

**ESTABLECIMIENTO DE ASOCIACIONES ARBÓREAS CON CAOBA Y
RAMÓN EN UNA CANTERA ABANDONADA EN YUCATÁN, MÉXICO**

**[ESTABLISHMENT OF TREE ASSOCIATION WITH CAOBA AND RAMON
IN AN ABANDONED QUARRY IN YUCATAN, MEXICO]**

**Patricia Montañez-Escalante^{1*}, Luis García-Barrios², Juan Jiménez-Orsorio¹
and José Nahed-Toral²**

¹*Cuerpo Académico de Manejo y Conservación de Recursos Naturales Tropicales,
Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán,
Km 15.5 carretera Mérida-Xmatkuil, A.P. No. 28 Cordemex 97110, Mérida, Yucatán,
México. Emails: montanez@uady.mx, josornio@uady.mx.*

²*Departamento de Agroecología, El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de las
casas, Chiapas, CP 29290 México. lgarcia@slc.ecosur.mx y jnahed@slc.ecosur.mx*

**Corresponding author*

RESUMEN

Se determinó la influencia de árboles asociados sobre el crecimiento y desarrollo de caoba (*Swietenia macrophylla* King) y ramón (*Brosimum alicastrum* Sw.) durante la etapa de establecimiento de una plantación en el fondo de una cantera ya explotada en Mérida, Yucatán, México. Se establecieron tres tratamientos para la caoba, en monocultivo, asociada a tamarindo (*Tamarindus indica* L.) y con achiote (*Bixa orellana* L.). Los tres tratamientos para el ramón fueron en monocultivo, con huaxín (*Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit.) y con pixoy (*Guazuma ulmifolia* Lam.). Se determinó los efectos de las asociaciones sobre crecimiento en altura y diámetro de la caoba y el ramón. En las especies asociadas se determinó la producción de forraje y frutos. Los resultados muestran que no se presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos en el crecimiento en altura y diámetro de caoba y ramón. Asociar al ramón con especies de rápido crecimiento como huaxín y pixoy, requirió podas para permitir la entrada de luz. La producción de forraje de huaxín y pixoy fue 2 t PS ha⁻¹ año⁻¹, sin diferencias significativas entre ellos ($p > 0.05$). El tiempo requerido para alcanzar la edad productiva de especies como caoba y ramón ofrece oportunidades para utilizar efectivamente los espacios durante su período de crecimiento inicial.

Palabras clave: *Tamarindus indica*, *Bixa orellana*, *Leucaena leucocephala*, *Guazuma ulmifolia*, *Swietenia macrophylla*, *Brosimum alicastrum*.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas agroforestales simultáneos (SAS) son aquellos donde se integran de manera conjunta y continua los cultivos anuales o perennes, árboles

SUMMARY

The influence of the association trees on the height and diameter growth of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) and ramón (*Brosimum alicastrum* Sw.) plantations during the establishment period in an quarry near the city of Merida, Yucatan, Mexico, was evaluated. Associated trees to mahogany were tamarindo (*Tamarindus indica* L.) and achiote (*Bixa orellana* L.). Associated trees to ramón were huaxín (*Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit.) and pixoy (*Guazuma ulmifolia* Lam.). Tree association effects on the growth in height and diameter of mahogany and ramón were analyzed. The production of fruits and forage in the associated tree species was determined. There were no significant differences in mahogany and ramón diameter and height growth ($p > 0.05$) among treatments. To associate the ramón with other species of fast growth like huaxín and pixoy pruning was repeatedly conducted on this species to obtain the light levels required for ramón. The forage production of haxin and pixoy was 2 t dry matter ha⁻¹ y⁻¹ and there were not significant differences ($p > 0.05$). The time required to get productive age in the species like ramon and mahogany offer opportunities to use the interspaces during growth period.

Key words: *Tamarindus indica*, *Bixa orellana*, *Leucaena leucocephala*, *Guazuma ulmifolia*, *Swietenia macrophylla*, *Brosimum alicastrum*.

maderables, frutales o de uso múltiple, y/o ganadería. En algunos SAS la posibilidad de competencia entre los cultivos aumenta cuando algunas especies de árboles presentan arquitecturas radicales y del dosel similares (García y Ong, 2004). Es necesaria una

selección adecuada de las especies para lograr niveles de interacción intra e interespecífica cuyo balance neto permita que el sistema sea viable y productivo.

Algunos estudios (Montagnini *et al.*, 1997; Swaminathan, 2001; Hagggar *et al.*, 2003) reportan que en los SAS la imbricación de árboles genera mayores ingresos económicos que en los monocultivos. La mayor productividad se alcanza mediante la complementariedad ecológica entre los componentes del dosel superior e inferior (Hagggar y Ewel, 1997).

Los sistemas agroforestales son una alternativa para reforestar áreas de cantera, una actividad minera a cielo abierto que afecta significativamente al ambiente (Montañez *et al.*, 2005). En esta actividad se elimina toda la cubierta vegetal, se retira el suelo y se extraen las capas de roca. Al final sólo quedan grandes agujeros con sustratos inertes (Figura 1) (Clemente *et al.*, 2004).



Figura 1. Condiciones de la cantera al finalizar la explotación. En la parte inferior de la fotografía puede observarse el afloramiento de agua del manto freático.

En México existen leyes que regulan la recuperación de las áreas de cantera. Sin embargo son ineficientes y poco claras (Montañez *et al.*, 2005). Es común que al cesar la explotación, estas áreas sean abandonadas y utilizadas como basureros porque las compañías concesionadas no quieren invertir en su rehabilitación. Consideran que la inversión es alta y la evitan, aunque tienen el compromiso legal y ético de recuperarlas. Algunas alternativas de recuperación han sido convertirlas en parques recreativos, acua-parques (debido al afloramiento del manto freático) y áreas para producción animal. Sin embargo, estas actividades pueden causar contaminación del agua y afectar los acuíferos circunvecinos utilizados para consumo doméstico. Otra opción es el establecimiento de sistemas agroforestales que promuevan la repoblación de áreas aprovechadas previamente como minas de cantera y eviten la contaminación del ambiente.

El objetivo de esta investigación fue conocer el crecimiento y desarrollo de los cultivos de caoba (*Swietenia macrophylla* King) y ramón (*Brosimum alicastrum* Sw.) asociados a tamarindo (*Tamarindus indica* L.) y achiote (*Bixa orellana* L.) para el primero y huaxín (*Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit.) y pixoy (*Guazuma ulmifolia* Lam.) para el segundo durante la etapa de establecimiento en una cantera abandonada. La hipótesis fue que mientras el ramón alcanza la edad productiva y la caoba cierra su dosel, el estrato inferior puede ser aprovechado con árboles acompañantes de menor talla y con producción a corto plazo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Descripción del sitio

La investigación se realizó en una cantera explotada (Materiales Anillo Periférico S.A. de C.V., MAPSA), en la periferia de la Ciudad de Mérida, Yucatán, México (21° 51' N y 89° 41' O). El área tiene una precipitación anual de 984 mm y una temperatura media de 26.8°C (Orellana *et al.*, 1999). La vegetación está clasificada como selva baja caducifolia (Durán *et al.*, 1999). Antes de la explotación de la cantera la vegetación provenía de henequenales abandonados, con diversos tipos de perturbación (por ampliación de carretera, incendios, etc). En la zona predominan los suelos leptosoles líticos (Duch, 1991).

Al finalizar la explotación de la cantera sólo queda como sustrato parte de la roca madre. Se acondicionaron 16,800 m² en el fondo de la cantera colocando una capa de relleno de piedras calizas (1 m) y luego una capa de tierra (0.5 m). Esta tierra corresponde a los primeros 20 cm de suelo original, la cual es removida antes de iniciar la explotación del área porque no se utiliza en el proceso de transformación. Con el propósito de conocer su calidad a este sustrato, previo a la plantación, se determinó pH, materia orgánica (MO), N, P y K. Para las determinaciones de N y P, las muestras se digirieron en mezcla de ácido sulfúrico/peróxido de hidrógeno. El N se determinó con el método de Kjeldhal y el P por colorimetría (Anderson e Ingram, 1993).

Diseño experimental

La evaluación se realizó durante la fase de implante de la caoba y el ramón, de agosto de 2000 a julio de 2002. Se diseñó un experimento para caoba y otro para ramón, cada uno con tres tratamientos y seis repeticiones, en parcelas de 32 x 24 m (8 m distancia entre ellas); cada tratamiento ocupó una sub-parcela de 8 x 24 m (4 m entre ellas). Las doce parcelas se distribuyeron al azar en el predio experimental (Figura 2).

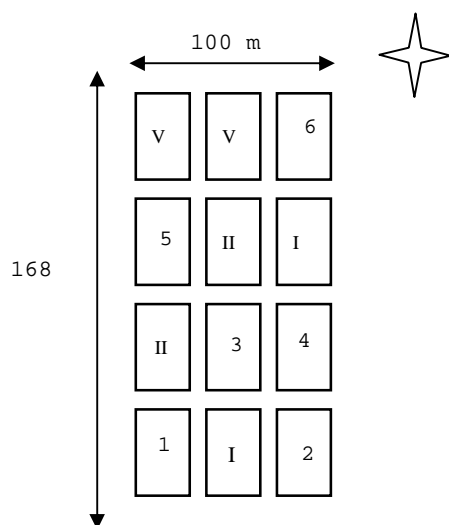


Figura 2. Croquis con la distribución de las parcelas en el sitio de estudio. I-VI señalan las repeticiones con ramón, huaxín y pixoy en sus diferentes asociaciones. 1-6 señalan las repeticiones de parcelas con caoba, achiote y tamarindo en sus diferentes asociaciones.

En el primer experimento la caoba se plantó en una matriz de 4 x 4 m (625 plantas ha⁻¹) para los tratamientos: 1) caoba en monocultivo; 2) caoba más tamarindo (*Tamarindus indica* L.) (asociación aditiva) colocado entre las filas de caoba. La distancia fue 4 m entre tamarindos (625 plantas ha⁻¹) y la distancia a la caoba más cercana fue 2 m; 3) la mitad de las plantas de tamarindo fue sustituida por achiote (*Bixa orellana* L.) (asociación sustitutiva) con el mismo arreglo.

En el segundo experimento el ramón se plantó en una matriz de 4 x 4 m (625 plantas ha⁻¹) para los tratamientos: 1) ramón en monocultivo; 2) ramón más huaxín (*Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit.) (asociación aditiva) plantados entre las filas de ramón, la distancia fue 2 m (1,875 plantas ha⁻¹) entre plantas de huaxín y ramón; 3) una tercera parte de las plantas de huaxín fue sustituida por pixoy (*Guazuma ulmifolia* Lam.) (asociación sustitutiva) con el mismo arreglo.

La siembra de las plántulas se realizó en agosto de 2000. A partir de los 270 días de implante, los individuos de huaxín y pixoy recibieron podas totales hasta 1m de altura cada 90 días. De noviembre de 2000 a abril de 2001 (temporada de estiaje), las plantas de caoba y ramón recibieron riego de auxilio tres veces por semana. Las parcelas fueron deshierbadas cada 30 días.

Análisis de los datos

Se midió el crecimiento de las plantas sembradas dentro del área útil (16 x 4 m), para evitar los efectos de borde. La altura total de cada individuo fue medida con una garrocha métrica. Para las plantas de ramón se obtuvo el diámetro basal (DAB) a 10 cm sobre el nivel del suelo y para caoba el diámetro normal (DAP) a 1.3 m de altura. Para huaxín y pixoy se registró el peso seco del follaje por hectárea por año.

Los efectos de las asociaciones sobre el crecimiento de las plantas de caoba y ramón se determinaron con análisis de varianza con un nivel de significancia del 95% (Underwood, 1997). La diferencia en producción de forraje de huaxín entre los tratamientos 2 y 3 se determinó con una prueba de t con un nivel de significancia del 95%, usando SPSS 10.0 para Windows (2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La muestra agregada del suelo reincorporado y utilizado como cama de siembra registró un pH de 7.6-8.2, 7.3% de materia orgánica, MO, 0.4% de nitrógeno total, N total, 4.4 mg kg⁻¹ de fósforo extraíble, P extraíble y 200 mg kg⁻¹ K intercambiable. El porcentaje de supervivencia de las especies, después de dos años de implante fue de 90%. La selección rigurosa de las plántulas en vivero y la fertilidad del suelo favorecieron la supervivencia. Raíces bien desarrolladas, tallos erectos y plántulas sanas, son características que aseguran el desarrollo de las plantas después del trasplante. Un año después de iniciar la plantación se eliminó el riego porque las plantas habían desarrollado sus raíces hasta el manto freático que estaba a menos de 2 m. Esto les aseguró la disponibilidad permanente de agua aún en la temporada de estiaje.

El crecimiento en altura y diámetro de las plantas de caoba en monocultivo fue similar ($p > 0.05$) al de las asociadas con tamarindo y con tamarindo y achiote (Figura 3). Después de dos años de imbricación, la caoba alcanzó una altura promedio (error estándar) de 5 m (0.5 m) y 5 cm (EE 0.4 cm) de diámetro normal, DAP.

Los árboles de caoba alcanzaron alturas superiores a lo referido para plantaciones forestales en Quintana Roo, México, (Snook y Negreros, 2004) y en Costa Rica (Piotto *et al.*, 2004). La caoba no es una especie común en el sitio donde se realizó este estudio, pero es una especie heliófita que se adapta bien a áreas perturbadas y demanda luz durante la fase de crecimiento temprano. Esto favorece una alta tasa de crecimiento en sitios abiertos que le permite ocupar rápidamente el

estrato superior (Mayhew y Newton, 1998). Las plantas de caoba no desarrollaron copas extendidas y, por lo tanto, no sombrearon en exceso a las plantas de achiote y tamarindo, ambas de menor porte que la caoba.

El crecimiento en altura y diámetro de las plantas de ramón no fue estadísticamente diferente ($p>0.05$) al de las plantas asociadas con huaxín y con huaxín y pixoy. Antes de las podas los árboles asociados sombrearon al ramón, con este manejo la cantidad de sombra producida por las plantas de huaxín y pixoy se redujo. A los 630 días del implante (y término del estudio), el ramón alcanzó en promedio (error estándar) 3 m (1 m) de altura y 4 cm (1 cm) de diámetro basal.

A los 270 días de plantación, huaxín y pixoy habían desarrollado copas de 4 m (0.9 m) de diámetro y alturas promedio de 2 m (0.8 m). A esa edad sombreaban a las plantas de ramón. La talla promedio del ramón era en promedio menor a 1.5 m (Figura 4) y sus hojas presentaban amarillamiento. Las plantas de ramón en monocultivo tuvieron alturas promedio similares a las asociadas con huaxín y pixoy, pero no presentaron amarillamiento foliar. Después de aplicar una poda total para permitir la entrada de luz al estrato inferior y en el muestreo inmediato posterior a ello (360 d), las hojas de las plantas de ramón asociadas a huaxín y pixoy recuperaron su color verde característico, probablemente como respuesta a la entrada de una mejor calidad y cantidad de radiación solar.

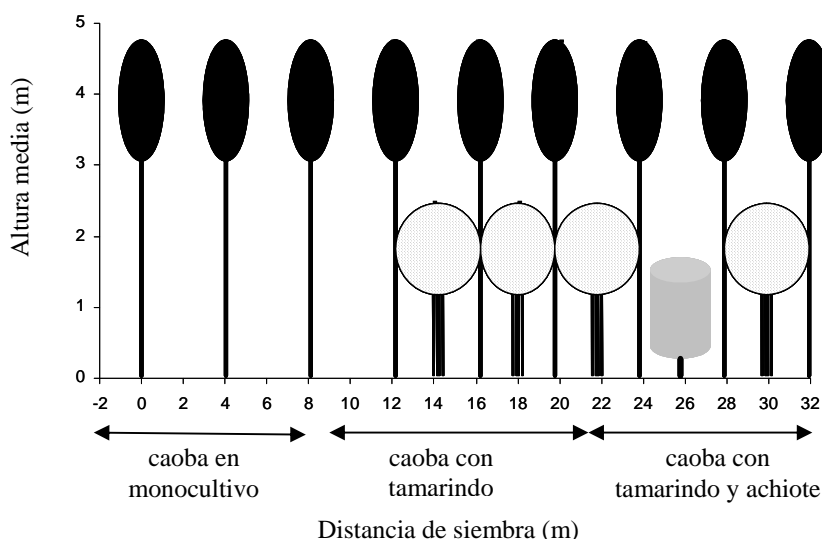


Figura 3. Arreglo de las parcelas con caoba y las especies asociadas, dos años después del implante (julio de 2002).

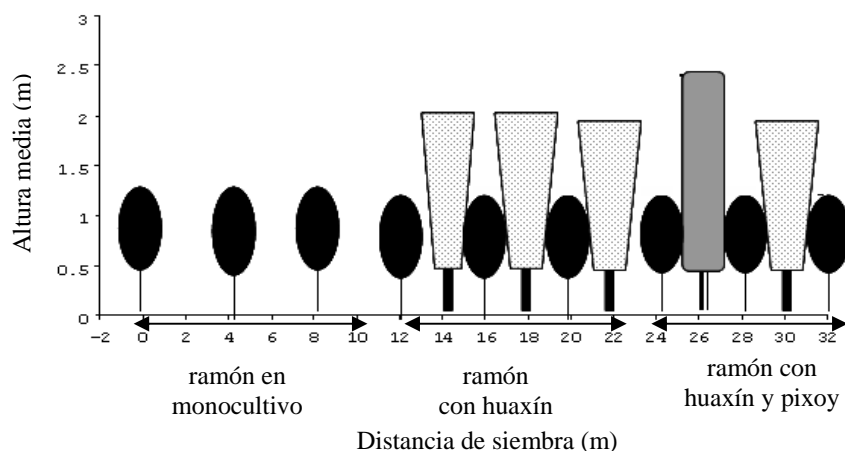


Figura 4. Perfil de las plantaciones de ramón en monocultivo y en asociación con huaxín y pixoy (junio de 2001, 270 días después del implante).

El ramón es una especie de crecimiento lento que tarda en ocupar el estrato superior; es demandante de luz y tolerante a la sequía cuando ha pasado la etapa juvenil (Ayala y Sandoval, 1995). Asociar al ramón con especies de rápido crecimiento como huaxín y pixoy que ocupan el estrato superior y cuyo follaje disminuye la entrada y calidad de luz, requirió podas. Sánchez-Velázquez *et al.* (2004) refieren, que en el oeste de México las plantas de ramón pueden desarrollarse bajo la sombra de algunas especies nodrizas, como *Acalypha cincta* Muell y *Thouinia serrata* Radlk, pero no de otras como *Acacia macilenta* Rose y *Tabebuia chrysantha* (Jacq) G. Nicolson.

Ninguna especie sufrió graves daños por la presencia de plagas o enfermedades en el período de observación. En huaxín y caoba es común el ataque por plagas que acaban incluso con plantaciones completas (Mayhew y Newton, 1998), este podría ser otro efecto positivo de imbricar otras especies arbóreas durante la etapa de implante (Gliessman, 1998).

Producción de los árboles en el corto plazo

A los 540 días de implante se obtuvo la primera cosecha del achiote cuya producción de semillas fue en promedio (error estándar) de 154 kg ha⁻¹ año⁻¹ (60 kg ha⁻¹ año⁻¹). El rendimiento de una plantación de achiote depende de un conjunto de variables (suelo, edad de la planta, etc.), y en promedio se obtienen 500 a 600 kg semilla ha⁻¹ año⁻¹, cuando la planta está en la madurez productiva (6 años) (Pérez y Becerra, 2003). El tamarindo produjo las primeras flores al término de este estudio.

La producción de forraje por árbol de huaxín fue similar ($p > 0.05$) cuando estuvo asociado con ramón, y cuando la mitad del huaxín fue sustituido con pixoy. En el primer caso la producción de forraje de huaxín fue en promedio (error estándar) 2.3 (EE 0.5) t peso seco ha⁻¹ año⁻¹ (t PS ha⁻¹ año⁻¹) y en el segundo fue en promedio 1.7 (0.4). La producción de forraje por planta de pixoy fue en promedio de 2 (0.3) kg PS (1.3 t PS ha⁻¹ año⁻¹). La suma de la producción total por tratamiento indica que asociando ramón con huaxín y pixoy sería posible tener mayores rendimientos de forraje por ha (3 t PS ha⁻¹ año⁻¹).

La gestión de la plantación, tipo de suelo, fertilización, estado de madurez de la planta, edad del corte, frecuencia e intensidad de las podas, influyen en los rendimientos de las especies (Strehle *et al.*, 1994). En este estudio las plantaciones eran muy jóvenes y el ramón aún no empezaba a producir biomasa en forma que depende de la adaptación al sistema (Figura 5).

CONCLUSIONES

La asociación de árboles frutales y forrajeros con cultivos de caoba y ramón durante la etapa de establecimiento fue positiva por la ausencia de las típicas plagas y enfermedades que afectan a estas plantaciones. A pesar de que los árboles asociados (tamarindo, achiote, huaxín y pixoy) son de rápido crecimiento no causaron interferencia negativa sobre el crecimiento de las plantas de caoba y ramón. La aplicación de podas en los árboles asociados con el ramón evitó interacción negativa sobre este último. El tiempo requerido para alcanzar la edad productiva de especies como caoba y ramón ofrece oportunidades para utilizar efectivamente los interespacios durante su período de crecimiento inicial y proporciona beneficios directos adicionales como es la producción de frutos y forraje.

La gestión de SAS como los ejemplificados en este estudio puede ser una estrategia eficaz para la restauración de canteras abandonadas que contribuyan al cumplimiento de la normatividad correspondiente sobre la recuperación de las canteras.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)-SISIERRA, FMVZ-990605, y el Interamerican Institute for Global Changes Research. El primer autor recibió una beca del CONACYT. A Alfredo, José y Héctor Buenfil Cervera, dueños de la empresa MAPSA. A Augusto Cervera, R. Ruenes, L. Albornoz, J. Castillo, A. Castillo, A. Caamal, C. Catzin, H. Estrada y J. May por su valiosa ayuda. A los revisores anónimos, que con sus comentarios enriquecieron este artículo.

REFERENCIAS

- Ayala, A., y S. M. Sandoval. 1995. Establecimiento y producción temprana de forraje de ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz) en plantaciones a altas densidades en el norte de Yucatán, México. *Agroforestería en las Américas* 7: 10-16.
- Anderson, J.M., and J.S.I. Ingram. 1993. *Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods*. CAB International, Wallingford, UK. 220 p.
- Clemente, A.S., C. Werner, C. Máguas, M.S. Cabral, M.A. Martins-Loução, and O. Correia. 2004. Restoration of a limestone quarry: effect of soil amendments on the establishment of native Mediterranean sclerophyllous shrubs. *Restoration Ecology*. 12: 20-28.

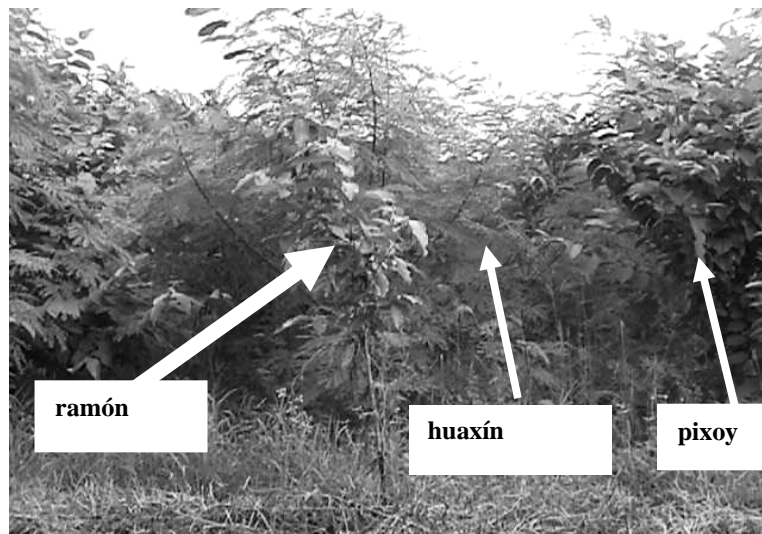


Figura 5. Condiciones de la plantación de ramón en asociación con huaxín y pixoy, después de dos años del implante (agosto de 2002).

- Duch G., J. 1991. Fisiografía del Estado de Yucatán—su relación con la agricultura—. Centro Regional de la Península de Yucatán, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 229 p.
- Durán R., J.A. González-Iturbe, J. Granados, I. Olmsted and F. Tun. 1999. Vegetación. In: García de Fuentes A, J. Córdoba y Ordóñez and P. Chico Ponce de León (eds). Atlas de Procesos Territoriales de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, pp: 187-194.
- García B., L., and C.K. Ong. 2004. Ecological interactions, management lessons and design tools in tropical agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 61: 221-236
- Gliessman, S.R. 1998. *Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. Ann Arbor, Michigan. U.S.A. 357 p.
- Haggar, J.P., and J.J. Ewel. 1997. Primary productivity and resource partitioning in model tropical ecosystems. *Ecology* 78: 1211-1221
- Haggar, J.P., R. Rheingans, P. Arroyo, and B. Alvarado. 2003. Benefits and costs of intercropping reforestation in the Atlantic lowlands of Costa Rica. *Agroforestry Systems* 25:41-48.
- Mayhew, J.E., and A.C. Newton. 1998. *The Silviculture of Mahogany*. CABI Publishing. Wallingford, UK. 226 p.
- Montagnini, F., F. Sánchez, E. González, C. Porras, A. Moulart, y A. del Mónaco. 1997. Plantaciones forestales puras y mixtas con especies nativas para la reforestación de terrenos degradados en Costa Rica: Estudio comparativo del crecimiento, daño por plagas, regeneración natural y costos de establecimiento. *Biocenosis* 12: 25-34.
- Montañez E., P., L. García B. and J. Jiménez O. 2005. Quarry reclamation in Mérida, Yucatán, México: A review about the achievements and current limitations. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 5: 101-108.
- Orellana R, Balam-Ku M, Bañuelos-Robles I, García E, González-Iturbe JA, Herrera-Cetina F, Vidal-López J. (1999) Evaluación climática. In: García de Fuentes A, Córdoba y Ordóñez J, Chico Ponce de León P (eds). Atlas de Procesos Territoriales de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, pp: 163–182
- Pérez S., M., y R. Becerra. 2003. El achiote. *Biodiversitas* 46: 7-11.
- Piotto, D., E. Viquez, F. Montagnini, and M. Kanninen. 2004. Pure and mixed forest plantations with native species of the dry

- tropics of Costa Rica: a comparison of growth and productivity. *Forest Ecology and Management*. 190: 359-372.
- Sánchez-Velásquez L.R., S. Quintero G., F. Aragón C., and M.R. Pineda L. 2004. Nurses for *Brosimum alicastrum* reintroduction in secondary tropical dry forest. *Forest Ecology and Management* 198: 401-404.
- Snook, L.K. and P. Negreros C. 2004. Regenerating mahogany (*Swietenia macrophylla* King) on clearings in Mexico's Maya forest: The effects of clearings method and cleaning on seedling survival and growth. *Forest Ecology and Management* 189: 143-160.
- Strehle, U., A. Granados, M. Vallejo y J. Benavides. 1994. Efecto de la especie y la posición del tallo sobre la germinación de éstas en tora blanca y tora morada (*Verbesina* sp.) en Puriscal, Costa Rica. *In: Árboles y Arbustos Forrajeros de América Central*. Vol. II. Benavides J.E. (Comp. y ed). CATIE. Turrialba, Costa Rica. 721 p.
- Swaminathan, C. 2001. Sustainable tree mixtures: Optimum species combination for a tropical alfisol of southern India. *Biological Agriculture and Horticulture* 18: 259-268.
- Underwood, A.J. 1997. *Experiments in Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. pp: 100-139.

Submitted October 06, 2008 – Accepted February 07, 2009
Revised received February 27, 2009