

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN PARTICIPATIVA EN LA MILPA SIN QUEMA

Participatory Research Results in No Burn *Milpa*

Heriberto E. Cuanalo-de la Cerda^{1†} y Rafael Alejandro Uicab-Covoh¹

RESUMEN

La *Milpa* de roza, tumba y quema es el cultivo asociado de maíz, frijoles y calabazas, y ha sido el sistema tradicional de producción de alimentos de los habitantes de Yucatán, México. Sin embargo, el período de barbecho (descanso) se ha acortado paulatinamente, de más de 18 años a un promedio de siete años, disminuyendo a casi la mitad el rendimiento e incrementando los costos de producción. Las *Milpas* Sin Quema se han obtenido mediante investigación participativa en 1996 y 1997. Aquí se presentan los resultados de 1998 y 1999, obtenidos en la misma parcela de suelos profundos y rojos, empleando los cultivos tradicionales de la *Milpa*, asociados e imbricados al maíz como cobertera. Nuevamente, productores e investigadores acordaron los tratamientos e hicieron la interpretación de resultados. Los productores hicieron las labores del cultivo y recibieron lo producido; los investigadores aportaron los insumos y registraron los datos. En 1998, en suelos profundos en el tercer año de cultivo consecutivo, el tratamiento Sin Quema rindió 3146 kg ha⁻¹ de maíz y 140 kg ha⁻¹ de *Ibes* con una relación beneficio/costo (B/C) de 1.97 y 2431 de maíz y 138 kg ha⁻¹ de frijol *Xco'l*, con B/C de 1.86. En 1999, en el cuarto año de cultivo consecutivo, los rendimientos Sin Quema de maíz fueron de 2319 y 384 kg ha⁻¹ para *Ibes* y calabazas y una relación beneficio/ costo de 2.09 y de 2151 kg ha⁻¹ de maíz y 199 kg ha⁻¹ para frijol *Xco'l* y calabazas, con B/C de 1.87. El sistema de roza Sin Quema con aplicación moderada de fertilizantes y herbicidas, siembra de cultivos tradicionales asociados e imbricados como cobertera es una alternativa de cultivo consecutiva, rentable y sostenible.

Palabras clave: roza-tumba-quema, agricultura sostenible.

SUMMARY

Milpa, the association of maize, beans, and squashes with slash and burn shifting cultivation, is the traditional staple crop production system of the inhabitants of Yucatan, Mexico. During the last 15 years, however, the fallow period has decreased from more than 18 years to about seven years, decreasing *Milpa* yields and increasing production costs. No Burn *Milpa* is the alternative obtained by participatory research in 1996 and 1997. The experimental results of 1998 and 1999 obtained in the same plot on deep red soils are presented. The traditional crops associated with maize are tested as cover crops. Farmers and researchers, as in 1996 and 1997, agreed on the treatments and interpretation results. Farmers provided their labor and kept the production; researchers provided seeds, herbicides, and fertilizers, and registered the data. In 1998, in deep red soils and after three years of consecutive cropping, No Burn treatments yielded 3146 kg ha⁻¹ maize and 140 kg ha⁻¹ of *Ibes* with a benefit/cost ratio (B/C) of 1.97 and 2431 kg ha⁻¹ maize and 138 kg ha⁻¹ *Xco'l* beans, with a B/C of 1.86. In 1999, after four years of consecutive cropping, No Burn treatments yielded 2319 kg ha⁻¹ maize and 384 kg ha⁻¹ *Ibes* beans and squash with B/C of 2.09, and 2151 kg ha⁻¹ of maize and 199 kg ha⁻¹ *Xco'l* beans and squash, with 1.87 B/C. Slash and No Burn *Milpa* with moderate use of fertilizers and herbicides and use of traditional crops as cover crops is a consecutive cropping, economic, and sustainable alternative.

Index words: shifting cultivation, sustainable agriculture.

¹ CINVESTAV, Instituto Politécnico Nacional. km 6 Carretera Antigua Progreso. 97310 Mérida, Yucatán, México.

[†] Autor responsable (cuanalo@mda.cinvestav.mx)

Recibido: abril de 2004. Aceptado: enero de 2006.
Publicado en *Terra Latinoamericana* 24: 401-408.

INTRODUCCIÓN

La *Milpa* de roza, tumba y quema es el sistema tradicional de producción de los cultivos básicos de maíz

(*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* y *P. lunatus* L.) y calabaza, (*Cucurbita argyrosperm* Huber y *Cucurbita moschata* Duch) y es la base de la alimentación de los habitantes de Yucatán (Hernández, 1959; Terán y Rasmussen, 1994). En promedio, en el estado de Yucatán, se rozan, tumban y queman del orden de 180 000 ha año⁻¹ para la producción de *Milpa*. Este sistema se ha practicado durante siglos por la población maya (Terán y Rasmussen, 1994) y se adapta muy bien a las restrictivas condiciones edáficas climáticas de la península (suelos delgados, pedregosos y rocosos; y clima de altas temperaturas y lluvias erráticas). Debido a presiones económicas y sociales, el período de barbecho (descanso) de la tierra se ha ido acortando (de más de 18 a siete años, en promedio), ocasionando que la fertilidad del suelo disminuya y la infestación de arvenses aumente. Esto ha provocado una marcada disminución de la productividad de la *Milpa*, debido a la disminución del rendimiento por hectárea y al aumento en sus costos de producción (Cuanalo y Uicab, 2005).

Cuanalo y Uicab (2005) presentaron los antecedentes conceptuales de la *Milpa* de Yucatán y las estrategias seguidas para su mejoramiento, señalando que mientras la mayor parte de la investigación se ha orientado al incremento de la productividad por unidad de superficie, el productor ha aumentado la producción mediante el incremento de la superficie al disminuir el período de barbecho. Un mayor entendimiento del ecosistema de la materia orgánica en el suelo ha permitido vislumbrar la posibilidad de la eliminación de la quema que permite lograr ambas metas (Bunch 1994, 1995 2001; Buckles, 1995). Sin embargo, la tradición de más de 3000 años del cultivo de la *Milpa*, empleando la quema, hace difícil su eliminación. Por otra parte, los productores observan que las porciones de *Milpa* donde por alguna razón no se quema, los cultivos crecen raquíticos y los rendimientos son escasos. La tradición y la práctica son algunos de los retos que enfrenta la innovación del sistema de producción de la *Milpa*. Si se juzga el éxito de una innovación de producción, en términos de su grado de adopción, como lo argumentó Werner (1993), entonces no hay alternativas realistas para la mayoría de los pequeños agricultores tradicionales y pobres, para los que la *Milpa* es la principal fuente de alimentos.

De esta manera, durante los últimos años, la productividad de la *Milpa* de roza tumba y quema tradicional ha disminuido, en términos de producción y de relación beneficio/costo (Cuanalo y Uicab, 2005), debido, principalmente, a la reducción del período de

barbecho y a la necesidad del empleo de herbicidas selectivos. Cuanalo y Uicab (2005) presentaron los resultados de investigación obtenidos durante los años 1996 y 1997, en el cultivo consecutivo de la *Milpa* (*Milpa Sin Quema*) mediante investigación participativa. Los resultados muestran un importante incremento del rendimiento mediante el incremento de la densidad de siembra de leguminosas locales (cultivos de cobertera), modificando las fechas de aplicación de herbicidas y aumentando las dosis de fertilizantes. Los resultados experimentales, obtenidos en "*Milpa Sin Quema*" durante los años 1998 y 1999, se presentan ahora con el objetivo de lograr un mayor entendimiento de la función agronómica y económica que desempeñan los cultivos de cobertera en las tierras tropicales.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación participativa se inició, en conjunto con los productores, desde la definición del problema a investigar, continuó con la definición conjunta de los tratamientos a experimentar, siguió con la siembra y cultivo de los tratamientos por los productores y la evaluación en el terreno de los insumos y rendimientos de los tratamientos, prosiguió con el registro de los datos por los investigadores y el análisis de resultados en reuniones con todos los productores para su interpretación y, finalmente, la divulgación de los resultados mediante presentaciones en el sitio experimental. Los productores reciben a cambio los productos de la *Milpa*. Cuanalo y Uicab (2005) describieron el método de investigación participativa, así como los resultados obtenidos en un sitio experimental con 10 productores, en 1996 y 1997. En 1998 y 1999 se instaló un experimento por año en el mismo sitio, con la participación de los mismos 10 productores. En 1999, se estableció un nuevo experimento en suelos pedregosos con la participación de tres nuevos productores. Después de que los productores y los investigadores habían interpretado los resultados obtenidos, se seleccionaron los tratamientos a emplear, insistiendo en tener, en la medida de lo posible, el mismo número de repeticiones para cada tratamiento; sin embargo, cada productor fue libre de escoger los tratamientos que quería probar. Se establecieron los tratamientos, cada uno con más de tres repeticiones, excepto en 1998, en el tratamiento con *mucuna* (*Mucuna pruriens*), en el cual sólo se plantaron dos repeticiones, debido a que sólo dos productores aceptaron seguirla sembrando. El diseño experimental

fue el mismo, bloques completamente al azar, debido a que no se pudo identificar una tendencia clara de variación del suelo entre tratamientos en los sitios experimentales. La variación se presenta principalmente dentro de la parcela de cada tratamiento experimental. Cada productor sembró una o más repeticiones de diferentes tratamientos. El tamaño de parcela utilizado fue el propuesto por los productores desde 1996, 400 m², esto es 20 m x 20 m (*mecate*). Ésta es el área sobre la cual los productores normalmente calculan la cantidad de insumos y productos de la *Milpa*. Se estimó y se registró, para cada repetición, el tiempo requerido para cada una de las tareas, así como el costo de los insumos. Se calcularon los costos de producción y el rendimiento para cada repetición y los resultados se presentan como la relación beneficio/costo (B/C). Con la finalidad de calcular el error experimental y las diferencias significativas mostradas por los diferentes tratamientos, se practicó un análisis de varianza de las principales variables de rendimiento y de la relación B/C.

Tratamientos en 1998

Con base en los resultados experimentales obtenidos en los años 1996 y 1997, se eliminó el tratamiento Con Quema, debido a que se había demostrado que era posible obtener altos rendimientos consecutivamente en la misma parcela, sin emplear la quema.

En 1998, se prosiguió con la prueba de *mucuna*, por su agresividad, y del *Ibes* (*Phaseolus lunatus* L.), por su valor de cambio y de uso; se bajaron los costos de inversión al reducir la dosis de fertilización de 36-92-0 a 27-69-0 (kg de N, P y K, respectivamente) con la disminución de 200 a 150 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico (18-46-00). También se probó, como cultivo de cobertera, al frijol *Xco'l* (*Phaseolus vulgaris* L.), que es otra leguminosa sembrada tradicionalmente por los productores en la *Milpa*. Las siembras se hicieron al inicio de las lluvias y la fertilización se realizó 15 días después.

Los tratamientos en 1998 fueron:

I. Roza sin quema, fertilización 27-69-00, 1.5 L ha⁻¹ de herbicida Paraquat (Esterón 47) y 1.5 L ha⁻¹ de 2, 4, D amina (Gramoxone), siembra de maíz asociado con *Ibes*, para evaluar el efecto del cultivo consecutivo sin quema y el comportamiento de *Ibes* como cobertera. Se sembraron cinco repeticiones.

II. Roza sin quema, fertilización 27-69-00, 1.5 L ha⁻¹ de herbicida Paraquat (Esterón 47) y 1.5 L ha⁻¹ de 2, 4, D

amina (Gramoxone), siembra de maíz asociado con frijol *Xco'l*, para evaluar el efecto del cultivo consecutivo, sin quema y el comportamiento de frijol *Xco'l* como cobertera. Se sembraron cinco repeticiones.

III. Roza sin quema, fertilización 27-69-00, 1.5 L ha⁻¹ de herbicida Paraquat (Esterón 47) y 1.5 L ha⁻¹ de 2, 4, D amina (Gramoxone), siembra de maíz y de *mucuna*, para evaluar el efecto del cultivo consecutivo, sin quema y el comportamiento de *mucuna*, como cobertera. Sólo dos repeticiones se sembraron con *mucuna* como cobertera.

Antes de la siembra se hizo un deshierbe manual y se aplicó la mezcla del herbicida. Tres días después, se sembró manualmente la asociación de maíz y leguminosa. El maíz se sembró en líneas, a 80 cm de distancia; en cada línea y a cada 40 cm, se plantaron de dos a tres semillas de la variedad criolla *Nal Xoy*, que es de bajo porte y de ciclo intermedio, dando una densidad de población de aproximadamente 62 500 plantas ha⁻¹ para todos los tratamientos. El *Ibes*, el *Xco'l* y la *mucuna* se sembraron depositando una semillas a una distancia de 40 cm, dando una densidad de siembra de aproximadamente 31 000 plantas ha⁻¹ para todos los tratamientos. Después de las primeras lluvias, se presentó un ataque de gusanos *trozadores*, los cuales comieron el follaje y terminaron con casi todas las plantas de *Ibes* y frijol *Xco'l*, pero no con las de *mucuna*. El ataque fue severo, por lo que se optó por sembrar *X'pelón*, una lenteja (*Vigna unguiculata* L.), como cultivo imbricado, el 17 de octubre de 1998 y se cosechó dos meses después como vaina, con buenos precios en el mercado local.

Tratamientos en 1999

Los resultados experimentales de 1996, 1997 y 1998 llevaron a eliminar el tratamiento con *mucuna*. La eliminación de *mucuna* como tratamiento se debió a que ésta genera productos que no tienen ni valor de cambio ni de uso y, además, mostró un comportamiento como maleza: esto es, crecimiento agresivo y con germinación en varias épocas del año. Los dos tratamientos, uno con *Ibes* y otro con frijol *Xco'l*, se mantuvieron por sus productos de alto valor de uso y de cambio. Estos tratamientos se enriquecieron con otras dos especies tradicionales de la *Milpa* y que desempeñan funciones de cultivos de cobertera, al sombrear el suelo y aportar materia orgánica al mantillo; ellas fueron las calabazas *X'top* (*Cucurbita argyrosperm* Huber) y *Xnucu'um* (*Cucurbita moschata* Duch).

En 1999, se sembraron dos lotes experimentales. Un lote en el mismo lugar que en los años 1996, 1997 y 1998, esto es, en suelos rojos, arcillosos y profundos (kankabales) en planicie. El otro lote se ubicó en un terreno que había sido rozado, quemado y sembrado con *Milpa* el año anterior, en suelos pedregosos en pendiente (altillos). Los investigadores y los productores decidieron sembrar en suelos pedregosos, al considerar haber logrado un entendimiento de la función de los cultivos de cobertera de la *Milpa*. Ambos lotes se sembraron el 6 de junio. Todos los cultivos se sembraron al mismo tiempo, para abaratar costos. En ambos lotes, se sembró la variedad sintética INIFAP V 528, de ciclo intermedio y de grano blanco (preferido por los productores).

Los tratamientos para 1999 fueron únicamente dos:

I. Roza sin quema, fertilización 27-69-00, 1.5 L ha⁻¹ de herbicida Paraquat (Esterón 47) y 1.5 L ha⁻¹ de 2, 4, D amina (Gramoxone), siembra de maíz asociado con *Ibes*, para evaluar el efecto del cultivo consecutivo, sin quema y al *Ibes* como cobertera.

II. Roza sin quema, fertilización 27-69-00, 1.5 L ha⁻¹ de herbicida Paraquat (Esterón 47) y 1.5 L ha⁻¹ de 2, 4, D amina (Gramoxone), siembra de maíz asociado con frijol *X'col*, para evaluar el efecto del cultivo consecutivo, sin quema y al frijol *X'col* como cobertera.

Antes de la siembra, se hizo un deshierbe manual y se aplicó la mezcla de herbicidas. Tres días después se sembró manualmente la asociación maíz, leguminosa y cucurbitáceas. La fertilización se hizo 15 días después de la siembra.

En el lote en suelos rojos y profundos en "planadas", se sembraron diez repeticiones de cada uno de los tratamientos. El maíz se sembró en líneas, a 90 cm de distancia; en cada línea se plantaron de dos a tres semillas a 50 cm, dando una densidad de siembra de aproximadamente 55 500 plantas ha⁻¹. El *Ibes* y el *Xco'l* se sembraron depositando una semilla en las mismas cepas, dando una densidad de población de alrededor de 22 200 plantas ha⁻¹.

En el lote en suelos pedregosos en pendiente, se sembraron tres repeticiones de cada uno de los tratamientos. El maíz se sembró, en la medida de lo posible, debido a las piedras, en líneas a 100 cm de distancia. En cada línea se sembraron de dos a tres semillas en cepas, a una distancia de 50 a 60 cm, dando una densidad de siembra de aproximadamente 45 000 plantas ha⁻¹. El *Ibes* y el frijol *Xco'l* se sembraron depositando una semilla en las mismas cepas, dando una densidad de siembra de alrededor de 18200 plantas ha⁻¹.

Las calabazas se sembraron depositando una o dos semillas cada segunda línea (2 m), en las sextas cepas, (3 m), dando una densidad de siembra del orden de 2500 plantas ha⁻¹.

Procedimientos de Estimación de Costos

Por no disponer de las facilidades para hacer las determinaciones del contenido de humedad del grano, éste se estimó en 20%. Los costos de mano de obra para 1998 fueron de \$20.00 y para 1999 de \$25.00. Los precios del maíz fueron \$1.50 kg⁻¹, para 1998, y \$1.80 kg⁻¹, para 1999. Los precios del *Ibes*, frijol *Xco'l* y semilla de las calabazas fueron de \$10.00 kg⁻¹, en 1998 y 1999. Con la información de costos y rendimientos, se calculó la relación beneficio/costo (B/C) para cada una de las repeticiones. Se utilizaron los precios medios rurales de la localidad, de 1998 y 1999, respectivamente, para los costos de semilla y agroquímicos. No se consideró el costo financiero del capital, interés, ni la renta de la tierra. Las diferencias entre tratamientos de costos, rendimientos y relaciones B/C se analizaron detenidamente en una reunión con los productores para su interpretación final.

Los productores, conjuntamente con los investigadores, hicieron la divulgación, presentando los resultados experimentales a productores de la misma comunidad de Yaxcabá y de otras comunidades, así como a autoridades del estado y directivos de instituciones oficiales que inciden en la producción de la *Milpa*. Las presentaciones se hicieron, principalmente, mediante días de campo y vistas, tanto solicitadas, como por invitación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados para el Año 1998

Los resultados experimentales de 1998 se presentan en el Cuadro 1. Los rendimientos promedio de maíz y leguminosas fueron, en todos los casos, semejantes a los obtenidos experimentalmente en los años anteriores y bastantes superiores a los obtenidos comercialmente, debido a una mayor densidad del cultivo (aproximadamente 75 000 plantas ha⁻¹ en el momento de la cosecha), a mayor resistencia a la sequía por efecto del mantillo de materia orgánica sobre el suelo y a pesar de haberse reducido en 25% la cantidad de fertilizante empleado. El Cuadro 1 también muestra los valores de la relación B/C, que incluye el valor de los cultivos

Cuadro 1. Valores promedio de insumos, costos, producción y relación B/C en suelos rojos, 1998.

Tratamiento	Jornales	Costo jornales	Costo insumos	Maíz	Leguminosas	Valor producción	Ganancia	Relación B/C
	----- ha ⁻¹ -----			----- kg ha ⁻¹ -----		----- pesos ha ⁻¹ -----		
I	113	749.50	3008.20	3146	140	6118.40	3110.20	1.97
II	93	690.50	2555.70	2431	138	5022.10	2466.30	1.86
III	96	765.00	2688.30	2583	13	3875.00	1186.70	1.47

asociados y el cultivo imbricado (*X'pelón*). También la relación B/C es muy superior (> 1.47 y hasta 1.97) a los valores obtenidos, en general, debido al incremento del valor de la producción dada por los cultivos asociados e imbricado.

Los principales parámetros estadísticos obtenidos del experimento en suelos rojos se presentan en el Cuadro 2. Los rendimientos de maíz y leguminosas y la relación B/C no muestran diferencias significativas entre tratamientos. Los coeficientes de variación (CV), por el contrario, muestran una amplia variación. El CV para maíz es aceptable. El CV para las leguminosas (206%) es muy alto y se explica, primero, por el efecto del período de sequía después de la siembra, seguido por el ataque de gusanos *trozadores*, lo cual disminuyó la población de maíz, que no dañó a la población de *mucuna*, pero que eliminó en manchones, dentro de cada tratamiento, una parte importante del *Ibes* y del *Xco'l*. Como se mencionó en la metodología, en las cepas sin *Ibes* y *Xco'l* se sembró, imbricado, *X'pelón*, que es una lenteja de uso local. El CV de la relación B/C resulta mucho menor que el de rendimiento de leguminosas, debido a que se consideraron, además de los ingresos de *Ibes* y *Xco'l*, los del *X'pelón*, que se estimaron con base en el precio del manojito de vainas, que es como se venden en el mercado local. Ésta es una opción que usan los productores ante la sequía y el ataque de plagas.

Resultados para el Año 1999

En 1999, se sembraron dos lotes experimentales: uno en suelos rojos profundos en planicie y otro en suelos pedregosos en pendiente. En ambos casos, se optó por incluir como cultivos de cobertera y asociados además del *Ibes* y el *Xco'l*, a las calabazas.

Los resultados experimentales, promedio de 1999, obtenidos en la misma parcela empleada desde 1986 con suelos rojos profundos y en planicie, se presentan en el Cuadro 3. La diferencia más evidente entre

tratamientos son los rendimientos de *Ibes* y *Xco'l* y de calabazas, esto se debió a que, durante los meses de septiembre y octubre de 1999, se presentó una alta humedad relativa que, junto con las altas densidades de población, favoreció el desarrollo de pudriciones en el *Xco'l*, muriendo plantas en manchones; sin embargo, esto favoreció un mayor desarrollo de las calabazas que, en promedio, doblaron su rendimiento en comparación con el tratamiento con *Ibes*.

El Cuadro 4 muestra los principales parámetros estadísticos del experimento en suelos rojos, del año 1999.

El Cuadro 4 sólo muestra diferencias significativas entre los rendimientos de *Ibes* y *Xco'l*, a pesar de tener un alto CV (47%). Esta diferencia significativa se debió a pudriciones que presentó el *Xco'l* en manchones. El Cuadro 4 muestra diferencias significativas entre rendimientos de semilla de calabaza, con un CV de 103%, que se explica por la baja densidad de población de la calabaza (8000 ha⁻¹) y, seguramente, por la competencia por luz dentro de la *Milpa*. Finalmente, el Cuadro 4 no muestra diferencias significativas entre promedios de tratamientos de la relación B/C, a pesar de tener un coeficiente de variación de 14%. La relación B/C no muestra diferencias significativas debido al efecto compensatorio en la producción de semilla de calabaza que, en promedio, produjo el doble cuando estuvo asociada con *Xco'l* que con *Ibes*.

Los bajos y altos CV de los rendimientos de los diferentes cultivos de la *Milpa* se explican por

Cuadro 2. Parámetros estadísticos del experimento en suelos rojos profundos, 1998.

Concepto	F calculada	Nivel de significación	Significación	Coficiente de variación
				%
Maíz	2.795	0.114	No	18
Leguminosas	0.224	0.803	No	206
Relación B/C	0.851	0.459	No	25

Cuadro 3. Valores promedio de insumos, costos, producción y relación B/C, en suelos rojos, 1999.

Tratamiento	Jornales	Costo jornales	Costo insumos	Maíz	Ibes y Xco'l	Calabazas	Valor producción	Ganancia	B/ C
	----- ha ⁻¹ -----			----- kg ha ⁻¹ -----			----- pesos ha ⁻¹ -----		
I	118	813.00	3769.90	2319	358	26	8011.20	4241.30	2.09
II	93	764.50	3078.00	2151	143	56	5858.60	2780.60	1.87

la incidencia de pudriciones del frijol *Xco'l*, que dieron oportunidad a las calabazas a producir mayores rendimientos.

Los resultados experimentales promedio obtenidos en 1999, en suelos pedregosos, en pendiente, se presentan en el Cuadro 5. La diferencia fundamental está en los rendimientos del frijol *Xco'l*, que son el doble del *Ibes* en condiciones de suelos pedregosos en pendiente (altillo), esto se debe probablemente a la mayor resistencia del *Xco'l* a la sequía.

El Cuadro 6 presenta algunos parámetros estadísticos del experimento en suelos pedregosos de 1999; en este cuadro, los rendimientos de maíz no muestran diferencias significativas entre los tratamientos, a pesar de tener un CV de 3%. Los rendimientos de cultivos asociados, por el contrario, muestran diferencias significativas a 5% de probabilidad y un CV de 27%.

Por último, el Cuadro 6 muestra diferencias significativas a 5.4% y con un CV de 11% para la relación B/C. Los CV son bajos para maíz (3%), aceptables para cultivos asociados (27%) y bajos para la relación B/C (11%), que se explica por el efecto de la sequía en el *Ibes*.

Años 1998 y 1999

Los resultados experimentales en suelos rojos, profundos, en planicie, en 1998 y 1999, no muestran diferencias significativas entre tratamientos en la producción de maíz. Los rendimientos de maíz en 1998 fueron superiores a 2500 kg ha⁻¹ en contraste con los rendimientos de 1999 que fueron superiores a 2100 kg ha⁻¹. La variación de los rendimientos entre años se explica, principalmente, por la disminución de la densidad de siembra (55 500 en 1998 y 45 000 en 1999)

Cuadro 5. Insumos, costos, producción y relaciones B/ C, en suelos pedregosos, 1999.

Tratamiento	Jornales	Costo jornales	Costo insumos	Maíz	<i>Ibes y Xco'l</i>	Calabazas	Valor producción	Ganancia	B/ C
	----- ha ⁻¹ -----			----- kg ha ⁻¹ -----			----- pesos ha ⁻¹ -----		
I	69	690.50	2424.70	983	150	25	3270.00	845.30	1.34
II	85	690.50	2806.30	1016	300	25	4830.00	2023.70	1.72

y también, en parte, por la distribución de las lluvias. La producción de *Ibes* y frijol *X'col* tampoco muestra diferencias significativas entre tratamientos, pero es debido a los altos CV, generados por las condiciones climáticas y a su susceptibilidad a las plagas y enfermedades. Los cultivos de cobertera incrementan la productividad de la *Milpa*, debido a sus precios altos, en relación con el precio del maíz. La relación B/C, al considerar tanto a la producción de maíz como de cultivos asociados e imbricados, refleja la compensación de las pérdidas debido a sequía, plagas y enfermedades de los cultivos, mediante la producción imbricada de *X'pelon*, en 1998, y asociados (calabazas), en 1999.

Los resultados de la investigación participativa obtenida, en 1998 y 1999, confirman los resultados obtenidos, en 1996 y 1997, por Cuanalo y Uicab-Covoh (2005), de la importancia de los cultivos de cobertera en el control de arvenses, la conservación de la humedad del suelo y los cambios bruscos de temperatura del suelo. El efecto de los cultivos de cobertera se inicia con el *mantillo* formado por los residuos de cosecha del ciclo anterior, mediante la cobertura del suelo. Durante las primeras semanas, debido a su rápido crecimiento,

Cuadro 4. Parámetros estadísticos del experimento en suelos rojos profundos, 1999.

Concepto	F calculada	Nivel de significación	Significación	Coefficiente de variación
				%
Maíz	0.324	0.576	No	29
<i>Ibes y Xco'l</i>	16.716	0.001	Alta	47
Calabazas	2.500	0.131	No	103
Relación B/ C	2.824	0.110	No	14

Cuadro 6. Parámetros estadísticos del experimento en suelos pedregosos de 1999.

Concepto	F calculada	Nivel de significación	Significación	Coefficiente de variación %
Maíz	2	0.230	No	3
Asociados	9	0.040	Significativa	27
Relación B/C	7.263	0.054	No	11

la calabaza *X'top* también cubre al suelo. A 40 días aproximadamente, el follaje del maíz ha cubierto el suelo y después, al terminar su ciclo y con la "dobla", se inicia la cobertura de las leguminosas y la calabaza *Xnu'cum*. Finalmente, la disponibilidad de humedad para el crecimiento de vegetales, los residuos forman un nuevo *mantillo* orgánico. El crecimiento de las asociaciones de cultivos de maíz con leguminosas y calabazas, como cobertera, es la base de una producción consecutiva en el trópico.

Los rendimientos experimentales son muy superiores a los obtenidos normalmente en las *Milpas* comerciales, debido al efecto del *mantillo* y el incremento en la densidad de población de todos los cultivos (Rasmussen y Terán, 1992), el eficiente control de arvenses y la fertilización (Reyes y Aguilar, 1992; Weisbach *et al.*, 2002).

Los productores de Yaxcabá sembraron del orden de 80 ha de *Milpa Sin Quema*, en 1998, utilizando *Ibes*. Tres años después, el informe del gobierno de Yucatán (Cervera, 2001) señaló que se habían sembrado 28 390 ha de *Milpa Sin Quema* mediante el programa oficial de roza, tumba, pica, que corresponde a un poco más de 10% de la superficie del estado sembrada con *Milpa*. Así, la *Milpa Sin Quema* es una innovación del proceso de producción agrícola con un importante impacto en la producción de maíz, *Ibes*, frijol *Xco'l*, *X'pelón* y calabazas. Estos resultados contrastan con los obtenidos por el Programa de Manejo y Conservación de los Recursos del Trópico (Jiménez-Osornio *et al.*, 1997), quienes mantuvieron *mucuna* como planta cobertera durante cuatro años de investigación en las parcelas de los productores. El grado de adopción en la localidad de estudio cubrió una superficie no mayor de decenas hectáreas (Eastmond y Faust, 2005). Los resultados del presente estudio también difieren con los de Bunch y Kadar (2004), obtenidos para México, Guatemala y Honduras, debido a que consideran áreas

con precipitación mayor de 2000 mm, mientras que en Yucatán la mayor parte de las superficies de *Milpa* registra promedios de lluvia no mayores de 1600 mm.

CONCLUSIONES

- La producción consecutiva, rentable y de altos rendimientos de la *Milpa* se logra mediante la eliminación de la quema, el incremento de las densidades de siembra de los cultivos tradicionales (maíz, leguminosas y calabazas), además del uso de herbicidas y fertilizantes. Esto conlleva a un incremento en la inversión en jornales, semillas y agroquímicos, lo cual aumenta el riesgo, en condiciones de temporal de lluvias erráticas.
- La asociación de cultivos de maíz, leguminosas y calabazas, que es la *Milpa*, presenta una sincronización en la producción de los cultivos, además, estabiliza la producción mediante un efecto compensatorio, ya que al sufrir daños un cultivo, otro incrementa su producción.
- El sistema de producción de *Milpa Sin Quema* es sustentable, ya que es socialmente aceptado, como lo muestra su adopción, económicamente rentable, como se deriva de sus relaciones B/C, y ambientalmente amigable, ya que, mediante su producción consecutiva, principalmente en suelos profundos, permitiría la recuperación de la vegetación en los suelos pedregosos.

LITERATURA CITADA

- Buckles, D. 1995. Velvet bean: a "new" plant with a history. *Econ. Bot.* 49: 13-25.
- Bunch, R. 1994. The potential of slash mulch for relieving poverty and environmental degradation. pp. 5-9. *In:* H.D. Thurston *et al.* (eds.). *Tapado slash mulch: how farmers use it and what researchers know about it*. Centro de Agricultura Tropical de Investigación y Enseñanza-Cornell International Institute for Food Agriculture and Development- Cornell University. Ithaca, NY, USA.
- Bunch, R. 1995. The use of green manures by villager farmers: what we have learned to date. Technical Report 3. Centro Internacional de Información sobre Cultivos de Cobertera. Tegucigalpa MDC, Honduras.
- Bunch, R. 2001. The Overstory, #29. Tropical green manures/cover crops. (<http://www.agroforester.com/overstory/overstory29.html>). Consultado 19 julio 2004.
- Bunch, R. y A. Kadar. 2004. La mucuna en los sistemas de agricultura de bajos insumos externos en Mesoamérica. *LEISA Rev. de Agroecología* 20:16-18. (<http://www.leisa-al.org.pe/>). Consultado 26 agosto 2005.
- Castillo M., A., R. Mariaca M. y E. Hernández X. 1995. Un procedimiento para realizar experimentación agrícola para maíz en suelos pedregosos de Yucatán, México. pp. 369-380. *In:*

- Hernández X., E., E. Bello B., y S. Levy T. (ed.). La Milpa en Yucatán. Vol. 2. Colegio de Postgraduados. Montecillo, estado de México.
- Cervera-Pacheco, V. M. 2001. Sexto Informe de Gobierno. Poder Ejecutivo. Gobierno del Estado de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Cuanalo, H. E. y R. A. Uicab-Covoh. 2005. Investigación participativa en la Milpa Sin Quema. *Terra Latinoamericana* 23: 587-597.
- Cuanalo de la C., H. E., W. Llanes Ch., I. Hernández M., J. Canul K., A. Uicab C y E. Díaz H. 1998. El desarrollo rural perdurable en Yucatán. pp. 78-88. In: A. Pedroza S. J. Ruiz T. L. Alaniz G. (eds.). Desarrollo rural sustentable: experiencias, enfoques y perspectivas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, estado de México.
- Eastmond, A. y B. Faust 2005. Farmers, fires and forest: a green alternative to conservation of the Maya forest? Landscape for urban planning. *Land and urban planning*. Vol. 76. (<http://www.sciencedirect.com>). Consultado: 26 agosto 2005.
- Hernández X., E. 1959. La Agricultura en la Península de Yucatán. In: Beltrán E. (ed.). Los recursos naturales del Sureste y su aprovechamiento 3: 3-57. IMRNR. México, D. F.
- Jiménez-Osornio, J., M. K. Moo M., I. S. López F., A. López P., F. Ancona B., A. Mendoza E. F. Xuluc T., R. Camara S. y K. Nelson. 1997. Investigación en Sahcabá, Yucatán: la experiencia de PROTRÓPICO-FMVZ-UADY. Red de Gestión de Recursos Naturales y Fundación Rockefeller. México, D. F.
- Mariaca M., R. 1992. La fertilidad de los suelos en la Milpa Bajo Roza-Tumba-Quema en Yucatán. pp. 215-226. In: D. Zizumbo V., C. H. Rasmussen, L. Arias R. y S. Terán C. (eds.). La Modernización de la Milpa en Yucatán: utopía o realidad. Ministerio de Relaciones Exteriores de Dinamarca. Mérida, Yucatán, México.
- Rasmussen, H. C. y S. Terán C. 1992. Siembra: diversidad, dinámica y patrón de cultivo en la Milpa. pp. 227-245. In: D. Zizumbo V., C. H. Rasmussen, L. Arias R. y S. Terán C. (eds.). La modernización de la Milpa en Yucatán: utopía o realidad. Ministerio de Relaciones Exteriores de Dinamarca. (DANIDA). Mérida, Yucatán, México.
- Reyes, G. D. y G. Aguilar C. 1992. Intensificación de la Milpa en Yucatán. pp. 347-358. In: D. Zizumbo V., C. H. Rasmussen, L. Arias R. y S. Terán C. (eds.). La Modernización de la Milpa en Yucatán: utopía o realidad. Ministerio de Relaciones Exteriores de Dinamarca. (DANIDA). Mérida, Yucatán, México.
- Terán, S. y C. Rasmussen. 1994. La Milpa de los Mayas. Ministerio de Relaciones Exteriores de Dinamarca (DANIDA). Mérida, Yucatán, México.
- Weisbach, C., H. Tiessen y J. J. Jiménez-Osornio. 2002. Soil fertility during shifting cultivation in tropical Karst soils of Yucatan. *Agronomie* 22: 253-263.
- Werner, J. 1993. Participatory development of agricultural innovations: procedures and methods of on farm research. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit-Swiss Development Cooperation. Eschborn, Germany.