

Primera parte

Evaluación de tres especies forestales en plantaciones pura y sistema taungya: crecimiento de los árboles y producción de los cultivos

José Miguel Leiva
Rolain Borel

RESUMEN

Este artículo da a conocer los resultados de una investigación realizada durante 1987-1991 en la parte alta de la Cuenca del Río Achiguate, Guatemala, para analizar el potencial de tres especies forestales (*Alnus acuminata*, *Eucalyptus globulus* y *Casuarina equisetifolia*) en plantación pura y en sistema taungya con maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*). De acuerdo con los resultados, *A. acuminata* presentó los valores mayores de crecimiento en diámetro a la altura del pecho (DAP) y diámetro de copa y *E. globulus* presentó los valores mayores de crecimiento en altura, en ambos sistemas. Los valores menores de crecimiento correspondieron a *C. equisetifolia*. La producción de cultivos se redujo significativamente en los tratamientos taungya a partir del segundo año; salvo en las asociaciones con *C. equisetifolia*.

SUMMARY

Evaluation of three tree species in pure block plantations and in the taungya system. This article presents the results of a research trial realized in 1987-1991 in the upper watershed of the Achiguate River, Guatemala, to analyze the potential of three tree species (*Alnus acuminata*, *Eucalyptus globulus* and *Casuarina equisetifolia*) in pure block plantations and in the taungya system with maize (*Zea mays*) and bean (*Phaseolus vulgaris*).

According to the results, in both systems evaluated *A. acuminata* showed the largest DBH and crown diameter, and *E. globulus* the best height growth. The slowest growth was gained by *C. equisetifolia*. The crop production reduced considerably in the taungya treatments, except in the association with *C. equisetifolia*.

Palabras claves: agroforestería; plantación pura; sistema taungya; productividad; cultivos; crecimiento.

La cuenca del río Achiguate drena hacia el Océano Pacífico de Guatemala y es considerada como una de las más importantes por sus recursos naturales y la diversidad de sistemas de producción que se practican. En la parte alta de la cuenca, los agricultores realizan un tipo de agricultura de subsistencia con base en la producción de maíz y frijol. Sin embargo, problemas como la fuerte erosión del suelo han provocado el abandono de algunas áreas cultivables.

Por otra parte, la demanda de leña y madera ejercen una fuerte presión sobre los bosques, los que desaparecen a una tasa anual del 4%. Se calcula (Herrera, 1984) que dentro de 10 años los pocos bosques existentes en el área habrán desaparecido.

La reforestación con especies de alta productividad puede aportar

una solución a este problema, siempre que se haga en armonía con los sistemas de producción existentes. En el sistema taungya, árboles y cultivos crecen de manera simultánea durante el período de establecimiento de la plantación forestal (Montagnini *et al.*, 1992). Aunque la obtención de madera es la meta final, los productos agrícolas constituyen una motivación a corto plazo. Se considera que el sistema taungya tiene cierto potencial (Budowski, 1981), el cual debe ser evaluado objetivamente.

Debido al interés por evaluar los sistemas de producción de la zona, y brindar alternativas y recomendaciones viables para los agricultores, se realizó una investigación entre 1987 y 1991 en las localidades de San Andrés Itzapa y Parramos, ubicadas en la parte alta de la cuenca del Río Achiguate. Para este propósito, se establecieron como objetivos:

a) evaluar el crecimiento inicial de tres especies forestales en sistema taungya con maíz y frijol, comparadas con el sistema de plantación pura, y

b) estimar el rendimiento de maíz y frijol, ya que son los cultivos tradicionales producidos por los agricultores de la región.



Las variables dasométricas consideradas fueron: la altura, el diámetro a la altura del pecho (DAP) y el diámetro de copa, las cuales se determinaron anualmente. En los cultivos se evaluó el rendimiento en grano al final de cada año.

El objetivo de este artículo es dar a conocer los resultados de este estudio poniendo énfasis en las conclusiones y recomendaciones.

Zona

El experimento fue establecido en dos sitios con altitudes de 1 800 y 2 200 msnm, temperatura media mensual de 16,5°C y 15°C y precipitación media mensual de 166 mm y 168 mm, respectivamente. Los suelos son de origen volcánico, con pendientes de 10% al 32%, franco arcilloso y franco limoso, de la consociación Typic Eutrandept y Typic Vitrandept, respectivamente (Herrera, 1984).

Experimentos

En cada sitio, los experimentos se distribuyeron en un diseño al azar con tres bloques y siete tratamientos: *Alnus acuminata*, *Eucalyptus globulus* y *Casuarina equisetifolia* en sistemas taungya y en plantación pura y el tratamiento control, sin árboles. El tamaño

Mediante el sistema taungya se puede cosechar productos agrícolas mientras se espera la obtención de madera

de la parcela fue de 12 m x 12 m, haciendo observaciones en parcelas útiles de 10 m x 10 m con 15 árboles por parcela, lo cual corresponde al tamaño mínimo recomendado por CATIE (1984) para este

tipo de experimentos. Los árboles se plantaron a 3 m x 2 m y los cultivos a 1 m x 1 m. Los cultivos de asocio para los tratamientos taungya fueron maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*); para el establecimiento y producción de los mismos, se tomaron las variedades y sistemas de siembra de los agricultores.

El manejo de las especies forestales consistió en podar las ramas hasta el 40% de la altura a partir del segundo y tercer año, con el objetivo de permitir un mayor tiempo de asocio con cultivos.

Esta práctica permitió que los cultivos recibieran luz, y que la interferencia de la copa de los árboles fuera mínima. Las prácticas aplicadas a los cultivos consistieron en preparación del suelo, dos limpiezas manuales al año y una aplicación de 100 kg/ha de nitrógeno (N) a los 20 días y otra de 200 kg/ha de nitrógeno y fósforo (N-P₂O₅) a los 60 días.

En las especies forestales el DAP, la altura y el diámetro de copa fueron medidos anualmente, para explicar los posibles efectos de los árboles en cada ciclo de cultivos. En los cultivos se determinó el rendimiento en grano, al final de cada período de crecimiento.

Comportamiento de las especies forestales

Crecimiento en DAP

No hubo diferencias significativas, en cuanto al crecimiento del diámetro a la altura del pecho (DAP) entre las especies *A. acuminata* y *E. globulus* en las dos modalidades de plantación (Figura 1).



Los tres primeros años de asocio de *Alnus acuminata* con maíz presentó un crecimiento satisfactorio del cultivo. No obstante, a partir del cuarto año la copa causó mucha interferencia en su comportamiento. (Foto: J. Leiva).

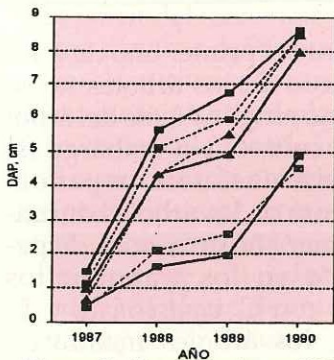
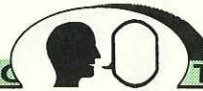


Figura 1. Crecimiento en DAP de tres especies forestales

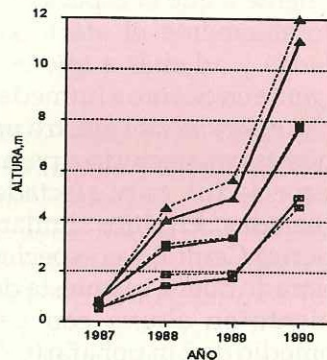


Figura 2. Crecimiento en altura de tres especies forestales.

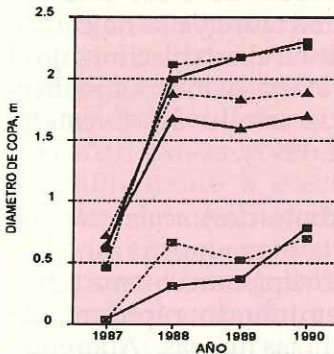
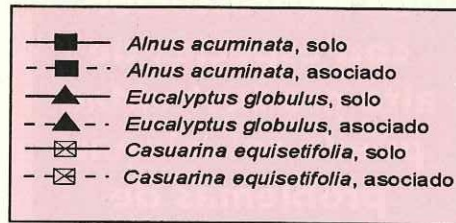


Figura 3. Crecimiento en diámetro de copa de tres especies forestales.



En cambio, el DAP de estas especies fue significativamente mayor ($P>0.05$) con respecto a *C. equisetifolia* en las dos modalidades de plantación.

En el segundo año, los árboles de *E. globulus* en plantación pura y taungya lograron el mismo desarrollo en diámetro, sin embargo, a partir del tercer año la plantación taungya presentó valores ligeramente mayores respecto a plantación pura. *C. equisetifolia* en sistema taungya mantuvo un crecimiento ligeramente mayor respecto al de la plantación pura durante el segundo y tercer año; en el cuarto año el tratamiento de plantación pura mostró valores ligeramente mayores al de tratamiento taungya.

Al final de los cuatro años no hubo diferencias entre el crecimiento diametral de *A. acuminata* en plantación pura y asociada.

Crecimiento en altura

Al cuarto año de crecimiento *E. globulus* en plantación taungya y en plantación pura alcanzó alturas mayores respecto a las otras especies ($P>0.05$), seguido por *A. acuminata* y *C. equisetifolia* (Figura 2). Es importante observar que durante los cuatro años los tratamientos taungya mantuvieron valores ligeramente mayores respecto a los tratamientos de plantación pura.

Crecimiento en diámetro de copa

Los tratamientos con *A. acuminata* alcanzaron el mayor diámetro de copa ($P>0.05$), seguido por *E. globulus*, en tanto que *C. equisetifolia* presentó valores menores de crecimiento de copa durante los cuatro años (Figura 3).

Cuadro 1. Rendimiento de maíz y frijol por localidad según los diferentes tratamientos taungya considerados

RENDIMIENTO t/ha.						
Localidad	Cultivo	Tratamiento	1987	1988	1989	1990
Parramos	Maíz	Control	3.5	2.2	2.4	2.1
		Ca	3.0	1.4	1.2	1.0
		Aa	3.1	0.7	0.5	0.3
		Ea	3.1	0.6	0.4	0.3
		Control	0.3	0.7	0.7	0.9
	Frijol	Ca	0.5	0.6	0.5	0.6
		Aa	0.2	0.5	0.2	0.0
		Ea	0.2	0.4	0.1	0.2
		Control	2.3	1.4	2.0	1.8
		Ca	3.0	1.7	1.9	1.9
San Andrés Itzapa	Maíz	Aa	3.2	1.3	0.8	0.2
		Ea	2.5	0.8	0.4	0.2
		Control	0.1	0.5	0.6	0.8
		Ca	0.2	0.5	0.9	0.8
		Aa	0.2	0.4	0.2	0.0
	Frijol	Ea	0.2	0.5	0.1	0.2



Producción de cultivos

Los tratamientos control y *C. equisetifolia* mostraron un comportamiento similar durante cuatro años (Cuadro 1). Por un lado el tratamiento control estuvo ajeno a factores de competencia y por otra parte, en los tratamientos taungya con *C. equisetifolia*, ésta no causó mucha interferencia en los cultivos. En los tratamientos taungya con *E. globulus* y *A. acuminata*, la producción disminuyó significativamente a partir del tercer año. En 1988 la producción bajó fuertemente debido principalmente a fuertes lluvias que afectaron la región, dañando muchas plantas. En los años siguientes la producción se mantuvo o se recuperó.

Adaptación de las especies forestales

Las especies forestales lograron en promedio una sobrevivencia de alrededor del 90% en el segundo año de establecimiento. En sitios similares se ha obtenido una sobrevivencia parecida (CATIE, 1986). En la región donde se realizó la investigación, se presentaron heladas cada año durante enero y febrero. En 1988 y 1989 la temperatura bajó a -5°C , lo que afectó en parte el desarrollo de las tres especies forestales. El efecto de las heladas sobre *A. acuminata* y *C. equisetifolia* se manifestó en la quema total de las hojas, las ramas y la parte terminal del tallo. Sin embargo, las especies emitieron brotes nuevos cuando inició la época lluviosa empezando a formar nuevamente la copa. En *E. globulus* el efecto de las heladas fue parcial, lo que concuerda con las conclusiones de Weeb (1980), en tanto que *A. acuminata* y *C. equisetifolia* se mostraron altamente susceptibles al efecto de las heladas de la región.

El crecimiento superior en altura de *E. globulus* se debe probablemente a que la especie resistió favorablemente el efecto de las heladas y además a que es muy exigente en cuanto a humedad del suelo; *A. acuminata* mostró un crecimiento satisfactorio a pesar que la especie fue muy afectada por las heladas. En sitios similares de América Central, las especies han mostrado buena respuesta de crecimiento en altura, con valores promedio de 2 m por año (CATIE, 1986).

La reforestación con especies de alta productividad puede solucionar problemas de presión por recursos naturales

Respecto a *C. equisetifolia* la altitud (2 200 msnm) probablemente afectó su desarrollo, y no fue hasta los años 1989 y 1990 que la especie mostró un ligero incremento en su crecimiento para cada variable. Respecto al diámetro de copa, *A. acuminata* emitió un sistema de ramificación formando una copa abundante y densa, la cual se podó al tercer y cuarto año con el fin de reducir en parte la interferencia de los árboles respecto a los cultivos. Por otra parte, *E. globulus* tuvo la ventaja de la autopoda y formó una copa poco densa y de forma cónica que permitió una penetración permanente de radiación solar hacia el piso forestal.

Efecto sobre el crecimiento de los cultivos

Durante el primer año de establecimiento de los árboles no se determinó ningún efecto del árbol sobre el cultivo; sin embargo, el follaje del maíz sí afectó en parte el crecimiento de los árboles durante el primer año de asocio. Especialmente en los tratamientos taungya con *C. equisetifolia* y *E. globulus*, los árboles mostraron poco desarrollo durante los primeros meses. En otros estudios del sistema taungya se ha encontrado que en el establecimiento el maíz no afecta en forma significativa el desarrollo del Eucalipto (Aguirre, 1977).

Los árboles de *A. acuminata* bajo sistema taungya mostraron, desde un principio, una buena adaptación emitiendo rápidamente brotes y hojas nuevas. Aparentemente el follaje del cultivo no afectó el establecimiento y desarrollo de esta especie, la que se vió favorecida por condiciones de buena humedad y relativamente poca sombra (Fournier, 1978). Después de la cosecha de los cultivos, los tratamientos taungya quedaron sin asocio por aproximadamente cuatro meses, por lo cual los árboles no tuvieron interferencia en su desarrollo.

A partir del segundo año, cuando los árboles alcanzaban una altura aproximadamente igual a la de los cultivos, las guías del frijol se enredaban entre las copas de los árboles de *A. acuminata* y *E. globulus* torciéndolos algunas veces, lo que también dificultaba la cosecha del frijol. Esta situación puede considerarse una desventaja agronómica en las condiciones experimentales estudiadas. En este sentido sería preferible la selección de un frijol no trepador o

sembrar el frijol a una distancia mayor de los árboles (Nair, 1984).

A partir del tercer año se observó un efecto negativo del árbol sobre el cultivo; por un lado, el crecimiento rápido de la copa de *A. acuminata* sombreó al cultivo y en el cuarto año la producción fue casi nula. El maíz en tales condiciones, aunque mostró siempre un follaje verde, fue débil y no fructificó. El efecto de sombra, observado por otros autores, se considera una desventaja (Budowski, 1981). En los tratamientos taungya con *E. globulus*, la interferencia por luz con el cultivo fue mínima; más bien los bajos rendimientos de los cultivos pueden deberse a la poca humedad existente en el suelo o probablemente a efectos alelopáticos del árbol hacia el cultivo como ha sido observado en otras situaciones (Young, 1987). Los resultados concuerdan con los de Parvez (1988), quién encontró que en la asociación de Eucalipto con cultivos, el efecto de los árboles sobre la producción agrícola fue insignificante durante los primeros dos años; pero que a partir del tercero las pérdidas en la producción fueron significativas.

Conclusiones

Bajo las condiciones experimentales estudiadas se considera que, durante los primeros cuatro años, la investigación ha contribuido en

parte a proponer alternativas agroforestales para uso de agricultores típicamente minifundistas en situaciones donde existe una alta presión sobre los recursos suelo y bosque.

Desde el punto de vista biológico, *A. acuminata* y *E. globulus* crecieron satisfactoriamente en los dos sistemas de plantación estudiados. Se considera que estas especies son realmente promisorias para incorporarse a los sistemas de producción de los pequeños agricultores de la región para ayudarles a resolver problemas inmediatos, tales como carestía de leña y postes, y mejoramiento del suelo. *A. acuminata* se considera una buena alternativa para utilizarse en asociación con cultivos por su ventaja en la fijación de nitrógeno; siempre que se hagan podas intensivas de la copa.

Por otra parte, *E. globulus* por los crecimientos mostrados, es una buena alternativa para producir madera para construcción, no así para su uso como leña o carbón, pues los agricultores argumentan que expele un aroma desagradable en la cocción de alimentos.

C. equisetifolia posee también buenas cualidades para resolver problemas inmediatos de los campesinos; sin embargo, es necesario realizar pruebas de adaptación de la especie en otras regiones dentro de la cuenca, para obtener resultados confiables.

Por su parte, se considera aceptable la producción agrícola obtenida en los tratamientos control y *C. equisetifolia* en sistema taungya.

Se pueden resumir los resultados de la siguiente manera:



El investigador explica a un grupo de agricultores locales la importancia de los nódulos fijadores de nitrógeno de *Alnus acuminata*, hecho que lo hace atractivo para asociarlo con cultivos de la región. (Foto: V. Gómez).

- En las condiciones de la parte de la Cuenca del Río Achiguate, *E. globulus* y *A. acuminata* se comportaron mejor que *C. equisetifolia* en los dos sistemas de plantación estudiados. El crecimiento en altura de *E. globulus* -en los dos sistemas- fue superior a las otras dos especies.
- No se detectaron diferencias en crecimiento de los árboles en las dos modalidades de plantación.
- En los sistemas de producción taungya la producción se redujo significativamente desde el segundo año; salvo en las asociaciones con *C. equisetifolia*.

Recomendaciones

- Se recomienda la utilización de *E. globulus* para postes o fines energéticos, dentro de los sistemas de producción de los pequeños agricultores de la región estudiada.
- Se recomienda la utilización de *A. acuminata* para producción de leña y como mejoradora del suelo por sus bondades como especie fijadora de nitrógeno.
- *C. equisetifolia* puede ser una buena opción para asociarla con cultivos ya que durante muchos años no presenta interferencia. En este caso, se debe tomar en cuenta que la producción forestal es a largo plazo.

José Miguel Leiva,
 Profesor, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, Apdo. 1545, Ciudad de Guatemala, Guatemala

Rolain Borel,
 Profesor, Universidad para la Paz, Apdo. 11-2300 Curridabat, Costa Rica

Nota de la editora
 Los autores del presente artículo agradecen a la Fundación Internacional para la Ciencia por el apoyo financiero para la realización de esta investigación, así como a la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos por su apoyo logístico.
 El presente artículo es el primero de una serie de tres artículos sobre evaluación de tres especies forestales en plantaciones puras y sistema taungya. La segunda parte dará a conocer los resultados referentes al crecimiento del sistema radical y el último a la producción de leña y análisis financiero.



Literatura consultada

AGUIRRE, C. 1977. Comportamiento inicial de *E. deglupta* Blume asociado con maíz (Taungya) en dos espaciamientos con y sin fertilización. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Programa Universidad Costa Rica/CATIE. 130 p.

BUDOWSKI, G. 1981. Algunas ventajas y desventajas de los sistemas agroforestales en comparación con monocultivos no arbóreos. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 4 p.

CATIE. 1984. Normas para la investigación silvicultural de especies para leña. Turrialba, Costa Rica. Manual Técnico N° 1. 115 p.

----- 1986. Silvicultura de especies promisorias para producción de leña en América Central: resultados de cinco años de investigación. Turrialba, Costa Rica. p. 85-88.

FOURNIER, O. 1978. El cultivo del jaul (*Alnus acuminata*) en fincas de café en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, Escuela de Biología. 4 p.

HERRERA, I. 1984. Levantamiento semidetallado de suelos de la cuenca del Río Achiguate (Fase I). Tesis Ing. Agr., Guatemala, Universidad de San Carlos. 198 p.

MONTAGNINI, F. et al. 1992. Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos. 2da edición. San José, Costa Rica. OET-IICA. 662 p.

NAIR, P. K. R. 1984. Soil productivity aspects of agroforestry. Kenya. ICRAF, Science and Practice of Agroforestry 1. p. 12-15.

PARVEZ, A. 1988. Eucalyptus in agroforestry: its effects on agricultural production and economics. Agroforestry Systems 8:31-38.

WEEB, D. 1980. Guía y clave para seleccionar especies en ensayos forestales de regiones tropicales y subtropicales. Londres, Gran Bretaña. p. 101.

YOUNG, A. 1987. The potential of agroforestry for soil conservation, part II: maintenance of fertility. Kenya, ICRAF, Working Paper N° 43.