

# EMERGENCIA DE PLÁNTULAS DE ESPECIES MADERABLES NATIVAS DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

## EMERGENCE OF SEEDLINGS OF NATIVE TIMBER TREES OF YUCATAN PENINSULA

Benito Bernardo Dzib-Castillo<sup>1</sup>, Hans van der Wal<sup>2</sup>, Cristina Isabel Chanatásig-Vaca<sup>1</sup>,  
Pedro Antonio Macario Mendoza<sup>3</sup> y Juan Manuel Pat Fernández<sup>1</sup>

### RESUMEN

La biodiversidad regional en la Península de Yucatán registra especies arbóreas nativas con potencial para ser usadas en la reforestación; sin embargo, su aprovechamiento requiere el estudio de sus características ecológicas, de ahí que la presente investigación se enfoque en la emergencia de plántulas de taxa maderables procedentes de dicha zona en vivero y bajo diferentes grados de sombra (0, 35, 60 y 90%); así como a la emergencia y supervivencia a partir de la siembra directa de semillas en lomeríos de la misma región. Para ello, se realizó la evaluación del cedro (*Cedrela odorata*), chakté (*Caesalpinia mollis*), ciricote (*Cordia dodecandra*), ja'abín (*Piscidia piscipula*), tzalam (*Lysiloma latisiliquum*) y granadillo (*Platymiscium yucatanum*). En vivero, *C. mollis* mostró diferencias significativas ( $p = 0.006$ ), ya que obtuvo la mayor emergencia (53 y 49%) en los tratamientos de 0 y 35% de sombra; mientras que, en campo la consiguió en la posición alta de los lomeríos ( $p = 0.015$ , 1.9%); en contraste con *P. piscipula* ( $p = 0.005$ ) que se originó en la baja (14.3%). Por otra parte, altos niveles de sombra (60 y 90%) redujeron los días necesarios para alcanzar 95% de plántulas emergidas en *C. odorata*, la cual presentó una supervivencia más alta (73.5%) en la posición elevada ( $p = 0.001$ ) de los lomeríos, a diferencia de *C. dodecandra* (84.2%) que lo hizo en la inferior ( $p = 0.02$ ). Los resultados expresan que el porcentaje de sombra influye poco en el tiempo de emergencia total de las plántulas y que los taxa estudiados difieren en sus preferencias por las posiciones en el paisaje.

**Palabras clave:** *Caesalpinia mollis* (Kunth) Spreng., *Cedrela odorata* L., *Cordia dodecandra* A. DC., *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth., *Piscidia piscipula* (L.) Sarg., *Platymiscium yucatanum* Standley.

### ABSTRACT

The regional biodiversity of Yucatan Peninsula includes native tree species with potential to be used in reforestation; however, to use this potential, it is necessary to know the ecological preferences of the species. Therefore, the emergence of seedlings of native timber trees were assessed under different levels of shade (0, 35, 60 and 90%) at the nursery, and seedling emergence and survival after direct sowing of seeds in the lower and higher parts of the hills that are common in the Pensinsula, as well as the following species: cedar (*Cedrela odorata*), chakté (*Caesalpinia mollis*), ciricote (*Cordia dodecandra*), ja'abín (*Piscidia piscipula*), tzalam (*Lysiloma latisiliquum*) and granadillo (*Platymiscium yucatanum*). At the nursery, high levels of shade (60% and 90%) reduced the number of days required to attain 95% of the number of emerged seedlings in *C. odorata*. *C. mollis* was the only species that showed significant differences ( $p = 0.006$ ) in the emergence of seedlings among shade treatments, obtaining the highest emergence per cent (53 and 49%) at 0% and 35% of shade. In the field, *P. piscipula* ( $p = 0.005$ ) showed higher emergence in the lower part of the hills, and *C. mollis* ( $p = 0.015$ ) in the higher part (1.9%). *C. odorata* showed higher survival (73.5%) in the high position ( $p = 0.001$ ) and *C. dodecandra* (84.2%) in the low position ( $p = 0.02$ ). The aforementioned results show that species differ in preferences for positions in the landscape, and that shade per cent has little effect on seedling emergence.

**Key words:** *Caesalpinia mollis* (Kunth) Spreng., *Cedrela odorata* L., *Cordia dodecandra* A. DC., *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth., *Piscidia piscipula* (L.) Sarg., *Platymiscium yucatanum* Standley.

Fecha de recepción: 13 de enero de 2011

Fecha de aceptación: 26 de marzo de 2012

<sup>1</sup> El Colegio de la Frontera Sur, Campeche. Correo-e: benitodzub@hotmail.com

<sup>2</sup> El Colegio de la Frontera Sur, Tabasco

<sup>3</sup> El Colegio de la Frontera Sur, Quintana Roo

## INTRODUCCIÓN

La deforestación y la degradación del bosque disminuyen la cantidad y la calidad de los servicios ambientales de conservación de la biodiversidad (Fahrig, 2003), del balance hidrológico (Croke *et al.*, 2004) y de la captura de carbono (Bawa y Markham, 1995). Así mismo, afectan la provisión de productos forestales maderables y no maderables que satisfacen las necesidades primarias y constituyen medios de subsistencia para la población local de los países en desarrollo (Buschbacher, 1990; Lamb *et al.*, 2005).

En la Península de Yucatán, las actividades productivas regionales (agricultura, ganadería y extracción selectiva de madera) han afectado la extensión, estructura y composición de las comunidades forestales en diversos grados (Escamilla *et al.*, 2000; Martínez y Galindo-Leal, 2002). En Campeche, así como en el sureste de México, la deforestación ha sido consecuencia de esquemas de colonización auspiciadas por el gobierno (Remmers y Koeijer, 1992; Turner II *et al.*, 2001), situación que ha propiciado la disminución de las poblaciones de especies maderables preciosas como cedro (*Cedrela odorata* L.) y caoba (*Swietenia macrophylla* King.) y de otras como ciricote (*Cordia dodecandra* A. DC.), granadillo (*Platymiscium yucatanum* Standley.), chakté (*Caesalpinia mollis* (Kunth) Spreng.) y pucté (*Bucida buceras* L.).

Como resultado de ello se ha originado la activación de programas gubernamentales para recuperar o incrementar las poblaciones de las primeras dos especies, por su alto valor comercial, como son las plantaciones comerciales o de reforestación en bosque secundario realizadas en 103,795 ha entre 1993 y 2004 (CONAFOR, 2008). En México, las acciones para regenerar estas especies se han enfocado a incorporar plántulas bajo sombra en bosques recién aprovechados o alterados por corta selectiva; sin embargo, debido a la competencia por luz y nutrimentos con la vegetación asociada, así como a su manejo deficiente, es común que se caractericen por una supervivencia y un crecimiento reducidos. A nivel experimental se ha probado la siembra de semillas de *S. macrophylla* en claros dentro de bosques naturales, donde se observa que existe potencial en la emergencia de plántulas a partir de su siembra en campo (Gerhardt, 1993; Negreros-Castillo *et al.*, 2003).

Lo antes mencionado apoya el uso de semillas de árboles y arbustos nativos de México, los cuales son potencialmente valiosos para ser utilizados en programas de reforestación y restauración ecológica (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999; Niembro, 2001). No obstante, para su aprovechamiento es necesario generar información sobre su fenología, morfología, estructura, latencia, viabilidad, germinación y desarrollo inicial de sus individuos jóvenes (Niembro, 2001), cuya emergencia y establecimiento en campo constituyen sus fases críticas en el ciclo de vida (Anglevine y Chabot, 1979).

## INTRODUCTION

Deforestation and forest degradation reduce the amount and quality of environmental services related to biodiversity conservation (Fahrig, 2003), of water balance (Croke *et al.*, 2004) and of carbon sequestration (Bawa and Markham, 1995). Also, they impact the supply of timber and non-timber products that satisfy the primary needs and are subsistence means for the local population of developing countries (Buschbacher, 1990; Lamb *et al.*, 2005).

In Yucatan Peninsula, regional productive activities (agriculture, livestock and selective timber cutting) have affected the extent, structure and composition of forest communities at different levels (Escamilla *et al.*, 2000; Martínez and Galindo-Leal, 2002). In Campeche state as well as in Southeast Mexico, deforestation has come from colonization schemes sponsored by the government (Remmers and Koeijer, 1992; Turner II *et al.*, 2001), a situation that has favored the reduction of precious timber species such as cedar (*Cedrela odorata* L.) and mahogany (*Swietenia macrophylla* King.) and others such as "ciricote" (*Cordia dodecandra* A. DC.), "granadillo" (*Platymiscium yucatanum* Standley.), "chakté" (*Caesalpinia mollis* (Kunth) Spreng.) and "pucté" (*Bucida buceras* L.).

As a result, government programs have been activated in order to recover or increase the populations of the first two species, of high market value, such as commercial or reforestation plantations in a secondary forest over 103,795 hectares between 1993 and 2004 (CONAFOR, 2008). In Mexico, actions to regenerate these species have focused on the introduction of seedlings in shadow into recently cut or disturbed forests by selection cuttings; however, light and nutrient competition with the associated species as well as its inefficient management, it is usual to find low survival and growth in them. From an experimental viewpoint, it *S. macrophylla* seed sowing has been tested in clearings of natural forests where potential for seedling emergence is observed (Gerhardt, 1993; Negreros-Castillo *et al.*, 2003).

The aforementioned supports the use of native Mexican tree and shrub seeds, which are potentially valuable to be used in reforestation and ecological restoration programs (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999; Niembro, 2001). Nevertheless, in order to use them it is necessary to generate information about their phenology, morphology, structure, dormancy, viability, germination and initial development of their young (Niembro, 2001), whose emergence and establishment in the field are the critical phases in their life cycle (Anglevine and Chabot, 1979).

One important factor in establishment is light, as it affects some seeds which demand it for germination (positive photoblastism), while others germinate in darkness (negative photoblastism) (Grime *et al.*, 1981; Vázquez-Yanes and Orozco-Segovia, 1987; Shinomura, 1997; Fenner and Thompson, 2005). This effect over seedling

Un factor importante en el proceso de establecimiento es la luminosidad, pues influye en algunas semillas que necesitan luz para germinar (fotoblastismo positivo), a diferencia de otras que pueden hacerlo en la obscuridad (fotoblastismo negativo) (Grime *et al.*, 1981; Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1987; Shinomura, 1997; Fenner y Thompson, 2005). Este efecto sobre la emergencia de plántulas de especies arbóreas tropicales del sureste mexicano se ha estudiado en *S. macrophylla* (Morris *et al.*, 2000), *Cecropia obtusifolia* Bertol. y *Piper aurantium* Kunth (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1987).

Por otro lado, la topografía es una fuente de heterogeneidad en los bosques tropicales (Daws *et al.*, 2005), pues afecta la disponibilidad de agua para la planta (Whitmore and Burnham, 1984), la cantidad de hojarasca en el suelo (Becker *et al.*, 1988); así como el pH y la capacidad de intercambio catiónico (Silver *et al.*, 1994), lo que incide en la distribución de algunos taxa (Gibbons y Newbery, 2002). Para la Península de Yucatán se han definido relaciones entre la topografía y la distribución de tipos (Miranda, 1978) y asociaciones de vegetación (Escamilla *et al.*, 2000); sin embargo, son escasos los datos publicados sobre las condiciones ecológicas más convenientes para las especies de mayor abundancia, situación que constituye una laguna en el conocimiento, dada la importancia de la variación edáfica y de humedad a lo largo de las toposecuencias en el ambiente kárstico de esa zona (Hernández, 1985; Duch, 1991).

En la presente investigación se evaluó la emergencia y supervivencia de las plántulas de seis especies maderables nativas de la Península de Yucatán, interesantes por sus aplicaciones locales y comerciales, mediante dos experimentos, uno en un vivero rústico a fin de conocer el efecto de diferentes niveles de sombra y el otro en campo, por siembra directa, para determinar el efecto de las laderas de lomeríos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

Los experimentos se realizaron en el estado de Campeche, México: el relativo a la emergencia de plántulas bajo diferentes condiciones de sombra se llevó a cabo en un vivero acondicionado *ex professo* en un predio de la ciudad de Campeche; el de siembra directa en campo se desarrolló en lomeríos del Ejido de Pomuch, municipio Hecelchakán (20° 2' 50.9" norte y 90° 7' 23.58" oeste), el cual presenta una orografía poco accidentada y un terreno kárstico que se distingue por la alternancia de colinas abundantes que rodean depresiones planas, cuyos sedimentos aluviales arcillosos se inundan durante la época de lluvias debido al ineficiente drenaje de sus suelos (Marshall, 2007). En la transición entre lomeríos y depresiones, en la ladera inferior de los primeros, los suelos son más profundos que en las zonas elevadas donde es común que su carácter pedregoso se

emergence in tropical tree species of the Mexican Southeast has been studied in *S. macrophylla* (Morris *et al.*, 2000), *Cecropia obtusifolia* Bertol. and *Piper aurantium* Kunth (Vázquez-Yanes and Orozco-Segovia, 1987).

On the other hand, topography is a source of heterogeneity in tropical forests (Daws *et al.*, 2005), since it affects water availability for the plant (Whitmore and Burnham, 1984), the amount of litter on the ground (Becker *et al.*, 1998), as well as pH and cation exchange (Silver *et al.*, 1994), which influences upon the distribution of some taxa (Gibbons and Newbery, 2002). For Yucatan Peninsula some relations between topography and the distribution of vegetation types (Miranda, 1978) and associations (Escamilla *et al.*, 2000) have been described; however, publications in regard to the most suitable environments for the more abundant species is rather scarce, a situation that brings a knowledge gap, since the edaphic and humidity variations along the topo-sequences area are important in this karstic environment (Hernández, 1985; Duch, 1991).

Emergence and survival of six timber native species of Peninsula of Yucatan were assessed in this research study, which are interesting from their local use and marketing, in two experiments, one in a rustic nursery in order to know the effect of different shadow intensities and the other at the field, by direct seed sowing, to determine if hillsides had any effect on them.

## MATERIALS AND METHODS

### Study area

The experiments were carried out in Campeche state, Mexico. The one related to seedling emergence under different shadow conditions was performed at a nursery built *ex professo* in a property of Campeche city; the one related to direct seed sowing in the field was established in the hills of Pomuch ejido, Hecelchakán municipality (20° 2' 50.9" North and 90° 7' 23.58" West) which has a slightly rugged orography and a karstic land that alternates abundant hills that surround flat depressions, which have alluvial mud sediments that flood during the rain season as there is an inefficient soil drainage (Marshall, 2007). In between hills and low lands, in the low hillside of the first, soils are deeper than in the highlands, where their rocky condition often becomes more intense. This is why in addition to gravity, that moisture is higher in lowlands than in the upper territories. Regional climate is sub-humid with summer rains, 26 °C as annual mean temperature and 1,000 to 1,100 mm as annual mean rainfall (INEGI, 2010a; INEGI, 2010b).

acentúe. Por esta razón y por motivo de la gravedad, la humedad es mayor en las partes bajas que en las altas. El clima de la región corresponde al cálido subhúmedo con lluvias en verano, temperatura media anual de 26 °C (INEGI, 2010a) y precipitación media anual de 1,000 a 1,100 mm (INEGI, 2010b).

## Especies estudiadas

En campo se estudiaron el cedro (*Cedrela odorata*), chakté (*Caesalpinia mollis*), ciricote (*Cordia dodecandra*), ja'abín (*Piscidia piscipula*) y granadillo (*Platymiscium yucatanum*); mientras que, en el de vivero se probaron las mismas, con excepción de la última que fue reemplazada por tzalam (*Lysiloma latisiliquum* (L. Benth.) como consecuencia de la falta de semillas.

## Recolección de semillas

Se efectuaron recorridos en ejidos de los municipios Champotón, Calakmul, Hopelchén y Campeche, donde fueron seleccionados individuos fisiológicamente maduros de las especies arriba mencionadas. Con la ayuda de productores locales se dio seguimiento a tres individuos de cada una hasta la cosecha de sus frutos. Los relativos a *Cedrela odorata* y *Cordia dodecandra* se recolectaron en marzo, los de *Caesalpinia mollis*, *Lysiloma latisiliquum* y *Platymiscium yucatanum* en abril y mayo y los de *Piscidia piscipula* en junio. Las semillas se extrajeron manualmente y se secaron al sol sin tener una medida exacta de su humedad, por lo que se tomó como referencia su color y textura, se introdujeron en bolsas Ziploc® a 4 °C y se almacenaron durante tiempos distintos, según la época de fructificación y colecta: *Cedrela odorata* y *Cordia dodecandra* seis meses, *Caesalpinia mollis*, *Lysiloma latisiliquum* y *Platymiscium yucatanum* cinco meses y *Piscidia piscipula* alrededor de tres meses, para concluir en la fecha de inicio del experimento.

## Emergencia de plántulas bajo diferentes grados de sombra en vivero

El diseño experimental correspondió a uno de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Las semillas se depositaron en bolsas de 8 x 15 cm, con suelo Luvisol como sustrato (conocido localmente como kankab) y se distribuyeron en cuatro camas. Para cada tratamiento se emplearon mallas de plástico de 35, 60 y 90% de sombra (Mallas textiles®), excepto para el de 0%. Las repeticiones consistieron en 100 bolsas con una semilla por repetición colocadas de forma aleatoria, a razón de tres por taxón a lo largo de cada cama. Su siembra, realizada el 14 de septiembre de 2007, tuvo una profundidad igual al diámetro más largo de la semilla de cada especie. Los datos de emergencia de las plántulas se tomaron diariamente por 36 días, después de los cuales ya no se observó incremento en este sentido.

## Selected species

At the field the following species were studied: red cedar (*Cedrela odorata*), "chakté" (*Caesalpinia mollis*), "ciricote" (*Cordia dodecandra*), "ja'abín" (*Piscidia piscipula*) and "granadillo" (*Platymiscium yucatanum*); while at the nursery, the same were tested expect for the last one that was replaced by "tzalam" (*Lysiloma latisiliquum* (L. Benth.) as there were no seeds.

## Seed collection

Visits were made to ejidos of Champotón, Calakmul, Hopelchén and Campeche municipalities where physiologically mature individuals of the formerly listed species were selected. With the aid of local land-workers, three individuals were monitored until fruits were harvested. Those of *Cedrela odorata* and *Cordia dodecandra* were collected in March, those of *Caesalpinia mollis*, *Lysiloma latisiliquum* and *Platymiscium yucatanum* in April and May and those of *Piscidia piscipula* in June. Seeds were extracted by hand and were dried under the sun without having a precise measure of moisture; so, color and texture were taken as a reference. They were put into Ziploc® bags at 4 °C and were stored at different times, according to the fructification and collection stages: *Cedrela odorata* and *Cordia dodecandra* six months, *Caesalpinia mollis*, *Lysiloma latisiliquum* and *Platymiscium yucatanum* five months and *Piscidia piscipula* near three months, in order to conclude the day when the experiment started.

## Seedling emergence under different shadow intensities at the nursery

A randomized complete block design with four treatments and three replications was used. Seeds were placed into 8 x 15 cm bags, with Luvisol soil as a substrate (locally known as "kankab") and were distributed in four beds. For each treatment, shadow plastic mesh of 35, 60 and 90 per cent were used (Mallas textiles®), except for the 0% treatment. Replications consisted of 100 bags with one seed per replication placed in a randomized display, at three per taxon along the bed. On September 14<sup>th</sup>, 2007 sowing was carried out, with a depth equal to the longest diameter of the seed of each species. Emergence data of the seedlings were recorded every day during 36 days, after which no more new seedlings appeared.

## Seedling emergence at the field

Direct seed sowing of the five species was made in spots, with 1 m between them, in three parallel lines along two 100 m x 2 m paths, one in the upper part (a) and the other in the lower part (b) of the hill of five hillocks, where alternately from 1 to 3 seeds were sown: 180 of *Caesalpinia mollis*, 120 of *Cedrela odorata*

## Emergencia de plántulas en campo

La siembra directa de semilla de las cinco especies se realizó en puntos de siembra directa, con un metro de separación, en tres líneas paralelas a lo largo de dos brechas, de 100 m de longitud por 2 m de ancho, una en la parte superior (a) y la otra en la inferior (b) de la ladera de cinco lomeríos, en donde se sembraron de forma alternada de una a tres semillas: 180 de *Caesalpinia mollis*, 120 de *Cedrela odorata* y *Piscidia piscipula*, y 60 de *Cordia dodecandra* y *Platymiscium yucatanum* (Figura 1).

and *Piscidia piscipula* and 60 of *Cordia dodecandra* and *Platymiscium yucatanum* (Figure 1).

The number of emerged seedlings was assessed after 45 days, from August 25<sup>th</sup> to August 28<sup>th</sup>, 2006, and survival on February 18<sup>th</sup>, 2007. In this stage of sowing and emergence (between August and October), mean precipitation was 234 mm (CONAGUA, 2012) (Figure 2).

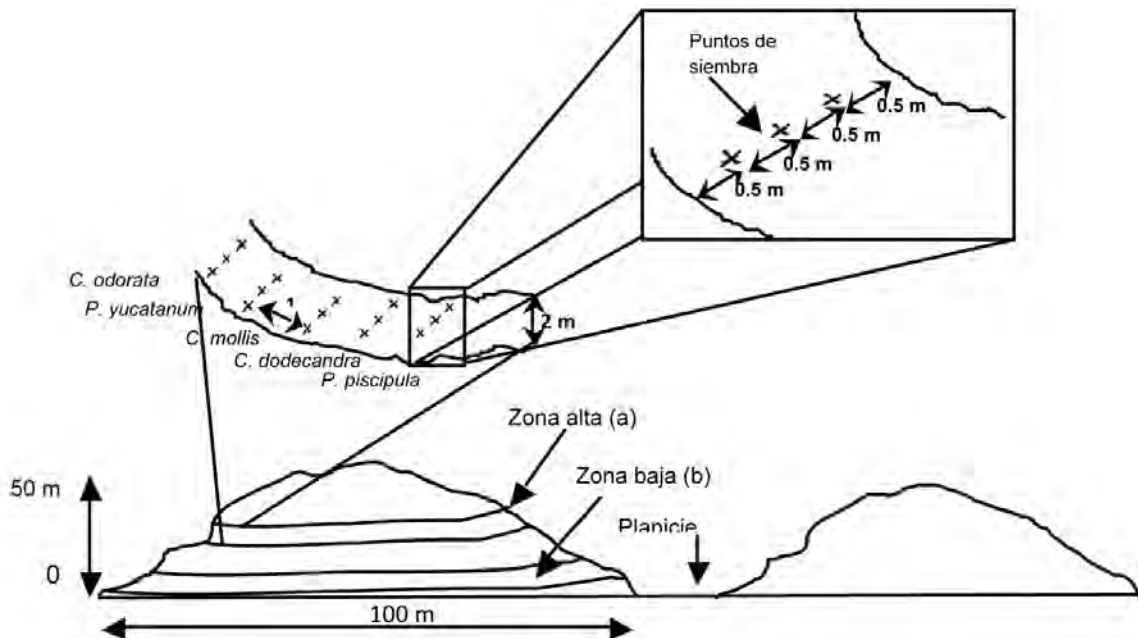


Figura 1. Representación esquemática de la localización de brechas abiertas en vegetación secundaria para la siembra directa de semillas de cinco especies arbóreas.

Figure 1. Scheme of the location of open paths of secondary vegetation for direct seed sowing of five tree species.

El número de plántulas emergidas se evaluó a los 45 días, del 25 al 28 de agosto de 2006, y la supervivencia, el 18 de febrero de 2007. En esta fase de siembra y emergencia -entre agosto y octubre- la precipitación media fue de 234 mm (CONAGUA, 2012) (Figura 2).

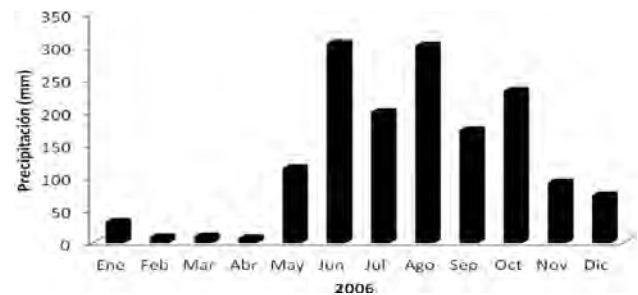


Figura 2. Promedio de precipitación mensual en el año de siembra de las semillas en campo (CONAGUA, 2012).

Figure 2. Monthly average precipitation in the year of seed sowing in the field (CONAGUA, 2012).

## Análisis estadísticos

Se examinó el tiempo requerido para alcanzar 95% del número de plántulas emergidas en cada especie y tratamiento de sombra y, con el fin de identificar las diferencias entre tratamientos se efectuaron ANOVAs (Análisis de varianza univariante) y la prueba de Tukey en los que se empleó el paquete estadístico INFOSAT (INFOSAT, 2008).

## Statistical analysis

Para determinar el efecto de los tratamientos sobre los porcentajes de emergencia, los datos se transformaron a raíz cuadrada de arcoseno y se realizaron igualmente ANOVAs

The necessary time to accomplish 95% if seedling emergence of each species and shadow treatment was analyzed, and

con la prueba de comparación de medias de Tukey. En el experimento en campo, para identificar diferencias tanto en la emergencia de plántulas como en la supervivencia en ambas zonas de los lomeríos, se aplicaron análisis binomiales en el programa SPSS (SPSS, 2003).

## RESULTADOS

Tiempo requerido para la emergencia de plántulas en vivero

El número de días para lograr 95% de emergencia varió de manera significativa entre tratamientos de dos especies: *Cedrela odorata* ( $p = 0.007$ ) se obtuvo en menos días con 60% de sombra y *Cordia dodecandra* ( $p = 0.005$ ) en el de 35% (Figura 3).

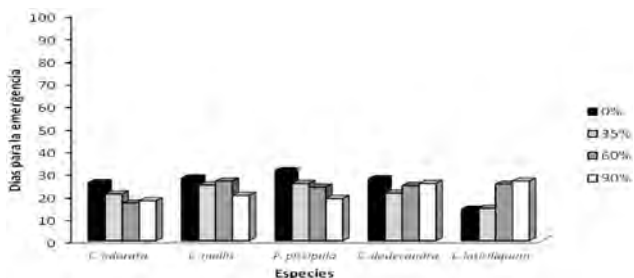


Figura 3. Número de días requeridos para que emerja 95% del número total final de plantas emergidas de cinco especies arbóreas bajo 0, 35, 60 y 90% de sombra.  
Figure 3. Number of days necessary for the emergence of 95% of the total final number of plants emerged of five tree species under of 0, 35, 60 and 90% shadow.

*Caesalpinia mollis* fue la única que presentó diferencias importantes ( $p = 0.006$ ) entre tratamientos, ya que tuvo la mayor emergencia con la luminosidad más elevada (0 y 35% de sombra) (Figura 4).

Emergencia y supervivencia de plántulas en campo

El análisis mostró diferencias estadísticas significativas en la emergencia de plántulas de *Piscidia piscipula* ( $p = 0.058$ ) y *Caesalpinia mollis* ( $p = 0.015$ ) en las posiciones de los lomeríos: para la primera, la mayor emergencia se presentó en la zona inferior (14%), respecto a la elevada (9.2%) y para la segunda, en la superior (1.9%) en relación a la baja (0.6%). Por otro lado, en *Cedrela odorata* y *Cordia dodecandra* se registró en la región alta; mientras que, *Platymiscium yucatanum* en la baja (Figura 5); aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

ANOVA tests and Tukey's mean tests were used to find out if there were differences among the treatments, which was made with the aid of INFOSTAT statistical support (INFOSTAT, 2008).

In order to determine the effect of the treatments over emergence per cent, data were transformed to square root of arcsen and ANOVA by Tukey's tests were made. In the field experiment, binomial analysis in the SPS program were made to detect differences in seedling emergence and survival in both hillcock zones (upper and lower) (SPSS, 2003).

## RESULTS

Required time for the emergence of seedlings at the nursery

The number of days to accomplish an emergence of 95% varied in a significant way among treatments of two species: *Cedrela odorata* ( $p = 0.007$ ) was obtained in less than 60% of shadow and *Cordia dodecandra* ( $p = 0.005$ ) under 35% (Figure 3).

*Caesalpinia mollis* was the only that showed important differences ( $p = 0.006$ ) among treatments, since it had the greatest emergence under high light (0 and 35% of shadow) (Figure 4).

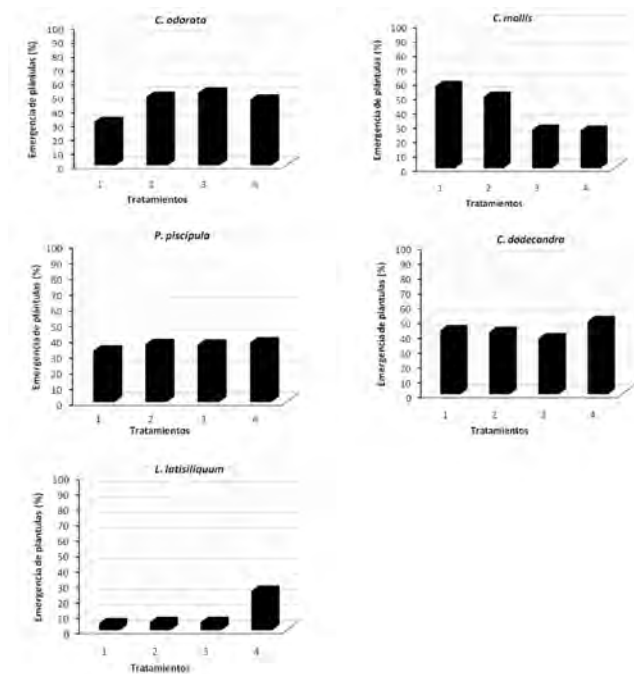


Figura 4. Porcentaje de emergencia de plántulas por especie en los diferentes tratamientos de sombra en vivero (1 = 0%, 2 = 35%, 3 = 60%, 4 = 90% de sombra).  
Figure 4. Seedling emergence by species in the different shadow treatments at the nursery (1 = 0%, 2 = 35%, 3 = 60%, 4 = 90% of shadow).

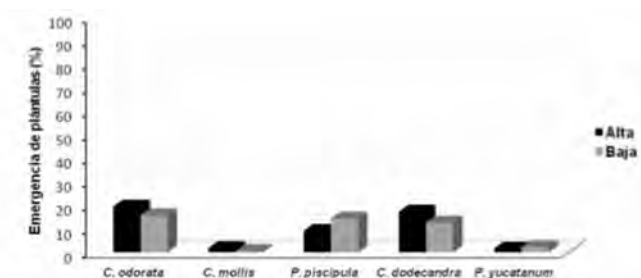


Figura 5. Emergencia de plántulas de especies maderables de la parte alta y baja de lomeríos de Campeche.

Figure 5. Seedling emergence of timber species in the high and low part of the hillocks of Campeche.

La fracción que sobrevivió en las dos zonas del lomerío fue distinta en algunas especies. En *Cedrela odorata* la supervivencia fue mayor en la posición superior (74%), ya que la inferior fue de 17% ( $p = 0.001$ ), al contrario de *Cordia dodecandra* que se dio en la parte baja (84%), pues la alta fue de 56% ( $p = 0.020$ ). En cuanto a *Caesalpinia mollis* y *Piscidia piscipula*, también se observó en la parte elevada y *Platymiscium yucatanum* en la inferior (Figura 6); no obstante, las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

## DISCUSIÓN

### Emergencia de plántulas en vivero

Las especies estudiadas muestran diferentes respuestas germinativas ante los gradientes de luz. En *Caesalpinia mollis* el porcentaje más grande de emergencia se logró en menor número de días con 90% de sombra, en contraste con *Cordia dodecandra* que con 35% de sombra y en un menor tiempo alcanzó 95% de producción. Por su parte, *Piscidia piscipula* obtuvo 50% de plántulas del total que emergieron en menos días en el tratamiento de 90%.

Lo anterior subraya que el sombreado a diferente intensidad disminuye el tiempo de emergencia de las plántulas de *Cedrela odorata*, *Caesalpinia mollis*, *Piscidia piscipula* y *Cordia dodecandra*, en particular, pues *Lysiloma latisiliquum* reaccionó indiferente a los grados de sombra. En consecuencia, se pueden tener plantas listas para el transplante en lapsos más cortos.

Al término del experimento, solo *Caesalpinia mollis* mostró diferencias estadísticas significativas en las que se tuvo la mayor emergencia en los tratamientos con más exposición solar (0 y 35% de sombra), lo cual indica un fotoblastismo positivo (Grime *et al.*, 1981; Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1987; Shinomura, 1997; Fenner y Thompson, 2005), por lo que se desarrolla principalmente en selvas bajas y medianas subcaducifolias, donde la luz solar es abundante en el sotobosque durante los meses de sequía y al inicio de la temporada de lluvias (Vester y Navarro, 2007). Estas observaciones aportan criterios para la selección de sitios

### Emergence and survival of seedlings at the field

The statistical analysis showed differences in the emergence of seedlings of *Piscidia piscipula* ( $p = 0.058$ ) and *Caesalpinia mollis* ( $p = 0.015$ ) in the hillock positions: for the first one, the greatest emergence surged in the lower part (14%) compared to the one located higher (9.2%) and for the second in the upper part (1.9%) in regard to the lower (0.6%). On the other hand, in *Cedrela odorata* and *Cordia dodecandra* it was recorded in the upper part; while *Platymiscium yucatanum* at the lower section (Figure 5), even though differences were not statistically significant.

The fraction that survived in the two zones of the hillock was different in some species. In *Cedrela odorata* survival was higher in the upper position (74%), and in the lower it was 17% ( $p = 0.001$ ), opposite to what happened with *Cordia dodecandra* where 84% occurred in the lower part and 56% in the upper ( $p = 0.020$ ).

*Caesalpinia mollis* and *Piscidia piscipula* were successful too in the higher part, while *Platymiscium yucatanum* in the lower part (Figure 6); nevertheless, differences were statistically non-significant.

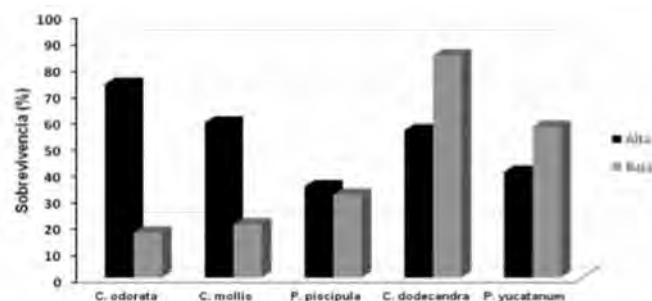


Figura 6. Supervivencia de plántulas en dos posiciones (alta y baja) en lomeríos de Campeche.

Figure 6. Plant survival at two heights (high and low) in hillocks of Campeche.

## DISCUSSION

### Emergence of seedlings at the nursery

The species that were studied show different germination responses to light. *Caesalpinia mollis* produced the greatest emergence in a short period under the most intense shadow (90%), in contrast to *Cordia dodecandra* that under 35% achieved 95% of seedlings in less time. *Piscidia piscipula* got 50% of the total number of seedlings that emerged in fewer days in the 90% shadow treatment.

The former results underline the fact that at different shadow intensities, the time required for seedling emergence of *Cedrela*

para la siembra de sus semillas, en contraste con las de las otras que pueden emerger en intervalos más amplios de luminosidad.

*Lysiloma latisiliquum* presentó la menor emergencia de plántulas, 9%, valor diferente al de aquellas citadas en la literatura que varían entre 40 y 50% (Cordero y Boshier, 2003). En esta especie, así como en otras de la familia Fabaceae, se han obtenido porcentajes más altos de emergencia después de utilizarse procesos de escarificación (Orozco-Almanza *et al.*, 2003), razón que orienta al empleo de tratamientos pregerminativos para *L. latisiliquum*.

### Emergencia y supervivencia de plántulas en campo

*Caesalpinia mollis* y *Piscidia piscipula* fueron las únicas especies que demostraron diferencias estadísticas significativas en la emergencia de plántulas respecto a la pendiente del lomerío, ya que la zona elevada resultó mejor para *C. mollis*; mientras que, la baja para *P. piscipula*.

Los porcentajes de emergencia después de la siembra directa de semillas en campo fueron bajos y variaron de 1.2% en *Caesalpinia mollis* a 17.2% en *Cedrela odorata*. Sin embargo, este método proporciona varios beneficios como el ahorro en mano de obra para el mantenimiento de plantas, la infraestructura en vivero y el traslado de planta. Así mismo, se elimina el estrés que de manera común causa una supervivencia baja posterior al trasplante, como se ha observado en *C. odorata* en diferentes grados de sombra bajo dosel en enriquecimientos de vegetación secundaria (González-Rivas *et al.*, 2009).

Las diferencias de estos porcentajes en relación a las posiciones de los lomeríos responden a diversos factores. Por una parte, es posible que la lluvia haya removido las semillas, debido a su ubicación en pendiente. No obstante, dado que estas se enterraron y que existe un escurrimiento superficial limitado en las condiciones de karst de la Península (García y Pat, 2000; Zimmerman *et al.*, 2000; Guariguata y Ostertag, 2001; Sedov *et al.*, 2008), se considera poco probable que esto haya ocurrido. De acuerdo con Janzen y Vázquez-Yanes (1991), otra causa pudiera ser la depredación de semillas por animales y el ataque por hongos. De hecho, ellos estiman que la mitad del germoplasma producido por más del 90% de las especies arbóreas tropicales muere antes de germinar.

En el vivero, bajo condiciones controladas de humedad, el porcentaje de emergencia fue mayor que el de campo, lo que sugiere que la falta de agua en este último intervino en dicha respuesta. En consecuencia, explicaciones alternativas se basan en la calidad del sustrato y en una baja exposición a depredadores. La disponibilidad de agua para la emergencia de plántulas es crucial en la Península de Yucatán a causa de que los patrones regionales de precipitación influyen de forma notable en la distribución a gran escala de las asociaciones

*odorata*, *Caesalpinia mollis*, *Piscidia piscipula* and *Cordia dodecandra*, in particular, is reduced. *Lysiloma latisiliquum* was indifferent to the shadow treatment. Consequently, plants ready for transplant may be produced in a shorter time.

When the experiment came to an end, only *Caesalpinia mollis* showed statistical significant differences in which the greatest emergence occurred under the highest solar exposure (0 and 35% shadow), which confirms a positive photoblastism (Grime *et al.*, 1981; Vázquez-Yanes and Orozco-Segovia, 1987; Shinomura, 1997; Fenner and Thompson, 2005), and explains why it develops, mainly, in low and medium tropical forests where sunlight is abundant in the undergrowth during the dry seasons and at the beginning of the rain season (Vester and Navarro, 2007). These observations are useful for site selection to sow their seeds, compared to other that might emerge at broader light intervals.

*Lysiloma latisiliquum* showed the least seedling emergence, 9%, which is a different value in regard to those reported by literature that vary from 40 to 50% (Cordero and Boshier, 2003). In this species, as well as in others of the Fabaceae family, higher emergence per cents have been obtained after scarification (Orozco-Almanza *et al.*, 2003), which is the reason why pre-germination treatments are used for *L. latisiliquum*.

### Seedling emergence and survival in the field

*Caesalpinia mollis* and *Piscidia piscipula* were the only species that proved statistical significant differences in seedling emergence in regard to the slope of the hillock, since the high zone was better for *C. mollis*; while the lower one was for *P. piscipula*.

Emergence per cents after direct seed sowing was made in the field were low, and varied from 1.2% in *Caesalpinia mollis* to 17.2% in *Cedrela odorata*. However, this method has some advantages such as savings in handwork for plant management, nursery infrastructure and plant transportation. Stress, which is regularly caused by a low survival after transplant, is eliminated; this has been observed in *C. odorata* at different shadow intensities under a canopy where secondary vegetation grows (González-Rivas *et al.*, 2009).

The differences between these per cent values in regard to their position on the hillocks can be explained by several factors. It is possible that rain removed the seeds, as they were on a slope. But, since they were buried and that there exists a limited shallow runoff in the karst condition of the Peninsula (García and Pat, 2000; Zimmerman *et al.*, 2000; Guariguata and Ostertag, 2001; Sedov *et al.*, 2008), this could hardly occur. According to Janzen and Vázquez-Yanes (1991), seed predation by animals and fungi attack could cause this behavior too. In fact, they have made an estimation that half of the germ plasm from over 90% of the tropical tree species dies before germination.



vegetales (Martínez y Galindo-Leal, 2002). Por consiguiente, en un entorno heterogéneo, la germinación debe ocurrir en un tiempo limitado para que los individuos dispongan de condiciones favorables de luz, agua y nutrimentos (Rincón *et al.*, 1999; Khurana y Singh, 2001).

Los medios propicios para la supervivencia están relacionados con la humedad de las posiciones altas (*Cedrela odorata*) y bajas (*Cordia dodecandra*) de los lomeríos; así como con la necesidad de nutrimentos y su disponibilidad en ellas, debido a la variación de los componentes existentes en el suelo (Martínez y Galindo-Leal, 2002). Por ende, el estudio de los elementos que participan en la regeneración de plántulas es esencial para entender la dinámica en selvas tropicales caducifolias y así identificar los principales problemas sobre su restauración y conservación (Ceccon *et al.*, 2006).

## CONCLUSIONES

El uso de sombra en vivero disminuye el tiempo de emergencia en *Cedrela odorata*, *Caesalpinia mollis*, *Piscidia piscipula* y *Cordia dodecandra*; sin embargo, *C. mollis* fue la única especie que reveló diferencias estadísticas significativas en la emergencia total y registró la mayor emergencia en condiciones de alta luminosidad.

Las especies que presentaron diferencias estadísticas significativas en la emergencia en lomeríos fueron *C. mollis*, con la mayor emergencia en la parte alta y *P. piscipula*, en la baja.

*Cedrela odorata* y *Cordia dodecandra* mostraron la mayor supervivencia de plántulas en lomeríos, la primera en la posición elevada y la segunda en la inferior.

Aún es necesario realizar más estudios sobre los factores que intervienen en la emergencia y supervivencia de plántulas en campo.

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Juan Carlos Pérez Jiménez por sus asesorías sobre los análisis estadísticos de los datos. Al Instituto Tecnológico de Chiná, Campeche, México y a sus estudiantes por su apoyo en la realización de este trabajo. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento del proyecto "Uso sustentable de los recursos naturales en la Frontera Sur" (clave SEMARNAT-2002-C01-1109), que permitió realizar el trabajo de campo, así como por la beca proporcionada para los estudios de doctorado del autor principal.

At the nursery under controlled moisture conditions, emergency per cent was higher than that of the field, which suggests that the lack of water affected such a response. As a consequence, optional explanations are based on the quality of the substrate and on the low presence of predators. Water availability for seedling emergence is crucial in Yucatan Peninsula due to the regional precipitation patterns that notable affect the distribution of vegetation associations at a large scale (Martínez and Galindo-Leal, 2002). Therefore, in a heterogeneous environment, germination must take place in a limited time in such a way that individuals can have favorable light, water and nutriment conditions (Rincón *et al.*, 1999; Khurana and Singh, 2001).

Favorable means for survival are related to moisture in the upper positions (*Cedrela odorata*) and lower (*Cordia dodecandra*) of the hillocks, as well as to nutriment demand and their availability in them, according to the variation of the present components in the soil (Martínez and Galindo-Leal, 2002). Thus, the study of the elements involved in seedling regeneration is essential to understand the dynamics of deciduous tropical forests and to identify the main problems related to their restoration and conservation (Ceccon *et al.*, 2006).

## CONCLUSIONS

The use of shadow in the nursery reduces the emergence time in *Cedrela odorata*, *Caesalpinia mollis*, *Piscidia piscipula* and *Cordia dodecandra*; however, *C. mollis* was the only one that revealed statistical significant differences in total emergence and registered the greatest emergence under high light.

*Cordia mollis* and *P. piscipula* showed significant statistical differences in the hillocks, the first one in the upper part and the second, in the lower.

*Cedrela odorata* and *Cordia dodecandra* showed the greatest seedling survival in hillocks, the first one in a high place and the second in the lower.

More studies about the factors that are involved in the emergence and survival of seedlings in the field are still necessary.

## AKNOWLEDGEMENTS

To Dr. Juan Carlos Pérez Jiménez for his advice on statistical analysis. To Instituto Tecnológico of Chiná, Campeche, México and to their students for their help in the accomplishment of this research. To the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) for having sponsored the Project "Uso sustentable de los recursos naturales en la Frontera Sur" (SEMARNAT-2002-C01-1109), which made it possible to do the field work as well as for the scholarship provided to the first author for his doctoral studies.

*End of the English version*

## REFERENCIAS

- Angevine, M. V. and B. F. Chabot. 1979. Seed germination syndromes in higher plants. In: Solbrig, O., S. Jain, G. Johnson and P. Raven (Eds.). Topics in plant population biology. Columbia University Press, New York, NY, USA. pp.188-206.
- Bawa, K. and A. Markham. 1995. Climate change and tropical forests. Trends in Ecology and Evolution 10:348-349.
- Becker, P., P. E. Rabenold, J. R. Idol and A. P. Smith. 1988. Water potential gradients for gaps and slopes in a Panamanian tropical moist forest. Journal of Tropical Ecology. 4:173-184.
- Buschbacher, R. 1990. Natural forest management in the humid tropics: ecological, social, and economic considerations. AMBIO 19(5): 253-258.
- Ceccon, E., P. Huante and E. Rincón. 2006. Abiotic Factors influencing tropical dry forests regeneration. Brazilian Archives of Biology and Technology. 49 (2):305-312.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2008. Sistema Nacional de Información Forestal. Compendio de estadísticas ambientales 2006. [http://148.223.105.188:2222/snif\\_portal/index.php?option=com\\_content&task=view&id=51&Itemid=65](http://148.223.105.188:2222/snif_portal/index.php?option=com_content&task=view&id=51&Itemid=65) (12 de marzo de 2008).
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2012. Climatología: temperatura y precipitación. [http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12&Itemid=77](http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=77) (6 de febrero de 2012).
- Cordero, J. y D. H. Boshier. 2003. Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. OFI-CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1079 p.
- Croke, B. F. W., W. S. Merritt and A. J. Jakeman. 2004. A dynamic model for predicting hydrologic response to land cover changes in gauged and ungauged catchments. Journal of Hydrology. 291(1-2):115-131.
- Daws, M. I., T. R. Pearson, D. F. Burslem, C. E. Mullins and J. W. Dalling. 2005. Effects of topographic position, leaf litter and seed size on seedling demography in a semi-deciduous tropical forest in Panama. Plant Ecology 179 (1):93-105.
- Duch G., J. 1991. Fisiografía del estado de Yucatán, México. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx. México. 229 p.
- Escamilla, A., M. Sanvicente, M. Sosa and C. Galindo-Leal. 2000. Habitat mosaic, wildlife availability, and hunting in the Tropical Forest of Calakmul, México: Habitat disturbance and tropical rainforest mammals. Conservation Biology 14 (6):1592-1601.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics 34:487-515.
- Fenner, M. and K. Thompson. 2005. The ecology of seeds. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 260 p.
- García G., G. y F. J. M. Pat. 2000. Apropiación del espacio y colonización en la reserva de la biosfera Calakmul, Campeche, México. Revista Mexicana del Caribe. 10:212-231.
- Gerhardt, K. 1993. Tree seedling development in tropical dry forest abandoned pasture and secondary forest in Costa Rica. Journal of Vegetation Science. 4 (1):95-102.
- Gibbons, J. M. and D. M. Newbery. 2002. Drought avoidance and the effect of local topography on trees in the understorey of Bornean lowland rain forest. Plant Ecology 164 (1):1-18.
- González-Rivas, B., M. Tigabu, M. Castro-Marín, and P. C. Odén. 2009. Seed germination and seedling establishment of Neotropical dry forest species in response to temperature and light conditions. Journal of Forestry Research 20 (2):99-104.
- Grime, J. P., G. Mason, A. V. Curtis, J. Rodman, S. R. Band, M. A. G. Mowforth, A. M. Neal and S. Shaw. 1981. A comparative study of germination in a local flora. Journal of Ecology 69:1017-1059.
- Guariguata, M. R. and R. Ostertag. 2001. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. Forest Ecology and Management 148 (1-3):185-206.
- Hernández X., E. 1985. La agricultura en la Península de Yucatán. Xolocotzia. Tomo 1. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx. México. 799 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010a. Mapa de Temperatura Media Anual. <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/camp/temperat.cfm> (15 de abril de 2010).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 2010b. Mapa de Precipitación Promedio Anual <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/camp/precipit.cfm> (15 de abril de 2010).
- INFOSTAT. 2008. Manual de usuario. (Versión 2008). Editorial Brujas. Córdoba, Argentina. 336 p.
- Janzen, D. H. and C. Vázquez-Yanes. 1991. Aspects of tropical seed ecology of relevance to management of tropical forested wild lands. In: Gomez-Pompa A., T. C. Whitmore and M. Hadley (Eds.). Rainforest regeneration and management. MAB Book Series 6. Carnforth, Lanes, UK, pp. 137-154.
- Khurana, E. and J. S. Singh. 2001. Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. Conservation Biology 28 (1):39-52.
- Lamb, D., P. D. Erskine, and J. A. Parrotta, 2005. Restoration of degraded tropical forest landscapes. Science 310(5754): 1628-1632.
- Marshall, J. S. 2007. The geomorphology and physiographic provinces on Central America. In: Bundschuh, J. and G. E. Alvarado (Eds.) Central America: Geology, Resources and Hazards. Taylor & Francis. London, UK, pp. 1-51.
- Martínez, E. y C. Galindo-Leal. 2002. La vegetación de Calakmul, Campeche, México: clasificación, descripción y distribución. Boletín de la Sociedad Botánica de México 71:7-32.
- Miranda, F. 1978. Vegetación de la Península Yucateca. Colegio de Postgraduados, SARH. Chapingo, Edo. de Méx. México. 271 p.
- Morris M., H., P. Negreros-Castillo and C. Mize. 2000. Sowing date, shade, and irrigation affect big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King). Forest Ecology and Management 132 (2-3):173-181.
- Negreros-Castillo, P., L. K. Snook, and C. Mize. 2003. Regenerating mahogany (*Swietenia macrophylla*) from seed in Quintana Roo, Mexico: the effects of sowing method and clearing treatment. Forest Ecology and Management 183 (1-3):351-362.
- Niembro R., A. 2001. Las diásporas de los árboles y arbustos nativos de México: posibilidades y limitaciones de uso en programas de reforestación y desarrollo agroforestal. Madera y Bosques 7 (2): 3-11.
- Orozco-Almanza, M., L. Ponca de León-García, R. Grether and E. García-Moya. 2003. Germination of four species of the genus *Mimosa* (Leguminosae) in a semi-arid zone of Central Mexico. Journal of Arid Environments 55 (1):75-92.
- Remmers, G. and H. De Koeijer. 1992. The 'TOICHE', a Maya system of communally managed forest belts: the causes and consequences of its disappearance. Agroforestry Systems 18 (2):149-177.
- Rincón, E., M. Álvarez A., G. González, D., P. Huante y A. Hernández, R. 1999. Restauración de selvas bajas caducifolias. Gaceta Ecológica. 53:62-71.
- Sedov, S., E. Solleiro-Rebolledo, L. F. Scott, T. Pi-Puig, E. Vallejo-Gómez and M. Flores-Delgadillo. 2008. Micromorphology of a Soil Catena in Yucatán: Pedogenesis and Geomorphological Processes in a Tropical Karst Landscape. In: Kapur, S., A. Mermut and G. Stoops. (Eds.). New Trends in Soil Micromorphology. Springer Berlin Heidelberg, Germany, pp. 19-37.
- Shinomura, T. 1997. Phytochrome regulation of seed germination. Journal of Plant Research. 110 (1):151-161.
- Silver, W. L., F. N. Scatena, A. H. Johnson, T. G. Siccamo and M. J. Sánchez. 1994. Nutrient availability in a montane wet tropical forest: spatial patterns and methodological considerations. Plant and Soil 164 (1):129-145.
- Statistical Package for the Social Sciences (SPSS 12.0). 2003. User's Guide. USA. 703 p.
- Turner II, B., S. Cortina V., D. Foster, J. Geoghegan, E. Keys, P. Klepeis, D. Lawrence, P. Macario M., S. Manson, Y. Ogneva-Himmelberger, A. B. Plotkin, D. Pérez S., R. Roy C., B. Savitsky, L. Schneider, B. Schmook and C. Vance. 2001. Deforestation in the southern Yucatán Peninsular region: an integrative approach. Forest Ecology and Management 154 (3):353-370.

- Vázquez-Yanes, C., M. I. Alcocer S., M. Gual D. y C. Sánchez D. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO-Instituto de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F., México. 15 p.
- Vázquez-Yanes, C., A. I. Batis M., I. Alcocer-Silva, M. Gual D. and A. Orozco-Segovia. 1987. light gap detection by the photoblastic seeds of *Cecropia obtusifolia* and *Piper aurantium*, two tropical rain forest trees. *Biologia Plantarum (PRAHA)* 29 (3): 234-236.
- Vester H., F. M. y M. A. Navarro-Martínez. 2007. Fichas ecológicas: Árboles maderables de Quintana Roo. CONACYT-Quintana Roo, Ecosur. Chetumal, Q. Roo, México. 139 p.
- Whitmore, T. C. and C. P. Burnham. 1984. Tropical rain forest of the far East. 2<sup>nd</sup> Ed. Clarendon Press. Oxford, UK. 1984 p.
- Zimmerman, J. K., J. B., Pascarella and T. M. Aide. 2000. Barriers to forest regeneration in an abandoned pasture in Puerto Rico. *Restoration Ecology* 8 (4):350-360.