

CRECIMIENTO Y REGENERACIÓN AVANZADA DE *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth. EN UNA SELVA DE QUINTANA ROO

GROWTH AND ADVANCED REGENERATION OF *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth. IN A TROPICAL FOREST IN QUINTANA ROO STATE

Patricia Negreros-Castillo¹ e Imelda Martínez Salazar²

RESUMEN

Aunque muchos árboles tropicales se extraen con fines comerciales, son escasas las investigaciones que han abordado el estudio de su regeneración, tasas de crecimiento y las técnicas sustentables para su aprovechamiento. La carencia de este tipo de información representa una de las mayores debilidades de los programas de manejo forestal, en las regiones tropicales de México. Lo anterior se refleja, por ejemplo, en que la caoba (*Swietenia macrophylla*) y el cedro (*Cedrela odorata*) están cada vez menos disponibles en las selvas de Quintana Roo. Un efecto secundario de la disminución del volumen del cedro y la caoba es el incremento del número de las especies susceptibles de aprovecharse, y los volúmenes que de ellas se cosechan; tal es el caso del tzalam (*Lysiloma latisiliquum*), por lo que el objetivo del presente estudio fue contribuir al conocimiento sobre el crecimiento y la regeneración del Tzalam, mediante la evaluación de 74 árboles entre 2002 y 2008 (en una selva sujeta a manejo comercial). Se obtuvo una tasa de crecimiento anual de 0.41 cm y la ausencia de individuos con DAP entre 2 y 10 cm, en 176 sitios de 30 m². Del total de ejemplares muestreados 84% se localizaron en suelo negro, que representa solamente 5% de los suelos de la selva estudiada. El futuro comercial sustentable del Tzalam está muy amenazado, por la falta de plantas con DAP de 2 y 10 cm.

Palabras claves: Árboles tropicales, madera, silvicultura, suelos, Tzalam, Yucatán.

ABSTRACT

Although many tropical timber species are commercially harvested, few research studies have focused on their regeneration, growth rates and/or techniques for sustainable harvesting. The absence of this type of information is one of the main weaknesses of forest management plans developed in the Mexican tropics. This is reflected, for example, in the continuous reduction of harvested volume of mahogany (*Swietenia macrophylla*) and Spanish cedar (*Cedrela odorata*) from the tropical forests of Quintana Roo, México. A secondary effect of the reduced commercial volume of mahogany and Spanish cedar is an increment of the number of species harvested and the volume of those species. Among these species is Tzalam (*Lysiloma latisiliquum*), and the objective of this study was to contribute to the knowledge about the growth and regeneration of this species in Quintana Roo. By studying 74 Tzalam trees from 2002 to 2008 (within a commercially managed forest), it was found an annual growth rate of 0.41 cm and no presence of individuals with DBH between 2 and 10 cm in 176 30-m² plots. Of Tzalam trees that were found, 84% were on black soil which represents only 5% of soil in the forest. The future sustainability of Tzalam is seriously threatened by the lack of individuals with DBH between 2 and 10 cm.

Key words: Tropical trees, timber, forestry, soils, Tzalam, Yucatan.

Fecha de recepción: 14 de abril de 2010.

Fecha de aceptación: 9 de junio de 2011.

¹ Instituto de Investigaciones Forestales, Universidad Veracruzana. Correo-e: pnegreros@uv.mx

² Facultad de Biología, Tecnológico de Chetumal.

INTRODUCCIÓN

Al norte de la región amazónica, la porción de selva continua más grande que se puede encontrar es la llamada "Selva Maya" (Figura 1), la cual se distribuye en los estados mexicanos de Yucatán, Campeche y Quintana Roo; los tres departamentos del norte de Belice (Belice, Corozal y Orange Walk) y el departamento del Petén en Guatemala (Blanco *et al.*, 1994); en Quintana Roo cubre un área de casi 3,687,000 ha (Toledo y Ordoñez, 1993; Granados *et al.*, 1997). En ese estado existe una porción en la que predominan las selvas y la población de origen Maya, por lo que se le conoce con el nombre de "zona maya de Quintana Roo" (Figura 1). La cultura maya es una de las pocas en el mundo que floreció en un ambiente tropical, razón por la cual, por más de 2,000 años la selva y la gente han estado ligadas (Barrera *et al.*, 1977), lo que se pone de manifiesto hasta nuestros días, tanto en los avances culturales como en la composición biológica local.

En la zona Maya de Quintana Roo (como en toda la parte tropical de México) se ejerce la agricultura conocida como milpa maya o milpa Roza-Tumba-Quema (RTQ). Aún en la época actual, esta práctica tiene influencia en las características florísticas y en la estructura de su vegetación; con este sistema se genera un paisaje de "mosaico" o de "manchones" en los que unos parches están bajo uso agrícola (después pasa a ser selva) y otros como selva de diferentes edades (luego se utilizan como milpa) (Barrera *et al.*, 1977).

En la cultura Maya, históricamente, la selva ha sido fuente de plantas y animales para satisfacer una amplia gama de necesidades humanas (Murphy, 1992). A pesar de la enorme diversidad de este ecosistema, desde el punto de vista comercial, en el trópico del sureste de México y en toda América Latina, la caoba (*Swietenia macrophylla* King) y el cedro rojo (*Cedrela odorata* L) han sido, por varios cientos de años, las especies forestales más importantes y apreciadas. Lo anterior explica, en parte, el por qué de la existencia de un número relativamente reducido de investigaciones científicas relacionados con otras especies tropicales maderables de uso comercial en México. La mayoría de los estudios se han concentrado, principalmente, en aspectos taxonómicos, muy pocos en ecológicos y todavía menos en los mecanismos de regeneración, tasas de crecimiento y en técnicas sustentables de manejo comercial.

La carencia de información en éste último rubro es una de las debilidades más grandes de los programas de manejo forestal que en la actualidad se llevan a cabo en las regiones tropicales de México (Mize *et al.*, 1997; Negreros-Castillo y Mize, 2003; 2008) hecho que se refleja, por ejemplo, en que el cedro con valor maderable casi no existe por ahora, y la caoba parece seguir la misma tendencia. De haber contado, desde hace mucho tiempo, con información sobre mecanismos de

INTRODUCTION

At the North of the Amazon region, the largest continuous tropical forest that can be found is the so-called "Selva Maya" (Figure 1), which is distributed in the Mexican States of Yucatán, Campeche and Quintana Roo; the three departments North of Belize (Belize, Corozal and Orange Walk) and Petén department in Guatemala (Blanco *et al.*, 1994); in Quintana Roo State it extends over an area of almost 3,687,000 ha (Granados *et al.*, 1997; Toledo and Ordoñez, 1993). In this State exists a region where tropical forests and population of Mayan origin prevail, which is the reason why it has been named "the Mayan zone of Quintana Roo" (Figure 1). The Mayan culture is one of the very few in the world that flourished in a tropical environment which explains that the tropical forest and the people have been linked for more than 2000 years (Barrera *et al.*, 1977), which is confirmed up to present times by the cultural progress as well as by the local biological composition.

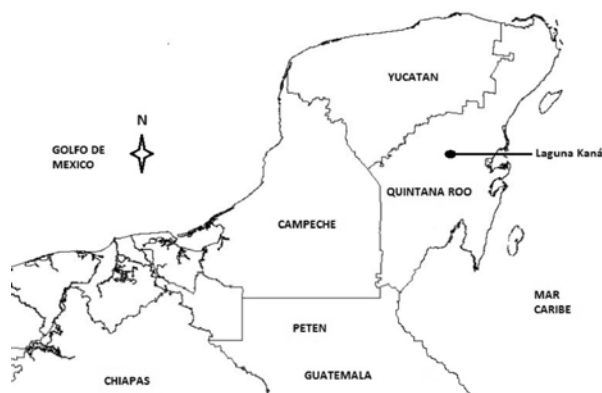


Figura 1. Mapa de la selva Maya y el área de estudio (ejido Maya Laguna Kaná).

Figure 1. Map of Maya tropical forest and study area (Maya Laguna Kaná ejido).

In the Mayan zone of Quintana Roo (as in all the tropical part of Mexico) is carried out the kind of agriculture known as "milpa maya" or "roza-tumba-quema" (RTQ) (I) At present, this practice still has an effect upon its floristic characteristics and the structure of vegetation; it starts a "mosaic" or "clump" landscape in which some patches belong to cropland (and later become tropical forest), and others are made-up by tropical forest of different ages (which are later used as cropland) (Barrera *et al.*, 1977).

Historically, in the Mayan culture, the tropical forest has been a source of plants and animals to solve a broad series of human needs (Murphy, 1992). In spite of the huge diversity of this ecosystem, from a commercial point of view, in the tropics

regeneración, tasas de crecimiento y técnicas sustentables de manejo comercial se hubiera logrado mantener un excelente nivel de producción, con favorables consecuencias ecológicas, sociales y económicas. Sin embargo, dichos datos no están consignados, lo cual se evidencia con la reducción continua del volumen comercial extraíble de ambas especies.

Como estrategia para satisfacer las necesidades de ingresos económicos y ante la disminución del volumen comercial del cedro y la caoba, desde hace una década los dueños de las selvas de Quintana Roo han incrementado el número y volumen de los taxa aprovechados (Albrecht *et al.*, 2002). Por ello, el esfuerzo para obtener información sobre la regeneración, crecimiento y manejo comercial de las nuevas especies resulta, no sólo es importante, sino apremiante. En este grupo están por ejemplo: el tzalam (*Lysiloma latisiliquum* L.), el chechem (*Metopium brownei* (Jacq) Urban.) y el sac chacà (*Dendropanax arboreus* (L.) Dec. & Planch.). La presente investigación se enfoca en la primera.

En México el tzalam es abundante, pero al mismo tiempo exclusiva de la zona norte del estado de Chiapas y la Península de Yucatán, tanto en selvas secas, como húmedas (Anderson *et al.*, 2005). En Quintana Roo se distribuye ampliamente, forma parte del estrato mediano y superior de la selva alta y mediana subperennifolia, dominante en el estrato superior de las selvas bajas caducifolias y predomina en las asociaciones secundarias. Habita en altitudes inferiores a los 150 m, en suelos de origen sedimentario marino, en margas calcáreas profundas o en suelos someros con rocas calizas aflorantes (Cabrera *et al.*, 1982).

El tzalam (*L. latisiliquum*) pertenece a la familia Fabaceae, y sus sinonimias son *L. bahamensis* Benth. y *Lysiloma sabicu* Benth. (Cabrera *et al.*, 1982; Pennington y Sarukhán, 2005). Sus nombres comunes los cuales se anotan a continuación: Boòx salam, Tzalam, Tsuktè (Campeche, Quintana Roo y Yucatán) (Campos *et al.*, 2000; Pennington y Sarukhán, 2005).

Árbol de porte mediano, que mide de 7 a 20 m, tronco recto muchas veces inclinado, ramas ascendentes, luego horizontales y péndulas, la copa tiene una apariencia redondeada (Cabrera *et al.*, 1982; Pennington y Sarukhán, 2005), puede alcanzar un diámetro normal de hasta de 1.2 m, pero el más frecuente es de 30 cm. La corteza externa es variable, lisa o con fisuras finas, gris parduzca, con algunas lenticelas circulares del mismo color. El grosor total de la corteza varía de 7 a 15 mm. La madera es dura y pesada de color crema amarillenta, con vasos grandes y parénquima vasicéntrico (Pennington y Sarukhán, 2005). Las hojas están dispuestas en espiral, bipinnadas de 11 a 20 cm de largo, incluyendo el peciolo, compuestas por 3 a 6 pares de folíolos primarios opuestos, cada uno de ellos está formado por 18 a 35 pares de folíolos secundarios, sésiles, opuestos de 7 x 2 a 13 x 3 mm, lineales y oblongos, margen

of Southeastern Mexico and of all Latin America, mahogany (*Swietenia macrophylla* King) and red or Spanish cedar (*Cedrela odorata* L.) have been the most important and best appreciated forest species for hundreds of years. This explains, partly, why there exist a rather smaller number of scientific research studies related to other woody tropical species of commercial use in Mexico. Most studies have focused, mainly, on taxonomic aspects, very few to ecology and even less, to regeneration processes, growth rates and sustainable techniques of commercial management.

The lack of information in this last field is one of the greatest weaknesses of the forest management programs that are carried out at present in the tropical regions of Mexico (Mize *et al.*, 1997; Negreros-Castillo and Mize, 2003; 2008), a fact that reflects, for example, in that cedar with commercial values is almost non-existent, nowadays, and so it happens with mahogany. If there information about regeneration mechanisms, growth rates and sustainable commercial management techniques had been in record since a long time ago, an excellent production would have been accomplished, with the positive ecological, social and economic consequences. In spite of it, these data do not exist, which is evident with the continuous reduction of the commercial volume of both species that can be extracted.

As a strategy to satisfy the need of income and facing the decrement of the commercial volume of cedar and mahogany, since a decade ago the owners of the tropical forests of Quintana Roo have increased the number and volume of the taxa to be harvested (Albrecht *et al.*, 2002). Thus, the effort to get information about regeneration growth and commercial management of the new species becomes not only important but urgent. In this group are included: tzalam (*Lysiloma latisiliquum* L.), chechem (*Metopium brownei* (Jacq) Urban.) and sac chacà (*Dendropanax arboreus* (L.) Dec. & Planch.). The actual research was focused on the first one.

In Mexico tzalam is abundant, but it is proper of the Northern zone of Chiapas State and Peninsula of Yucatan, and grows in dry and wet tropical forests (Anderson *et al.*, 2005). It is widely distributed in Quintana Roo State, where it is part of the medium and upper strata of the tropical rain forest and of the sub-evergreen medium tropical forest; it is dominant in the upper stratum of dry deciduous tropical forests and prevails in secondary associations. It grows in altitudes below 150 m, on soils of marine sedimentary origin, in deep calcareous marshes or on shallow soils with emerging calcareous rocks (Cabrera *et al.*, 1982).

Tzalam (*L. latisiliquum*) belongs to the Fabaceae family, and its synonyms are *L. bahamensis* Benth. and *Lysiloma sabicu* Benth. (Cabrera *et al.*, 1982; Pennington and Sarukhán, 2005). Its common names are as follows: Boòx salam, Tzalam, Tsuktè

entero, ápice agudo, base truncada y muy asimétrica; el último par de folíolos secundarios es más redondeado que los otros. La especie pierde las hojas en la temporada de sequía (Pennington y Sarukhán, 2005). Las inflorescencias son cabezuelas solitarias o agrupadas, axilares o terminales. Los frutos son vainas de 9 x 2 a 15 x 4 cm, dehiscentes, aplanadas, agudas de color pardo moreno, brillantes y contienen numerosas semillas (Pennington y Sarukhán, 2005).

El tzalam es una planta de uso múltiple por la diversidad de aplicaciones que representa: forraje, (Sosa *et al.*, 2004; Baldizán *et al.*, 2008), materia prima en la fabricación de duela, lambrín, parquet y chapa para vistas de madera contrachapa (triplay). También tiene buenas características de aserrío, sólo que presenta algunos problemas en el proceso de secado, lo que la hace susceptible a la putrefacción (Cabrera *et al.*, 1982; Pennington y Sarukhán, 2005). Cuando se trabajada con maquinaria y herramientas su comportamiento es aceptable al moldurado, torneado y taladrado (Ruíz, 1988). En Quintana Roo el aprovechamiento anual autorizado de madera es de 154,000 m³, de los cuales 11,000 m³ corresponden a caoba y el resto a otras especies, entre la cuales está el Tzalam del que se extrae un promedio anual de 7,000 m³ (CONAFOR, 2009).

La investigación que aquí se documenta tuvo como objetivo contribuir al conocimiento sobre el crecimiento y regeneración avanzada de Tzalam en condiciones naturales de una selva de Quintana Roo. Información que proporciona las bases científicas para la valoración de los programas de manejo que aseguren el aprovechamiento sustentable de las selvas y las especies que en ellas se cortan, con fines comerciales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el ejido Laguna Kaná (Laguna amarilla en lengua Maya), municipio Carrillo Puerto, Quintana Roo. Cuyas coordenadas geográficas son: latitud 19°08'35" y 19°57'29" longitud 88°01'13" y 88°09'44". Limita al norte con el ejido Dzúlá, al este con el ejido Yoactún, al sur con el ejido Naranjal Poniente y al oeste con el ejido de Chunhuhub. Laguna Kaná está unido por las lagunas de Suhas, Paytoro, Hoek, Dzitzantun y Kaná (INEGI, 1988).

La región y Laguna Kaná se caracterizan por su relieve plano, subsuelo de sedimentos calcáreos con fuerte disolución. La topografía es relativamente plana, con algunas zonas de lomeríos, de elevación no mayor a 10 m (INEGI, 1988). Casi, 20% de su territorio se inunda durante la época de lluvias, por lo que se forman lagunas temporales, que se les conoce localmente como "bajos".

(Campeche, Quintana Roo and Yucatán) (Campos *et al.*, 2000; Pennington and Sarukhán, 2005).

Medium tree, from 7 to 20 m tall, straight stem many times bent, ascendant branches, then horizontal and pending, the crown has a rounded appearance (Cabrera *et al.*, 1982; Pennington and Sarukhán, 2005); it can reach a DBH of 1.2 m, but most frequently it measures 30 cm. The bark, of creamy- yellow color, is hard and heavy, with big vases and vasicentric parenchyma (Pennington and Sarukhán, 2005). Leaves displayed in a spiral, bipinnated 11 to 20 cm long, including the pedicel, compound by 3 to 6 pairs of opposite primary leaflets, each of them made up by 18 to 35 pairs of secondary leaflets, sessile, opposite, of 7 x 2 to 13 x 3 mm, linear and oblong, complete margin, sharp apex, truncated base and very asymmetric; the last pair of secondary leaflets is more rounded than the others. The species loses the leaves in the drought season (Pennington and Sarukhán, 2005). Inflorescences are solitary or grouped heads axillary or terminal. Fruits are 9 x 2 to 15 x 4 cm sheaths, dehiscent, flattened, sharp, dark brownish gray, brilliant and with bountiful seeds (Pennington and Sarukhán, 2005).

Tzalam is a multiple-use plant as it has a great variety of applications: forage (Sosa *et al.*, 2004; Baldizán *et al.*, 2008), raw material for floors, back splash, parquet floor and veneer (triplay). It has good sawing properties as well, but has some problems in the drying process, which makes it susceptible to rotteness (Cabrera *et al.*, 1982; Pennington and Sarukhán, 2005). When it is handled by machines and tools, it behaves rather well when molded, shaped and drilled (Ruiz, 1988). In Quintana Roo, the authorized annual wood harvest is 154,000 m³ of which 11,000 m³ belong to mahogany and the rest to other species, such as Tzalam from which an annual average 7,000 m³ are extracted (CONAFOR, 2009).

The aim of the research study here described was to provide knowledge about growth and advanced regeneration of Tzalam under the natural conditions of a tropical rain forest of Quintana Roo. This information brings the scientific basis for the assessment of management programs that guarantee the sustainable harvest of tropical forests and the species that are cut there with commercial endings.

MATERIALS AND METHODS

The study area

The study was carried out in Laguna Kaná ejido (Yellow Lagoon in Mayan language), at Carrillo Puerto municipio in Quintana Roo State; it extends from 19°08'35" to 19°57'29" North, to 88°01'13" and 88°09'44" West. It neighbors Dzúlá ejido to the North, to the East with Yoactún ejido, to the South with Naranjal Poniente ejido and to the West, with Chunhuhub ejido.

El tipo de clima se describe como Aw, cálido subhúmedo con veranos secos, una precipitación anual promedio de 1,300 mm, de la cual 75% ocurre entre mayo y octubre y la temperatura promedio de 26° C, con una mínima de 8° C (García, 1973; Tamayo, 1981). El tipo de vegetación se clasifica como selva seca por Holdridge (1947), selva subperennifolia por Pennington y Sarukhán (2005) y como bosque tropical subcaducifolio Rzedowski y Rzedowski (1989). La composición actual de las selvas es el resultado del clima y los tipos de suelo, la incidencia anual de huracanes e incendios, pero en particular, de las actividades humanas (agricultura de roza tumba quema) presentes, de manera constante, por más de dos mil años, lo cual explica por qué las especies más abundantes son el ramón (*Brosimum alicastrum* SW.) y el chicozapote o zapote (*Manilkara zapota* (L.) Royen) (Barrera *et al.*, 1977; Edwards, 1986).

El ejido cuenta con un área total de 18,500 ha, aproximadamente 70% cubiertas de selvas y de éstas 11,000 se dedican al manejo forestal comercial. A dicha área se le denomina "área forestal permanente" o "reserva forestal", y dentro de la misma se realizó el trabajo de campo.

Métodos

En el año 2002 se inició el estudio, para ello se tomó en el área forestal bajo manejo comercial como punto de partida el límite norte del polígono del Ejido (que tiene una forma prácticamente rectangular), se tendieron cada 500 m. 20 brechas que cruzan la zona forestal de norte a sur y que suman 125 km. En las 10 primeras brechas se localizaron árboles de Tzalam con la meta de contar con 10 árboles por clases diamétricas de 5 cm. En total se localizaron 87 individuos, en cada uno se identificó con un código incluido en una placa de aluminio. Además, se les midió el diámetro a 1.3 m (DAP) y la altura comercial (altura en donde inicia la primera bifurcación).

Los árboles se evaluaron en el año 2002 y en el 2008; aunque, por la llegada de las lluvias, 10% de los ejemplares se midieron en el 2009. El levantamiento de datos se realizó siempre durante el periodo de enero a mayo. Como se espera falta de crecimiento o un crecimiento mínimo durante la época de secas, los valores obtenidos representan el diámetro al inicio del año en el que se llevó a cabo el trabajo de campo.

En muchas investigaciones para cuantificar la regeneración se consideran solamente las plantas de 10 a 130 cm de altura. En este estudio se trabajó con la regeneración avanzada, la cual se refiere a todas aquellas plantas de Tzalam existentes en la parcela de 30 m², con DAP entre 2 y 10 cm. La importancia de la regeneración avanzada es que incluye sólo los individuos que superaron las etapas de plántula y brinjal (caracterizada por una alta mortandad), que ya tienen mayor probabilidad de sobrevivir y pasar a las siguientes categorías de edad y diamétricas.

Laguna Kaná is linked by Suhas, Paytoro, Hoek, Dzitzantun and Kaná lagoons (INEGI, 1988).

The region and Laguna Kaná has a flat relief, subsoil of calcareous sediments with strong dissolution. Topography is rather flat, with some hill zones not higher than 10 m (INEGI, 1988). Almost 20 % of its territory floods during the rainy season, which forms occasional lagoons, that is locally known as "bajos".

The time of climate is described as Aw, subhumid warm with dry summers, average annual precipitation of 1,300 mm, of which 75% takes place between May and October, and average temperature is 26° C, with 8° C as minimum (García, 1973; Tamayo, 1981). The type of vegetation is classified as dry forest by Holdridge (1947), sub-evergreen forest by Pennington and Sarukhán (2005) and as subdeciduous tropical forest by Rzedowski and Rzedowski (1989). The present composition of tropical forests is the results of the weather and the types of soils, the annual incidence of hurricanes and fires, but of permanent human activities, in particular (roza-tumba-quema agriculture) by more than two thousand years, which explains why the most abundant species are "ramón" (*Brosimum alicastrum* SW) and "chicozapote" or "zapote" (*Manilkara zapota* (L.) Royen) (Barrera *et al.*, 1977; Edwards, 1986).

The total area of the ejido is 18,500 ha, around 70% of which are covered by tropical forests, and 11,000 ha of them are under commercial forest management. That area is known as "permanent forest area" or "forest reserve", and field work was accomplished inside of it.

Methods

The study started in 2002, and the starting point was the Northern limit of the polygonal of the Ejido in the forest area under commercial management (that is almost of a rectangular shape); 20 pathways were established that cross the forest zone from North to South every 500 m, which make up 125 km. In the first ten paths, were located Tzalam trees with the goal of gathering 10 trees per diametric class of 5 cm. 87 individuals were counted and to each of them a code in an aluminium plaque was used for identification. Diameter at Breast Height (DBH) (1.3 m) and commercial height (height up to where bifurcation starts) were measured.

Trees were assessed in 2002 and 2008, even though 10% of them were measured in 2009 because of the rains. Data sampling was accomplished during the period from January to May. As a lack of growth or a minimal growth is expected during the drought season, the values thus obtained refer to the diameter at the beginning of the year when field work was carried out.

Se obtuvieron datos en 176 parcelas de 30 m² (3 x 10 m) a lo largo de las 10 brechas mencionadas anteriormente. Como los árboles de Tzalam no se ubicaban a lo largo de cada metro de la brecha, la primera parcela de 30 m² se colocó en donde se observó el primer individuo, a partir de ese punto y cada 100 m se establecieron las siguientes. La última se ubicó después del árbol presente al final de la brecha correspondiente. El mismo procedimiento se siguió para las nueve brechas restantes.

La clasificación Maya de los suelos (Duch Gary, 2005) se utilizó como guía para la descripción del color del suelo (café oscuro, negro y rojo), sobre el cual se localizaron los ejemplares de tzalam muestreados. La clasificación Maya de los suelos se basa en características fácilmente identificables como: el color, afloramiento de rocas, la pendiente, su posición y el relieve (Bautista y Zinck, 2010). Su uso ofrece la ventaja de ser conocida por los habitantes locales y es de fácil aplicación (Bautista y Zinck 2010; Sánchez-Sánchez e Islebe 2002); además de que se correlaciona con propiedades de los suelos y la clasificación FAO/UNESCO.

Para conocer la distribución de los tipos de suelo en la zona del estudio, en el 2002 se realizó la descripción de un total de 2,460 puntos de observación, que se identifican en este documento como "parcelas generales". Las "parcelas generales" se localizaron a lo largo de las brechas, y a cada 500 m. Se identificó el tipo de suelo en un círculo de 50 cm de diámetro, con base en la clasificación Maya (Bautista *et al.*, 2005; Duch Gary, 2005). Aquí sólo se consignan los resultados del color del suelo, ya que fue el atributo que se utilizó para describir el sitio de crecimiento del tzalam.

El análisis de los datos se hizo con el programa SAS (SAS Institute, 1994). Se realizaron varias correlaciones lineales y regresiones entre las variables: DAP inicial, crecimiento en DAP, altura inicial y crecimiento en altura. El crecimiento anual del DAP se obtuvo al dividir diferencia de las medidas del 2008-2009 y la del 2002, entre el número de estaciones de crecimiento, seis y siete respectivamente. El crecimiento anual en altura se calculó de la misma manera. Para el color del suelo se calculó el porcentaje correspondiente a cada tipo de suelo existente en el área general de la selva de Laguna Kaná y en las parcelas con presencia de tzalam.

La prueba de Chi cuadrada (χ^2) para independencia (SAS Institute, 1994) se utilizó para comparar el color del suelo de la selva (parcelas generales) con el correspondiente a los sitios donde crecía *L. latifolium*. La prueba de χ^2 supone independencia entre los dos muestreos. Para los árboles de tzalam y las parcelas generales, la suposición se considera apropiada, por el gran tamaño del área de muestreo, y la alta variabilidad en las propiedades de los suelos, en algunas ocasiones dentro de unos cuantos metros, así como por la baja densidad de la especie de interés; todo

In many research studies, only plants from 10 to 130 cm high are taken into account to quantify regeneration. In this case advanced regeneration was considered, which refers to all the Tzalam plants present in the 30 m² lot, with DBH from 2 to 10 cm. The importance of advanced regeneration is that it includes only the individuals that overcame the seedling and sapling (of high mortality) stages, that have a greater probability to survive and pass to the following age and diametric categories.

Data from 176 out of the 30 m² (3 x 10 m) lots along the 10 pathways were obtained. As tzalam trees were not found along each meter of the pathway, the first 30 m² lot was located where the first individual was observed; from that point onwards and every 100 m the following lots were placed. The last one was established after the final tree that was seen in the corresponding pathway. The same procedure was followed for the nine resting pathways.

The Mayan classification of soils (Duch Gary, 2005) was used as a guide to describe the color of the soil (dark brown, black and red), upon which were found the samples of Tzalam that were studied. This system is based on the easily determined characteristics as color, rock emergence, slope, their position and relief (Bautista and Zinck, 2010). Its use is advantageous since it is known by the local inhabitants and it is of easy application (Bautista y Zinck 2010; Sánchez-Sánchez and Islebe 2002), but it correlates with soil properties and the FAO/UNESCO classification.

In order to know the distribution of the types of soil in the study area, in 2002 was made the description of 2,460 observation points, which are identified in this document as "general lots". The "general lots" are along the pathways every 500 m. The kind of soil was determined in a 50 cm circle, according to the Mayan classification (Bautista *et al.*, 2005; Duch Gary, 2005). Here are included only the results of soil color, since it was the character to describe the growing site of tzalam.

Data were analyzed by SAS Program (SAS Institute, 1994). Several linear correlations and regressions among the variables were run: initial DBH, growth in DBH, initial height and height growth. Annual DBH growth was the result of dividing the difference of measurements from 2008-2009 and that from 2002, into the number of growth seasons, six and seven respectively. The annual height growth was calculated in the same way. Soil color was determined in per cent for each type of soil in the general area of Laguna Kaná tropical forest and in the lots where tzalam was present.

The Chi-square test (χ^2) for independence (SAS Institute, 1994) was used to compare soil color of the tropical forest (general lots) with that from the sites where *L. latifolium* grew. The χ^2 test states independence between both samplings. For Tzalam trees and the general lots, this assumption was

esto hace poco factible que la asociación de ocurrencia de tzalam y el color del suelo fueran el resultado de procesos espaciales explícitos, como limitación de dispersión (*dispersal limitation*) (Erlén y Eriksson, 2000).

De los 87 árboles marcados, inicialmente en 2002, tan sólo se consideraron 74 para el análisis. Debido a las siguientes razones: seis árboles no se localizaron en el sitio que especificaba el formato de campo (probablemente fue resultado de un error al momento de tomar los datos en el 2002, tampoco se encontró algún rastro como tocón o árbol muerto); tres murieron por diversas razones, posiblemente como resultado de un fenómeno meteorológico; tres fueron cosechados y dos no pertenecían a otro taxón.

RESULTADOS

Crecimiento

El DAP y altura comercial promedio de los árboles fue de 32 cm y 7 m, respectivamente. El crecimiento en DAP registró 0.41 cm año^{-1} y la altura comercial tuvo un valor de 0.1 m año^{-1} (Cuadro 1). La Figura 2 presenta la relación entre el DAP inicial (2002) y el incremento diamétrico anual. En la Figura 3 se muestra el crecimiento promedio $\pm$ ISE (error estándar) por cada clase diamétrica de 5 cm (10 a 14.9, etc.), excepto las dos últimas que son más amplias y están formadas por tres árboles. El error estándar se obtuvo para cada clase, mediante el número de árboles y la varianza de grupo. La varianza de grupo se calculó a partir de las varianzas del crecimiento en DAP de los individuos por clase diamétrica. Los promedios indican un incremento lineal en crecimiento, a medida que aumenta el DAP de 10 a 30 cm. El crecimiento para cada clase entre 30 y 50 cm varía muy poco, disminuye de los 50 cm en adelante.

Cuadro 1. Cambio en DAP y altura en relación al DAP y altura iniciales ($n = 74$).
Table 1. Change in DBH and height in regard to initial records ($n = 74$).

Variable	Promedio	Desv. Est.	Mínimo	Máximo
DAP en 2002 (cm)	32.3	14.3	12.9	87.5
Altura comercial en 2002 (m)	7	1.9	3	12
Cambio de DAP (cm año^{-1})	0.44	0.35	-0.2	1.6
Cambio de altura (m año^{-1})	0.1	0.31	-1.0	1.3

Desv. Est. = desviación estándar; DAP = diámetro a la altura de pecho.

Desv. Est. = Standard deviation; DAP = DBH, diameter at breast height

La correlación crecimiento en DAP y el DAP inicial (Figura 2) es casi 0 ($r = -0.075$, $n = 74$, $P = 0.53$), cuando en el mismo análisis se excluyen a los individuos con un DAP superior a 30 cm, se presenta una relación lineal mayor que para los otros árboles, pero no significativa ($r = 0.24$, $n = 34$, $P = 0.24$). La correlación crecimiento en DAP y altura inicial tiene un valor de -0.071 ($P = 0.55$), y no se consideran los ejemplares con DAP superior a 30 cm la correlación se modifica muy poco ($r = -0.065$, $P = 0.71$).

considered right since the sampling area is very big and there exists a high variability on soil properties, sometimes even at a very short distance, as well as for the low density of the key species; all of this makes it rather unfeasible that the association between tzalam occurrence and soil color would be the result of explicit spatial processes, as dispersal limitation (Erlén and Eriksson, 2000).

Of the 87 trees originally marked in 2002, only 74 were used for the analysis since six were not found or even a sign of them as stumps or dead trees in the site specified by the field chart (probably by a mistake during the data sampling of 2002); three died by several reasons, maybe because of a meteorological event; three were felled and two belonged to a different taxon.

RESULTS

Growth

Tree average DBH and commercial height was 32 and 7. DBH growth was of $0.41 \text{ cm year}^{-1}$ and commercial height was of 0.1 m year^{-1} (Table 1). Figure 2 shows the relation between initial DBH (2002) and the annual diametric increment and Figure 3, the average growth $\pm$ ISE (standard error) for each 5 cm (10 a 14.9, etc.) diametric class, except for the two last which are broader and are made-up by three trees. Standard error was calculated for each class by means of the number of trees and the group variance. Group variance is determined from the DBH growth variances from the individuals by diametric class. Averages indicate a linear increment in growth as DBH increases from 10 to 30 cm. Growth for each class between 30 and 50 cm varies very little, and diminishes from 50 cm onwards.

The DBH growth and initial DBH correlation (Figure 2) is almost 0 ($r = -0.075$, $n = 74$, $P = 0.53$); when in the same analysis, the individuals with a DBH over 30 cm were excluded, there is a stronger linear relation than for the other trees, but not significant ($r = 0.24$, $n = 34$, $P = 0.24$). The DBH growth and initial height correlation has a -0.071 ($P = 0.55$) value and when examples with DBH over 30 cm are not included, the correlation is slightly modified ($r = -0.065$, $P = 0.71$).

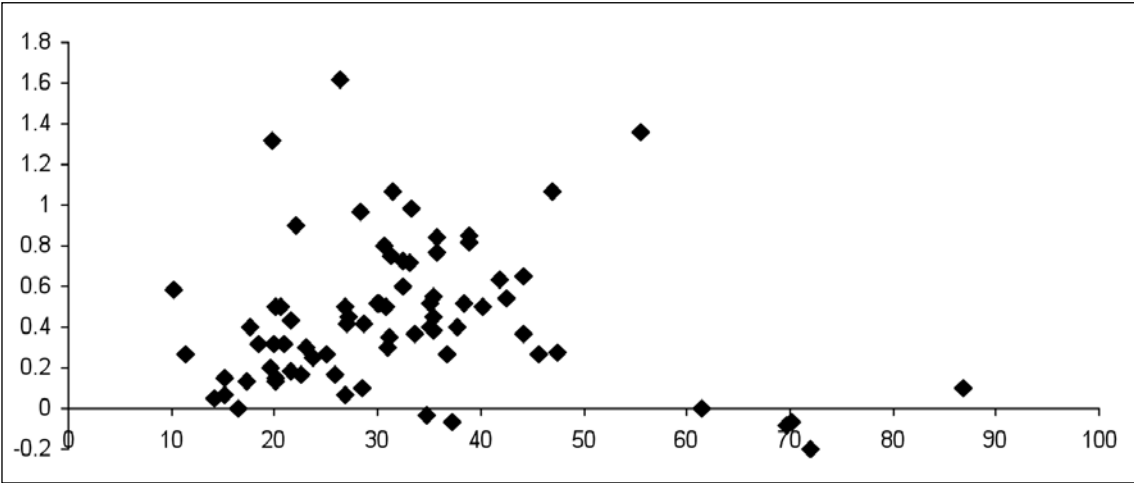


Figura 2. Incremento anual del DAP en relación al DAP inicial.
Figure 2. Annual DBH increment in regard to initial DBH.

El análisis de correlación se usa para medir la asociación lineal de dos características. El análisis de regresión es más apropiado para describir una relación no lineal entre dos variables, como es el caso del crecimiento en DAP, con respecto al DAP inicial (Figura 3). Es por eso que se decidió ajustar los datos a un polinomio de segundo grado, que se aproxima mejor a la descripción de la relación entre las dos características. Los polinomios se utilizan cuando se desconoce la asociación de las variables. Los resultados obtenidos para predecir el crecimiento anual en DAP fueron los siguientes:

$$\text{Crecimiento anual en DAP} = a + b \cdot (\text{DAP inicial}) + c \cdot (\text{DAP inicial})^2$$

$a = -0.10$
 $b = 0.0324$ ($P = 0.002$)
 $c = -0.000400$ ($P = 0.001$)
 $R^2 = 14.9\%$, $n = 74$.

De los 74 árboles estudiados, 62 (84%) se localizaron sobre el suelo negro (Box-Lu'um), nueve (12%) en suelo café oscuro (Ek' Lu'um), y tres (4%) en suelo rojo (Chac-Lu'um), en comparación con 5%, 68% y 27% para los mismos tipos de suelo, pero en los sitios generales que describen su distribución en toda el área forestal ($\chi^2 = 621$, $df = 2$, $P < 0.001$) (Cuadro 2).

The correlation analysis is used to measure the linear association of two characteristics. Regression analysis is more appropriate to describe a non-linear relation between two variables, as it happens with DBH growth in regard to initial DAP (Figure 3). That is why it was decided to fit the data to a second degree polynomial that has a better approach to the description of the relation between the two characteristics. Polynomials are used when the association between variables is unknown. The results obtained to predict annual DBH growth were the following:

$$\text{Annual DBH growth} = a + b \cdot (\text{initial DBH}) + c \cdot (\text{initial DAP})^2$$

$a = -0.10$
 $b = 0.0324$ ($P = 0.002$)
 $c = -0.000400$ ($P = 0.001$)
 $R^2 = 14.9\%$, $n = 74$.

Of the 74 studied trees, 62 (84%) were found upon black soil (Box-Lu'um), nine (12%) on dark brown soil (Ek' Lu'um), and three (4%) on red soil (Chac-Lu'um), compared to 5%, 68% and 27% for the same types of soil but in general sites that describe their distribution in the whole forest area ($\chi^2 = 621$, $df = 2$, $P < 0.001$) (Table 2).

Cuadro 2. Número* y porcentaje de los tipos de suelos predominantes en la selva de estudio y los suelos en los que se desarrolló el tzalam.
Table 2. Number* and per cent of the types of prevailing soils in the studied tropical forest and the soils where tzalam developed.

	Color del suelo			Total
	Café oscuro	Negro	Rojo	
Selva de Laguna de Kaná	1669 (68%)	133 (5%)	658 (27%)	2460
Tzalam	9 (12%)	62 (84%)	3 (4%)	74

*Para la selva número = a las parcelas generales muestreadas para caracterizar el suelo de la selva y para el tzalam número = a los árboles encontrados en cada tipo de suelo.
* For the tropical forest number = sampled general lots to describe the tropical forest soil and for tzalam number = trees that were found on each soil type.

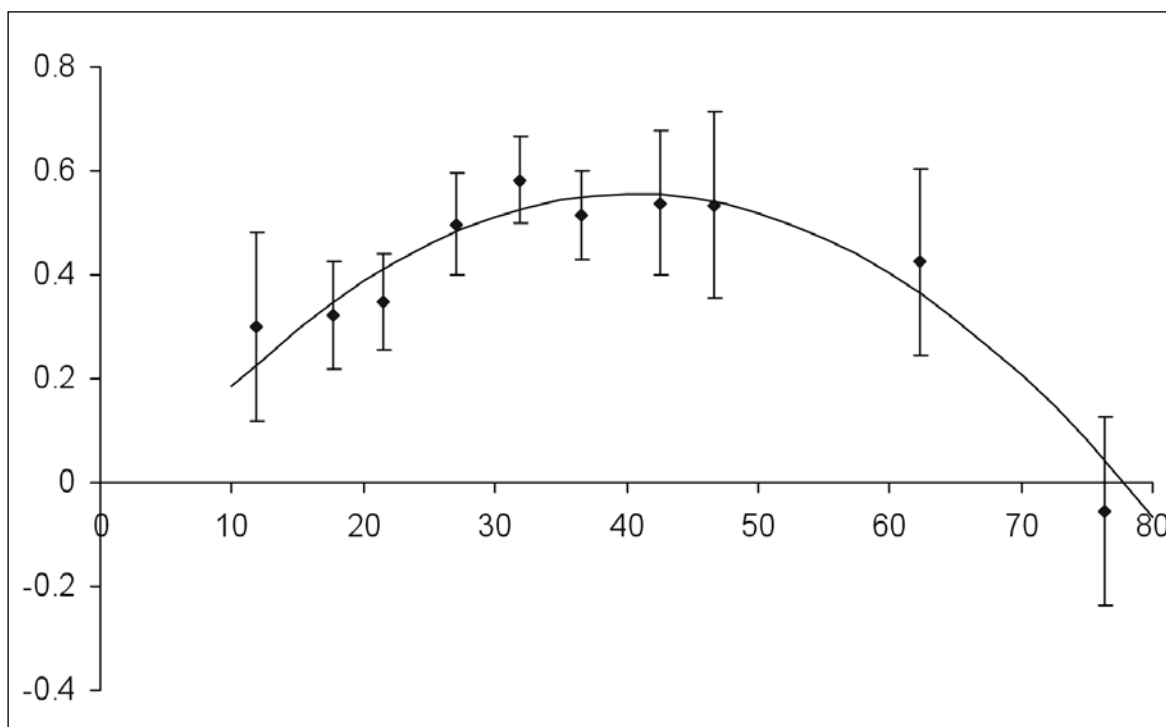


Figura 3. Promedio del incremento en DAP (+/- 1 ES) por categorías diamétricas y crecimiento esperado = $-0.1 + 0.0324 * \text{DAP inicial} - 0.0004 * (\text{DAP inicial})^2$

Figure 3. Average DBH increment (+/- 1 ES) by diametric category and expected growth = $-0.1 + 0.0324 * \text{initial DBH} - 0.0004 * (\text{initial DBH})^2$.

Regeneración avanzada

En el 2008 y a lo largo de las 10 brechas se establecieron 176 parcelas de regeneración avanzada (plantas de tzalam con DAP entre 2 cm y 10cm), que cubrieron una superficie de 5,280 m². Fue sorprendente la ausencia total de individuos en el área de muestreo.

DISCUSIÓN

El valor de crecimiento promedio anual del tzalam correspondió a 0.41 cm, el cual es menor al registrado por otros autores (Cuadro 3). García y Rodríguez (1993) citan 1.10 cm como el mayor promedio de crecimiento anual para rodales de ocho años de edad, localizados en el municipio Othon P. Blanco, Quintana Roo. Mize *et al.* (1997), con datos de 25 árboles de las selvas secundarias de Campeche, obtuvieron un crecimiento anual de 0.78 cm. En bosques secundarios (20 años aproximadamente) derivados de acahuals de selva mediana subperennifolia en Campeche se consignó un incremento de 0.51 cm (López y Tamarit, 2005). Este estudio se realizó en una selva mediana subperennifolia de edad desconocida, aunque, con base en la información de los ejidatarios debe ser superior a 40 años.

Advanced regeneration

In 2008 and along the 10 pathways, 176 lots of advanced regeneration were placed (tzalam plants with DBH between 2 and 10 cm), which covered a 5,280 m² area. The total absence of individuals in the sampling area was surprising.

DISCUSSION

The average annual growth of tzalam was 0.41 cm, which is smaller to the number reported by other authors (Table 3). García and Rodríguez (1993) state 1.10 cm as the greatest average of annual growth for eight -year stands located in Othon P. Blanco municipio, Quintana Roo State. Mize *et al.* (1997) determined an annual growth of 0.78 cm with data from 25 trees of the secondary tropical forests of Campeche State. In secondary forests (near 20 years old) coming from "acahuals" of middle sub-evergreen forest in Campeche State was determined an increment of 0.51 cm (López and Tamarit, 2005). This study was made in a middle sub-evergreen tropical forest of unknown age, even though, based upon the information provided by the local inhabitants ("ejidatarios") it must be over 40 years.

The correlation between DBH and the initial growth denotes that growth in the later is independent of tree DBH, which is very

Cuadro 3. Comparación del incremento diamétrico anual para Tzalam, de acuerdo a diferentes autores.

Table 3. Annual diametric increment of Tzalam compared among several authors.

Autores	Incremento anual (cm)	Periodo* (años)
García y Rodríguez (1993)	1.10	8
Mize <i>et al.</i> (1997)	0.78	25
López y Tamarit (2005)	0.51	20
Presente trabajo	0.41	6

*Número de años de los que proviene el cálculo de crecimiento.

*Number of years which support the determination of growth.

La correlación entre crecimiento en DAP y la altura inicial indica que el crecimiento en esta última es independiente del DAP del árbol, lo cual es muy común en las especies arbóreas (Muñoz *et al.*, 2005). En tanto que, la influencia del DAP inicial en el crecimiento del DAP tiene efecto positivo y significativo, cuando se trata de diámetros pequeños. En la Figura 3 se observa una tendencia de los puntos a formar una línea recta ascendente, a partir de la categoría diamétrica de 10 hasta casi 35 cm. El crecimiento de los árboles entre 35 y 50 cm es casi el mismo, y de 50 cm en adelante disminuye (Figura 3).

Si se considera la existencia de una relación entre el tamaño en DAP del árbol y su edad, la tendencia observada es en realidad típica de todos los organismos vivos, que crecen más rápido en las etapas juveniles de su ciclo de vida, posteriormente, muestran una etapa de crecimiento constante y al final es menor crecimiento o nulo en las etapas adultas, Wadsworth (2000) indica que a mayor edad en bosques adultos, el incremento anual en DAP decrece. Lo anterior permite suponer que los individuos de hasta 35 cm de DAP estaban en etapa de crecimiento, y que los árboles superiores de 50 cm son individuos adultos, por lo que no crecieron, incluso algunos reducen el diámetro.

Por otro lado, la aparente disminución en crecimiento de algunos árboles con DAP mayor o igual a 50 cm puede ser reflejo del desprendimiento de la corteza, característico en los ejemplares del tzalam, cuando alcanzan o rebasan esas dimensiones. Aunque se ha demostrado que en algunas especies forestales tropicales se presenta una reducción del DAP en la época de secas, pero se descarta esta posibilidad, ya que existen 6 años de diferencia entre la primera y segunda toma de datos.

El análisis de regresión fue una mejor herramienta estadística, tanto para describir la relación entre el crecimiento en DAP y el DAP inicial, como para comparar los resultados de los otros estudios sobre crecimiento de tzalam. A partir de la información de Mize *et al.* (1997) se generó una regresión lineal [$DAP = 0.42 + 0.0127 * (DAP \text{ inicial})$, $n = 25$, $R^2 = 0.19$], P para el coeficiente del DAP inicial = 0.031. López y Tamarit (2005) obtuvieron el crecimiento promedio en DAP por categorías de 5 cm e indican el número de individuos por cada categoría

common in tree species (Muñoz *et al.*, 2005), while the influence of initial DBH in DBH growth has a positive and significant effect, when small diameters are involved. In Figure 3 a tendency to form a straight ascendant line from the diametric category of 10 to 35 cm is observed. Growth in trees between 35 and 50 cm is almost the same, and from 50 cm on, it diminishes (Figure 3).

Starting from the existence of a relation between the size of DBH and the age of the tree, the observed tendency is a typical behavior of all living organism, that grow faster in the juvenile stages of their life cycle, later, they show a stage of constant growth and at the end, a smaller or null growth in adult stages. Wadsworth (2002) states that at greater age, annual DBH increment decreases. The former allows to think that individuals up to 35 cm of DBH were in the growing stage and that trees over 50 cm are adults, thus, they did not grow or even, reduced their diameter.

On the other hand, the apparent diminishment in growth of other trees with DBH over or equal to 50 cm may indicate bark detachment, which is proper of tzalam, when they reach or surpass these dimensions. However, it has been proved that in some tropical forest species occurs a reduction of DBH in the drought seasons, but this possibility has been discredited since there are 6 years from the first to the second time of data sampling.

The regression analysis was a better statistic tool, to describe the relation between DBH growth and initial DBH, as well as to compare these results with other studies about tzalam growth. From Mize *et al.* (1997) information a P linear regression was formulated [$DBH = 0.42 + 0.0127 * (\text{initial DBH})$, $n = 25$, $R^2 = 0.19$], for the initial DBH = 0.031. López and Tamarit (2005) determined an average DBH growth by 5 cm categories and indicate the number of individuals for each category (Table 2). Neither the linear equation nor the polynomial were significant, which explains the regression line as horizontal (Figure 3), and the adjusted average DBH growth equivalent to 0.51 cm per year.

In regard to the average of DAP growth, Mize *et al.* (1997) reported at least, 0.02 cm more per year than the estimated

(Cuadro 2). Ni la ecuación lineal, ni la polinomial fueron significativas, por lo que la línea de regresión es una horizontal (Figura 3), y el crecimiento promedio ponderado del DAP equivalente a 0.51 cm por año.

Respecto al promedio en crecimiento del DAP En Mize *et al.* (1997) consignan por lo menos 0.2 cm mas por año, en promedio, que el valor estimado en este estudio. Para los árboles pequeños (10 cm de DAP) López y Tamarit (2005) y Mize *et al.* (1997) registran resultados muy semejantes, algo similar ocurre para los árboles mayores (30 cm) al comparar los datos de López y Tamarit (2005) con los del presente trabajo (Figura 4).

value in this study. For smaller trees (DBH=10 cm), López and Tamarit (2005) and Mize *et al.* (1997) found very close results; something similar happens with larger trees (30 cm) when comparing the data of López and Tamarit (2005) with the actual research. (Figura 4).

In what refers to soil, 84% of the trees were found upon *Box Lùm* soil (black), 12% on *Ek' Lu'um* (brown) and 4% in *Chac kluum* (red), which denotes a preference of tzalam to black soil. When analyzing soil distribution in the whole study area (Table 2) it is observed that only 5% belongs to black soil. Sorensen (2006) observed too, that, seedlings of tzalam establish best on black soil.

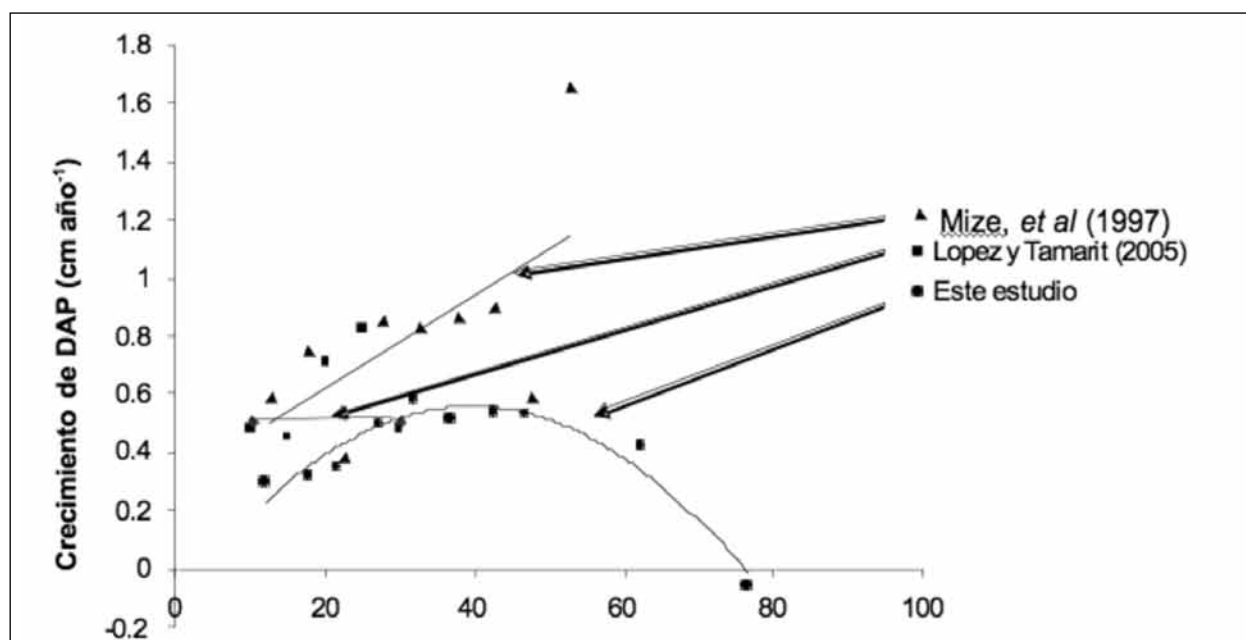


Figura 4. Promedio del incremento en DAP por categoría diamétrica y la línea de regresión para Mize *et al.* (1997) y López y Tamarit (2005).

Figure 4. Average of DBH increment per diametric category and regression line for Mize *et al.* (1997) and López and

Referente al suelo, 84% de los árboles se localizaron en suelo *Box Lùm* (negro), 12% en *Ek' Lu'um* (café) y 4% en *Chac kluum* (rojo). Al analizar la distribución de suelos en toda el área de estudio (Cuadro 2) se observa que sólo 5% corresponde a suelo negro, lo cual indica que existe una preferencia ecológica del tzalam por el suelo negro. Sorensen (2006) también observó que, a nivel de plántula, el Tzalam se establece, preferentemente, en suelo negro.

En Quintana Roo, Hoy (2007) muestreó vegetación tropical de cuatro etapas sucesionales (4, 9, 14 y 20 años) en parcelas circulares con un radio de 12.62 m (500m²), ubicadas al azar. La presencia de árboles era muy baja en el acahual de 4 años y conforme pasa el tiempo los individuos arbóreos son más comunes, a la edad de 20 años superan los 100, de un total de 120 individuos, sin embargo la presencia de *Lysiloma latisiliquum* continuó siendo mínima, en particular en las etapas sucesionales tardías.

In Quintana Roo, Hoy (2007) sampled tropical vegetation in four succession stages (4, 9, 14 and 20 years) in circular lots of 12.62 m radio (500 m²) located at random. Tree presence was very low in the 4 year acahual and as time goes by, trees are more common: at 20 years they are above 100, from a total amount of 120 individuals; however, *Lysiloma latisiliquum* in particular, was minimal in late stages.

Even when individuals of 2 to 10 DBH individuals were absent in the tropical forest, they were seen in roads and "huamiles" (clumps of secondary vegetation) (Hoy, 2007). Thus, it can be asserted that tzalam is a shadow intolerant species in its regeneration stage and potentially abundant in secondary vegetation lands. The 10 pathways of Laguna Kaná (60 km) had this kind of condition. Ruiz (1988) mentioned that natural regeneration of Tzalam does not occur even under the shadow of its own canopy as well as of other species. Other authors have observed that the species regenerates in openings created

Aunque dentro de la selva, los individuos con DAP entre 2 y 10 cm fueron inexistentes, en las orillas de algunos caminos y "huamiles" (manchones de vegetación secundaria) si se observaron (Hoy, 2007). Se puede, entonces, aseverar que el Tzalam es una especie intolerante a la sombra en su etapa de regeneración y potencialmente abundante en terrenos de vegetación secundaria. En la selva de Laguna Kaná ninguna de las 10 brechas (60 km) correspondió a este tipo de condición. Ruiz (1988) menciona que la regeneración natural del Tzalam no ocurre, incluso bajo la sombra de su propio dosel, así como el de otras especies. Otros autores han observado que la especie se regenera en aperturas grandes de dosel creadas para imitar procesos de disturbios comunes en la región (Sorensen, 2006), como los huracanes e incendios.

Si se considera un crecimiento promedio anual de 0.41 cm, un árbol de tzalam necesitaría 85 años para alcanzar el diámetro comercial de 35 cm. Los turnos que se utilizan, actualmente, en Quintana Roo para esta especie son de 75 años (Com. pers.³), muy cerca de la estimación de 85 años y la extracción se aplicó a la velocidad que los árboles crecen. Sin embargo, la población de tzalam está constituida sólo de individuos con DAPs ≥ 10 cm y con la ausencia de regeneración avanzada (árboles de DAP entre 2 y 10 cm.), por lo que el futuro de su conservación es incierto.

CONCLUSIONES

El crecimiento anual del tzalam de 0.41 cm. año⁻¹ está dentro de los más bajos registros en la literatura, lo cual resulta de que los árboles muestreados son de edad más madura, que la de los sitios con los que se comparó. Los suelos calcáreos de Quintana Roo, aunque fértiles, tienen una capa delgada del horizonte A, lo que se refleja en tasas de crecimiento en DAP menores para la mayoría de las especies, en comparación con otras zonas tropicales de México. A pesar de la baja tasa de crecimiento la rotación que actualmente se utiliza en Quintana Roo es de 75 años, por lo que se considera apropiada para alcanzar el tamaño comercial de 35 cm.

El futuro comercial del tzalam es incierto, ya que la estructura de su población carece de árboles de DAP entre 2 y 10 cm. El Tzalam es una especie que se está extrayendo en grandes cantidades sin ser reemplazada por nuevos árboles.

En la península de Yucatán la presencia de suelo Box-Lúmm es del orden de 5%, en Laguna Kaná fue del 5% y en él se localizó 84% de los árboles de tzalam. La aparente preferencia de Tzalam por un tipo de suelo merece estudios más profundos, ya que si se corrobora, el manejo sustentable de la especie se complicaría por la falta de disponibilidad de suelo Box-Lúmm. Será necesario pensar en una silvicultura intensiva por tipo de suelo, la cual deberá combinarse para el fomento simultáneo de

to recreate regular disturb processes in the region (Sorensen, 2006), as hurraacains and forest fires.

If an average annual growth of 0.41 cm is considered, a tzalam tree would need 85 years to reach the commercial diameter of 35 cm. The rotation that at present are used in Quintana Roo State with this species are 75 years, according to Eng. Victoria Santos and Rosa Ledesma, forest technician of the forest producing ejidos of the Mayan zone, which is very closet o the 85 years estimation, and harvest was accomplished at the speeds that trees grow. Nevertheless, the population of tzalam is made up by individuals with DBH ≥ 10 cm and with an absent advanced regeneration (trees with 2 to 10 cm DBH), which means that the future of its conservation is uncertain.

CONCLUSIONS

The annual growth of Tzalam of 0.41 cm a year⁻¹ is within the lowest records in literature, which is the result of sampling more mature trees than others from places with which they were compared. The calcareous soils of Quintana Roo, even if fertile, have a shallow A horizon layer, which is reflected on DBH growth rates smaller for most species, in comparison to other tropical zones of Mexico. In spite of the low growth rate, the rotation that is used at present in Quintana Roo is 75 years, which is considered right to get the commercial size of 35 cm.

The commercial future of tzalam is uncertain, since its population structure has no trees of 2 to 10 DBH. Great amounts of Tzalam are being harvested at present without being replaced by new trees. In Peninsula de Yucatán, Box-Lúmm soil is present in near 5% of its territory; in Laguna Kaná it is in 5% of the area, and on it are gathered 84% of the trees of tzalam. The apparent preference of this species for this type of soil deserves deeper studies, since, if confirmed, its sustainable management would become difficult because of the unavailability of Box-Lúmm soil. It will be necessary to foresee an intensive forestry per type of soil, which should combine a simultaneous promotion of a group of species that includes cedar (*Cedrela odorata*) and mahogany (*Swietenia macrophylla*). 

ACKNOWLEDGEMENTS

Special regards for Dr. Carl W. Mize for his support in the experimental design of the present study and the statistical analysis. To the ejidatarios of Laguna Kaná with hope that these results might be helpful for the sustainable and profitable management of their tropical forests. To Eng. Victoria Santos and Rosa Ledesma of the technical forest services of Carrillo Puerto, Quintana Roo State "Organización de ejidos productores forestales de la zona Maya" for their interest in this research and their application in the sustainable mangement of the tropical forests of Quintana Roo, Mexico. Financial support was provided by Iowa State University and Universidad Veracruzana.

End of the English version

un grupo de especies, que incluya al cedro (*Cedrela odorata*) y la caoba (*Swietenia macrophylla*). 

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos muy especiales para el Dr. Carl W. Mize por su apoyo en el diseño experimental del estudio y el análisis estadístico. A los ejidatarios de Laguna Kaná, con la esperanza de que los resultados sean de utilidad para el manejo sustentable y rentable de sus selvas. A las Ingenieras Victoria Santos y Rosa Ledesma de la oficina de servicios técnicos forestales de Carrillo Puerto, Q. Roo "Organización de ejidos productores forestales de la zona Maya" por su interés en la investigación y su aplicación en el manejo sustentable de las selvas de Quintana Roo, México. Los recursos de la investigación provienen de Iowa State University y la Universidad Veracruzana.

REFERENCIAS

- Albrecht, H., M. Belisle, C. Caballero, R. Forster, H. Galletti, O. Lacayo, D. Robinson y S. Ortiz. 2002. Comunidades forestales y el mercado de maderas tropicales poco comerciales de Mesoamérica. Ed. Durece S. A. México, D.F. México. 158 p.
- Anderson E., N. C. J. Cauch, A. Dzib, G. S. Flores, G. Islebe, T. F. Medina, O. Sanchez, y C. P. Valdez. 2005. Plantas de los Mayas etnobotánica en Quintana Roo, México. ECOSUR-CONABIO. México, D. F. México. 206 p.
- Baldizán, A., T. Clavero, L. J. Cova, C. Domínguez, D. E. García y M. G. Medina. 2008. Caracterización nutritiva del follaje de seis especies forrajeras con énfasis en sus perfiles polifenólicos. Revista Científica, FCV-LUZ 18 (2): 188-196.
- Barrera, A., A. Gómez-Pompa, y C. Vázquez-Yanes. 1977. El manejo de las selvas por los Mayas: Sus implicaciones silvícolas y agrícolas. Biótica 22 (2):47-61.
- Bautista, F. and J. A. Zink. 2010. Construction of an Yucatec Maya soil classification and comparison with the WRB framework. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine 6(7):1-17.
- Bautista, F., E. P. Batllori-Sam, G. Palacio, M. Ortiz-Pérez y M. Castillo-González. 2005. Integración del conocimiento actual sobre los paisajes geomorfológicos de la Península de Yucatán. In: F. Bautista y G. Palacio (Eds.) Caracterización y Manejo de los Suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones Agropecuarias, Forestales y Ambientales. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yuc. México. pp. 33- 58.
- Blanco J., J. P. Escalante, K. Libura, R. Martínez, L. G. Morales, A. Pinet, A. Sanchez y C. Urrutia. 1994. El hombre en la historia 3. Ed. Patria. México. D.F. México. 286 p.
- Cabrera E., F., M. Souza y O. Téllez. 1982. Imágenes de la flora Quintanarroense. Ed. CIQROO. Chetumal. Quintana Roo, México. 351 p.
- Campos, G., R. Durán, M. Juan-Qui, F. May-Pat, P. Sima y J. C. Trejo. 2000. Listado florístico de la Península de Yucatán. CICY. Mérida, Yucatán. México. 259 p.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2009. Silvicultura comunitaria. http://www.conafor.gob.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=97&Itemid=460. (15 de febrero de 2009).
- Duch, G. J. 2005. La nomenclatura maya de suelos: una aproximación a su diversidad y significado en el sur de Yucatán. In: F. Bautista y G. Palacio (Eds.) Caracterización y Manejo de los Suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones Agropecuarias, Forestales y Ambientales. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. pp. 73 - 86.
- Edwards, R. C. 1986. The human impact on the forest in Quintana Roo, Mexico. Journal of Forestry History (30): 120-127.
- Ehrlén, J., and O. Eriksson. 2000. Dispersal limitation and patch occupancy in forest herbs. Ecology 81: 1667-1674.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. UNAM. México, D.F. México. 246 p.
- García C., X. y B. Rodríguez S. 1993. Cortas intermedias en sitios de vegetación secundaria. Rev. Cien. For. en Méx. 19(74): 81-100.
- Granados S., D., G. F. López y E. M. Trujillo. 1997. Selva Maya de Quintana Roo. Ciencia 48(2):36-52.
- Holdridge, L. R. 1947. Determination of world plant formations from simple climatic data. Science. 105(27):367-368.
- Hoy S., E. A. 2007. Densometría de la especie Tzalam (*Lysiloma latissiliquum*) en cuatro etapas sucesionales de selva mediana subperenifolia. Memoria de Residencia Profesional. Ing. Forestal. Instituto Tecnológico Agropecuario de Chetumal, Quintana Roo. México. 75 p.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1988. Atlas ejidal de Quintana Roo. Encuesta Nacional Agropecuaria Ejidal. México, D.F. México. 101 p.
- López, T., J. L., y U. J. C. Tamarit. 2005. Crecimiento e incremento en diámetro de *Lysiloma latissiliquum* (L.) Benth. Bosques secundarios en Escárcega, Campeche, México. Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente. 15 (2): 117-123.
- Mize, C., R. Centeno, y P. Negreros-Castillo. 1997. Crecimiento de 8 especies forestales en selvas secundarias de Campeche, México. Revista Forestal Centroamericana. 19:26-31.
- Muñoz, F., M. Espinoza, M. A. Herrera and J. Cancino, 2005. Growth characteristics in diameter, height, and volume of *Eucalyptus nitens* plantation with different silvicultural treatments for pruning and thinning. Bosque 26: 93-99.
- Murphy J., E. 1992. Aprovechamiento forestal y la agricultura de milpa en el Ejido X-Maben, Zona Maya de Quintana Roo, México. In: Snook, L. y Barrera de Jorgenson A.(Ed.). Madera, Chicle, Caza y Milpa: Contribuciones al Manejo Integral de la Selvas de Quintana Roo, México. PROAFT, INIFAP, USAID, WWW-US. Chetumal, Quintana Roo, México. pp. 3-18.
- Negreros-Castillo, P. and C. Mize. 2003. Enrichment planting of *Swietenia macrophylla* (big leaf mahogany) and *Cedrela odorata* (Spanish cedar) in Quintana Roo, Mexico. In: Lugo, A. E., J. C. Figueroa Colon, and M. Alayon (Eds.). Big-Leaf Mahogany: Genetics, Ecology, and Management, eds. Ecological Studies, Springer-Verlag, New York. Vol. 159, pp. 278-287.
- Negreros-Castillo, P. and C. W. Mize. 2008. Regeneration of mahogany and Spanish cedar in gaps created by railroad tie extraction in Quintana Roo, Mexico. Forest Ecology and Management (208): 308-312.
- Pennington, T. D. y J. Sarukhán. 1968. Árboles Tropicales de México. INIF/FAO. México, D.F. México. 413 p.
- Rzedowski, J. and G. C. Rzedowski. 1989. Transisthmia Mexico (Campeche, Chiapas, Quintana Roo, Tabasco and Yucatan). In: D. G. Campbell and H. D. Hammond (Eds.). Floristic Inventory of tropical countries. The New York Botanical Garden, New York. NY. USA. pp. 270-280.
- Ruiz Z., J. M. 1988. Dinámica de la composición y estructura de cuatro acahuales dominados por *Lysiloma bahamensis* Benth. En la región Escárcega, Campeche. Tesis profesional. UACh. Texcoco, Mex. México. 145 p.
- Sánchez-Sánchez, O. and G. A. Islebe. 2002. Tropical forest communities in southeastern Mexico. Plant Ecology (158): 183-200.
- Statistical Analysis System (SAS Institute Inc). 1994. SAS/STAT User's Guide, Version 6, Fourth edition, Volume 1, SASA Institute Inc. Cary, NC. USA. 943 p.
- Sorensen, N. 2006. Regeneration and growth of several canopy tree species in the Maya forest of Quintana Roo, Mexico: The Role of Competition and Microhabitat Conditions. Tesis de doctorado. Universidad de Oregon. Corvallis, OR. USA. 300 p.
- Sosa, R. E., R. D. Pérez, R. L. Ortega y B. G. Zapata. 2004. Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de Ovinos. Tec. Pec. 42(2): 129-144.
- Tamayo, J. L. 1981. Geografía Moderna de México. Editorial Trillas, México, D. F. México. 400 p.
- Toledo, V. M. and M. de J. Ordoñez. 1993. The biodiversity scenario of Mexico: A review of terrestrial habitats. In: Ramamorthy, T. P., R. Bye, A. Lot., and J. Fa. (Eds.). The Biological Diversity of Mexico: Origins and Distribution. Oxford University Press. New York, Oxford. England. USA. pp. 757-777.
- Wadsworth, F. H. 2000. Producción forestal para América Tropical. Departamento de Agricultura de los EE. UU. Servicio forestal. Manual de Agricultura 710-S. Washington, DC. USA. 563 p.



Bosque de *Pinus* spp. Piedra Canteada, Tlax. Marisela C. Zamora-Martínez.