

CONTRIBUCIÓN DE LOS BARBECHOS CORTOS EN LA RECUPERACIÓN DE LA FERTILIDAD DEL SUELO EN MILPAS DEL ESTADO DE YUCATÁN, MÉXICO

G. Uribe-Valle¹; J. Petit-Aldana²

¹Investigador del Campo Experimental Mocochá,
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias. Yucatán, México.
Correo-e: uribe.gabriel@inifap.gob.mx

²Profesora de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales,
ULA, Mérida, Venezuela.
Correo-e: jcpetita@ula.ve

RESUMEN

Durante 2006 en Yucatán se establecieron aproximadamente, 167,000 hectáreas con agricultura migratoria, en asociaciones de maíz con frijol, calabaza y hortalizas, en tierras con diferentes periodos de barbecho que son aprovechados por tres años. El objetivo del presente trabajo fue determinar el comportamiento químico del suelo al evaluar tres coberturas y dos periodos de barbecho, así como también la fase de cultivo. Los tipos de cobertura vegetal: *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. subespecie *leucocephala*, *Mucuna pruriens* y vegetación secundaria, con dos y cuatro años de barbecho, establecidos en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Se determinaron los contenidos nutrimentales en tres tiempos: 1998 después de dos años de establecidos los barbechos de cuatro años, 2001 al cumplirse los barbechos de dos y cuatro años e iniciar la fase de cultivo y 2004 a tres años de uso continuo del terreno. Al final de los periodos de barbecho *Leucaena* mejoró en mayor medida el contenido de K, Ca y Mg, mientras que *Mucuna* el NO₃ y la vegetación secundaria la materia orgánica. El barbecho de dos años registró valores superiores en el contenido de materia orgánica, NO₃ y K, al compararlo con el de cuatro años, que superó al de dos años en el contenido de Mg.

PALABRAS CLAVE: agricultura migratoria, barbecho, nutrimentos, *Leucaena leucocephala*, *Mucuna pruriens*, vegetación secundaria.

SHORT FALLOWES CONTRIBUTION TO RECUPERATE SOIL FERTILITY IN MILPAS OF YUCATAN, STATE, MEXICO

SUMMARY

In the year 2006 Yucatan State was settled down approximately 167,000 hectares with shifting cultivation, in maize associations with beans, pumpkin and vegetables, with different fallow periods afterward three years of use. The objective of this work was to determine the chemical behavior of the soils, by evaluating two leguminous species and two short fallow periods, as well as the phase of maize crop. In three types of vegetal cover; *Leucaena leucocephala*, *Mucuna pruriens* and secondary vegetation, with two and four years of fallow, a completely randomized design with four repetitions was established and the nutriment quantities in three intervals were determined: 1998 after two years of established the fallows of four years, 2001 when being complete the fallows of two and four years and starting the maize crop phase and 2004 three years of continuous land use. At the end of the fallow periods, *Leucaena* improved K, Ca and Mg quantities, while *Mucuna* the NO₃ and the secondary vegetation the organic matter. Fallow of two years registered superior values in organic matter content, NO₃ and K, when comparing with 4 years fallow, that better than the two years in Mg.

KEY WORDS: shifting cultivation, chemical behavior, nutriments, *Leucaena leucocephala*, *Mucuna pruriens*, secondary vegetation.

INTRODUCCIÓN

La agricultura migratoria, itinerante o "milpa" es un sistema de producción de subsistencia en el estado de Yucatán, México. Durante 2006 se estableció una superficie de aproximadamente 167,000 h, que representó 93.7 % del total de la superficie establecida en condiciones de temporal (SIAP, SAGARPA, 2007). En esa área se estableció el cultivo de maíz asociado a frijol, calabaza y algunas hortalizas en suelos con diferentes periodos de barbecho que pueden variar de dos a diez años o más; la importancia de este sistema radica en que proporciona productos agrícolas básicos para la dieta de las familias y algunos excedentes que generalmente se utilizan para alimentación de animales domésticos de traspatio. La tierra es usada de uno a tres años en forma consecutiva. Por la disminución de la fertilidad de los suelos a consecuencia de la pérdidas de nutrientes por lixiviación o por remoción a través de la cosecha, perdiéndose la productividad de la tierra, por lo que el productor decide abandonar el terreno para permitir una recuperación de la cobertura vegetal, fomentando la sucesión ecológica y restablecimiento de los ciclos de los nutrientes, para retornar al mismo sitio después de cinco a veinte años (Bandy *et al.*, 1993; Nair, 1993; Torquebiau, 1993).

Investigaciones realizadas en Yucatán, México, indican que periodos de barbecho, menores de 10 años no permiten una adecuada recuperación de la fertilidad del suelo, con lo que se afecta el rendimiento de los cultivos y la permanencia en un mismo sitio (Navarrete *et al.*, 1982). La importancia del periodo de barbecho sobre la regeneración de la productividad del suelo manifestada por Nye y Greenland, (1960).

Duch (1992), considera que la edad óptima de barbecho es de aproximadamente 16 años, pero Arias (1980) reporta que agricultores de Yucatán, México, utilizaron periodos de barbecho que variaron de tres a cincuenta años y que 64 % de los productores tenían terrenos con menos de 16 años de barbecho, situación similar fue reportada por CIAPY (1984).

El éxito del sistema está basado en el reciclaje de nutrientes, en la supresión de las arvenses (malezas) y plagas durante el periodo de barbecho (Bandy *et al.*, 1993), de ahí se desprenden las sugerencias al mejoramiento del barbecho con la incorporación de vegetación leñosa como una forma de contribuir al mantenimiento de la productividad del suelo (Nair, 1993).

El objetivo del presente trabajo es determinar el comportamiento químico del suelo mediante la evaluación de tres tipos de coberturas y dos periodos cortos de barbecho, así como la fase de cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental fue establecido en terrenos del Campo Experimental Uxmal, en Muna, Yucatán, México, durante nueve años (1996-2004), situado en los paralelos 20° 25' de latitud norte y 89° 46' de longitud oeste, a una elevación de 50 m. El Campo Experimental pertenece al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Los suelos son del tipo alfisol cuyas características químicas se muestran en el Cuadro 2, bajo condiciones de quema y no quema. El clima es de tipo Aw_0 , el cual es el más seco de los cálidos subhúmedos con lluvias en verano y un cociente de precipitación/temperatura (índice de Lang) menor de 43.2, con temperatura media anual de 25 °C y precipitación media anual de 900 mm (Uribe *et al.*, 2004).

Los factores a considerar son el tipo de cobertura (*Leucaena leucocephala*, *Mucuna pruriens* y vegetación secundaria) y los periodos de barbecho (dos y cuatro años) sobre los nutrientes del suelo (NO_3 , P, K, Ca, Mg, Cu, Fe Mn y materia orgánica), durante la fase de evaluación se estableció el cultivo de maíz con la variedad de polinización libre V-539. La siembra de maíz se realizó a un metro entre surcos (hileras) y 50 cm entre plantas dejando dos plantas por cepa. Los tratamientos se establecieron en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, la parcela experimental fue de 12 metros de ancho por 26 de largo para dejar una parcela útil de 24 m². El establecimiento del trabajo a través del tiempo se registra en el Cuadro 1.

Durante 1996 la vegetación existente se cortó, quemó y se establecieron los barbechos de cuatro años, este año se consideró como el año cero, las leguminosas se establecieron a una distancia de un metro entre hileras y un metro entre plantas para *Mucuna* y un metro entre plantas y dos metros entre hileras para *Leucaena*; en 1998 se establecieron los tratamientos de barbecho corto de dos años y se consideró de igual forma como año cero.

Todos los barbechos culminaron su periodo en el año 2000 y durante dicho periodo se realizó un muestreo de suelo en los años de 1996 (antes y después de quema), 1998, 2001 previo al establecimiento del cultivo y 2004 para determinar la variación en el contenido nutrimental, la profundidad de muestreo fue de 0-30 cm extrayéndose cinco submuestras por tratamiento y se realizaron las determinaciones químicas rutinarias de pH, MO, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu y Mn.

Se efectuó un análisis estadístico de acuerdo al diseño experimental utilizado en el establecimiento de los tratamientos y el análisis nutrimental conforme con los límites establecidos por Castellanos *et al.* (2000).

CUADRO 1. Calendario de establecimiento de los tratamientos de barbecho corto a través del tiempo (1996 – 1998), en Uxmal, Muna, Yucatán, México.

Tratamiento	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
<i>Leucaena</i> 2 años	C	C	CB	B	B	C	C	C	C
<i>Leucaena</i> 4 años	CB	B	B	B	B	C	C	C	C
<i>Mucuna</i> 2 años	C	C	CB	B	B	C	C	C	C
<i>Mucuna</i> 4 años	CB	B	B	B	B	C	C	C	C
V. Espontánea 2 años	C	C	CB	B	B	C	C	C	C
V. Espontánea 4 años	CB	B	B	B	B	C	C	C	C
Uso continuo	C	C	C	C	C	C	C	C	C

V: Vegetación; C: Cultivo de maíz; CB: Cultivo de maíz y establecimiento de la especie leguminosa; B: año de barbecho.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto de la quema se reflejó en un incremento en el contenido de materia orgánica en forma significativa ($P \leq 0.05$), además generó aumento en el contenido de fósforo, potasio, calcio y pH; disminuyendo el contenido de magnesio y la capacidad de intercambio catiónico.

Los contenidos reportados en el Cuadro 2, según Castellanos *et al.* (2000), corresponden a los niveles: medio para materia orgánica y P, muy alto para K, alto para Ca y el pH ligeramente alcalino, se observó que la quema aumentó los contenidos de materia orgánica en forma significativa, P, K, Ca y el pH. Al realizar los cálculos de las proporciones de Ca/K (7.97 y 7.14), para sin y con quema, respectivamente) y K/Mg (0.66 y 0.76, en el orden anterior); estos valores sugieren que el K puede ser un factor limitante para la producción agrícola.

Durante 1998 a dos años de barbecho de los tratamientos de cuatro años y de establecimiento del barbecho de dos años, se registró un valor de materia orgánica dentro del nivel alto (3.34 %), los NO_3 reportaron un valor de $19.87 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, el P alcanzó el nivel muy bajo, el K se ubicó en el nivel moderadamente alto, el Ca en el nivel medio, el Mg en moderadamente bajo, el Cu se encontró moderadamente bajo, el Fe en el nivel muy bajo y el Mn

moderadamente alto (Cuadro 3.) Durante este tiempo la relación K/Mg reportó un valor de 2.23 que es considerado por Tisdale *et al.*, (1993) como adecuado para la producción de granos básicos, en tanto la relación Ca/Mg el valor medido fue de 8.37 el cual es considerado por el mismo autor como adecuado, ya que el contenido de Ca no provocará una deficiencia de Mg.

Al final de los periodos de barbecho de dos y cuatro años los contenidos nutrimentales variaron y se registró una ganancia de 31.7 % en materia orgánica, 62.07 % en nitratos, una pérdida de 32.9 % en el contenido de P, pero el contenido de K se incrementó 31.1 %, el Ca perdió 9.8 % con respecto a 1998, pero el Mg incrementó su contenido 2.06 % el Cu, Fe y Mn disminuyeron 33.7, 52.1 y 50.1 %, respectivamente, lo anterior puede dar una indicación de que las leguminosas establecidas, consumieron dichos porcentajes de los disponibles en el suelo durante 1998. Durante esta etapa los contenidos se reportaron dentro del nivel muy alto para materia orgánica, bajo para P, moderadamente alto para K, medio en Ca, al igual que para Mg, moderadamente bajo en Cu, muy bajo en Fe y Mn moderadamente alto de acuerdo a

CUADRO 3. Contenidos de nutrimentos en el suelo alfisol después de dos (1998) y cuatro (2001) años de barbecho y después de cuatro años de cultivo consecutivo (2004), en Uxmal, Yucatán, México.

Propiedad	1998 (2 años)	2001 (4 años)	2004 (Cultivo consecutivo)
Materia orgánica (%)	3.34	4.40	3.86
Nitratos (ppm)	5.30	8.59	5.00
Fósforo (ppm)	4.50	3.02	2.56
Potasio (ppm)	444.11	582.21	574.11
Calcio (ppm)	1,885.54	1,700.43	698.21
Magnesio (ppm)	199.11	203.21	196.43
Cobre (ppm)	0.89	0.59	0.40
Hierro (ppm)	0.71	0.34	0.59
Manganeso (ppm)	48.70	24.28	5.06

ppm: partes por millón o bien $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

CUADRO 2. Características químicas del suelo alfisol (K'ankab, nomenclatura maya), en Uxmal, Yucatán, México. 1996.

Parámetro	Manejo del suelo	
	Sin quema	Con quema
Materia orgánica (%)	2.96	3.37*
Fósforo ($\text{mg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	91.09	98.44
Potasio ($\text{mg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	1,150.42	1,308.49
Magnesio ($\text{mg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	1,745.10	1,730.36
Calcio ($\text{mg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	9,172.76	9,348.22
pH (H_2O 1:1)	7.09	7.39
ClC $\text{meq} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$	17.55	17.26

*Diferencia mínima significativa al 95 % de probabilidad mediante Diferencia Mínima Significativa. $\text{mg} \cdot \text{ha}^{-1}$: miligramos por hectárea.

Castellanos *et al.* (2000).

Para la relación K/Mg se reportan valores de 2.23 para los dos primeros años de barbecho (1988), al cumplirse los periodos de barbecho de dos y cuatro años la relación alcanza un valor de 2.86, el valor de la relación aumentó en 28.2 %, por lo que se considera como adecuado para la producción de cultivos básicos como el maíz de acuerdo con Tisdale *et al.* (1993). Otra de las relaciones que deben considerarse para evitar que se provoque una deficiencia de algún nutrimento es la de Ca/Mg, que durante esta fase reportó un valor de 8.37 la cual, también es considerada como adecuada por Tisdale *et al.*, (1993), ya que para generar una deficiencia de Mg se requiere de un valor mayor de 10 a 15.

Durante la fase de establecimiento del maíz (tres años consecutivos, 2001-2004) se observó una pérdida muy significativa del contenido de algunos nutrimentos alcanzado al final de los periodos de barbechos evaluados (2001), la materia orgánica registró una pérdida de 12.3 %, al igual que los NO₃ (41.8 %), el P (15.2 %), el K (1.4 %), el Ca (58.9 %), el Mg (3.3 %), el Cu (32.2 %) y el Mn (79.2 %), obteniendo ganancias sólo para el Fe con 73.5 % (Cuadro 3). Los niveles alcanzados de acuerdo con Castellanos *et al.* (2000) se encuentran en alto para materia orgánica, los nitratos reportan un valor de 5.00 mg·kg⁻¹, que se considera como bajo, el P presentó un nivel muy bajo, el K fue moderadamente alto, el Ca fue bajo, para Mg fue moderadamente bajo, el Cu un nivel bajo, el Fe muy bajo y el Mn moderadamente bajo (Cuadro 3). La proporción K/Mg reportó 2.92, el cual continua siendo un valor adecuado para la producción de granos básicos de acuerdo con Tisdale *et al.* (1993).

De acuerdo al valor obtenido de la relación Ca/Mg de 3.55, se muestra que aun cuando existe una disminución de 57.6 % en la relación con respecto al obtenido al final de los periodos de barbecho, esta relación no presenta ningún riesgo de provocar una deficiencia de Mg de acuerdo con Tisdale *et al.* (1993).

La contribución que registró cada una de las coberturas vegetales evaluadas con el aporte de nutrimentos se muestra en el Cuadro 4.

Con respecto al contenido de materia orgánica se aprecia que éste se incrementó durante los periodos evaluados con *Mucuna*, mientras que la vegetación espontánea y *Leucaena* lo acrecentaron hasta el final de los periodos de barbecho, pero disminuyeron su contenido durante la fase de cultivo 8.0 y 31.5 % para *Leucaena* y vegetación espontánea, respectivamente. Los NO₃ aumentaron hasta el final de los periodos de barbecho y *Mucuna* fue la especie que mayor concentración presentó con 9.46 mg·kg⁻¹ y el incremento fue de 174.2 % en comparación con el observado durante 1998. El P alcanzó

CUADRO 4. Contribución de las coberturas vegetales evaluadas en los contenidos nutrimentales en el suelo alfisol durante los años 1998, 2001 y 2004. Uxmal, Yucatán, México.

Vegetación	1998	2001	2004
Materia Orgánica (%)			
<i>Leucaena Leucocephala</i>	3.49	4.10	3.77
<i>Mucuna Pruriens</i>	3.17	3.79	4.05
Vegetación espontánea	3.46	5.65	3.87
Nitratos (mg·kg⁻¹)			
<i>Leucaena Leucocephala</i>	4.90	8.13	5.18
<i>Mucuna Pruriens</i>	3.45	9.46	4.72
Vegetación espontánea	3.19	7.68	5.20
Fósforo (mg·kg⁻¹)			
<i>Leucaena Leucocephala</i>	3.81	3.16	2.50
<i>Mucuna Pruriens</i>	4.31	2.33	3.07
Vegetación espontánea	4.23	2.40	1.93
Potasio (mg·kg⁻¹)			
<i>Leucaena Leucocephala</i>	434	605	5.66
<i>Mucuna Pruriens</i>	440	541	578
Vegetación espontánea	472	554	576
Calcio (mg·kg⁻¹)			
<i>Leucaena Leucocephala</i>	1,927	1,971	643
<i>Mucuna Pruriens</i>	1,971	1,650	887
Vegetación espontánea	1,856	1,576	578
Magnesio (mg·kg⁻¹)			
<i>Leucaena Leucocephala</i>	193	206	184
<i>Mucuna Pruriens</i>	196	200	222
Vegetación espontánea	193	198	181
Cobre (mg·kg⁻¹)			
<i>Leucaena Leucocephala</i>	0.85	0.65	0.45
<i>Mucuna Pruriens</i>	0.90	0.70	0.40
Vegetación espontánea	0.95	0.50	0.35
Hierro (mg·kg⁻¹)			
<i>Leucaena Leucocephala</i>	0.90	0.15	0.45
<i>Mucuna Pruriens</i>	0.70	0.45	0.40
Vegetación espontánea	0.55	0.50	0.35
Manganeso (mg·kg⁻¹)			
<i>Leucaena Leucocephala</i>	46.20	31.00	5.45
<i>Mucuna Pruriens</i>	50.20	25.20	5.35
Vegetación espontánea	43.70	22.60	4.62

pérdidas en las últimas dos evaluaciones (2001 y 2004), con respecto a los valores observados durante 1998, *Mucuna* fue la especie en la que se observó la mayor pérdida P, al reportar 45.9 % de 1998 a 2001, la menor pérdida se registró con *Leucaena* durante este mismo periodo con 17.1 %. Con respecto a K, las tres coberturas vegetales reportan incrementos desde 1998 a 2001 en 39.4, 22.9 y 17.4 % para *Leucaena*, *Mucuna* y vegetación espontánea, respectivamen-

te. Aunque durante la fase de cultivo *Leucaena* disminuyó su contenido en 6.4 %. El Ca sólo reportó incrementos durante la fase de barbecho con *Leucaena* (2.3 %), mientras que *Mucuna* y la vegetación espontánea disminuyeron 16.3 y 15.1 %, respectivamente.

El Mg obtuvo aumentos en su contenido con *Mucuna* de 1998 a 2004, mientras que *Leucaena* y la vegetación espontánea generaron incrementos hasta el final de los periodos de barbecho (2001) con 6.7 y 2.6 % respectivamente, para posteriormente durante la fase de cultivo reportar unas pérdidas de 10.7 y 8.6 % para los tres tipos de cobertura vegetal. El Cu alcanzó pérdidas graduales con las mismas coberturas de 1998 hasta 2004, situación similar se observó con el Fe en *Mucuna* y la vegetación espontánea. El Mn al igual que el Cu reportó pérdidas continuas de 1998 a 2004.

Todo lo anterior puede indicar que cada una de las coberturas vegetales evaluadas, tienen una contribución diferencial en la aportación de los nutrimentos y cantidades al suelo.

Al final de los periodos de barbecho (2001) *Leucaena* mejoró en mayor proporción el contenido de K, Ca y Mg, mientras que *Mucuna* únicamente a los NO₃ y la vegetación espontánea a la materia orgánica.

La contribución de los periodos de barbecho en el cambio de los contenidos nutrimentales se registra en el Cuadro 5 donde se reportan los valores determinados por el laboratorio para cada caso.

Tanto la materia orgánica como los NO₃, registraron aumentos en su contenido de 1998 a 2001 al final de los periodos de barbecho de dos y cuatro años, mientras que el P registra pérdidas, en contraste el K y Mg reportan incrementos al finalizar los periodos de barbecho y Ca, Cu, Fe y Mn registraron pérdidas en su contenido al pasar de 1998 a 2001.

El periodo de barbecho de dos años registró valores superiores en el contenido de materia orgánica, NO₃ y K, al compararlos con el de cuatro años y éste superó al de dos años en el contenido de Mg, únicamente (Cuadro 5).

CONCLUSIONES.

Los barbechos cortos de dos y cuatro años contribuyen en la recuperación de la fertilidad del suelo de algunas propiedades químicas al observarse una mejoría en los contenidos de materia orgánica, NO₃, K y Mg.

Las coberturas vegetales evaluadas contribuyeron al restablecimiento de la fertilidad del suelo en diferentes proporciones, observándose que *Leucaena* mejoró en mayor

CUADRO 5. Contribución del periodo de barbecho en los contenidos nutrimentales en el suelo alfisol durante los años 1998, 2001 y 2004. Uxmal, Yucatán, México.

Periodo de barbecho	1998	2001	2004
Materia Orgánica (%)			
2 años	3.43	4.86	3.98
4 años	3.32	4.17	3.82
Nitratos (mg·kg⁻¹)			
2 años	3.74	8.87	5.11
4 años	3.87	8.18	4.96
Fósforo (mg·kg⁻¹)			
2 años	5.04	2.49	2.75
4 años	3.20	2.78	2.25
Potasio (mg·kg⁻¹)			
2 años	414	573	577
4 años	483	562	570
Calcio (mg·kg⁻¹)			
2 años	1,958	1,800	742
4 años	1,774	1,612	664
Magnesio (mg·kg⁻¹)			
2 años	196	201	194
4 años	194	202	198
Cobre (mg·kg⁻¹)			
2 años	0.90	0.63	0.43
4 años	0.87	0.60	0.37
Hierro (mg·kg⁻¹)			
2 años	0.72	0.26	0.50
4 años	0.70	0.30	0.63
Manganeso (mg·kg⁻¹)			
2 años	42.60	32.00	4.70
4 años	50.70	20.50	5.60

proporción el contenido de K, Ca y Mg; mientras que *Mucuna* el NO₃ y la vegetación secundaria, los contenidos de materia orgánica.

LITERATURA CITADA.

- ARIAS, L. 1980. La producción maicera actual en Yaxcabá, Yucatán: Producción Agrícola en Yucatán. Gobierno del estado de Yucatán. Secretaría de Programación y Presupuesto. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Colegio de Posgraduados de Chapingo. Mérida, Yucatán. pp. 259-304
- BANDY, E. D.; GARRITY, P. D.; SÁNCHEZ, A. P. 1993. The worldwide problem of slash-and-burn agriculture. *Agroforestry Today*. 5(3): 2-6.
- CASTELLANOS J., Z.; UVALLE-BUENO, J. X.; AGUILAR-SANTELISES, A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelo y

- agua. 2ª. ed. Colección Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola (INCAPA). San Miguel de Allende, Guanajuato, México. 226 p.
- CIAPY, 1984. La milpa. Sistema tradicional para producir maíz asociado con frijol, ib y calabaza en la Península de Yucatán. SARH-INIA-CIAPY. Mérida Yucatán. Publicación especial Núm. 3. 67 p.
- DUCH, G. J. 1992. Condicionamiento ambiental y modernización de la milpa. En: Zizumbo, V. D.; Rasmussen, H. C., Arias, R. L.; Terán, C. S. (eds.). La modernización de la milpa en Yucatán: utopía o realidad. CICY. Mérida, Yucatán, México. pp 81-96.
- NAIR, P. K. 1993. An introduction to agroforestry. Kluwer Academia Publisher ICRAF. Dordrecht, The Netherlands. 499 p.
- NAVARRETE O., R.; URIBE V., G.; MATA V., H.; PÉREZ Z., O.; MENDIZÁBAL A., F. 1982. Fertilización del maíz de temporal en el sur y oriente de Yucatán. Folleto Técnico N° 1. SARH.INIA. 11 p.
- NYE, H. P.; GREENLAND, J. D. 1960. The soil under shifting cultivation. Technical communication No. 51 Commonwealth Bureau of Soils. CAB. Harpenden, UK. 156 p.
- SIAP. 2007. Sistemas de Información Agropecuaria de Consulta. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. [En línea] Disponible en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>. (Revisado en enero de 2007).
- TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D.; HAVLIN, J. H. 1993. Soil fertility and fertilizer. 5th ed. Macmillan. New York, USA. 760 p.
- TORQUEBIAU, E. 1993. Conceptos de agroforestería: una introducción. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. UACH. Chapingo, México. 92 p.
- URIBE V., G.; JIMÉNEZ-OSORIO, J.; DZIB E., R. 2004. Contributions to Improvement Fallow Systems in Yucatán State, México. *In: The Importance of Silvopastoral System in Rural Livelihoods to Provide Ecosystem Services*. L. T. Mannelje; L. Ramírez; M. Ibrahim; C. Sandoval; N. Ojeda; J. Ku (eds.) Autonomus University of Yucatán, México. pp. 136-139.