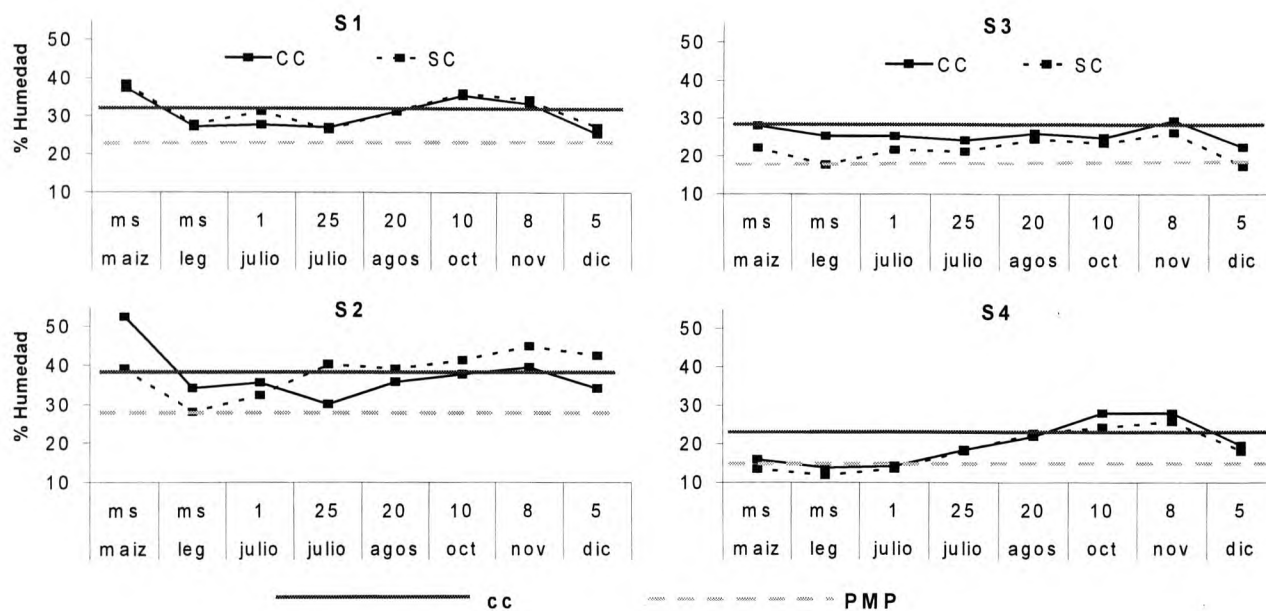


Figura 1. Dinámica y constantes de humedad del suelo durante el ciclo de cultivo (ms = momento de la siembra de maíz y leguminosas, cc= capacidad de campo, PMP= punto de marchitez permanente).

La tendencia hacia valores más altos de humedad del suelo en los sitios de la zona templada que en la zona caliente se relaciona probablemente con su ubicación en laderas con pendientes más pronunciadas y con menor capacidad de infiltración del agua, así como por la presencia de temperaturas más altas que ocasionaron la evaporación de la humedad del suelo. El efecto de CC en la mayor retención de humedad del suelo en la zona caliente coincide con lo reportado por Buckles *et al.* (1992) para las laderas del Litoral del Atlántico de Honduras. Los contenidos de MO y N total del suelo no variaron significativamente entre tratamientos en los cuatro sitios (Cuadro 3). El antecedente

CC tuvo efecto significativo en el contenido de P Olsen en S2, siendo más alto CC que SC. La cobertura aplicada en el segundo ciclo tuvo efecto significativo en la biomasa microbiana del suelo en S4, corresponden los valores más altos al control sin cobertura en relación con las coberturas de mucuna y frijol botil. Los niveles más bajos de biomasa microbiana se observaron en S1 debido posiblemente al efecto negativo del uso de fuego en este sitio, tal como lo indican Fassbender y Bornemisza (1987).

Cuadro 3. Comparación de medias de algunas propiedades químicas y biológicas del suelo por los factores de cobertura en el ciclo anterior y la de este ciclo para cada uno de los sitios.

Coberturas	MO (%)				N total (%)			
	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 4	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 4
Antecedente 2000								
con mucuna	7.9 a	7.9 a	6.3 a	4.9 a	0.4 a	0.5 a	0.3 a	0.3 a
sin mucuna	7.9 a	7.6 a	7.2 a	5.0 a	0.4 a	0.4 a	0.4 a	0.2 a
Ciclo 2001								
mucuna	7.7 a	8.1 a	6.6 a	5.2 a	0.4 a	0.5 a	0.3 a	0.2 a
botil	7.9 a	8.0 a	6.7 a	4.7 a	0.4 a	0.4 a	0.4 a	0.3 a
testigo	8.2 a	7.2 a	7.0 a	5.0 a	0.4 a	0.4 a	0.4 a	0.3 a
Antecedente 2000	P Olsen (ppm)				Biomasa microbiana (mg g ⁻¹)			
	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 4	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 4
con mucuna	6.9 a [¶]	7.5 a	2.6 a	4.1 a	1.4 a	2.4 a	1.9 a	2.6 a
sin mucuna	5.0 a	3.0 b	3.2 a	6.8 a	1.3 a	2.4 a	2.0 a	2.4 a
Ciclo 2001								
mucuna	5.2 a	5.4 a	2.8 a	5.7 a	1.6 a	2.5 a	1.8 a	2.2 b
botil	6.0 a	5.1 a	2.9 a	6.2 a	1.0 a	2.3 a	2.0 a	2.0 b
testigo	6.5 a	5.3 a	3.1 a	4.5 a	1.6 a	2.5 a	2.1 a	3.3 a

[¶]Medias seguidas con la misma letra por sitio no difieren significativamente entre sí (P≤0.05).

De los resultados previos llama la atención el efecto positivo de CC en la concentración de P Olsen del suelo en S2. Este efecto se encuentra posiblemente relacionado con la aportación del elemento a través de la mineralización de los residuos de mucuna del ciclo anterior que fueron depositados sobre el suelo; sin embargo, la ausencia de efecto significativo de CC en la MO y N total del suelo sugiere que en el segundo ciclo de cultivo los residuos de mucuna que fueron depositados sobre la superficie del suelo no han sido completamente mineralizados y que otros factores pudieron haber influido en la concentración de P Olsen del suelo. Una explicación alternativa lo constituye el efecto positivo que los cultivos de cobertura tienen en la retención de humedad del suelo (Buckles *et al.* 1992), de forma tal que con mayor humedad del suelo se favorece la dilución del P inorgánico del suelo y la disponibilidad de ese nutriente; asimismo, es posible que los valores de P Olsen en S2 hayan sido influidos por la presencia de fertilizante fosforado. Pool *et al.* (1998) no encontraron efecto de la cobertura de mucuna en el P Olsen del suelo en el Valle del Tulijá, Chiapas, México.

Biomasa de leguminosas y su efecto en el control de arvenses. En S2 de la zona templada el frijol botil presentó significativamente mayor producción de biomasa aérea seca que mucuna a los 150 y 210 dds. Por el contrario, en S3 y S4 de la zona caliente mucuna tuvo a los 210 dds valores más altos de biomasa aérea seca que frijol botil, en este caso el antecedente CC influyó positivamente en la biomasa aérea seca de mucuna. Ambas leguminosas produjeron escasa biomasa aérea seca hasta el momento de la primera colecta (150 dds), pero a los 210 dds la biomasa aérea seca de frijol botil se incrementó 300% y la de mucuna 900% (Cuadro 4). El incremento en la producción de biomasa de ambas leguminosas se debe probablemente a la mayor exposición a la luz por efecto de la dobla de las cañas de maíz hacia finales del ciclo de cultivo (octubre-noviembre), coincidiendo con la etapa de rápido crecimiento de las leguminosas, principalmente de mucuna como lo señalan Narváez y Paredes (1994). De acuerdo con Bunch (1995), además de lo anterior, probablemente influyó la

adaptación que presentaron las leguminosas a un clima determinado, de forma tal que el frijol botil creció mejor en la zona templada y mucuna en la zona caliente.

Cuadro 4. Valores medios de producción de biomasa aérea seca y contenido foliar de N y P de mucuna y botil por el factor antecedente de cobertura en los cuatro sitios.

Sitio	Antecedente 2000	Leguminosa	Biomasa seca (ton ha ⁻¹)		Contenido foliar (%)	
			150 dds	210 dds	N	P
S1	con mucuna	mucuna	0.10 a [¶]	0.21 a	2.98 a	0.35 a
		botil	0.07 a	0.27 a	3.16 a	0.39 a
	sin mucuna	mucuna	0.08 a	0.35 a	3.49 a	0.19 a
		botil	0.07 a	0.15 a	3.41 a	0.30 a
S2	con mucuna	mucuna	0.07 b	0.19 b	3.42 a	0.27 a
		botil	0.14 a	1.01 a	3.88 a	0.29 a
	sin mucuna	mucuna	0.06 b	0.19 b	3.56 a	0.23 a
		botil	0.17 a	0.48 a	3.40 a	0.22 a
S3	con mucuna	mucuna	0.23 a	2.47 a	3.42 a	0.29 a
		Botil	0.28 a	0.31 b	3.14 b	0.31 a
	sin mucuna	Mucuna	0.25 a	1.11 b	3.54 a	0.33 a
		botil	0.27 a	0.78 b	3.28 b	0.35 a
S4	con mucuna	mucuna	0.20 a	0.53 a	4.04 a	0.28 a
		botil	0.09 a	0.25 b	2.68 a	0.32 a
	sin mucuna	mucuna	0.05 a	0.13 b	3.67 a	0.25 a
		botil	0.19 a	0.30 b	3.74 a	0.37 a

[¶]Medias seguidas con la misma letra por sitio no difieren significativamente entre sí (P≤0.05).

De las leguminosas utilizadas como coberturas, frijol botil presentó más nódulos que mucuna principalmente en la zona templada, sin embargo, el tamaño y peso seco de los nódulos fue inferior a los de mucuna. La longitud de las leguminosas en ambas zonas a los 150 dds fue menor a 4 m, pero a los 210 dds se observó que mucuna en la zona caliente alcanzó 7.3 m de longitud, mientras que frijol botil en la zona templada alcanzó 4.5 m (Cuadro 5). La concentración de P en el follaje no varió

significativamente entre leguminosas. Sin embargo, la concentración de N en el follaje fue mayor en mucuna que en frijol botil en S3 indistintamente del antecedente de cobertura de mucuna (Cuadro 4). Con los datos de la producción de materia seca a los 210 dds, se estimó que en la zona caliente la mucuna podría aportar al suelo 84.6 y 7.0 kg ha⁻¹ de N y P respectivamente; mientras que en la zona templada frijol botil aportaría 40.4 y 2.9 kg ha⁻¹ de N y P respectivamente. Por lo anterior, se espera que la aportación de N y P al suelo en los posteriores ciclos de cultivo ayude a reducir gradualmente el uso de fertilizantes químicos en la producción de maíz (Buckles *et al.* 1999).

Cuadro 5. Valor medio de la longitud de follaje y nodulación de las leguminosas a los 150 (1a.) y 210 (2a.) dds por efecto del antecedente de cobertura en los cuatro sitios.

Sitio	Antecedente 2000	Leguminosa	Longitud de follaje (m)		Nodulación					
					Número		Diámetro (cm)		Peso seco (g)	
			1a.	2a.	1a.	2a.	1a.	2a.	1a.	2a.
S1	con mucuna	mucuna	1.8	3.5	1.3	1.3	0.7	1.3	0.7	4.3
		botil	1.3	2.5	3.2	20.3	0.1	0.1	0.1	0.3
	sin mucuna	mucuna	1.2	3.0	1.3	1.3	0.7	2.5	0.6	2.7
		botil	3.1	2.3	0.7	29.3	0.1	0.1	0.1	0.3
S2	con mucuna	mucuna	2.1	2.6	0.2	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0
		botil	2.5	4.5	7.7	60.7	0.3	0.3	0.7	1.3
	sin mucuna	mucuna	1.8	3.7	0.2	0.3	0.4	1.0	0.2	2.0
		botil	2.6	4.3	16.7	32.3	0.1	0.4	1.3	3.0
S3	con mucuna	mucuna	2.5	7.3	0.8	4.7	0.3	0.8	0.6	2.0
		botil	2.6	3.6	3.7	3.3	0.1	0.1	0.3	0.1
	sin mucuna	mucuna	3.8	5.3	1.8	5.7	0.7	0.5	1.0	3.3
		botil	3.2	4.3	2.0	3.0	0.1	0.1	0.2	0.1
S4	con mucuna	mucuna	3.9	4.4	1.8	4.7	0.8	2.1	1.0	6.7
		botil	1.6	3.9	9.0	19.3	0.3	0.1	0.9	0.1
	sin mucuna	mucuna	1.3	3.3	1.8	3.3	0.7	0.7	1.7	2.3
		botil	2.3	4.4	23.5	19.0	0.2	0.1	2.2	0.2

En S1, S3 y S4 no se encontró efecto significativo de los tratamientos en la producción de biomasa seca de las arvenses; sin embargo, en S2 hubo efecto significativo de CC en la disminución de la producción de biomasa seca de arvenses (Cuadro 6). La especie de pasto observada en S1 fue *Arthraxon hispidus* (Thumb) Makino, conocida entre los productores como cola de conejo; las arvenses de hoja ancha fueron *Galinsoga parviflora* Cav, *Commelina difusa* Burm f. y *Sigesbeckia jorullensis* Kunth en S2 y S3, *Pteridium aquilinum*, *Chamaecrista ruta* en S3 y *Jaegeria hirta* y *Anthericum aurantiacum* en S3 y S4. La única especie reportada por los campesinos para consumo humano fue *Galinsoga parviflora* Cav. conocida como *tzuy*.

Cuadro 6. Valores medios de biomasa seca total de arvenses (ton ha⁻¹) por los factores de cobertura en el ciclo anterior y la de este ciclo para cada uno de los sitios.

Sitio	Antecedente 2000	Cobertura de este ciclo 2001			
		mucuna	botil	testigo	media
S1	con mucuna	1.8	1.7	1.7	1.7 a [¶]
	sin mucuna	1.7	2.0	1.6	1.8 a
S2	con mucuna	0.3	0.2	0.3	0.3 b
	sin mucuna	0.9	0.7	0.7	0.7 a
S3	con mucuna	0.9	0.8	1.0	0.9 a
	sin mucuna	0.8	0.6	1.0	0.8 a
S4	con mucuna	0.8	0.8	0.8	0.8 a
	sin mucuna	0.6	0.7	0.9	0.7 a

[¶]Medias seguidas con la misma letra por sitio no difieren significativamente entre sí (P≤0.05).

La ausencia de efecto significativo de las coberturas en el control de arvenses a los 150 dds en S1, S3 y S4, se debió a que al principio las leguminosas crecieron lentamente y su producción de hojas fue baja, por lo que sólo alcanzaron una cobertura de suelo <20 %, por el contrario, las arvenses crecieron más rápidamente superando en desarrollo a las leguminosas

(Figura 2). Debido a ello, los productores vieron la necesidad de realizar el control de arvenses en varios momentos durante el ciclo de cultivo. Sin embargo, CC en S2 disminuyó la biomasa seca de arvenses probablemente debido a la presencia de residuos sobre el suelo. De esta manera, el mantillo depositado sobre el suelo proveniente de la siembra de mucuna como cobertura del ciclo anterior, contribuyó en el control de arvenses impidiendo su germinación y crecimiento similar a lo reportado por Caamal *et al.* (1996) para Yucatán, México.

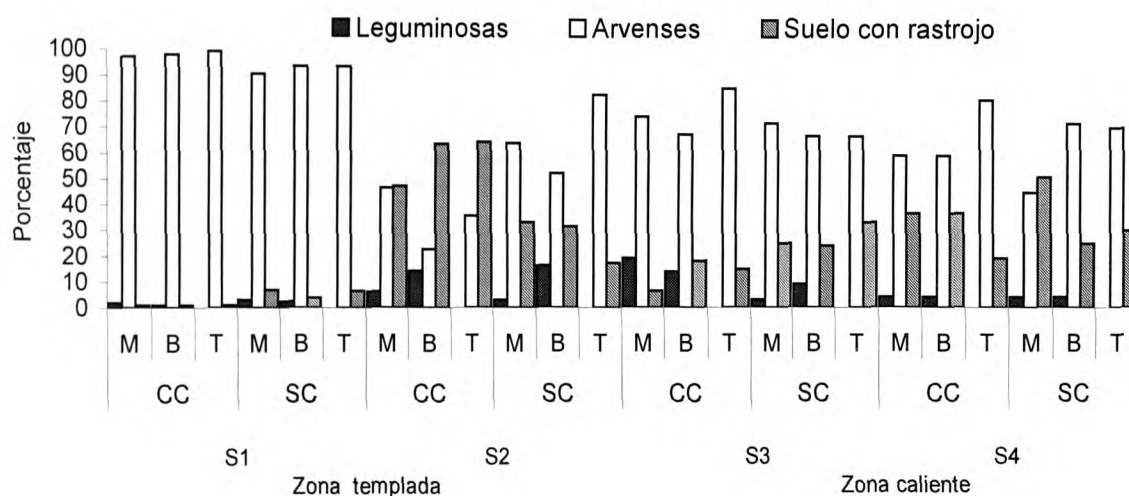


Figura 2. Cobertura (%) de leguminosas y arvenses en cada unidad experimental a los 150 dds.

Rendimiento de grano. La producción de maíz se incrementó significativamente en un 40% CC que SC en S2. En los otros tres sitios no hubo efecto significativo de los tratamientos de cobertura en el rendimiento de maíz (Cuadro 7). El efecto de CC en el rendimiento de maíz en S2 se relaciona posiblemente con el efecto que ese tratamiento tuvo en el incremento de P Olsen del suelo y la disminución de la biomasa de arvenses competidoras.

Cuadro 7. Comparación de medias de rendimiento de grano de maíz en los cuatro sitios por efecto de los factores de cobertura en el ciclo anterior y la de este ciclo.

Sitio	Antecedente 2000	Rendimiento de grano (ton ha ⁻¹)			
		Cobertura de este ciclo 2001			
		mucuna	botil	testigo	media
S1	con mucuna	2.2	2.3	2.4	2.3 a [¶]
	sin mucuna	2.2	2.2	2.8	2.4 a
S2	con mucuna	4.0	4.1	4.5	4.2 a
	sin mucuna	2.6	3.3	2.9	2.9 b
S3	con mucuna	2.1	1.9	2.5	2.2 a
	sin mucuna	1.9	2.5	1.9	2.1 a
S4	con mucuna	1.7	2.0	2.0	1.9 a
	sin mucuna	2.1	2.4	3.0	2.5 a

[¶]Medias seguidas con la misma letra por sitio no difieren significativamente entre sí (P≤0.05). Coeficiente de variación = 20.7%.

El análisis de correlación bivariada de Pearson indicó correlación positiva significativa entre la producción de maíz con los contenidos de MO, N total y P Olsen del suelo y negativa con la biomasa de arvenses (Cuadro 8). Así mismo, el análisis de regresión múltiple por pasos mostró que el contenido de N total, biomasa microbiana y P Olsen del suelo influyeron de manera positiva en el rendimiento de maíz, mientras que la biomasa de arvenses influyó negativamente, de acuerdo con el siguiente modelo: $Y = 0.37 + 4.83 \text{ N total} + 0.06 \text{ P Olsen} + 0.23 \text{ biomasa microbiana} - 0.30 \text{ biomasa de arvenses}$ (P≤ 0.05, R² = 0.3 y n = 72); las prácticas de manejo y la heterogeneidad ambiental probablemente influyeron en el valor bajo de R².

Cuadro 8. Coeficientes de correlación de Pearson entre rendimiento de grano de maíz y algunas características químicas y biológicas del suelo y producción de biomasa de arvenses y leguminosas.

Variables	N total	P Olsen	BM	Rendimiento	Arvenses	Leguminosas
MO	0.8*	0.2	-0.2*	0.3*	0.2	-0.2
N total		0.2	-0.3*	0.4*	0.1	-0.2*
P Olsen			0.0	0.3*	0.0	-0.2*
BM				0.2	-0.5*	0.1
Rendimiento					-0.3*	-0.1

* = diferencias significativas ($P \leq 0.05$). BM = biomasa microbiana.

Cabe mencionar que S1 presentó rendimientos inferiores a S2 a pesar de ubicarse en la misma zona, utilizar la misma variedad de maíz (amarillo) y presentar contenidos de humedad similares, lo cual indica que la quema de residuos al inicio del ciclo de cultivo en S1 probablemente favoreció el rápido crecimiento de arvenses ante la falta de residuos sobre el suelo, compitiendo con el maíz en la absorción de agua y nutrimentos del suelo. El antecedente CC al proporcionar una cubierta de residuos sobre el suelo influyó negativamente en el crecimiento de arvenses en S2 y al disminuir la competencia de arvenses con el maíz hubo un efecto positivo en el rendimiento.

Relación beneficio/costo. Este indicador económico muestra el balance entre el ingreso total y los costos de producción, si la relación es positiva (>1) indica que hay ganancias, si la relación es negativa (<1) indica que hay pérdidas económicas. A pesar de que en el costo total de producción el trabajo personal y familiar fue no remunerado, fue necesario incluirlos para calcular el indicador B/C. De este modo, la relación B/C más alta se presentó CC en S2 seguido de SC en S4. S1 presentó los valores más bajos y menores a la unidad indistintamente del antecedente de cobertura (Cuadro 9).

Cuadro 9. Costo de producción y venta en cada sitio con y sin el antecedente con cobertura.

Sitio	Antecedente 2000	Maíz (ton ha ⁻¹)	Costo de producción (\$)*	Costo de venta (\$)	Ingreso Neto (\$)	B/C
S1	con mucuna	2.30	6539.8	5530.7	-1009.1	0.84
	sin mucuna	2.44	6202.8	5850.7	-352.1	0.94
S2	con mucuna	4.18	6130.0	10031.2	3901.2	1.64
	sin mucuna	2.94	5793.0	7051.2	1258.2	1.22
S3	con mucuna	2.16	4.099.7	5188.8	1089.1	1.26
	sin mucuna	2.11	3762.7	5059.2	1296.5	1.34
S4	con mucuna	1.89	4055.6	4533.9	478.3	1.13
	sin mucuna	2.49	3718.6	5972.8	2254.2	1.61

* Costo por kg de maíz = \$ 2.4. B/C = beneficio/costo.

El costo de mano de obra e insumos durante el ciclo de cultivo fueron similares CC y SC para cada sitio (Cuadro 10). S3 requirió menos mano de obra ya que el productor realizó el control de arvenses mediante el uso de herbicidas, esto permitió reducir hasta en un 90 % el trabajo físico. En este sentido, los costos de producción más altos se debieron al incremento en el número de deshierbes manuales y la dificultad para su realización, es decir, implicó más fuerza de trabajo para la eliminación de pastos que arvenses de hoja ancha, lo que explica el alto costo de producción observado en S1. Otro factor que influyó en el balance B/C lo constituyó la aplicación de fertilizantes. Los sitios ubicados en la zona templada recibieron tres aplicaciones de fertilizantes, mientras que aquellos de la zona caliente tuvieron dos, probablemente por que de esta manera los productores aseguran que en su parcela se produzca cierta cantidad de maíz.

Por lo anterior, la relación B/C es sensible al comportamiento de sus componentes: producción de maíz, trabajo invertido y costo de insumos externos, de tal manera que los valores más altos se debieron principalmente al incremento en la producción de maíz, mientras que los valores bajos al

Cuadro 10. Costo de practicas agrícolas e insumos utilizados en los cuatro sitios seleccionados con y sin el antecedente de cobertura.

Actividad	Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 4	
	Sin mucuna		Sin mucuna		Sin mucuna		Sin mucuna	
	Jorn.	\$ ha ⁻¹	Jorn.	\$ ha ⁻¹	Jorn.	\$ ha ⁻¹	Jorn.	\$ ha ⁻¹
Ciclo 2000								
Siembra maíz	0.25	120.0	0.25	120.0	0.25	120.0	0.25	120.0
Siembra leguminosas	0.25	120.0	0.25	120.0	0.25	120.0	0.25	120.0
Insumos								
Leguminosas		75.0		75.0		75.0		75.0
Maíz		22.0		22.0		22.0		22.0
Ciclo 2001								
Preparación del terreno								
Siembra maíz	0.25	120.0	1.00	480.0	1.00	480.0	1.00	480.0
Siembra leguminosas	0.25	120.0	0.25	120.0	0.25	120.0	0.25	120.0
Fertilización								
1a.	0.25	120.0	0.25	120.0	0.25	120.0	0.25	120.0
2a.	0.25	120.0	0.25	120.0	0.25	120.0	0.25	120.0
3a.	0.25	120.0	0.25	120.0	0.25	120.0	0.25	120.0
Control de arvenses								
1a.	0.06	30.2	1.81	871.0	0.06	30.2	1.00	480.0
2a.	2.38	1140.0	2.38	1140.0	0.06	30.2	0.06	30.2
3a.	2.38	1140.0	2.38	1140.0	1.81	871.0	0.00	0.0
Dobla	0.50	240.0	0.50	240.0	0.50	240.0	0.50	240.0
Cosecha	1.00	480.0	1.00	480.0	1.00	480.0	1.00	480.0
Desgrane	2.00	960.0	2.00	960.0	2.00	960.0	1.00	480.0
Insumos								
Leguminosas		75.0		75.0		75.0		75.0
Maíz		22.0		22.0		22.0		22.0
1a. aplic. de herbicidas	387.2	387.2	0.0	0.0	158.4	158.4	0.0	0.0
2a. aplic. de herbicidas	0.0	0.0	154.6	154.6	158.4	158.4	154.6	154.6
3a. aplic. de herbicidas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1a. aplic. de fertilizantes	281.6	281.6	281.6	281.6	281.6	281.6	281.6	281.6
2a. aplic. de fertilizantes	363.4	363.4	363.8	363.8	363.4	363.4	275.2	275.2
3a. aplic. de fertilizantes	363.4	363.4	363.8	363.8	363.4	363.4	0.0	0.0
Costo total	10.32	6539.8	9.82	6202.8	9.94	6130.0	9.44	5793.0
		9.82	9.94	6130.0	9.44	5793.0	5.38	4099.7
					4.88	3762.7	6.56	4055.6
							6.06	3718.6

Jorn. = jornales.

aumento de mano de obra, tal como lo menciona Mendoza-Escalante *et al.* (1997) para Sahcabá, Yucatán, México. Por lo anterior, es necesario experimentar su reducción paulatina en los siguientes ciclos y registrar la dinámica de producción. Al respecto, Buckles (1999) reportó que durante los dos primeros años, además de invertir más trabajo, los rendimientos disminuyen relativamente, sin embargo, los incrementos después de este período oscilan entre un 60 a 80%.

Los resultados obtenidos muestran que la heterogeneidad ambiental y la diversidad de prácticas de manejo influyen directamente en los beneficios obtenidos por el uso de CC. Por lo tanto, es importante considerar que la generación de tecnología agrícola alternativa en regiones montañosas, como la del área de estudio, debe proponerse de manera específica para cada sitio en donde se intente adaptar esta tecnología considerando las necesidades y conocimientos del productor. Además, el uso de leguminosas como CC es reciente, por lo cual los productores están descubriendo los beneficios que se obtienen por su utilización y ante la incertidumbre en la adaptación de esta tecnología, optan y por necesidad utilizan algunas prácticas agrícolas que les permite disminuir tiempo y fuerza de trabajo (uso de fuego e insumos externos), pero influye en el desempeño de los CC y minimiza los efectos sobre la fertilidad de los suelos, el control de arvenses y la producción de maíz, coincidiendo con lo encontrado por Arteaga *et al.* (1997) en algunas comunidades del sureste de México (Sahcabá y Xohuayan en Yucatán; Las Flores en Chiapas; Santa Rosa Cintepec y Cuniapan de Arriba en Veracruz; y La Esmeralda, San Francisco la Paz y San Antonio Nuevo Paraíso en Oaxaca).

CONCLUSIONES

Hasta el segundo año de uso de los CC, los resultados obtenidos permiten establecer las siguientes conclusiones:

El antecedente CC incrementó significativamente la concentración de P Olsen del suelo, disminuyó la producción de materia seca de arvenses y mejoró el rendimiento de maíz en uno de los cuatro sitios experimentales, probablemente debido a la influencia de residuos sobre el suelo. En los otros tres sitios no hubo efecto significativo del antecedente CC en las variables edáficas, en el control de arvenses y rendimiento de maíz.

La mucuna tuvo mejor desarrollo en la zona cálida, mientras que las condiciones templadas favorecieron el desarrollo de frijol botil con una producción de materia seca de 2.5 y 1.0 ton ha⁻¹ para mucuna y frijol botil respectivamente, probablemente debido a la mejor adaptabilidad de las leguminosas a un clima específico.

La producción de maíz tuvo relación positiva con el N total, P Olsen y biomasa microbiana y negativa con la biomasa de arvenses. El modelo que mejor explicó el rendimiento de maíz (ton ha⁻¹) fue: $Y = 0.37 + 4.83 \text{ N total (\%)} + 0.06 \text{ P Olsen (ppm)} + 0.23 \text{ biomasa microbiana (mg g}^{-1}\text{)} - 0.30 \text{ biomasa de arvenses (ton ha}^{-1}\text{)}$ ($P \leq 0.05$, $R^2 = 0.3$ y $n = 72$). La práctica de manejo que consistió en cortar y depositar los residuos postcosecha sobre el suelo sin quemar, probablemente contribuyó en conservar niveles adecuados de humedad, disminuyó la producción de biomasa de arvenses, mejoró la producción de maíz e influyó en el balance positivo entre el ingreso total y los costos de producción.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Solís, J. D.; León-Martínez, N. S. y Solís-Franco, R. R. 1991. Interacción planta-bacteria-suelo en el establecimiento y actividad de la simbiosis frijol botil-*Rhizobium*. Primer Seminario sobre Manejo de Suelos Tropicales en Chiapas. Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. México. pp 52-55.
- Álvarez-Solís, J. D., P. M. Rosset, B. M. Díaz H., H. Plascencia V. y R. R. Rice. 1998. El impacto de la transformación del paisaje sobre la base productiva en Los Altos de Chiapas. En: Manejo y Conservación de Suelo y Agua en Chiapas, México. ECOSUR. pp 65-82.
- 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. No. 7. 33-40.
- Arteaga, L., T. Carranza, M. Eilitta, M. González, C. Guerrero, F. Guevara, B. Herrera, A. López, F. Martínez, A. Mendoza, G. Narváez, R. Puentes, C. Robles, I. Sohn, B. Triomphe. 1997. El uso de sistemas de cultivo con plantas de cobertura en algunas comunidades del Sureste mexicano: contexto, resultados y lecciones aprendidas. Estudio de caso presentado en el "Taller Internacional Sobre Abonos Verdes y Cultivos de Cobertura para pequeños productores de zonas tropicales y subtropicales". 6-12 de abril. Chapecó, Brasil. 42 p.
- Buckles, D., Ponce, I.; Saín, G. y Medina G. 1992. Tierra cobarde se vuelve valiente: uso y difusión del frijol abono (*Mucuna deeringianum*) en laderas del Litoral del Atlántico de Honduras. CIMMYT. El Batán, México.
- Buckles, D.; B. Triomphe y G. Saín. 1999. Los Cultivos de Cobertura en la Agricultura en Laderas. Innovación de los agricultores con *Mucuna*. CIID/CIMMYT/CATIE. 243 pág.
- Bunch, R. 1995. El uso de abonos verdes por agricultores campesinos: lo que hemos aprendido hasta la fecha. Red Gestión de recursos naturales. No. 1. 23-28.
- Caamal, A., Jiménez-Osornio, J. y Valverde, B. E. 1996. Utilización de leguminosas como cobertura para el control de arvenses en maíz, en Yucatán, México, como alternativa al sistema de roza-tumba-quema. Red Gestión de Recursos Naturales. No. 4. 31-37.
- Cavazos, T. y O. Rodríguez, 1992. Manual de prácticas de física de suelos. Escuela Superior de Agricultura Hermanos Escobar. Ed. Trillas. México. 99 p.
- Delgado, S. A. 1989. Variation, taxonomy, domestication, and germoplasm potentialities in *Phaseolus coccineus*. Genetic Resources of *Phaseolus* beans. 441-463.

- Esquivel, B. E.; García-Barrios L. E. y Pool N. L. 1999. Leguminosas forrajeras: un recurso para la producción agropecuaria sustentable en Chamula, Chiapas. En: *Agrociencia*, Vol. 33. No. 34. 501-507.
- Fassbender, H. W. y Bornemisza E. 1987. *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. 2a. Ed. rev. San José, Costa Rica; Ser. Editorial IICA; No. 81. 420 p.
- 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* No. 6. Centro Internacional de Información sobre Cultivos de Cobertura. Honduras.
- Helbing, K. M. 1976. Chiapas, geografía de un estado. Tomo I: 251-270. Libros de México. México, D.F.
- INEGI. 1993. Carta Edafológica. Escala 1:250,000. E15-11. Tuxtla Gutiérrez. 2ª Impresión.
- López-Noverola., U. 1995. El C, N y P de la biomasa microbiana en suelos con diversos manejos. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Instituto de Recursos Naturales. Programa Edafología. Montecillo, México. 158 p.
- Martínez, Q. A. 1995. Crisis del café y estrategias campesinas (El caso de la Unión de Ejidos Majomut en Los Altos de Chiapas). Universidad Autónoma Chapingo. Dirección de Centros Regionales, Edo. de México. 208 p.
- Mendoza-Escalante, A. Kelly, T. y Jiménez-Osornio J. 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*. No. 8. 5-14.
- Narváez, C. G y Paredes, H. E. 1994. El pica pica (*Mucuna pruriens*) más que un abono verde para el maíz, en el norte del Istmo oaxaqueño. Universidad Autónoma Chapingo. Oax.. 28 p.
- Pool, N. L.; León-Martínez, N. S.; Ruíz, D. M. J.; Zúñiga, L. R. E.; López, M. A.; Sánchez, C. O.; Pérez, P. R.; Cortina, V. S. H.; Díaz, H. B. M.; Plascencia, V. H.; Moguel, V. R. y Parra, V. M. R. 1997. Ordenamiento Territorial y Planes de Manejo Comunitario en Santa Martha, Chenalhó, Chiapas. ECOSUR-ROCKEFELLER-SEMARNAP. S.C.L.C. Chiapas.
- Pool, N. L. 1998. Producción y conservación en el desarrollo agrícola de Los Altos de Chiapas, México. En: *Memorias del Seminario sobre manejo de suelos tropicales en Chiapas*. Cuadernos de divulgación 2º. Seminario. ECOSUR, IHNA Y SEMARNAP. 60-64.

- Pool, N. L.; León-Martínez, N. S.; González-Santiago, C. y Figueroa, F. P. 1998. Frijol terciopelo, cultivo de cobertura en la agricultura chol del Valle de Tulijá, Chiapas, México. TERRA. Vol. 16, No. 4. 359-369.
- Universidad Autónoma Chapingo, 1996. Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana de Procedimientos de Análisis de Suelos y Certificación de Laboratorios. Dirección General de Restauración y Conservación de Suelos, Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México.
- Urrutia, C. J. 1989. Metodología para la identificación, formulación, ejecución y evaluación de proyectos productivos con participación de la comunidad. Ed. INCA-RURAL. Cuadernos de capacitación. No. 13. 22-32.
- Velázquez, H., J. C. 2002. Experimentación campesina en México: caminando sobre arenas movedizas. Red de Gestión de Recursos Naturales y Fundación Rockefeller. Serie: Estudios de caso sobre participación campesina en generación, validación y transferencia de tecnología. 111 pag.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca-crédito No. **153006** otorgada para realizar la Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural en El Colegio de La Frontera Sur.

Al Sistema de Investigación Benito Juárez (SIBEJ) por el apoyo económico otorgado para la realización de los análisis de suelo a través del Proyecto: Modelo de manejo de las capacidades productivas y de gestión para el desarrollo local: experiencia piloto en la comunidad de Santa Martha, Chenalhó, Chiapas, clave **20000503013**.

A los productores de la comunidad de Santa Martha: Lucas Álvarez Álvarez, Miguel Ruíz Gómez, Santos Ruíz Gómez y Domingo Hernández Santiz por su colaboración en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A mi comité tutorial: M. en C. Noé Samuel León Martínez, Dr. José David Álvarez Solís y M. en C. Luciano Pool Novelo, por dirigir mi investigación y sus constantes aportaciones al trabajo, a los Doctores Ramón Mariaca y Hugo Perales por los comentarios y revisión del trabajo final.

Al personal administrativo de Posgrado: Blanca Coello, Helda Kramsky, Alejandro Flores, Dr. Héctor Javier Pérez y Dr. Jorge León; a los Ingenieros de la sala de computo: Raymundo Mijangos, Manuel Zepeda y Celso Gómez; y personal de la biblioteca: Hermilo Cruz y Mario Zúñiga por los apoyos y ayuda brindados.

Al Quím. Miguel Ángel López Anaya, al Tec. Manuel Gutiérrez, al Q.F.B. Juan Morales y al Ing. Jesús Carmona por su apoyo en la realización de los análisis físicos y químicos requeridos, y al Tec. Henry Castañeda por su colaboración en la identificación de arvenses.

A la C. Cecilia Limón Aguirre por su colaboración y ayuda brindada durante la realización del presente trabajo.

Al Lic. José Pérez Pérez por su apoyo durante el trabajo de campo.

A todos y cada uno de mis amigos de la Generación 2000-2001 de la Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural, por los momentos compartidos.