



Artículo / Article

Primeras etapas de crecimiento de *Brosimum alicastrum* Sw. en Yucatán

First stages of growth of *Brosimum alicastrum* Sw. in Yucatán

Olivia Hernández-González¹, Silvia Vergara-Yoisura² y Alfonso Larqué-Saavedra²

Resumen

El presente estudio proporciona información del crecimiento de *Brosimum alicastrum* (ramón) durante sus primeros años, en una plantación comercial localizada en Yucatán, México. Las plantas fueron desarrolladas a partir de semillas y cultivadas en vivero hasta la edad de un año de edad y 65 cm de altura, momento en el cual fueron transportadas al campo en donde se plantaron a una distancia de 5 m entre ellas. Los trasplantes se realizaron en los años 2006, 2007 y 2009 y las mediciones se hicieron del 2010 al 2012, cuando contaban con 2, 4 y 5 años de edad. Se eligieron 10 árboles de cada edad, y durante 24 meses se midió la altura máxima y el diámetro del tallo a 50 cm del suelo. Se determinó que las plántulas desarrolladas en vivero, en los primeros seis meses, crecen en forma lineal a una tasa de 0.65 m año⁻¹, posteriormente, en condiciones de campo hasta los 7 años, el crecimiento fue exponencial. La fase de endurecimiento inicia a los 6 años, con un incremento en el diámetro del tallo superior al doble. Durante la época de lluvias se registraron 65 y 69 % del crecimiento en diámetro y altura respectivamente, comparado con el crecimiento en la época de sequía. Las edades de los árboles considerados en este trabajo se consignan como primera etapa de crecimiento, ya que algunos de los individuos de siete años iniciaron el proceso de floración, lo que indica el término del periodo juvenil de la planta.

Palabras clave: *Brosimum alicastrum* Sw., crecimiento, juvenil, plantación comercial, ramón, vivero.

Abstract

The present study shows the pattern of growth of the firsts years of *Brosimum alicastrum* (breadnut) developed in a commercial plantation in Yucatán, México. Trees were grown from seeds in nursery conditions and then transferred to the field. One year-old seedlings of 65 cm where transplanted in 2006, 2007 and 2009 to open-field conditions, each tree separated from the others by a 5 m distance. From 2010 to 2012, the trees were measured at the ages of 2, 4 and 5 years. Ten trees of each age were selected for the present study, and their height and stem diameter at 50cm from the ground level were measured once a month during 24 months. The growth rate of the seedlings during the first six months was found to be 65 cm year⁻¹. Thereafter, they grew faster until the fifth year. At the sixth year, their endurance became apparent since the stem grew twice as much as during the previous years. A growth of 65 % in diameter and of 69 % in height was registered during the rainy season, compared to the growth during the dry season. This is a report on growth at the vegetative stage period, since at the beginning of the seventh year some of the trees began to bloom, signaling the end of their juvenile period.

Key words: *Brosimum alicastrum* Sw., growth, youthful stage, commercial plantation, ramón, nursery

Fecha de recepción/date of receipt: 1 de julio de 2013; Fecha de aceptación/date of acceptance: 6 de agosto de 2014.

¹ Departamento de Desarrollo Sostenible, Universidad Intercultural Maya de Quintana Roo

² Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán. Correo-e: larque@cicy.mx

Introducción

Brosimum alicastrum Sw. (ramón) es un árbol originario de Mesoamérica y el Caribe con amplia distribución en México (Peters y Pardo-Tejeda, 1982). Habita en áreas de clima cálido, semicálido, tropical y templado, en un intervalo altitudinal de 10 a 1 600 m. Crece de manera silvestre en distintos tipos de vegetación (Conabio-Conafor, 2012; Pardo-Tejeda *et al.*, 1976). Los ejemplares alcanzan 45 m de altura y 1.5 m de diámetro, en algunas selvas de Chiapas, Tabasco y Guatemala (Pennington y Sarukhán, 1998; Peters, 1989). En la Península de Yucatán su altura máxima varía entre 15 y 22 m (Durán, *et al.*, 2000). Los adultos poseen un tronco con contrafuertes aparentes, de corteza escamosa y suave que va del gris claro al gris pardo, en ocasiones café. Cuando se le hacen incisiones, produce abundante látex blanco dulce y pegajoso (Pennington y Sarukhán, 1998). Las ramas son ascendentes, forman una copa ancha, densa y piramidal. Es una especie perennifolia; es decir, conserva su follaje durante todo el año (Conabio-Conafor, 2012; Pardo-Tejeda y Sánchez, 1980).

El ramón ha sido descrito como una de las especies tropicales con alto potencial; sin embargo, en la actualidad es subutilizado (National Academy of Sciences, 1975). En la península de Yucatán, México, se encuentra en prácticamente todos los traspatios o solares de las casas de las familias mayas, quienes tienen la cultura de usar todas sus partes: hojas, tallo, semillas, fruto y látex como se ha documentado para otros sitios en Mesoamérica (Meiners *et al.*, 2009; Mendoza-Castillo *et al.*, 2000; Pardo-Tejeda y Sánchez, 1980; Peters y Pardo-Tejeda, 1982).

Brosimum alicastrum es uno de los pocos taxa que prospera en los suelos pobres del norte de Yucatán. Pero, debido a la importancia de sus servicios ambientales, se estableció un proyecto integral para describir aspectos básicos de su biología, así como el manejo para el establecimiento de plantaciones comerciales. Es en este contexto que se han iniciado estudios, para conocer el patrón de fijación de bióxido de carbono y transpiración de los árboles adultos del ramón. Lo que permitió definirla como una planta tipo C_3 , con una fijación máxima de $5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ a $500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de luz, con una eficiencia en el uso de agua entre 0.55 y $1.55 \mu\text{mol (mmol}^{-1}\text{)}^{-1}$, dependiendo de la hora del día (Hernández-González *et al.*, 2014).

En el presente trabajo se determinaron las primeras etapas del desarrollo de *Brosimum alicastrum* cultivado en vivero, durante el primer año de crecimiento, y posteriormente en una plantación comercial establecida con el fin de aprovechar los servicios ambientales que ofrece la especie.

Introduction

Brosimum alicastrum Sw. (breadnut) is a native tree of Mesoamerica and the Caribbean and is widely distributed in México (Peters and Pardo-Tejeda, 1982). It lives in areas with a warm, semi-warm, tropical and temperate climate at an altitude interval of 10 to 1 600 m. It grows wild among various types of vegetation (Conabio-Conafor, 2012; Pardo-Tejeda *et al.*, 1976). The specimens reach a height of 45 m and a diameter of 1.5 m in certain rain forests of Chiapas, Tabasco and Guatemala (Pennington and Sarukhán, 1998; Peters, 1989). In the Yucatán Peninsula, their maximum height ranges between 15 and 22 m (Durán *et al.*, 2000). The adults have a stem with apparent buttresses, a soft, scaly bark whose color goes from a light gray to a brownish gray, sometimes brown. When incisions are made, this species produces an abundance of sweet, sticky white latex (Pennington and Sarukhán, 1998). Its boughs are ascending, forming a broad, dense, pyramid-shaped crown. It is an evergreen species, i.e. it preserves its foliage all year around (Conabio-Conafor, 2012; Pardo-Tejeda and Sánchez, 1980).

Breadnut has been described as a tropical species with a high potential; however, it is currently underused (National Academy of Sciences, 1975). In the Yucatán Peninsula, México, breadnut is found virtually in every backyard or garden of the Mayan families, who have a culture of using all of its parts: the leaves, the stem, the seeds, the fruit and latex, as described for other places in Mesoamerica (Meiners *et al.*, 2009; Mendoza-Castillo *et al.*, 2000; Pardo-Tejeda and Sánchez, 1980; Peters and Pardo-Tejeda, 1982).

Brosimum alicastrum is one of the few taxa that thrive in the poor soils of northern Yucatán. But because of its services to the environment, a holistic project was implemented to describe basic aspects of its biology, as well as its management for the establishment of commercial plantations. Studies have been carried out within this context to learn about the carbon dioxide fixation pattern and the transpiration of adult breadnut trees. This allowed defining it as a C_3 -type plant, with a maximum light fixation of $5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ to $500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, with an efficiency in the use of water ranging between 0.55 and $1.55 \mu\text{mol (mmol}^{-1}\text{)}^{-1}$, depending on the time of day (Hernández-González *et al.*, 2014).

This paper determines the first developmental stages of nursery-grown *Brosimum alicastrum* during its first year of growth and, subsequently, in a commercial plantation, established with the purpose of benefiting from the environmental services afforded by the species.



Materiales y Métodos

Zona de estudio

El experimento se llevó a cabo en un terreno de 2 500 m², en la Hacienda de Xoccheila, del municipio Sacalum, Yucatán (20° 33' N; 89° 34' W). El suelo es joven debido a la escasa formación de horizontes de diagnóstico, altamente pedregoso, con lajas y delgado; puesto que a no más de 20 cm de profundidad existen fragmentos de roca caliza y roca continua. Presenta textura franco limosa con poco más de 10 % de materia orgánica, es un suelo permeable con poca capacidad de retención de humedad y con un pH ligeramente alcalino; corresponde a un Leptosol, y con base en la clasificación maya pertenece al grupo de suelos clasificados como *Ek-lu'um*.

Evaluación del crecimiento

Se utilizaron árboles de *Brosimum alicastrum* desarrollados en vivero, a partir de semillas sembradas en bolsas de polietileno con composta. Las plántulas fueron cultivadas con riego semanal, en condiciones de media sombra. Desde los dos meses de edad, durante un periodo de 12 meses, se midió el crecimiento en altura, hasta que se llevaron al campo, cuando las plántulas tenían 65 cm de altura. El trasplante se realizó durante el mes de julio, al inicio de la época de lluvias, en tres años: 2006, 2007 y 2009. Al momento de ser plantados se abonaron con estiércol de ganado bovino, a razón de un kilogramo por planta. En la época de estiaje, se aplicaron riegos de auxilio cada 10 días. Los árboles fueron plantados, en un diseño completamente al azar preparado *ex profeso* y limpio de vegetación. La distancia entre cada árbol fue de 5 m.

Para estimar el crecimiento individual, se registró el diámetro del tallo a 50 cm del suelo, con un vernier Brand New 8134, y la altura, de la base a nivel de suelo al ápice, con una cinta métrica Truper Truperloc. Estas mediciones se realizaron cada mes, en 10 árboles por lote durante 24 meses. La toma de datos se inició en septiembre del año 2010, cuando la planta tenía 1, 3 o 4 años de desarrollo en el campo. Al agregar el año de desarrollo en el vivero, los árboles al inicio del estudio tendrían 2, 4 y 5 años de edad, respectivamente. En lo sucesivo, así serán referidos en el presente documento.

Análisis estadístico

Se aplicó un análisis de componentes principales, para establecer un patrón entre la altura y diámetro de *B. alicastrum* y el ambiente (temperatura y precipitación). Todas las gráficas y análisis estadísticos se hicieron con el paquete estadístico *Statistica 7.0* (Statsoft Inc, 2004).

Materials and Methods

Study Area

The experiment was carried out in a 2 500 m² plot at the *Xoccheila Hacienda*, in the *Sacalum*, municipality at *Yucatán* state (20° 33' N; 89° 34' W). The soil is young because it shows a scanty formation of diagnosis horizons; it is highly rocky, thin and with slabs, with fragments of limestone and continuous rock at a depth of less than 20 cm. It has a silty-loamy texture with little more than 10 % of organic matter; it is permeable with little moisture retention capacity and a slightly alkaline pH; it is a Leptosol, and, based on the *Mayan* classification, it belongs to the group of soils classified as *Ek-lu'um*.

Growth assessment

Brosimum alicastrum trees grown in the nursery from seeds sown in polyethylene bags with compost were used. The seedlings were cultivated with weekly irrigation under semi-shade conditions. The height growth was measured during a period of 12 months from the age of two months until the seedlings reached a height of 65 cm, when they were taken to the field. The transplant was made in July, at the beginning of the rainy season, during three years: 2006, 2007 and 2009. At the time of the transplant, they were fertilized with 1 kg bovine manure per plant. During the dry season, auxiliary irrigation was applied every 10 days. The trees were planted wholly at random, on a soil that was prepared for that specific purpose and clear of any other vegetation. The trees were separated by a distance of 5 m.

In order to estimate the individual growth, the stem diameter was measured at a height of 50 cm above the ground, using a Brand New 8134 caliper, and the height was measured from the base at ground level to the tip, by using a Truper Truperloc measuring tape. These measurements were taken every month on 10 trees per plot during 24 months. The data collection was begun in September, 2010, when the plant had been growing in the field for 1, 3 or 4 years. If the year during which the seedlings grew at the nursery is added, the baseline ages of the trees at the beginning of the study would be 2, 4 and 5 years, respectively; these are the figures used as reference hereafter in this paper.

Statistical analysis

A main components (MC) analysis was applied in order to establish a pattern between the height and the diameter of *B. alicastrum* and the environment (temperature and precipitation). All the charts and statistical analyses were made using the *Statistica 7.0* statistical package (Statsoft Inc, 2004).



Resultados

La precipitación promedio anual para el periodo 2010-2012 fue de 1 000 mm, con notables variaciones entre años. El período de mayor precipitación se registró de junio a septiembre de 2011 (Figura 1). La temperatura promedio para los dos años fue de 26 °C, con temperatura máxima de 37 °C en abril y mayo de 2011, mientras que la humedad relativa promedio anual, para el mismo periodo fue de 80 %. Por las características anteriores el lugar es clasificado como una región cálido subhúmeda, con lluvias en verano.

Results

The average annual precipitation for the 2010-2012 period was 1 000 mm, with distinct variations between years. The period with the highest precipitation was June through September, 2011 (Figure 1). The average temperature for the two years was 26 °C, with a maximum temperature of 37 °C in April and May, 2011, while the average annual relative humidity for the same period was 80 %. Due to these characteristics, the location is classified as a warm subhumid region with summer rains.

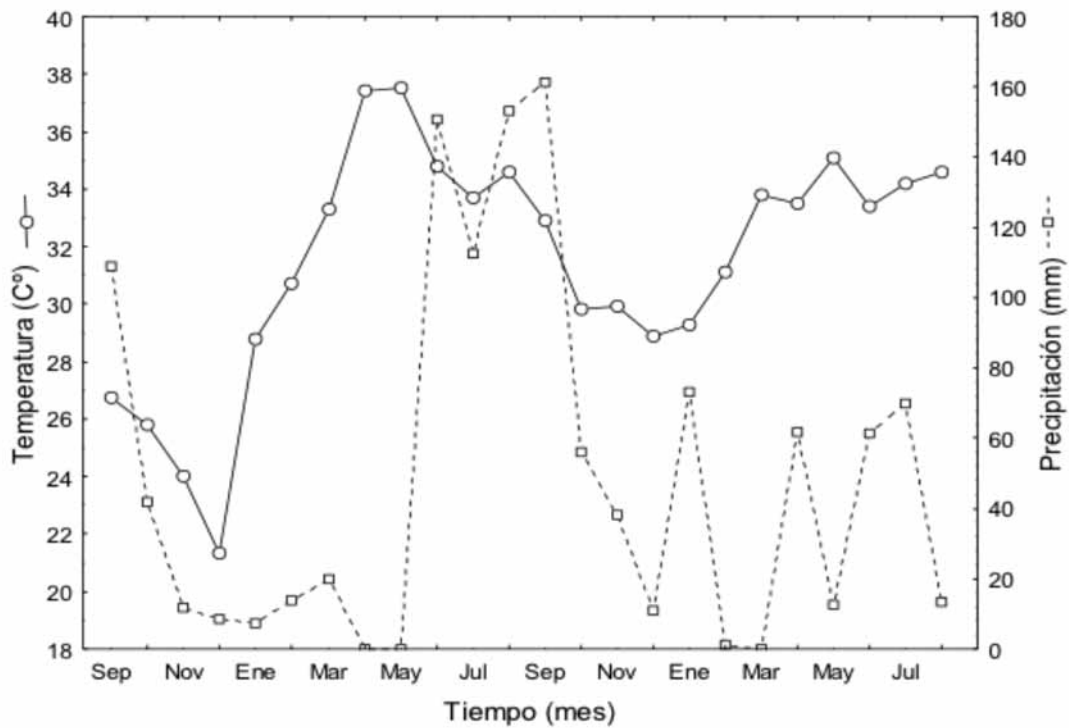


Figura 1. Promedio mensual de la temperatura y precipitación total mensual, a partir de septiembre de 2010 a agosto de 2012.

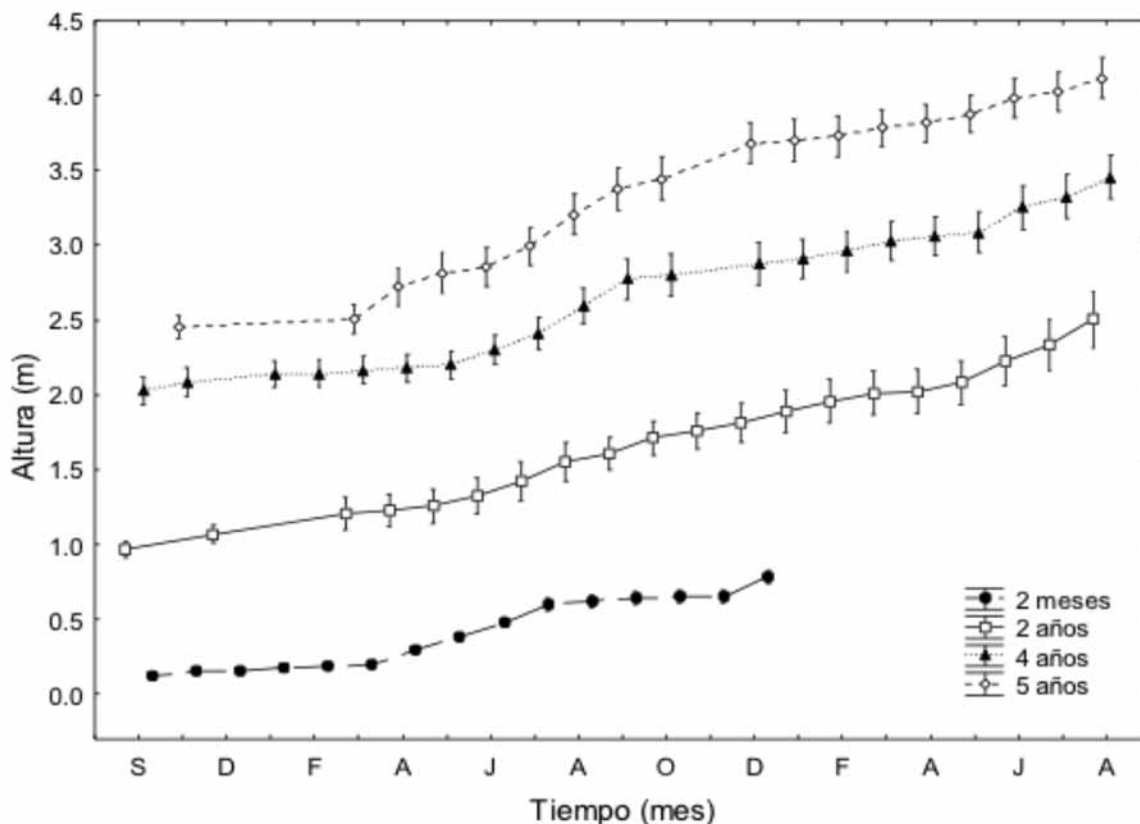
Figure 1. Monthly average of the total monthly temperature and precipitation from September 2010 to August 2012.

La elevada temperatura y la escasez de agua durante la época de estiaje son una limitante para el buen desarrollo de las plántulas trasplantadas, por lo que durante esta temporada se les suministró riego de auxilio cada 10 días. Esa necesidad se identificó en el año 2006, fecha en que se ejecutó el primer trasplante.

The high temperature and scarce water conditions during the dry season are a limitation for the good development of the transplanted seedlings; for this reason auxiliary irrigation was provided every 10 days during the dry season. This need was identified in the year 2006, when the first transplant was carried out.



During the first seven months, the breadnut seedlings grown in the nursery with semi-shade and weekly irrigation grew only 0.18 m; however, from the eighth month, their growth rate more than tripled, until they reached an average height of 0.65 m at the end of the first year (Figure 2).



Cada punto es la media de 10 observaciones ± error estándar.
 Each point is the mean of 10 observations ± standard error.

Figura 2. Registro del crecimiento de árboles de diferentes edades de *Brosimum alicastrum* Sw.
 Figure 2. Growth record of *Brosimum alicastrum* Sw. trees of various ages.

Durante los primeros siete meses, las plántulas de ramón que se desarrollaron en invernadero con media sombra y riego semanal crecieron solamente 0.18 m; sin embargo, a partir del octavo mes su tasa de crecimiento se incrementó más de tres veces, hasta llegar a una altura promedio de 0.65 m, al término del primer año (Figura 2).

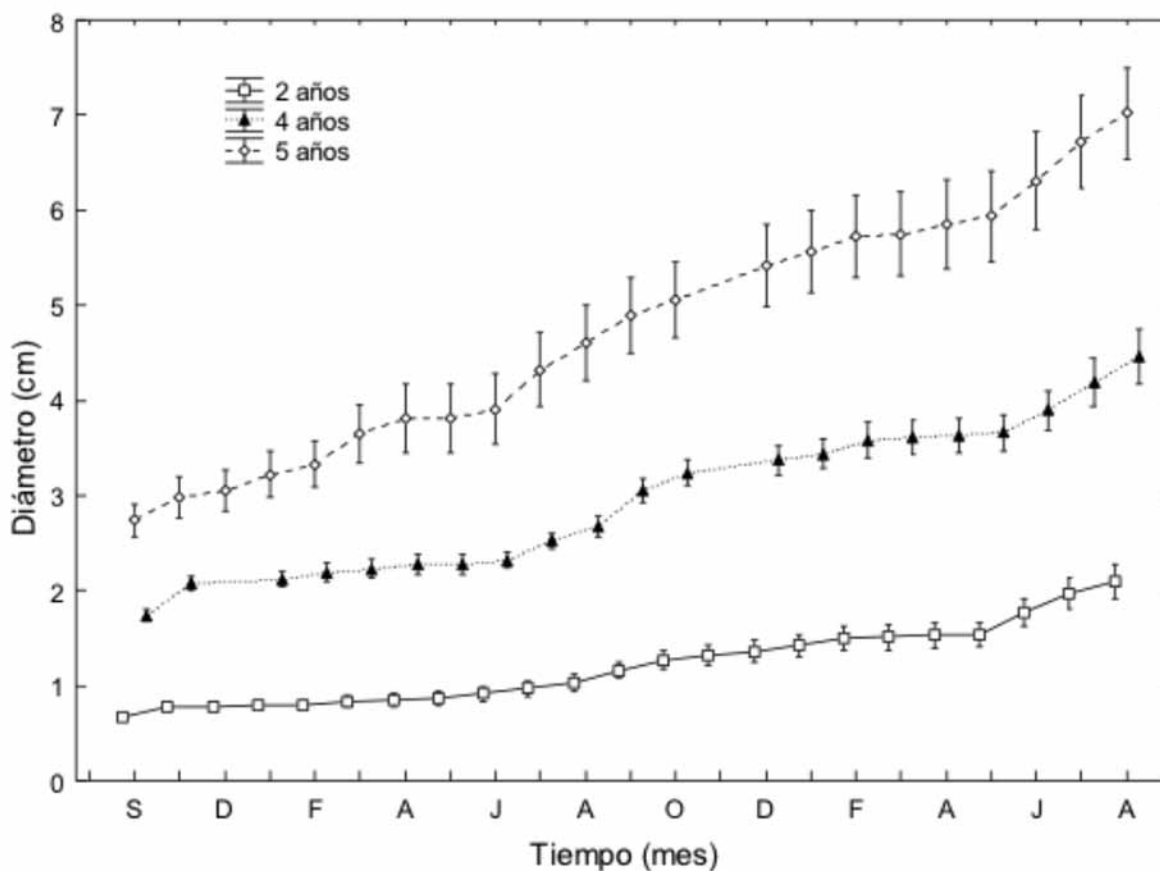
Con relación al crecimiento de los individuos de 2, 4 y 5 años de edad establecidos en condiciones de campo abierto, incrementaron su talla en proporción de 2.3, 1.7 y 2 veces respectivamente, en comparación con su tamaño original (Figura 2). En tanto que el diámetro aumentó 3.1 veces en los ejemplares de 2 años, y solamente 2.5 veces en los de 4 y 5 años. Aunque, en números absolutos, los árboles de cinco años aumentaron 4.2 cm, en promedio, el grosor de su tallo después de dos años, en tanto que en los de cuatro años fue de 2.3 cm y en los de dos años únicamente 1.43 cm (Figura 3).

The height of individuals aged 2, 4 and 5 years established in open field conditions increased proportionally 2.3, 1.7 and 2 times, respectively, with respect to their baseline size (Figure 2); diameter increased 3.1 times in the specimens aged 2 years, but only 2.5 in those aged 4 and 5 years, compared to the baseline diameter. Although, in absolute numbers, the trees aged five years increased their stem thickness by an average of 4.2 cm after two years, while the trees aged four years increased by 2.3 cm, and those aged two years, only by 1.43 cm (Figure 3).

The trees displayed a linear growth during the first seven months in the nursery. Subsequently, in the field and until the age of five years, the growth was exponential. Figure 4 shows the data of the trees aged two years and the exponential model generated.

Table 1 shows the average values for height, diameter and cover by ages. After two years, they coincide with the growth stages of a woody plant according to the literature (Antúnez *et al.*, 2001; Landis *et al.*, 2000) documenting the fact that the rapid growth in *Brosimum alicastrum* occurred during the first year of the establishment stage. In the seven years during which this study was carried out, the breadnut seedlings showed a





Cada punto es la media de 10 observaciones \pm error estándar.
Each point is the mean of 10 observations \pm standard error.

Figura 3. Diámetro de árboles, en tres diferentes edades en una plantación tipo huerto, septiembre de 2010 a agosto de 2012.

Figure 3. Diameter of the trees at three different ages in an orchard-type plantation from September 2010 to August 2012.

Los árboles presentaron crecimiento lineal durante los primeros siete meses en vivero. Después, en condiciones de campo y hasta los cinco años, el crecimiento fue exponencial. En la Figura 4 se muestran los datos de los árboles de dos años y el modelo que se generó.

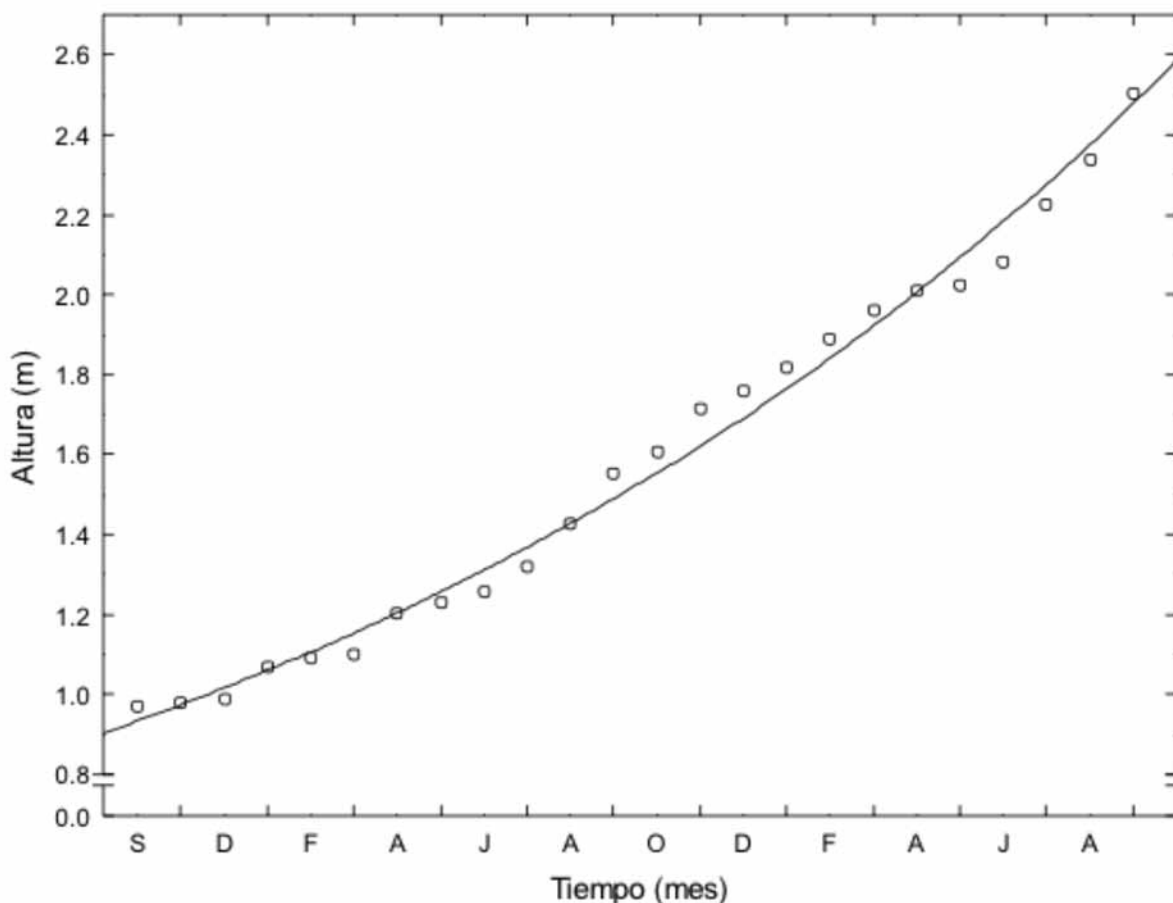
En el Cuadro 1 se indican los valores promedio de altura, diámetro y cobertura por edades. Después de los dos años, coinciden con las fases de crecimiento propias de una planta leñosa, tal y como se señala en la literatura (Antúnez et al., 2001; Landis et al., 2000), en la cual se documenta que en la fase de establecimiento de *Brosimum alicastrum*, el crecimiento rápido se lleva a cabo durante el primer año. En los siete años en los que se realizó este estudio, el desarrollo en los brinzales del ramón es continuo; sin embargo, a partir del sexto año, se observó un crecimiento más marcado en el diámetro del tallo.

continuous growth; however, from the sixth year there was a more pronounced growth in stem diameter.

Cuadro 1. Valores promedio de altura, diámetro y cobertura en árboles de *Brosimum alicastrum* Sw., desarrollados como huerto en condiciones de campo.

Edad (años)	Altura (m)	Diámetro (cm)	Cobertura (m)	Fase de crecimiento
1	0.65	0.25	-	Establecimiento
2	1.07	0.66	-	Crecimiento rápido
3	1.71	1.27	-	Crecimiento rápido
4	2.04	2.09	1.08	Crecimiento rápido
5	2.50	2.74	-	Crecimiento rápido
6	3.45	4.46	1.55	Endurecimiento
7	4.11	7.02	2.91	Endurecimiento





Cada punto representa diez valores. $Altura = 0.8948 \cdot \exp^{(0.0425 \cdot \text{mes})}$
 Each point represents ten values. $Height = 0.8948 \cdot \exp^{(0.0425 \cdot \text{month})}$

Figura 4. Relación exponencial del crecimiento en altura de árboles *Brosimum alicastrum* Sw. de dos años de edad en una plantación tipo huerto.

Figure 4. Exponential height growth ratio of *Brosimum alicastrum* Sw. trees aged two years in an orchard-type plantation.

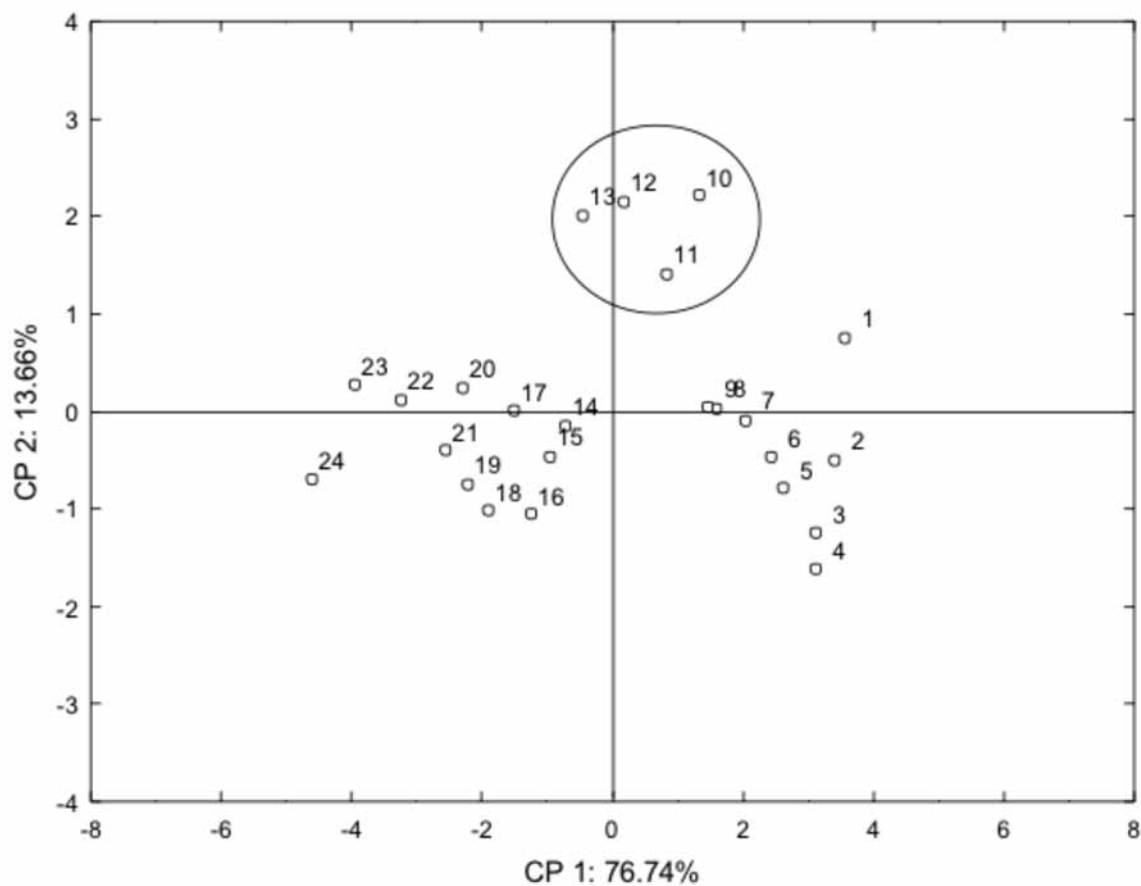
En el Cuadro 1 se evidencia que la cobertura de los árboles de ramón es variable, dependiendo de la edad de los individuos. Se registró un perceptible incremento en los árboles de seis años a siete años, cuando prácticamente se duplicó.

Al realizar un análisis de componentes principales (CP), se observó que existe una fuerte correlación entre la altura, el diámetro y los factores ambientales (temperatura y precipitación), ya que tan solo con dos componentes se explica 90 % de la varianza de todos los datos y con el CP 1 76.74 % de la variabilidad de estos. Los datos se agruparon mostrando una correlación entre el crecimiento y la época de lluvia (Figura 5).

Table 1. Average values for height, diameter and cover in *Brosimum alicastrum* Sw. trees developed in orchard-type field conditions.

Age (years)	Height (m)	Diameter (cm)	Cover (m)	Growth phase
1	0.65	0.25	-	Establishment
2	1.07	0.66	-	Rapid growth
3	1.71	1.27	-	Rapid growth
4	2.04	2.09	1.08	Rapid growth
5	2.50	2.74	-	Rapid growth
6	3.45	4.46	1.55	Hardening
7	4.11	7.02	2.91	Hardening





Cada punto es el registro de árboles de diferentes edades. (N = 30).

Each point is the record of trees of different ages. (N = 30).

Figura 5. Análisis de componentes principales de la altura y diámetro de *Brosimum alicastrum* Sw. desarrollados en una plantación tipo huerto con los factores temperatura y precipitación.

Figure 5. Main component analysis of the height and diameter of *Brosimum alicastrum* Sw. grown in an orchard-type plantation, with temperature and precipitation factors.

Discusión

Una de las primeras observaciones en el establecimiento de plántulas de *Brosimum alicastrum* (ramón) en campo para su cultivo como plantación comercial en Yucatán es que demandan amplia disponibilidad de agua, al menos, en los dos primeros años de vida, para que la raíz penetre entre el suelo pedregoso y pobre hasta encontrar suficiente espacio para establecerse y la plántula pueda prosperar y desarrollarse (Ayala y Sandoval, 1995; Montañez-Escalante *et al.*, 2009; Luna-Flores *et al.*, 2012).

Los árboles que crecieron como plantación comercial durante siete años, con el manejo señalado sobrevivieron adecuadamente. Lo anterior con base en la morfología de su tallo y producción abundante de follaje, indicadores de su adaptación a las condiciones de alta radiación, temperatura

Table 1 indicates that the cover of breadnut trees varies according to the age of the individuals. A perceptible increase occurred in the trees aged six to seven years, when their growth was virtually doubled.

When the Main Component (MC) analysis was carried out, a strong correlation between the height, the diameter and the environmental factors (temperature and precipitation) was observed, given that two components alone account for 90 % of the variance in all the data, and MC 1 accounts for 76.74 % of the variability of these. The data were grouped to exhibit a correlation between the growth and the rainy season (Figure 5).



y limitación de agua, factores que prevalecen en la época de seca en la zona de estudio. Esta información permite suponer que su sistema fotosintético está activado al máximo en las plantaciones.

Las plántulas en los primeros seis meses tuvieron crecimiento lento (Figura 2) debido a que estaban en su fase de establecimiento, y eran dependientes para su desarrollo, fundamentalmente, de sus cotiledones (Landis *et al.*, 2000). Posteriormente, se incrementó su velocidad de crecimiento, hasta alcanzar una altura promedio de 65 cm en su primer año de vida (Figura 2); un valor mayor al citado por Peters (1989) de 46 cm a los 15 meses en espacios abiertos. Los resultados del presente estudio también difieren de los datos consignados por Ballina-Gómez *et al.* (2008), quienes señalan que el crecimiento en altura no mostró un aumento significativo durante 24 meses de desarrollo en campo, periodo en el que registraron una altura promedio de 25 a 30 cm. Montgomery y Chazdon (2002) indican que las plántulas de *Brosimum alicastrum*, en vivero, con 20 % de luz solar total tuvieron solamente 17 cm de altura a los 14 meses. De ahí que se considere que las condiciones de manejo de las plántulas en el vivero fueron apropiadas, lo que permitió que existiera un buen crecimiento durante el primer año.

La fase de desarrollo acelerado se mantuvo hasta el término del estudio, cuando se registró un crecimiento de 75 cm año⁻¹, más del doble a lo documentado por Peters (1989), cuyos datos para *Brosimum alicastrum* fueron de 36.5 cm año⁻¹ en árboles establecidos con una altura base de 250 a 300 cm. Los resultados logrados en el presente estudio indican que las condiciones ambientales, las prácticas de cultivo de vivero y en campo son apropiadas para el desarrollo del ramón en plantaciones comerciales.

El crecimiento secundario (diámetro del tallo) ocurre cuando se favorece la división del cambium, respuesta que se manifiesta en condiciones de disponibilidad de agua y temperatura adecuada (Beck, 2005); por lo que se propone que las características ambientales de la zona donde se realizó el experimento, no son limitantes para establecer plantaciones comerciales de la especie en cuestión (Figura 3).

En *Brosimum alicastrum*, se observó que el diámetro tuvo un crecimiento lento al inicio, y aumentó en forma considerable a partir de los 5.5 años. Por lo que se considera que se da el inicio de la fase de crecimiento rápido y casi lineal (Figura 3), ya que el diámetro se incrementa para darle mayor vigor al tallo. Además, se estimó una tasa de crecimiento del diámetro muy alta, en comparación a lo registrado por Peters (1989), quien señala que son necesarios de 10 a 15 años para que el ramón alcance 2.5 cm de diámetro; en tanto que Quinto-Mosquera y Moreno-Hurtado (2010) señalan que *Brosimum guianensis* (Aubl.) Huber ex Ducke y *Brosimum utile* (Kunth) Oken solamente presentan un aumento de 0.37 cm año⁻¹. Bajo las condiciones

Discussion

One of the first observations in the in-field establishment of *Brosimum alicastrum* (breadnut) seedlings for cultivation as a commercial plantation in Yucatan is that it demands the availability of large quantities of water, at least during its first two years of life, for the root to penetrate the poor, rocky soil until it finds enough space to become established and for the seedling to be able to develop and thrive (Ayala and Sandoval, 1995; Montañez-Escalante *et al.*, 2009; Luna-Flores *et al.*, 2012).

Those trees that grew as a commercial plantation under the stipulated management survived adequately, judging by the morphology of their stem and by an abundant production of foliage, which are markers of their adaptation to high radiation, temperature and water shortage conditions, all of which are factors that prevail in the study area during the dry season. This information allows assuming that their photosynthetic system is activated to the maximum in the plantations.

The seedlings experienced a slow growth during the first six months (Figure 2) because they were in their establishment phase and depended mainly on their cotyledons for their development (Landis *et al.*, 2000). Subsequently, their growth rate increased until they reached an average height of 65 cm during their first year of life (Figure 2), which is a higher value than the one quoted by Peters (1989) of 46 cm at 15 months of age in open spaces. The results of the present study also differ from the data recorded by Ballina-Gómez *et al.* (2008), who point out that the growth in height did not show a significant increase during 24 months of development in the field, a period during which they registered an average height of 25 to 30 cm. Montgomery and Chazdon (2002) point out that the *Brosimum alicastrum*, seedlings grown in the nursery with 20 % total solar light reached a height of only 17 cm after 14 months. The management conditions of the nursery-grown seedlings were therefore considered to have been appropriate, allowing a good growth during the first year.

The accelerated growth phase was maintained until the end of the study, when a growth of 75 cm year⁻¹ was registered, which is more than twice the growth rate documented by Peters (1989); Peters' data for *Brosimum alicastrum* were 36.5 cm year⁻¹ for established trees with a baseline height of 250 to 300 cm. The results achieved in the present study indicate that the environmental conditions, the cultivation practices in both the nursery and the field are appropriate for the development of the breadnut tree in commercial plantations.

The secondary growth (stem diameter) occurs when the division of the cambium is favored, a response that manifests when water is available and the temperature is adequate (Beck, 2005); therefore, it is proposed that the environmental conditions of the area where the experiment was carried out

de la investigación que aquí se documenta, el desarrollo fue más rápido, ya que a los cinco años se obtuvieron diámetros de 2.5 y hasta 7 cm, a los siete años de edad. Algunos árboles mostraron sus primeras flores al llegar a los siete años.

El análisis de componentes principales evidencia que la precipitación es el factor ambiental que más influye en la magnitud y periodicidad del crecimiento en altura y diámetro de *Brosimum alicastrum* (Figura 5). Razón por la cual el periodo de mayor crecimiento se presenta durante las lluvias (figuras 1 y 2), en coincidencia con otras especies de zonas tropicales (Lüttge, 1997).

Conclusiones

Los resultados del presente estudio de crecimiento en altura y diámetro de *Brosimum alicastrum* durante su etapa juvenil (siete años) indican que la especie puede prosperar exitosamente en plantaciones comerciales, a pesar de las condiciones limitantes de suelo presentes en el norte de Yucatán. Por lo que es factible capitalizar los servicios ambientales que ofrece y ayudar a la conservación de los ecosistemas tropicales. 🌱

Agradecimientos

Al Conacyt por el apoyo a este trabajo con el proyecto FOINS 102/2012. Agradecemos las valiosas sugerencias de los revisores para la mejora del texto.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses

Contribución por autor

Alfonso Larqué-Saavedra: establecimiento del experimento en campo, muestreo de plantas, toma de datos, diseño experimental, revisión de resultados experimentales, estructuración y revisión del manuscrito; Olivia Hernández-González: captura y análisis estadístico de la base de datos y revisión del manuscrito; Silvia Vergara-Yoisura: redacción y corrección del manuscrito, revisión de literatura, revisión de los datos experimentales, consecución de recursos materiales y económicos para el trabajo experimental.

Referencias

- Antúnez, I., E. C. Retamosa and R. Villar. 2001. Relative growth rate in phylogenetically related deciduous and evergreen woody species. *Oecología* 128:172-180.
- 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* 2(7):10-16.
- Ballina-Gómez, H. S., S. Iriarte-Vivar, R. Orellana y L. S. Santiago. 2008. Crecimiento, supervivencia y herbivoría de plántulas de *Brosimum alicastrum* (Moraceae), una especie del sotobosque neotropical. *Revista de Biología Tropical* 56(4):2055-2067.
- Beck, C. B. 2005. An introduction to plant structure and development. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 464 p.

are not limiting for the establishment of commercial plantations of the species in question (Figure 3).

The growth of the diameter of *Brosimum alicastrum* was observed to be slow at the beginning and increased considerably after 5.5 years. Therefore, it was considered that it is then that the almost linear rapid growth stage begins (Figure 3), since the diameter increases in order to provide the stem with greater vigor. Besides, a very high growth rate was estimated for the diameter, compared to the rate registered by Peters (1989), who points out that it takes 10 to 15 years for the breadnut tree to reach a diameter of 2.5 cm, while Quinto-Mosquera and Moreno-Hurtado (2010) point out that *Brosimum guianensis* (Aubl.) Huber ex Ducke and *Brosimum utile* (Kunth) Oken show an increase of only 0.37 cm year⁻¹. Under the conditions of the research documented herein, development was more rapid, since diameters of 2.5 cm were measured after five years, and diameters even up to 7 cm, at an age of seven years. Some trees bloomed for the first time at this age.

The Main Component analysis evidences that precipitation is the environmental factor that most influences the magnitude and regularity of height and diameter growth of *Brosimum alicastrum* after five years (Figure 5). For this reason the period of maximum growth occurs during the rainy season (Figures 1 and 2), as in other species of tropical areas (Lüttge, 1997).

Conclusions

The results of the present study of the height and diameter growth of *Brosimum alicastrum* during its youthful stage (seven years) indicate that the species can thrive successfully in commercial plantations despite the limiting conditions of the soil present in northern Yucatan. It is therefore possible to capitalize on the environmental services it affords and to contribute to preserve the tropical ecosystems. 🌱

Acknowledgments

The authors would like to express their gratitude to Conacyt for the support provided to this work through Project FOINS 102/2012. Also, they are grateful for the valuable suggestions by the reviewers, which allowed to improve the text.



- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Comisión Nacional Forestal (Conabio-Conafor). 2012. *Brosimum alicastrum* Swartz. Available by Sistema de Información para la Reforestación (SIRE)-Paquetes Tecnológicos. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/891Brosimum%20alicastrum.pdf> (12 de febrero de 2013).
- Durán, R., A. Dorantes, P. Sima y M. Méndez. 2000. Manual de propagación de plantas de la Península de Yucatán. Centro de Investigación Científica de Yucatán. Mérida, Yuc., México. Vol. 2. 105 p.
- Hernández-González, O., S. Vergara-Yoisura and A. Larqué-Saavedra. 2014. Photosynthesis, transpiration, stomatal conductance, chlorophyll fluorescence and chlorophyll content in *Brosimum alicastrum*. *Bothalia a Journal of Botanical and Life Sciences Research* 44(6): 165-176.
- Landis, T. D., R. W. Tinus, S. E. MacDonald y J. P. Barnett. 2000. Fertilización y riego. Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor. Manual Agrícola. Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal, Universidad Autónoma Chapingo Servicio Forestal, Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, Programa Nacional de Reforestación. Texcoco, Edo. de Méx., México. 126 p.
- Luna-Flores, W., H. Estrada, J. J. M. Jiménez Osornio y L. L. Pinzón-López. 2012. Efecto del estrés hídrico sobre el crecimiento y eficiencia del uso del agua en plántulas de tres especies arbóreas caducifolias. *Terra Latinoamericana* 30(4):343-353.
- Lüttge, U. 1997. *Physiological Ecology of Tropical Plants*. Springer-Verlag, New York, NY, USA. 384 p.
- Meiners, M., C. Sánchez G. y S. De Blois. 2009. El ramón: fruto de nuestra cultura y raíz para la conservación. *Biodiversitas* 87:7-10.
- Mendoza-Castillo, H., G. S. Tzec-Sima y F. Solorio-Sánchez. 2000. Efecto de las frecuencias de rebrote sobre la producción y calidad del follaje del árbol "Ramón" (*Brosimum alicastrum* Swartz). *Livestock Research for Rural Development* 12(4).
- Montañez-Escalante, P., L. García-Barríos, J. Jiménez-Osornio y J. Nahed-Toral. 2009. Establecimiento de asociaciones arbóreas con caoba y ramón en una cantera abandonada en Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10(2):177-183.
- Montgomery, R. A. and R. L. Chazdon. 2002. Light gradient partitioning by tropical tree seedlings in the absence of canopy gaps. *Oecologia* 131:165-174.
- National Academy of Sciences. 1975. *Underexploited tropical plants with promising economic value*. Washington, DC, USA. 188 p.
- Pardo-Tejeda, E., A. Gómez-Pompa y V. Sosa Ortega. 1976. El Ramón. INIREB Informa. Recursos bióticos potenciales del país. Instituto de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Ver., México. Comunicado Núm. 3. 4 p.
- Pardo-Tejeda, E. and M. C. Sánchez. 1980. *Brosimum alicastrum* (ramón, capomo, ojite, ojoche) recurso silvestre tropical desaprovechado. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Ver., México. Cuadernos de Divulgación Núm. 32. 31 p.
- Pennington, T. D. y J. Sarukhán. 1998. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. México, D.F., México. pp. 138-139.
- Peters, C. M. and E. Pardo-Tejeda. 1982. *Brosimum alicastrum* (Moraceae): Uses and Potential in Mexico. *Economic Botany* 36 (2). 166-175.
- Peters, C. M. 1989. Reproduction, growth and the population dynamics of *Brosimum alicastrum* Sw. in a moist tropical forest of central Veracruz, Mexico. PhD. Thesis. Yale University. New Haven, CT, USA. 258 p.
- Quinto-Mosquera, H. y F. Moreno-Hurtado. 2010. Crecimiento de árboles en un bosque pluvial tropical del chocó y sus posibles efectos sobre las líneas de energía. *Revista de Biología e Ciencias da Terra* 10 (2): 12-28.
- StatSoft, Inc. 2004. *Statistica*. Ver. 7.0. Tulsa, OK, USA. s/p.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests.

Contributions by Author

Alfonso Larqué-Saavedra: Establishment of experimental work at the field, plant sampling, data taking, design of the experiment, review of experimental results, structuring and review of the document; Olivia Hernández-González: Capture and statistical analysis of data base and review of the document; Silvia Vergara-Yoisura: Writing and correction of the document, literature review, review of experimental results, negotiation of material and economic resources for the experimental work.

End of the English version



