

CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE *Trema micrantha* (L.) Blume, ÁRBOL PARA PAPEL AMATE

GROWTH AND PRODUCTION OF *Trema micrantha* (L.) Blume, TREE USED FOR AMATE PAPER

Udavi Cruz-Márquez¹; Patricia Negreros-Castillo^{2,*}; Citlalli López-Binnqüist¹; Carl W. Mize³.

¹Centro de Investigaciones Tropicales (CITRO), Universidad Veracruzana. Ex-Hacienda Lucas Martín, privada de Araucarias s/n, col. Periodistas. C. P. 91019. Xalapa, Veracruz. MÉXICO.

²Instituto de Investigaciones Forestales (INIFOR), Universidad Veracruzana. Parque El Haya s/n, col. Benito Juárez. C. P. 91056. Xalapa, Veracruz. MÉXICO. Correo-e: pnegreros@uv.mx Tel.: 228 208 2980 (*Autora para correspondencia).

³Profesor jubilado de Iowa State University. Santos Degollado núm. 81-5, col. Centro. C. P. 91000. Xalapa. Veracruz. MÉXICO.

RESUMEN

En la comunidad de San Pablito en la Sierra Norte de Puebla, el árbol *Trema micrantha* (jonote) proporciona 80 % de la corteza utilizada en la manufactura del papel amate, una de las artesanías más importantes y conocidas de México. La comunidad se dedica en su totalidad a la producción del amate; sin embargo, el abastecimiento de corteza es irregular, insuficiente y proviene de lugares lejanos al centro productor. El presente estudio tiene tres objetivos: evaluar el interés de las personas de las comunidades vecinas para aumentar la producción de árboles de jonote, documentar las prácticas silvícolas y evaluar la tasa de crecimiento en altura y diámetro del árbol. Se entrevistaron 28 personas; 40 % están interesadas en aumentar la producción de jonote; 20 % aplica prácticas silvícolas como podas, eliminación de sombra, trasplante de jonote y adición de materia orgánica. Con base en la medición de 396 árboles de edad conocida, el jonote puede medir 7 cm de diámetro promedio en el primer año y 16 cm a los 5 años. Los mejores crecimientos se observaron en terrenos con pendientes menores de 70 %, altitudes entre 1,200 y 1,600 m, suelos fértiles y luz directa.

PALABRAS CLAVE: Agroforestería, café bajo sombra, árboles tropicales, silvicultura, Sierra Norte de Puebla.

ABSTRACT

In the community of San Pablito in the Sierra Norte de Puebla, *Trema micrantha* (known in Mexico as jonote) generates 80 % of the bark used to produce one of the most important and well known Mexican handicrafts: amate paper. Most community members are involved in this economic activity; however, bark supply is irregular and inadequate and comes from far away. This study has three objectives: evaluate the interest of people from neighboring communities to increase the production of jonote, document the silvicultural practices and evaluate the growth rate (tree height and diameter). Out of 28 farmers interviewed 40 % were interested in increasing *jonote* production and 20 % use silvicultural practices such as pruning, elimination of shade, transplanting and adding organic matter. Based on the measurements of 396 trees of estimated age, this species can obtain an average diameter of 7 cm after one year and 16 cm after 5 years. The best growth was observed on sites with slopes less than 70 %, altitudes between 1,200-1,600 m, fertile soils and direct light.

KEYWORDS: Agroforestry, shaded coffee, tropical trees, silviculture, Sierra Norte de Puebla.



Recibido: 13 de julio, 2013

Aceptado: 04 de marzo, 2014

doi: 10.5154/r.rchscfa.2013.07.024

<http://www.chapingo.mx/revistas>

INTRODUCCIÓN

El origen del papel amate, elaborado con la corteza interna (floema secundario) de especies de árboles tropicales, es precolombino y se encuentra fuertemente ligado a los rituales practicados por varias comunidades mesoamericanas (Dow, 1982). Al inicio de la Colonia, la manufactura fue prohibida; sin embargo, algunas comunidades como San Pablito en la Sierra Norte de Puebla, habitada por los ñahñus (Otomíes), han mantenido el uso y producción de papel amate hasta nuestros días (López, 2004). En la década de los sesenta, la investigación antropológica sobre los rituales ñahñus en San Pablito y la intervención de galeristas de la ciudad atrajeron la atención hacia el papel amate, impulsando su producción y venta como artesanía (Dow, 1982). En pocos años esta nueva artesanía cobró gran popularidad provocando cambios en la organización para su producción, en las técnicas de manufactura y en la presión sobre los recursos naturales empleados para su elaboración. Antes de que el papel amate se transformara en artesanía, los pobladores de San Pablito recolectaban la corteza que utilizaban para su manufactura; en la actualidad, la adquieren a través de personas (jonoteros) de otras comunidades dedicadas a la extracción y venta. Originalmente, el papel amate se elaboraba con la corteza de varias especies de árboles del género *Ficus* (Kuaraksa, Elliott, & Hossaert-Mckey, 2012); cuando inició la comercialización, estos árboles se agotaron y su corteza fue sustituida por la de otras especies, pero sobre todo de *Trema micrantha* (L.) Blume. *Ficus* es un género por naturaleza de difícil reproducción (Yeo & Tan, 2009) por lo que, en la actualidad, aproximadamente el 80 % del amate producido en San Pablito se elabora con la corteza del árbol *T. micrantha* conocido localmente como jonote.

Trema micrantha es un árbol pionero con amplia distribución geográfica, presente desde Florida hasta el norte de Argentina (Álvarez-Aquino, Williams-Linera, & Newton, 2005; Gutiérrez-Carbajal & Dorantes-López, 2004; Schoenfelder, Cirimbelli & Citadini-Zanete, 2006; Watson & Predy, 2008). En México, *T. micrantha* puede encontrarse desde el nivel del mar hasta los 1,500 m en distintos tipos de vegetación como selva media, selva alta, bosque mesófilo de montaña y bosques de pino-encino; la mayor densidad se ubica en las planicies costeras de la zona sureste del golfo de México (Gutiérrez-Carbajal & Dorantes-López, 2004; Vásquez-Yanes, 1998). La especie logra establecerse en suelos pobres, erosionados o de barbecho, arcillosos, calcáreos, barroso-arcilloso, someros no pedregosos o arenosos-pedregosos (Adamski & Ceni-Coelho, 2008; Gutiérrez-Carbajal & Dorantes-López, 2004). El árbol de *T. micrantha* puede llegar a medir 30 m de altura y 70 cm de diámetro (Adamski & Ceni-Coelho, 2008; Brokaw, 1985; Gutiérrez-Carbajal & Dorantes-López, 2004; Vásquez-Yanes, 1998); es también un árbol multiusos que tiene propiedades medicinales como analgésico y antiinflamatorio (Barbera, Trovato, Rapisarda, & Ragusas, 1992). En la Sierra Norte de Puebla, *T. micrantha* se distribuye en acahuales, remanentes de bosques de diferentes tipos de vegetación

INTRODUCTION

The origin of amate paper, made from the inner bark (phloem fiber) of tropical tree species, is pre-Columbian and is strongly linked to rituals practiced by several Mesoamerican communities (Dow, 1982). At the beginning of the colonial era, manufacturing was banned, but some communities such as San Pablito in the Sierra Norte de Puebla, inhabited by ñahñus (Otomi people), have maintained the use and production of amate paper until today (López, 2004). In the sixties, anthropological research on ñahñus rituals in San Pablito and the involvement of city art dealers drew attention to amate paper, boosting its production and sales as crafts (Dow, 1982). In a few years this new craft gained great popularity, causing changes in the organization for production, manufacturing techniques and pressure on natural resources used in this manufacture. Before amate paper was transformed into a handicraft, the inhabitants of San Pablito collected bark and used it for manufacturing; today, the people acquire the bark through people from other communities (known as jonoteros) dedicated to the extraction and sale. Originally, amate paper was made from the bark of several tree species of the genus *Ficus* (Kuaraksa, Elliott, & Hossaert-Mckey, 2012); when trading started, these species were depleted and bark was replaced by the one of other species, especially from *Trema micrantha* (L.) Blume. *Ficus* is a genus difficult to reproduce by nature (Yeo & Tan, 2009); therefore, today about 80 % of the bark produced in San Pablito comes from *T. micrantha* known locally as jonote.

Trema micrantha is a pioneer tree with wide geographical distribution, present from Florida to northern Argentina (Álvarez-Aquino, Williams-Linera, & Newton, 2005; Gutiérrez-Carbajal & Dorantes-López, 2004; Schoenfelder, Cirimbelli & Citadini-Zanete, 2006; Watson & Predy, 2008). In Mexico, *T. micrantha* can be found from sea level to 1,500 m in different types of vegetation: medium semi-evergreen forest, tropical rain forest, cloud forest and pine-oak forests. The highest density is located in the coastal plains in the southeast of the Gulf of Mexico (Gutiérrez-Carbajal & Dorantes-López, 2004; Vásquez-Yanes, 1998). The species succeeds in establishing on poor, eroded or fallowed soils, clayey, calcareous, muddy-clay soils, shallow not stony soil or sandy-stony soils (Adamski & Ceni-Coelho, 2008; Gutiérrez-Carbajal & Dorantes-López, 2004). *T. micrantha* trees can grow to 30 m high and 70 cm in diameter (Adamski & Ceni-Coelho, 2008; Brokaw, 1985; Gutiérrez-Carbajal & Dorantes-López, 2004; Vásquez-Yanes, 1998). It is also a multipurpose tree and it has analgesic and anti-inflammatory medicinal properties (Barbera, Trovato, Rapisarda, & Ragusas, 1992). In the Sierra Norte de Puebla, *T. micrantha* is distributed in young secondary vegetation, forest remnants of different types of vegetation and coffee plantations, where it is used as part of the shade (Lopez, 2004). In this region, shaded coffee plantations are the main forest cover, so they are essential as a source of raw material for amate paper and for carbon capture, aquifer recharge, biodiversity conservation and sites for bird migration (Castro, Sánchez, & Rivard, 2003; Moguel & Toledo, 1999; Ruiz, Riverol, Tamariz, & Castelán, 2005).

y cafetales donde se utiliza como parte de la sombra (López, 2004). En esta región, los cafetales bajo sombra representan la principal cobertura forestal por lo que son esenciales tanto como fuente de materia prima para el papel amate como para la captura de carbono, la recarga de mantos acuíferos, la conservación de la biodiversidad y sitios de migración de aves (Castro, Sánchez, & Rivard, 2003; Moguel & Toledo, 1999; Ruiz, Riverol, Tamariz, & Castelán, 2005).

Durante las últimas tres décadas, los cafeticultores han permitido a los jonoteros la extracción gratuita o con pago de la corteza de los árboles de *T. micrantha* (Cruz-Márquez, 2012; López, 2004). Además del ingreso adicional que los cafeticultores obtienen, la actividad representa mano de obra que se integra al manejo de la sombra de sus plantaciones. Generalmente, los árboles de jonote se eliminan cuando tienen entre 7 y 10 años de edad; su corteza, a diferencia de otros árboles utilizados para elaborar papel amate, se puede extraer durante todo el año (López, 2004).

A pesar de la amplia distribución natural de *T. micrantha* y de su abundancia en los cafetales bajo sombra, la demanda del papel amate aumenta y los artesanos de San Pablito enfrentan problemas de abastecimiento de corteza, lo que afecta su capacidad de satisfacer la demanda, así como la calidad y precios de los productos finales. Una solución es aumentar la producción de árboles de jonote, en particular, en las comunidades vecinas a San Pablito. En tal contexto, este estudio fue diseñado para lograr tres objetivos: 1) Evaluar el interés de las personas en las comunidades vecinas por aumentar la producción de árboles de jonote para la cosecha de la corteza, 2) Documentar las prácticas silvícolas que los cafeticultores aplican a los árboles de *T. micrantha* y 3) Evaluar la tasa de crecimiento de *T. micrantha* en altura y diámetro en relación con los factores ambientales (altitud, pendiente, orientación, materia orgánica y hojarasca). El primer objetivo permite determinar la posibilidad de contar con una fuente de abastecimiento de corteza cerca de San Pablito, mientras que el segundo y tercer objetivos proporcionan información que permite generar recomendaciones para la producción de árboles de jonote destinados a la venta de corteza.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en 10 comunidades del municipio de Pahuatlán (Figura 1) ($20^{\circ} 13' 12'' - 20^{\circ} 21' 98''$ N; $98^{\circ} 04' 18'' - 98^{\circ} 12' 12''$ O), ubicado en la Sierra Norte de Puebla. El municipio cuenta con 29 comunidades y abarca una superficie de 80.3 km²; se caracteriza por su relieve accidentado con altitudes de 600 a 2,000 m. En la actualidad solo se observan algunos relictos de selva mediana subperennifolia, selva baja subcaducifolia, bosque mesófilo, bosque de pino-encino y pinares. La cobertura forestal predominante se compone de cafetales bajo sombra.

Con el fin de detectar el interés de los cafeticultores de las comunidades vecinas a San Pablito por aumentar la pro-

During the last three decades, coffee growers have allowed jonoteros to extract bark from *T. micrantha* for free or for a fee (Cruz-Márquez, 2012; López, 2004). Besides the extra income coffee growers receive, the activity represents labor that integrates into the management of shade for their plantations. Generally, jonote trees are removed when they are between 7 and 10 years old; their bark, unlike other trees used for making amate paper, can be extracted all year round (López, 2004).

Despite the wide natural distribution of *T. micrantha* and its abundance in shaded coffee plantations, the demand for amate paper increases and craftsmen of San Pablito face bark supply problems, affecting their ability to meet the demand and the quality and prices of final products. A solution is to increase the production of jonote trees, particularly, in communities around San Pablito. In this context, this study was designed to achieve three objectives: 1) Evaluate the interest of people in neighboring communities to increase the production of jonote trees for bark, 2) Document silvicultural practices applied by coffee farmers to *T. micrantha* trees and 3) evaluate the growth rate of *T. micrantha* (height and diameter) in relation to environmental factors (altitude, slope, aspect, organic matter and leaf litter). The first objective allows us to determine the possibility of having a new source of bark near San Pablito; the second and third objectives provide information that allows us to generate recommendations for the production of jonote trees for bark sale.

MATERIALS AND METHODS

This study was conducted in 10 communities of Pahuatlán (Figure 1) ($20^{\circ} 13' 12'' - 20^{\circ} 21' 98''$ N; $98^{\circ} 04' 18'' - 98^{\circ} 12' 12''$ W),

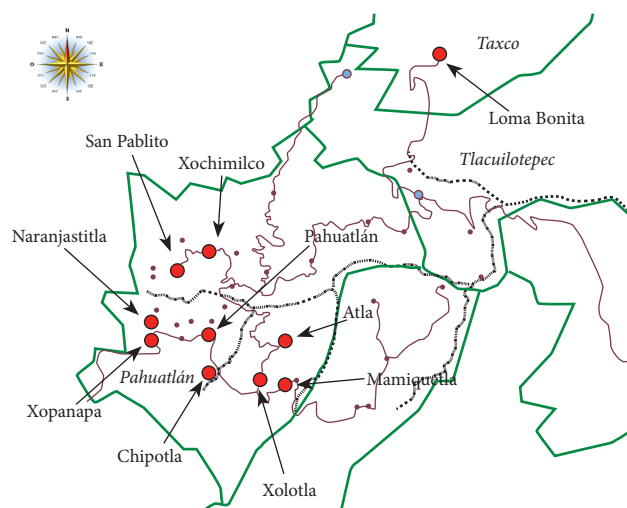


FIGURA 1. Comunidades estudiadas para la producción de *Trema micrantha* en el municipio de Pahuatlán, Puebla.
FIGURE 1. Communities studied for the production of *Trema micrantha* in Pahuatlán, Puebla.

ducción de árboles de jonote para la cosecha de la corteza y conocer las prácticas silvícolas que aplican a estos árboles, se hicieron 28 entrevistas semi-estructuradas (Alexiades, 1996). Éstas incluyeron dos grupos de preguntas. En el primer grupo se cuestionaron aspectos relacionados con el primer objetivo: 1) la opinión del productor sobre la posibilidad de sembrar *T. micrantha* para aumentar la producción de corteza, 2) superficie del terreno, 3) años del terreno bajo el uso del suelo observado y 4) precio de la corteza. El siguiente grupo se relaciona con el segundo objetivo: 5) prácticas silvícolas y uso de agroquímicos, 6) características de los árboles de *T. micrantha* para extracción de la corteza utilizada en la manufactura de papel amate y 7) usos del árbol muerto. Las preguntas 1 a 4 permiten determinar el interés de los productores para sembrar árboles de jonote y generan información sobre la disponibilidad de terreno y la posibilidad de que éste permanezca bajo un tipo de uso que sea compatible con la producción de los árboles. La información sobre el costo de la materia prima permite inferir su efecto como incentivo. La pregunta 5 se enfoca específicamente en identificar las prácticas silvícolas que los cafeticultores están aplicando a los árboles de jonote. Finalmente, las preguntas 6 y 7 complementan la información útil para generar recomendaciones. La información recabada en las 28 entrevistas fue procesada a través del cálculo de porcentaje de respuestas más frecuentes.

Por otra parte, se realizó un estudio observacional (obtención de conocimiento a través de observaciones directas en las que los tratamientos no se pueden asignar al azar) (Álvarez-González, Cañellas, Alberdi, Gadow, & Ruiz-González, 2014; Rosenbaum, 2010), para evaluar la tasa de crecimiento en diámetro y altura del jonote. Las observaciones directas se obtuvieron adaptando la metodología utilizada por Arriaga, Franco, y Sarukhán (1988), quienes estudiaron fragmentos de selva mediana de diferentes edades para reconstruir su dinámica de crecimiento y composición. En el presente estudio, en lugar de trabajar con fragmentos de vegetación de edad conocida, se trabajó con árboles individuales como unidad de estudio. En total se seleccionaron 396 árboles de *T. micrantha*, cuya edad fue proporcionada por los dueños de los 28 terrenos en donde se localizaron dichos árboles. Los árboles a estudiar se seleccionaron con base en el intervalo de diámetros de 5 a 35 cm, por ser el que incluye los tamaños preferidos para la obtención de la corteza. En cada árbol se midieron el diámetro a la altura del pecho (DAP: cm), altura total (m), diámetro de la copa (m), profundidad de la copa (longitud de la copa [m], lo opuesto a fuste limpio, con la cual se calculó el porcentaje de copa con base en la altura total del árbol) y clase de copa (dominante, codominante, intermedia y suprimida), siguiendo la metodología de Smith (1997).

Con el fin de evaluar el impacto de los factores ambientales sobre la tasa de crecimiento, se realizaron las siguientes mediciones por cada árbol: 1) pendiente (%), 2) altitud (m), 3) orientación de la pendiente (°), 4) profundidad de la copa de

located in the Sierra Norte de Puebla. The municipality has 29 communities and covers an area of 80.3 km² and is characterized by its rugged terrain with altitudes from 600 to 2000 m. Today, only some remnants of medium semi-evergreen forest, low deciduous forest, cloud forest, pine-oak forest and pine forest are observed. The predominant forest cover consists of shaded coffee plantations.

A total of 28 semi-structured interviews were conducted in order to detect the interest of coffee growers of neighboring communities to San Pablito to increase their production of jonote trees to obtain bark and learn about the silvicultural practices applied to these trees (Alexiades, 1996). These interviews included two sets of questions. The first set considered aspects related to the first objective 1) the opinion of the grower on the possibility of planting *T. micrantha* to increase bark production, 2) land area, 3) number of years that the land has been in the current use and 4) bark price. The second set was related to the second objective: 5) silvicultural practices and use of agrochemicals, 6) characteristics of *T. micrantha* trees for bark extraction used in the manufacture of amate paper and 7) uses of dead trees. Questions 1 to 4 allowed us to determine the interest of growers to plant jonote trees and generate information on the availability of the land and the possibility that it will remain under a use that is compatible with the production of trees. The information on the cost of raw material allow to infer its effect as an incentive. Question 5 focused specifically on identifying silvicultural practices that coffee growers have been applying to jonote trees. Finally, questions 6 and 7 complement the information that can be used to make recommendations. The information collected from the 28 interviews was processed by means of the calculation of percentage of each response.

To evaluate the rate of growth in diameter and height of jonote trees, an observational study was conducted (obtaining knowledge through direct observations, where treatments cannot be randomly assigned) (Álvarez-González, Cañellas, Alberdi, Gadow, & Ruiz-González, 2014; Rosenbaum, 2010). Direct observations were obtained by adapting the methodology used by Arriaga, Franco, and Sarukhán (1988), who studied fragments of medium semi-evergreen forest of different ages to understand its growth and composition dynamics. In the present study, instead of working with vegetation fragments of known age, we used individual trees as study units. In total 396 trees of *T. micrantha* were selected; In total 396 *T. micrantha* trees were selected, whose ages were provided by the owners of the 28 fields where these trees were located. The trees to be studied were selected were from 5 to 35 cm in diameter, the preferred sizes for obtaining bark. For each tree diameter at breast height (DBH: cm), total height (m), crown diameter (m), depth of the crown (crown length [m], the opposite of clear bole, from which the crown percentage was calculated based on the total height of the tree), and crown class (dominant, codominant, intermediate and suppressed), following the methodology of Smith (1997) were recorded.

materia orgánica del suelo (horizonte O, cm), 5) profundidad de la hojarasca (cm) y 6) cobertura de la hojarasca (%). Los datos 4, 5 y 6 se obtuvieron mediante la proyección de la copa del árbol sobre el terreno, dividida en cuatro cuadrantes; en cada cuadrante se hizo una medición, para obtener el promedio. La información se analizó aplicando regresiones lineales y análisis de varianza con el paquete SAS (Statistical Analysis System [SAS], 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con la observación en campo y la información proporcionada por los entrevistados, los árboles estudiados crecen en terrenos con cinco usos principales del suelo, los cuales se muestran en el Cuadro 1.

To evaluate the impact of environmental factors on growth rate, 1) slope (%), 2) altitude (m), 3) slope orientation (°) 4) depth of the layer of organic matter in the soil (horizon W, cm), 5) leaf litter depth (cm) and 6) leaf litter cover (%) were measured. Data 4, 5 and 6 were obtained by projecting the tree crown on to the ground and dividing it into four quadrants. A measurement was taken in each quadrant and averaged. Data was analyzed by applying linear regression and analysis of variance using the SAS (Statistical Analysis System [SAS], 2004).

RESULTS AND DISCUSSION

According to field observations and information provided by the interviewees, the trees studied grew on soils with five major uses, which are shown in Table 1.

CUADRO 1. Distribución de los terrenos estudiados por tipo de uso de suelo en el municipio de Pahuatlán en la Sierra Norte de Puebla.

135

Tipo de terreno	Número de terrenos	%	Descripción
Cafetal bajo sombra en uso	17	60.7	Sistemas agroforestales enfocados a la producción de café, diversificados con otras especies útiles.
Cafetal bajo sombra abandonado	3	10.7	Cafetales en los cuales las actividades de poda y otras relacionadas al cultivo han cesado desde hace 5 años o menos. Existen especies propias de la vegetación primaria y secundaria.
Cafetal bajo sombra joven	2	7.1	Terrenos anteriormente de labranza donde crecen árboles jóvenes (entre ellos <i>T. micrantha</i>) y se han sembrado plataneros y cafetales para transformar el terreno en un cafetal. No más de 5 años con este uso de suelo. Poca vegetación y suelos pobres en materia orgánica.
Bosque maduro	3	10.7	Terrenos con vegetación madura y árboles de hasta 20 m de altura y diámetros de hasta 70 cm. Presencia de árboles frutales bajo manejo tradicional.
Acahual	3	10.7	Terrenos de descanso o recientemente abandonados (de los cuales también se obtienen algunos recursos).
Total	28		

TABLE 1. Distribution of land surveyed by type of land use in Pahuatlán in the Sierra Norte de Puebla.

Type of land	Number of fields	%	Description
Shade coffee plantation in use	17	60.7	Agroforestry systems focused on coffee production, diversified with other useful species.
Abandoned shade coffee plantation	3	10.7	Coffee plantations in which pruning activities and other activities related to growing have ceased for 5 years or so. Exist species typical of primary and secondary vegetation.
Young coffee plantation under shade	2	7.1	Previously tilled land, where Young trees grow (including <i>T. micrantha</i>) and banana and coffee plantations have been planted to transform the land in a coffee plantation. Not more than 5 years with this land use. Little vegetation and soils poor in organic matter.
Mature forest	3	10.7	Land with mature vegetation and trees up to 20 m in height and diameters up to 70 cm. Presence of fruit trees under traditional management.
Acahual (Young secondary vegetation)	3	10.7	Resting or abandoned land (from which some resources are also obtained).
Total	28		

Posibilidad de siembra de *T. micrantha* para aumentar la producción de corteza utilizada en la elaboración de papel amate.

El 40 % de los entrevistados están interesados en sembrar *T. micrantha* para aumentar la producción de corteza, indicando al mismo tiempo que desconocen cómo hacerlo. Generalmente, los productores rurales muestran interés en plantar árboles que les son útiles; sin embargo, una barrera común es el desconocimiento técnico para llevarlo a cabo.

Se identificó que 60 % de los entrevistados han mantenido los cafetales bajo sombra por más de 30 años. La extensión promedio de los terrenos es de 2 ha, lo que coincide con la extensión promedio de la región (Martínez, Evangelista, Basurto, Mendoza, & Cruz-Rivas, 2007). La presencia de cafetales bajo sombra genera innumerables beneficios ambientales y representa un componente esencial del paisaje de la Sierra Norte de Puebla. La permanencia de los cafetales bajo sombra puede fortalecerse si los propietarios logran producir árboles de jonote en forma continua y complementar así su economía.

Con relación a los precios de la corteza, los propietarios generalmente venden sus productos a los jonoteros, en alrededor de \$ 20.00-árbol⁻¹ o \$ 5.00-kg⁻¹ de corteza. Los jonoteros a su vez venden la corteza a los artesanos de San Pablito; un costal de corteza (aproximadamente 35 kg dependiendo de la humedad) tiene un precio entre \$ 400.00 y \$ 700.00. En general, los precios son variables y se identificó que 90 % de los entrevistados están inconformes con las ganancias obtenidas por la venta de corteza de *T. micrantha*. No obstante, al igual que en muchos lugares de México y el mundo, el aprovechamiento de los productos forestales no maderables representan un componente importante como medio de vida, especialmente en las comunidades dependientes del bosque (Marshall, Schreckenberg, & Newton, 2006; Solares, Mata, Vargas, Soto, & Rodríguez, 2006; Stryamets, 2012).

Prácticas silvícolas en los árboles de *T. micrantha*

El 80 % de los entrevistados mencionaron que los árboles de *T. micrantha*, que conservan como parte de la sombra de su cafetal, los obtuvieron a través de regeneración natural. El 20 % de los cafeticultores realiza algunas de las siguientes prácticas: establecimiento de árboles por semilla, trasplante o rebrote de los árboles cortados; eliminación de sombra proveniente de árboles vecinos (eliminación de competencia) y poda de ramas bajas (crea fuste limpio para obtener más corteza). Ningún productor utiliza agroquímicos debido principalmente a su elevado costo.

Sobre las características de los árboles adecuados para la extracción de corteza, los propietarios identifican las siguientes: 1) edad óptima entre 2 y 5 años, 2) DAP entre 10 a 25 cm y 3) color del tronco (quizá la más importante) pardo a pardo-claro, típico del árbol o rama joven. Cuando dichos in-

Chance of planting *T. micrantha* to increase bark production used in the manufacture of amate paper.

The interviews showed that 40 % of respondents were interested in planting *T. micrantha* to increase bark production, and they also indicated that they do not know how to do it. Generally, growers were interested in planting trees that are useful to them, but a common barrier is the lack of technical knowledge.

A total of 60 % of respondents have tended shaded coffee plantations for over 30 years. The average amount of land was 2 ha, which coincides with the average size for the region (Martínez, Evangelista, Basurto, Mendoza, & Cruz-Rivas, 2007). The presence of shaded coffee plantations generates innumerable environmental benefits and is an essential component of the landscape of the Sierra Norte de Puebla. The permanence of shaded coffee plantations can be strengthened if owners are able to continuously produce jonote trees and thus complement their economy.

In relation to bark prices, owners usually sell their products to jonoteros for about \$ 20.00-tree⁻¹ or \$ 5.00-kg⁻¹ of bark. At the same time, jonoteros sell the bark to craftsmen of San Pablito; a bag of bark (about 35 kg depending on the humidity) is priced between \$ 400.00 and \$ 700.00. In general, prices have been variable. It was found that 90 % of respondents were dissatisfied with their earnings from the sale of *T. micrantha*. However, as in many parts of Mexico and the world, the use of non-timber forest products is an important component of family income, especially in forest-dependent communities (Marshall, Schreckenberg, & Newton, 2006; Solares, Mata, Vargas, Soto, & Rodríguez, 2006; Stryamets, 2012).

Silvicultural practices in *T. micrantha* trees

A total of 80 % of respondents mentioned that *T. micrantha* trees, used as shade for their coffee plantations, were obtained through natural regeneration. 20 % of coffee growers performed some of the following practices: tree establishment from seed, transplanting or resprouting of felled trees, removal of shade from neighboring trees (elimination of competition) and pruning of lower branches (making the bole clear to produce more bark). No grower used agrochemicals mainly due to the high cost.

Owners identified the following characteristics of suitable trees for bark removal: 1) optimal age between 2 and 5 years, 2) DBH between 10 to 25 cm and 3) trunk color (perhaps the most important) brown to light-brown, typical of young tree or branches. When these ranges are exceeded, this usually means that the bark is lignified and hard, making it difficult to extract and reducing the amount of fiber obtained. In other species, such as cuachalalate (*Amphipterygium adstringens* Schiede ex Schlecht.), another tree from which the bark is harvested, lignification favors its medicinal use (Solares et al., 2006).

tervalos son superados, significa generalmente que la corteza se ha lignificado y endurecido, lo cual dificulta la extracción y reduce la cantidad de la fibra obtenida. En otras especies como el cuachalalate (*Amphipterygium adstringens* Schiede ex Schlecht.), árbol del que también se usa la corteza, la lignificación favorece su uso medicinal (Solares et al., 2006).

El árbol de jonote muere después del desprendimiento de la corteza. Para el 40 % de los entrevistados, el árbol representa un recurso que utilizan como leña; para el 20 %, los troncos se usan para la construcción de viviendas; y el 40 % deja los árboles en el terreno sin darles uso. Un estudio reciente resalta el gran potencial del uso de la madera de jonote en la carpintería rural, ya que las características de dureza y resistencia indican estabilidad al clavado, buena respuesta al ensamblado y al torneado (Quintanar-Isaías et al., 2012). El uso de la madera puede convertirse en un incentivo más para incrementar la producción de *T. micrantha*, además de que también es muy ligera (observación personal) lo que facilita su manejo y el transporte de las piezas fabricadas.

Tasa de crecimiento en altura y diámetro de *T. micrantha* en relación con los factores ambientales

Cinco árboles entre 21 y 35 años de edad fueron excluidos del análisis pues sumaban, para dicho intervalo, un número insuficiente para hacer estimaciones de tendencias de crecimiento; además, por ser demasiado viejos producen corteza muy lignificada, poco útil para la manufactura de papel amate.

La tasa de crecimiento en diámetro se calculó aplicando una regresión polinomial usando la edad de los árboles. Debido a la heterogeneidad en la variación (Figura 2) se aplicó una regresión ponderada (Draper & Smith, 1966), en la que el factor de ponderación fue el recíproco de la raíz cuadrada de la edad. La relación entre el DAP (cm) y la edad (años) generó la siguiente ecuación:

$$\text{DAP} = 5.58 + (2.35 * \text{edad}) - (0.0491 * \text{edad}^2) \quad (\text{EC1})$$

Donde $R^2 = 55 \%$, $n = 391$ y los coeficientes son significativos ($P < 0.001$). La Figura 2 muestra que el incremento anual del DAP de *T. micrantha* es mayor en los primeros años de vida; el incremento más alto se observa durante el primer año en el que alcanza 8 cm de diámetro en promedio. En los siguientes 5 años, el DAP aumenta hasta los 16 cm en promedio.

La relación entre la altura (m) y la edad (años) se cuantificó ajustando una regresión polinomial a los datos:

$$\text{Altura} = 6.35 + (0.626 * \text{edad}) - (0.0172 * \text{edad}^2) \quad (\text{EC2})$$

Para tal ecuación $R^2 = 38 \%$, $n = 391$; los coeficientes son significativos ($P < 0.001$). El crecimiento en altura se muestra en la Figura 3, donde se puede observar que los árboles alcanzan 6 m durante el primer año de vida, pero el crecimiento es menor de 2 m entre el segundo y quinto año de edad.

Jonote trees die after stripping their bark. For 40 % of respondents, the tree became a resource used as firewood, 20 % used the trunks for building homes, and 40 % left the trees on the field and did not use them. A recent study highlights the great potential of using jonote wood lumber in rural carpentry, because of its hardness and strength which indicates nailing stability and good for assembly and turning (Quintanar-Isaías et al., 2012). The use of wood can be an incentive to increase production of *T. micrantha*. It is also very light (personal observation) which facilitates handling and transport of manufactured parts.

Rate of growth in height and diameter of *T. micrantha* in relation to environmental factors

Five trees between 21 and 35 years old were excluded from the analysis because there was an insufficient number of trees to make estimates of growth trends. Since these trees were too old, they would have highly lignified bark, and be of little use for the manufacture of amate paper.

The growth rate in diameter was calculated by applying a polynomial regression using the age of the trees. Due to the heterogeneity in the variation (Figure 2) weighted regression was applied (Draper & Smith, 1966), the weighting factor was the reciprocal of the square root of estimated age. The relationship between DBH (cm) and age (years) generated the following equation:

$$\text{DBH} = 5.58 + (2.35 * \text{age}) - (0.0491 * \text{age}^2) \quad (\text{EQ1})$$

Where $R^2 = 55 \%$, $n = 391$ and the coefficients were significant ($P < 0.001$). Figure 2 shows that the annual increase of DBH of *T. micrantha* is highest in the first years of life, the highest increase was observed during the first year reaching 8 cm in diameter on average. In the next 5 years, DBH increased to 16 cm on average.

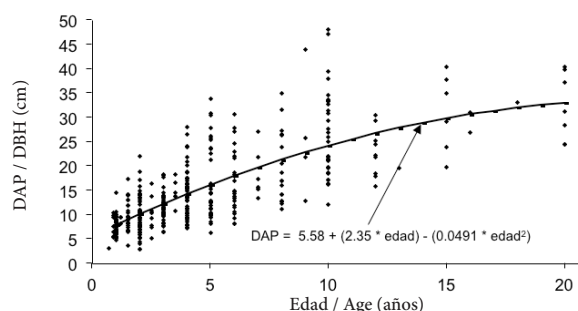


FIGURA 2. Distribución del diámetro a la altura del pecho (DAP) en relación con la edad de los árboles de *Trema micrantha* y ecuación de regresión para predecir el DAP.

FIGURE 2. Distribution of diameter at breast height (DBH) in relation to age of *Trema micrantha* trees and the regression equation to predict DBH.

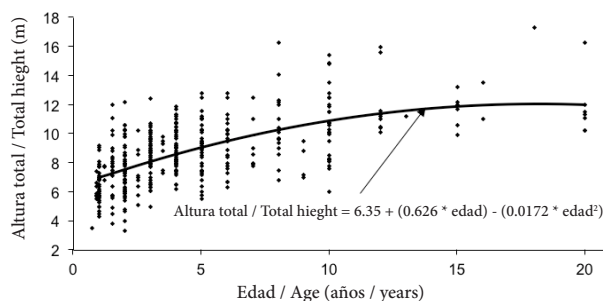


FIGURA 3. Distribución de la altura y edad de los árboles de *Trema micrantha* en sus primeros 20 años de establecimiento y ecuación de regresión para predecir altura.

FIGURE 3. Distribution of height and age of *Trema micrantha* trees in their first 20 years of establishment and the regression equation to predict height.

Evaluar la relación de las características de los árboles con el DAP resulta complejo ya que dicha característica, el porcentaje de copa y el diámetro de copa se correlacionan significativamente entre sí ($P \leq 0.001$) y las tres varían significativamente entre clases de copa ($P \leq 0.002$). El promedio más alto de clase de copa corresponde a la dominante, seguido por la codominante, intermedia y suprimida. Debido a estas correlaciones, las relaciones entre el DAP y el diámetro, porcentaje y clase de copa fueron evaluadas usando los residuales de la EC1. La relación de los residuales con el diámetro de copa y porcentaje de copa fue evaluada con coeficientes de correlación, y la relación de los residuales con la clase de copa se evaluó con análisis de varianza. El análisis de correlación mostró una relación significativa de los residuales con el diámetro de copa ($r = 0.54$, $P < 0.001$) y el porcentaje de copa ($r = 0.16$, $P = 0.001$). Los residuales variaron significativamente entre las cuatro clases de copa ($F = 10.3$, $df = 3, 387$, $P < 0.001$). La prueba de Duncan ($P = 0.05$) mostró que el promedio de los residuales de los árboles con copas dominantes fue mayor que el de los árboles codominantes e intermedios y éstos a su vez fueron mayores que los árboles suprimidos.

El efecto de las características de los sitios sobre el DAP se evaluó mediante regresiones entre los residuales de la EC1 y las variables ambientales por cada árbol. En estos tipos de análisis, los residuales negativos indican un valor observado menor a la predicción de la EC1 y los valores positivos indican un valor mayor a la predicción. La correlación del promedio de la profundidad de la capa de materia orgánica del suelo (horizonte O) y los residuales no fue significativa ($r = 0.0061$, $P = 0.90$). La cantidad de hojarasca se determinó multiplicando el promedio de la profundidad de hojarasca por el promedio del porcentaje de área cubierta por la misma. La correlación cantidad de hojarasca y residuales no fue significativa ($r = 0.028$, $P = 0.58$).

Por otra parte, la relación de la pendiente con los residuales no fue lineal (Figura 4), por lo que se utilizó la siguiente regresión polinomial para cuantificarla:

$$\text{Residual} = -0.26 + (0.0285 * \text{pendiente}) - (0.00037 * \text{pendiente}^2) \quad (\text{EC3})$$

The relationship between height (m) and age (years) was quantified by adjusting a polynomial regression to the data:

$$\text{Height} = 6.35 + (0.626 * \text{age}) - (0.0172 * \text{age}^2) \quad (\text{EQ2})$$

For this equation $R^2 = 38\%$, $n = 391$, and the coefficients were significant ($P < 0.001$). Height growth is shown in Figure 3, where we can see that the trees reach 6 m in the first year of life, but the growth is less than 2 m between the second and fifth year of age.

To evaluate the relationship of the characteristics of trees with DBH was complex because crown percentage and crown diameter were significantly correlated with each other ($P \leq 0.001$) and the three varied significantly among crown classes ($P \leq 0.002$). The highest average crown class corresponds to the dominant, followed by codominant, intermediate and suppressed. Due to these correlations, the relationship between DBH and diameter, percentage and type of crown were tested using the residuals of EQ1. The relationship of the residual with the crown diameter and crown percentage was evaluated with correlation coefficients, and the relationship of the residual with the type of crown was evaluated with an analysis of variance. Correlation analysis showed a significant relationship of the residuals with crown diameter ($r = 0.54$, $P < 0.001$) and the percentage of crown ($r = 0.16$, $P = 0.001$). Residuals varied significantly among the four crown classes ($F = 10.3$, $df = 3, 387$, $P < 0.001$). The Duncan test ($P = 0.05$) showed that the average residual of trees with dominant crowns was higher than the codominant and intermediate trees and these in turn were higher than the suppressed trees.

The effect of the characteristics of the sites on the DBH was evaluated by regression among the residuals of EQ1 and environmental variables for each tree. In these types of analysis, negative residuals indicated a value lower than the prediction of the EQ1 and positive values indicated a value higher than the prediction. The correlation of the average depth of the organic matter layer in the soil (horizon O) and the residuals was not significant ($r = 0.0061$, $P = 0.90$). The amount of leaf litter was determined by multiplying the average depth of leaf litter by the average percentage of area covered with leaf litter. The correlation amount of leaf litter and residuals was not significant ($r = 0.028$, $P = 0.58$).

Moreover, the relationship of slope with the residuals was not linear (Figure 4), for this reason the following polynomial regression was used to quantify it:

$$\text{Residual} = -0.26 + (0.0285 * \text{slope}) - (0.00037 * \text{slope}^2) \quad (\text{EQ3})$$

$R^2 = 2.6\%$, $P_{(\text{slope})} = 0.041$, and $P_{(\text{slope})}^2 = 0.006$ were obtained for this equation. The analysis indicated that a slope between 0 and 60 % had no influence on the DBH, but for slopes of 70 % or more, the DBH for a given age was reduced compared with trees on slopes between 0 and 60 %.

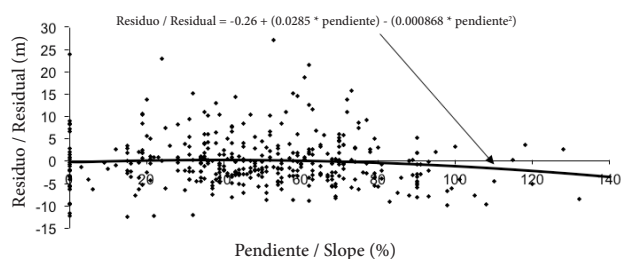


FIGURA 4. Relación entre el residuo y la pendiente, y ecuación de la regresión para la predicción del residual.

FIGURE 4. Relationship between residual and slope, and the regression equation to predict the residual.

Para tal ecuación se obtuvieron $R^2 = 2.6 \%$, $P_{(\text{pendiente})} = 0.041$, $P_{(\text{pendiente})}^2 = 0.006$. El análisis indica que una inclinación entre 0 y 60 % no tiene influencia sobre el DAP, pero del 70 % o más, el DAP para una edad determinada se reduce en comparación con los árboles en pendientes entre 0 y 60 %. La orientación de la pendiente es una característica difícil de evaluar ya que el valor más pequeño (0°) está a un grado del valor mayor (359°). Las funciones trigonométricas se usan con frecuencia para el análisis de la orientación y en ocasiones se ajustan con el fin de que el suroeste constituya el valor más extremo. Este proceso se realizó y se obtuvo una relación no significativa ($P > 0.05$).

La relación entre la altitud y los residuales tampoco fue lineal (Figura 5) y para cuantificarla se usó la siguiente regresión polinomial:

$$\text{Residual} = -21.4 + (0.0292 * \text{altitud}) - (0.00000953 * \text{altitud}^2) \quad (\text{EC4})$$

En dicha ecuación se obtuvieron $R^2 = 8.7 \%$, $P_{(\text{altitud})} = 0.001$, $P_{(\text{altitud})}^2 = 0.007$. La línea de la regresión muestra un incremento en los residuales del DAP al aumentar la altitud; los residuales se nivelan a los 1,400 m. Vásquez-Yanes (1998) reporta que en México, *T. micrantha* se distribuye entre 0 a 1,500 m. Es posible que el aumento en la temperatura y en la abundancia del CO_2 atmosféricos puedan provocar estos cambios en la distribución y en el crecimiento de *T. micrantha*, como sucede con otras especies arbóreas tropicales, tal como lo indican Clark, Clark y Oberbauer (2010).

El promedio de los residuales para cada uno de los 28 terrenos se calculó para comparar los tipos de terreno con los residuales. El cafetal fue el único tipo de terreno con frecuencia alta ($N = 19$; 68 %) (Cuadro 1), por lo cual, la comparación con los residuales se hizo a través de un análisis de varianza. Para esto, los cinco tipos de terreno se organizaron en dos grupos: cafetal bajo sombra (joven, en uso, abandonado) y bosque (bosque maduro y acahual). La diferencia no fue significativa ($F = 0.04$, $gl = 1$, 26, $P = 0.84$).

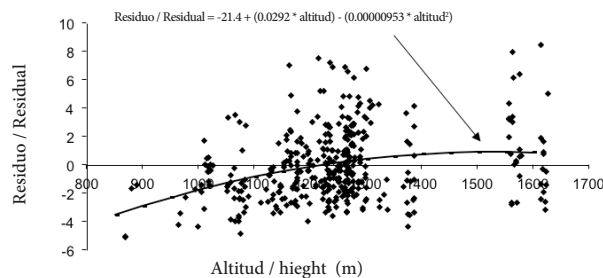


FIGURA 5. Relación entre el residuo y la altitud del terreno estudiado, y ecuación de la regresión para predecir el residual.

FIGURE 5. Relationship between residual and altitude of the land studied, and the regression equation to predict the residual.

The orientation of the slope was a difficult characteristic to assess because the smallest value (0°) is a degree away from the larger value (359°). Trigonometric functions are often used to analyze orientation and sometimes adjusted so that the southwest constitutes the most extreme value. This process was performed and no significant relationship ($P > 0.05$) was obtained.

The relationship between altitude and the residuals was no linear either (Figure 5) and to quantify it we used the following polynomial regression:

$$\text{Residual} = -21.4 + (0.0292 * \text{altitude}) - (0.00000953 * \text{altitude}^2) \quad (\text{EQ4})$$

$R^2 = 8.7 \%$, $P_{(\text{altitude})} = 0.001$, and $P_{(\text{altitude})}^2 = 0.007$ were obtained for this equation. The regression line showed an increase in the residuals of DBH when the altitude increased until they leveled off at 1,400 m. Vásquez-Yanes (1998) reported that in Mexico, *T. micrantha* is distributed between 0 to 1,500 m. It is possible that the increase in temperature and atmospheric CO_2 abundance can cause these changes in the distribution and growth of *T. micrantha*, as with other tropical tree species, as indicated by Clark, Clark and Oberbauer (2010).

The average of the residuals for each of the 28 fields was calculated to compare the types of fields with residuals. The coffee plantation was the only type of land with high frequency ($N = 19$; 68 %) (Table 1), so the residual comparison was done using analysis of variance. The five types of land were organized into two groups: shaded coffee plantations (young, in use, abandoned) and forested (mature forest and young secondary vegetation). The difference was not significant ($F = 0.04$, $df = 1$, 26, $P = 0.84$).

As indicated at the beginning of this study, *T. micrantha* is a fast growing species, the largest increase in both height and DBH occurs in the first year of life. In Costa Rica, Brokaw (1985) reported that *T. micrantha* grew 6 m in the first year. This is consistent with the work here, where some individuals reached 9 m in height.

Como se indicó al inicio, *T. micrantha* es una especie de rápido crecimiento, observándose que el mayor incremento tanto en altura como en DAP ocurre durante el primer año de vida. En Costa Rica, Brokaw (1985) registró que *T. micrantha* creció 6 m en el primer año. Lo anterior concuerda con lo registrado en este estudio, pues algunos individuos alcanzaron 9 m de altura.

Integrando todos los resultados se puede considerar la posibilidad de incrementar la producción de árboles de jonote para corteza en las comunidades cercanas a San Pablito. El 40 % de los entrevistados respondió estar interesado y la tendencia del uso actual de suelo es que continúe siendo el mismo. Esto puede además representar una buena opción con múltiples beneficios: mantener un suministro regular de corteza con precios y calidades (árboles jóvenes) más estables, mejorar el ingreso económico familiar en una región donde existen pocas oportunidades económicas (López, 2004; Masferrer-Kan, 1981) y mantener los cafetales bajo sombra que generan importantes servicios ambientales como lo resaltan Moguel y Toledo (1999).

El estudio permitió determinar el tiempo requerido e identificar las prácticas silvícolas mínimas para que los árboles alcancen el tamaño y las características necesarias para producir corteza. Los árboles en terrenos ubicados en altitudes entre los 1,200 y 1,600 m podrán producir corteza para papel amate en un tiempo de 2 a 3 años, mientras que aquellos en altitudes entre 800 y 1,000 m requerirán de mayor cuidado y tiempo de 3 a 4 años. Cabe resaltar que San Pablito y las comunidades más cercanas se encuentran dentro del gradiente altitudinal con mayor potencial (1,200-1,600 m) de crecimiento de *T. micrantha*. Esto indica que es posible incrementar la producción en zonas cercanas al centro de manufactura, para mejorar las condiciones actuales de abastecimiento y reducir los costos de la extracción y transporte. Como parte de las buenas prácticas de cuidado destacan la eliminación de la sombra de vegetación vecina, para acelerar el crecimiento de *T. micrantha*. Al comparar el diámetro, porcentaje y tipo de copa de los árboles con el DAP, el diámetro de copa presentó la mayor correlación. La eliminación de sombra favorece el desarrollo de una copa más grande y, por lo tanto, el crecimiento del árbol es más rápido. La limpieza y mantenimiento del cafetal forman parte de las actividades de los productores, por lo que estas prácticas poseen la conveniencia de requerir un mínimo esfuerzo de trabajo adicional.

CONCLUSIONES

La producción de papel amate es una actividad económica de importancia tanto cultural como económica en la Sierra Norte de Puebla. En ella participan un número importante de personas, entre cafetaleros, jonoteros y artesanos. En la actualidad, la base de la producción de papel amate está constituida por la corteza del árbol *T. micrantha*, el cual forma parte del sistema de producción "cafetales bajo sombra"

Integrating all results, there is a good possibility of increasing the production of jonote trees to obtain bark from communities near San Pablito. A total of 40 % of respondents said they were interested and wanted the current land use trend to remain the same. This may also be a good option with multiple benefits: maintaining a regular supply with more stable bark prices and quality (young trees), improving family income in a region with few economic opportunities (López, 2004; Masferrer-Kan, 1981) and maintaining shaded coffee plantations because they generate important environmental services as highlighted by Moguel and Toledo (1999).

This study allowed us to determine the time required and to identify the minimal silvicultural practices so that trees reach the size and features needed to produce bark. Trees on land located at altitudes between 1,200 and 1,600 m will produce bark for amate paper in a period of 2 to 3 years, while those at altitudes between 800 and 1,000 m will require more care and 3-4 years. It is important to mention that San Pablito and the nearest communities are within the altitudinal gradient with higher growth potential (1,200-1,600 m) of *T. micrantha*. This indicates that it is possible to increase production in areas close to the manufacturing center to improve current conditions of supply and reduce the costs of extraction and transport. Part of good care practices includes the elimination of shade from neighboring vegetation to accelerate the growth of *T. micrantha*. When comparing diameter, percentage and type of tree crowns with DBH, crown diameter had the highest correlation. Removing shade favors the development of a larger crown and, therefore, tree growth is faster. Cleaning and maintenance of coffee plantations are part of grower's activities, so that these practices have the convenience of requiring minimal additional work effort.

CONCLUSIONS

Amate paper production is an activity with cultural and economic importance in the Sierra Norte de Puebla. This activity involves a large number of people, including coffee growers, jonoteros and craftsmen. Today, the bark obtained from *T. micrantha*, is the base of amate paper production, which is part of the production system "shaded coffee plantations" widely distributed throughout the region. The information generated in this study indicates the possibility of increasing production and improving management of jonote trees for bark production in communities near the center of amate paper production. Coffee growers could determine a constant annual production of bark based on ground conditions and number of trees available. Moreover, in Mexico, it is a priority to maintain the production systems of "shaded coffee plantation" due to many ecological and environmental benefits. With respect to all the above, *T. micrantha* production can contribute to the conservation of this important agroforestry system and to the regular supply of bark for San Pablito, ensuring the manufacture of

de amplia distribución en toda la región. La información generada en este estudio permite vislumbrar la posibilidad de incrementar la producción y mejorar el manejo del jonote para la obtención de corteza en las comunidades cercanas al centro de producción del amate. Los cafeticultores podrían determinar una producción anual constante de corteza con base en las condiciones del terreno y el número de árboles disponibles. Por otro lado, a nivel nacional, resulta prioritario mantener el sistema de producción de “cafetales bajo sombra” por sus innumerables beneficios ecológicos y ambientales. Considerando todo lo anterior, la producción de *T. micrantha* puede contribuir a la conservación de este importante sistema agroforestal y al abasto regular de corteza para San Pablito, garantizando la manufactura del papel amate como producto cultural y económico de relevancia regional y nacional.

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación formó parte del proyecto “Producción Sustentable de Papel Amate”, coordinado por la Universidad Veracruzana entre 2008 y 2010. En este proyecto colaboraron la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), el Instituto de Artesanías e Industrias Populares (IAIP) del Estado de Puebla, la Universidad Veracruzana (UV) y el Fondo Nacional para el Fomento de las Artesanías (FONART). Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a los productores cafetaleros de las 10 comunidades en las que se trabajó, con la esperanza de que este esfuerzo sea de utilidad.

REFERENCIAS

- Adamski, J. M., & Ceni-Coelho, G. (2008). Biomass, mineral accumulation, and calcium crystals in *Trema micrantha* (L.) Blume as a function of calcium carbonate addition. *Journal of Plant Nutrition*, 31, 205–217. doi: 10.1080/01904160701853639
- Alexiades, M. N. (1996). Collecting ethnobotanical data: An introduction to basic concepts and techniques. In M. N. Alexiades (Ed.), *Selected guidelines for ethnobotanical research: A field manual* (pp. 53–94). USA: The New York Botanical Garden.
- Álvarez-Aquino, C., Williams-Linera, G., & Newton, A. C. (2005). Disturbance effects on the seed bank of Mexican cloud forest fragments. *Biotropica*, 37(3), 337–342. doi: 10.1111/j.1744-7429.2005.00044.x
- Álvarez-González, J. G., Cañellas, I., Alberdi, I., Gadow, K. V., & Ruiz-González, A. D. (2014). National forest inventory and forest observational studies in Spain: Applications to forest modeling. *Forest Ecology Management*, 316, 54–64. doi: 10.1016/j.foreco.2013.09.007
- Arriaga, L., Franco, M., & Sarukhán, J. (1988). Identification of natural groups of trees in uneven-aged forests using multivariate methods. *Ecology*, 76, 1092–1100. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/2260636>
- Barbera, R., Trovato, A., Rapisarda, A., & Ragusas, S. (1992). Analgesic and antiinflammatory activity in acute and chronic conditions of *Trema guineense* (Schum. et Thonn.) Ficalho and *Trema micrantha* Blume extracts in rodents. *Phytotherapy Research*, 6(3), 146–148. doi: 10.1002/ptr.2650060309
- Brokaw, N. L. (1985). Gap-phase regeneration of three pioneer species in a neotropical forest. *Journal of Ecology*, 66, 682–687. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/2260533>
- Castro, K., Sánchez, G., & Rivard, B. (2003). Monitoring secondary tropical forests using space borne data: Implications for Central America. *International Journal of Remote Sensing*, 24(9), 1853–1894. doi: 10.1080/01431160210154056
- Clark, D. B., Clark, D. A., & Oberbauer, S. F. (2010). Annual wood production in a tropical rain forest in NE Costa Rica linked to climatic variation but not to increasing CO₂. *Global Change Biology*, 16(2), 747–759. doi: 10.1111/j.1365-2486.2009.02004.x
- Cruz-Márquez, U. (2012). *Trema micrantha* (L.) Blume, árbol para papel amate: Crecimiento y manejo en distintas condiciones agroecológicas en el municipio de Pahuatlán, Puebla. Tesis de Maestría, Universidad Veracruzana, México.
- Dow, J. (1982). Las figuras de papel y el concepto del alma entre los otomíes de la Sierra. *América Indígena*, 42, 220–226.
- Draper, N. R., & Smith, H. (1966). *Applied regression analysis*. New York, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Gutiérrez-Carvajal, L., & Dorantes-López, J. (2004). *Especies forestales de uso tradicional del estado de Veracruz* (1a ed.). México: CONAFOR-CONACYT-UV.

amate paper as a cultural and economic product of regional and national significance.

ACKNOWLEDGMENTS

This research was part of the project “Sustainable Production of Amate Paper”, coordinated by the Universidad Veracruzana between 2008 and 2010. This project involved the Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Instituto de Artesanías e Industrias Populares (IAIP) of Puebla, Universidad Veracruzana (UV) and Fondo Nacional para el Fomento de las Artesanías (FONART). We are very thankful to the coffee growers of the 10 communities in which we conducted this study, we hope this effort will be useful.

End of English Version

- Kuaraksa, C., Elliott, S., & Hossaert-Mckey, M. (2012). The phenology of diecious *Ficus* spp. tree species and its importance for forest restoration projects. *Forest Ecology and Management*, 265, 82–93. doi: 10.1016/j.foreco.2011.10.022
- López, C. (2004). “Amate” papel de corteza (*Trema micrantha* [L.] Blume): Nuevas estrategias de extracción para enfrentar la demanda del mercado. In N. M. Alexiades & P. Shanley (Eds.), *Productos forestales, medios de subsistencia y conservación* (pp. 387–414). Indonesia: CIFOR.
- Marshall, E., Schreckenber, K., & Newton, A. C. (2006). Commercialization of nontimber forest products: Factors influencing success. Lessons learned from Mexico and Bolivia and policy implications for decision-makers. *International Forestry Review*, 8(3), 368–369. doi: 10.1505/for.8.3.368
- Martínez, M. A., Evangelista, O. V., Basurto, F., Mendoza, M., & Cruz-Rivas, A. (2007). Flora útil de los cafetales bajo sombra de la Sierra Norte de Puebla. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 78, 15–40. Obtenido de http://www.ibiologia.unam.mx/pdf/publicaciones/revista_78_1/3_ma_martinez.pdf
- Masferrer-Kan, E. (1981). Campesinización y expansión capitalista: Los cafeticultores de la Sierra Norte de Puebla. *Boletín ECAUDY*, 9(50), 32–43.
- Moguel, P., & Toledo, V. M. (1999). Biodiversity conservation in traditional coffee systems of México. *Conservation Biology*, 13(1), 1–12. doi: 10.1046/j.1523-1739.1999.97153.x
- Quintanar-Isaías, A., Jacobo-Villa, M. A., López-Binnqüist, C., Flores-Hernández, N., Jaramillo-Pérez, A. T., & Pérez-Olvera, C. P. (2012). La madera de *Trema micrantha* (L.) Blume de Veracruz, Mexico. *Madera y Bosques*, 18(2), 73–91. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/617/61724693005.pdf>
- Rosenbaum, P. R. (2010). *Design of observational studies*. New York, USA: Springer. doi: 10.1007/978-1-4419-1213-8
- Ruiz, C. J., Riverol, R. M., Tamariz, F. V., & Castelán, V. R. (2005). *Zonificación agroecológica de la Sierra Norte de Puebla*. Puebla, México: BUAP.
- Schoenfelder, T., Cirimbelli, T. M., & Citadini-Zanete, V. (2006). Acute effect of *Trema micrantha* (Ulmaceae) on serum glucose levels in normal and diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 107(3), 456–459. doi: 10.1016/j.jep.2006.07.027
- Smith, D. M. (1997). *The practice of silviculture: Applied forest ecology* (3rd ed.). New York, USA: John Wiley & Sons Inc.
- Solares, A. F., Mata, J. J., Vargas, H. J., Soto, H. M. R., & Rodríguez, F. C. (2006). Capacidad de regeneración en grosor y lateral en corteza de cuachalalate (*Amphipterygium adstringens* Schiede ex Schlecht.) en el estado de Morelos. *Ra Ximhai*, 2(2), 481–495. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46120210&idp=1&cid=143658>
- Statistical Analysis System (SAS). (2004). *SAS/ETS 9.1 User's Guide*. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.
- Stryamets, N. (2012). Non-wood forest products for livelihoods. *Bosque* (Valdivia), 33(3), 329–332. doi: 10.4067/S0717-92002012000300017
- Vásquez-Yanes, C. (1998). *Trema micrantha* (L.) Blume (Ulmaceae): A promising neotropical tree for site amelioration of deforested land. *Agroforestry Systems*, 40, 97–104. doi: 10.1023/A:1006063010677
- Watson, R. R., & Predy, V. R. (2008). *Botanical medicine in clinical practice*. USA: CAB International.
- Yeo, C. K., & Tan, H. T. W. (2009). Variation in reproductive output of *Ficus superba* despite aseasonal reproduction. *Plant Ecology*, 205(2), 235–248. doi: 10.1007/s11258-009-9613-4